

La innovación tecnológica agrícola en la globalización económica 1990-2020.

Agricultural technological innovation in economic globalization 1990- 2020.

Edmar Salinas Callejas-Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Autor correspondiente:
cursos.edmar@gmail.com.

19

Introducción.

El progreso o cambio técnicos es un hecho que ha acompañado a las sociedades humanas desde sus estadios de evolución tempranos, la técnica y sus modificaciones constituyen uno de los factores importantes en el proceso evolutivo de la humanidad; permiten a las sociedades humanas incrementar la capacidad de generar los bienes y servicios que requieren para su subsistencia, expansión y ulterior desarrollo.

La agricultura es una actividad inventada por el ser humano desde hace por lo menos 10 mil años, aunque se están encontrando vestigios que tal vez puedan datar su existencia desde hace 15 mil años. La agricultura y el pastoreo seminómada son las dos grandes actividades que le permitieron al ser humano elevar notablemente su capacidad productiva y colocarlo en una línea evolutiva diferente a la que había podido alcanzar previamente, ya que le permitió generar excedentes de producción que estimularon la división del trabajo productivo y la separación del trabajo productivo del trabajo no productivo, así como el crecimiento poblacional, dando lugar a las aldeas agropecuarias sedentarias y a los campamentos seminómadas, para iniciar la ruta hacia la civilización de las sociedades estado más complejas.

Hacia fines del siglo XVII y principios del siglo XVIII se empezaron a dar una serie de cambios técnicos que mejoraron los cultivos, la fertilización, la irrigación, aumentando la capacidad productiva en Holanda e Inglaterra y contribuyendo a la expansión demográfica. A mediados del siglo XVIII se detona en Inglaterra la revolución industrial con la creación de las máquinas herramienta para la producción y el uso del vapor de agua como fuente de fuerza motriz, esto dio lugar al salto tecnológico del taller manufacturero a la fábrica, que permitió elevar la producción considerablemente, abaratar los bienes y estimular el comercio. La maquinización de la industria se revirtió sobre la agricultura y el transporte con la producción de maquinaria movida por vapor.

De hecho, la evolución económica a partir de la revolución industrial va a estar enmarcada por tres grandes saltos tecnológicos: la mecanización a vapor, la mecanización de combustión interna y la mecanización electrónica, en el curso de los siglos XVIII-XIX, XIX-XX y XX-XXI respectivamente. Podríamos afirmar que este último salto técnico es el que corresponde a la época actual de la globalización de las sociedades humanas, que se inició en la década de los ochenta del siglo XX y que ahora culmina en esta coyuntura de depresión económica y pandemia Covid-19.

La evolución de la innovación técnica y tecnológica agrícola.

La actividad agrícola, cómo cualquier otra actividad económica, requiere de un conjunto de elementos para su realización, estos elementos se articulan en un estado de la técnica que se denomina sistema de producción agrícola, si se considera su articulación a las formas de propiedad y dominación social entonces el sistema de producción se convierte en un régimen de producción particular, inserto en un modo de producción general, si este régimen de producción agrícola se combina con otros sistemas y regímenes de producción agrícola se conforma una formación social agrícola o agropecuaria, si la actividad se diversifica a la crianza de animales.

Aquí se examina la conformación de sistemas de producción agrícolas y al final se hace un comentario general sobre los conceptos de régimen de producción, formación social y modo de producción.

El sistema de producción como estado de la aplicación de la técnica y la organización de la producción implica descomponerlo en los elementos que lo constituyen, estos elementos son por un lado los instrumentos de trabajo directos e indirectos y por los medios de trabajo que ayudan a conformar el objeto de trabajo del cual se obtiene el producto económico.

Los instrumentos de trabajo directos son la maquinaria, el equipo y los instrumentos de labranza; los instrumentos de trabajo indirecto son los sistemas de irrigación y su infraestructura, los sistemas de almacenaje, la infraestructura de producción como biotúneles, invernaderos, almácigos; los medios de trabajo se confirman de abonos y fertilizantes, pesticidas, material vegetal, semilla, agua, tierra. La innovación técnica se ha ido dando en todos estos elementos haciendo combinaciones y recombinaciones que configuran los sistemas técnicos de producción, estos sistemas técnicos se llegan a complejizar e involucran elementos exoprodutivos y exoeconómicos dando lugar a los sistemas de innovación complejos.

Por esta vía evolutiva la actividad agrícola se conecta con una diversidad de actividades no agrícolas de carácter industrial, comercial y financiero e incluso cultural como son la ciencia y la tecnología. La industria automotriz produce maquinaria electromecánica y de combustión interna para la producción y el transporte; la química y la petroquímica dan lugar a los agroquímicos; la bioquímica y la biotecnología generan el material vegetal y la semilla mejorada; la industria de la construcción y electromecánica producen los sistemas de riego y su infraestructura.

De esta forma la agricultura termina siendo la finalidad de un conjunto de ramas económicas que la apoyan e impulsan para sostener una oferta de bienes agrícolas expansiva destinada a satisfacer la demanda también expansiva de las sociedades humanas.

Con la maquinización de la agricultura se fue perfilando un sistema de producción que con el tiempo ha conformado el paradigma productivista en la actividad agrícola y que

se basa en la minimización de esfuerzos y la maximización de resultados. Este sistema de producción agrícola se desplazó de las pequeñas y medianas escalas de producción a las grandes escalas de producción, de los sistemas de policultivos a los sistemas de monocultivos, del uso de instrumentos de labranza simple al empleo de maquinaria, equipo e instrumentos de trabajo más complejos, del uso de abonos al uso de fertilizantes, del empleo de métodos naturales de control de plagas al empleo de agroquímicos, de sistemas de irrigación arcaicos por gravedad o fuerza humana o animal a sistemas de irrigación maquinizados de combustión, electromecánicos y electrónicos, de sistemas de cultivo a cielo abierto a sistemas de cultivo encubiertos etc.

De la segunda guerra mundial a nuestros días se pueden encontrar dos sistemas productivos en la agricultura de carácter genérico con modalidades en la transición de uno a otro. El primero es lo que se conoce como el paquete tecnológico de la revolución verde y que se aplicó a la modernización y al impulso de la agricultura de monocultivos a gran escala, aunque también se difundió parcialmente en la pequeña y mediana agricultura empresarial y familiar. El segundo es el paquete tecnológico de la globalización económica reciente, una especie de revolución verde bis, donde se abre la posibilidad de una agricultura intensiva a gran escala en extensiones de tierra mucho menores y a la combinación de monocultivos con policultivos; como la primera también busca minimizar el esfuerzo y maximizar los resultados, por lo que la conducta económica prevalece en lo esencial y por esta razón sigue conformando parte del paradigma productivista.

El paquete tecnológico de la revolución verde estuvo conformado por la maquinaria y el equipo, los agroquímicos, tanto pesticidas como fertilizantes, la semilla mejorada o OGNM (organismos genéticamente no modificados) y el agua por sistemas de irrigación de bombeo electromecánico. Su aplicación se hizo en la agricultura de monocultivos a gran escala, pero también se irradió hacia escalas medias y pequeñas, estas últimas combinaron esquemas de monocultivos con policultivos, los monocultivos para la comercialización y los policultivos para el autoconsumo.

En el caso de México la revolución verde se centró en la producción de exportación y en la agricultura comercial orientada al mercado interno de carácter empresarial, su articulación a la producción campesina familiar fue limitada, de forma que ésta mantuvo una situación de combinación de atraso y progreso técnico, con una productividad basada más en la intensidad del trabajo que en la intensidad del capital.

En este período se fue configurando un sistema nacional de innovación con el impulso de los centros de investigación y formación profesional orientados al campo, como los fueron el CIMMyT orientado a la creación de OGNM para el maíz y el trigo, el INIFAP, la Universidad Autónoma de Chapingo y el Colegio de Postgraduados, así como las escuelas técnicas agropecuarias. Se dio origen al surgimiento de la biotecnología como rama de las ciencias agrícolas para mejorar el material vegetal y las semillas.

La globalización dio lugar a la modificación de la economía mundial para generar una mayor integración económica entre regiones de naciones en el orden técnico productivo, comercial y financiero. Los sistemas técnico-productivos se modificaron sustancialmente se pasó de sistemas de producción integrados a sistemas de producción segmentados, esto dio origen no sólo a la conformación de nuevas cadenas de producción internacionalizadas sino a redes productivas en el seno de esas cadenas globales de valor, modificándose la estructuración de las economías y sus sistemas productivos en las actividades de tecnología de punta.

En términos comerciales se conformaron bloques comerciales, que integraron regiones nacionales y naciones, para homologar las condiciones del comercio internacional y favorecer los continum territoriales de las naciones en sus flujos comerciales, aprovechando las ventajas en términos de costos, transporte y consumo de los bienes y servicios que generan unos y otros países.

En términos financieros, el sistema financiero dio lugar a una mayor integración al pasar de un sistema especializado a un sistema integral o múltiple que permitió bursatilizar el mercado de dinero, diversificar los productos financieros, financiarizar la producción de bienes y servicios, a tal grado que el capital financiero se constituyó en una red integradora de toda la actividad económica en su conjunto, llegándose a extender a la periferia de la economía moderna para penetrar la economía atrasada con los microcréditos a la producción y el crédito al consumo.

Los cambios tecnológicos que trajo la globalización han sido numerosos: en maquinaria y equipo el desarrollo de la electromecánica y el rayo láser, los sensores y aplicación de película plástica, la computación, las celdas solares, los drones; en los sistemas de riego, el riego por goteo, el riego por aspersión, la hidroponía, el agua gelatinada, la cosecha de lluvia y los sistemas desalinizadores de aguas salobres terrestres y marinas; en sistemas de cultivos la transición de los sistemas de cultivo a cielo abierto a los sistemas de cultivo encubierto con biotúneles e invernaderos y la aplicación del monitoreo computacional; el control de plagas biológico, compuestos fototóxicos, películas plásticas, esterilización de anteras y agentes antivirales; en el material vegetativo la producción de hormonas, probióticos y antibióticos, plantas y semillas GNM y plantas y semillas GM (genéticamente modificadas).

La evolución de las innovaciones además de haber dado lugar a una mayor diversificación y complejización, generó los sistemas de innovación tecnológica. El concepto de sistema de innovación ha sufrido cambios en cuanto a su propia connotación y si bien en términos abstractos se le define con relativa precisión, en términos específicos su definición puede resultar ambigua, como es el caso de los sistemas nacionales de innovación, cuyo contenido específico varía de país a país y en la realidad pueden o no haber evolucionado hasta consolidarse plenamente o están en proceso de consolidación o de plano son inexistentes.

Se pueden definir tres modelos de sistemas de innovación en el curso de los últimos cincuenta años: la cadena ligada, los sistemas de innovación centrados en la

organización de la innovación y los sistemas de innovación centrados en los productores agrícolas.

En la cadena ligada la Ciencia preside el proceso de innovación tecnológica, cuyo punto de partida es el análisis de la demanda potencial de un producto o servicio y la estimación de la relación costo beneficio que determina su rentabilidad y su competitividad. La cadena ligada es un proceso lineal articulado que se integra por los eslabones del mercado potencial, la invención y diseño analítico, el diseño detallado y a prueba, el rediseño y producción y la distribución y el mercadeo. Cada uno de estos eslabones implica un conocimiento científico aplicado.

En la corriente del evolucionismo económico es donde se genera el concepto de cadena ligada por la innovación tecnológica y de sistema de innovación. Que es un concepto posterior que surge en la década de los años ochenta. El sistema de innovación tecnológica articula la actividad agrícola con el financiamiento, la ciencia y la tecnología y la educación y capacitación, de manera que se puede analizar la complejidad de relaciones que se articulan a partir de la actividad agrícola de agentes e instituciones en que se termina soportando la agricultura.

Hay una diversidad de modelos de sistemas de innovación tecnológicos que pueden definirse a partir de la actividad, la producción o los resultados, dando lugar a diversos objetivos y al involucramiento diferenciado de los actores, de aquí surgen los sistemas nacionales de innovación agrícola, los sistemas de información y conocimiento agrícola y los sistemas nacionales de investigación agrícola.

En el caso de la agricultura se dan dos modalidades dominantes, una modalidad son los sistemas de innovación centrados en la organización de la innovación y el otro modelo son los sistemas de innovación centrados en los productores agrícolas. Este último es el más reciente y plantea la inclusión de la agricultura familiar como una estrategia para superar el atraso y la pobreza, ya que hay alrededor de 2 mil millones de personas en el mundo que están ligados a este tipo de agricultura.

El surgimiento del paradigma sustentable en la agricultura.

El predominio del paradigma productivista en el curso de la postguerra tuvo como factor interno de impulso la satisfacción de la demanda creciente de alimentos y materias primas que la expansión demográfica, las migraciones, la expansión urbana y la diversificación económica requerían. Este crecimiento inusitado de las actividades agropecuarias empezó a generar diversas presiones sobre el medio ambiente y efectos adversos también.

Al obligar a extender la frontera agrícola se enfrentó a la urbanización, que devoraba los predios originalmente dedicados a las actividades agrícolas en valles y llanuras, en este sentido se fue sobre los pastizales y los bosques, propiciando una modificación depredadora de los ecosistemas, lo que se incrementó con el modelo de agricultura de monocultivos a gran escala.

La demanda de agua se incrementó, la agricultura absorbe 65% del agua disponible para el consumo animal y humano a escala mundial y se pierde la mitad por evaporación.

La agricultura con el uso de agroquímicos en los sistemas de monocultivos ha provocado la contaminación de suelos y aguas y ha disminuido la biodiversidad y contribuido a la generación de plagas más resistentes. También hay efectos nocivos en el consumo de alimentos por el empleo de los agroquímicos, que ha sido fuente del desarrollo de cáncer en el aparato digestivo de los consumidores. La expansión de la frontera agrícola y de la mancha urbana son los principales factores que generan los incendios forestales en épocas secas, con lo que se pierde superficie boscosa y contribuye al cambio del régimen de humedad en las regiones y promueve los procesos de desertificación.

En ese contexto emerge la agricultura orgánica moderna que busca amortiguar los efectos de contaminación ambiental. La agricultura orgánica va a convertirse en una de las fuentes del paradigma de la sustentabilidad al combinarse con la agricultura orgánica tradicional y con la innovación tecnológica doméstica y comercial moderna.

Volver a la agricultura orgánica significa usar insumos orgánicos sustituyendo a los agroquímicos y recuperar los sistemas de policultivos de pequeña escala, también se pueden emplear cultivos a escala media, pero se insiste en abandonar los monocultivos a gran escala. La razón es para armonizar los ecosistemas agrícolas con los ecosistemas naturales.

El paradigma agrosustentable implica una modificación en la conducta económica de los productores, de minimizar esfuerzos y maximizar resultados en sistemas agroproductivos no articulados a la naturaleza, es decir que los agrosistemas están desconectados de los ecosistemas, en esas condiciones la conducta económica se vuelve el motor de la depredación ambiental.

Se trata ahora de poner la conducta económica en un umbral diferente, los sistemas agroproductivos se transforman en ecosistemas productivos agrícolas armonizados con los ecosistemas naturales, los límites de la minimización de esfuerzos y maximización de resultados están limitados por las necesidades de reproducción de la propia naturaleza, es decir, la relación costo beneficio es modificada por la propia sustentabilidad.

La sustentabilidad a su vez está definida por los principios de la agricultura orgánica que son el principio de salud, el principio de ecología, el principio de equidad y el principio de precaución.

El principio de salud establece que la salud es integral, por lo tanto, la salud de los individuos, las comunidades y los ecosistemas están relacionadas. Significa inmunidad, resiliencia y regeneración. El principio de ecología permite enraizar a la agricultura dentro de los sistemas ecológicos vivos. El principio de equidad enfatiza que los involucrados en la agricultura deben de conducir las relaciones humanas que

aseguren la justicia. El principio de precaución establece que los incrementos de productividad y producción no se deben de realizar a expensas de la conservación de los sistemas saludables.

La agricultura orgánica es el primer paso hacia una agricultura sustentable y son importantes las modificaciones que introduce:

- a) La sustitución de insumos inorgánicos por insumos orgánicos: abonos, bioinsecticidas, bioabonos.
- b) El cambio de escala de producción de grande a mediana y pequeña.
- c) El cambio del patrón de cultivos de monoproducción al de policultivos.
- d) El reparto equitativo del producto entre los agentes económicos.
- e) El rescate de la agricultura familiar.
- f) La adaptación y diseño de tecnologías comerciales y domésticas sustentables.

La incorporación de la innovación técnica y tecnológica se puede hacer por medio de la técnica y tecnología domésticas, que es la aplicación de la ciencia y o el conocimiento empírico para introducir mejoras en los agrosistemas productivos realizadas por los propios productores y asociados al trabajo de investigación. Por ejemplo, se puede generar composta balanceada y biolíquidos para la fertilización, los propios productores se pueden capacitar en la elaboración de estos insumos. Se pueden introducir mejoras en los sistemas de irrigación mediante adaptaciones domésticas de tecnología comercial. La construcción de biotúneles e invernaderos para control de las variables climáticas y asegurar la producción de tres a cuatro ciclos al año, en vez de uno a dos ciclos a cielo abierto. Se pueden integrar empacadoras de los productos finales o procesamiento para agroindustrialización doméstica para la comercialización de alimentos y bebidas artesanales orgánicas.

Se pueden desarrollar nuevos policultivos o mejorar los policultivos tradicionales. Se puede crear maquinaria y equipo adaptado a las escalas de producción y a los microclimas y productos que se generen. Se puede mejorar el material vegetativo y las semillas con métodos aplicados a OGNM con la combinación del conocimiento empírico y el conocimiento científico.

El concepto de tecnología doméstica se funda en la combinación de los saberes ancestrales basados en la observación y la experiencia empírica con el conocimiento científico, lo que permite desarrollar tecnologías aplicables a los pequeños productores familiares que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos con un sentido sustentable, es decir, minimizando o neutralizando las afectaciones al medio ambiente y armonizando los agrosistemas productivos con los ecosistemas naturales.

El paradigma agrícola sustentable se ha ido integrando lentamente en el curso de la postguerra y la globalización actual. En el contexto del cambio climático generado por la depredación del paradigma productivista en el conjunto de la economía, y, asociado a una tecnología de uso depredador, ha cobrado mayor fuerza la sustentabilidad, al grado que hoy se le ve como una posible solución alternativa que pueda ofertar un volumen de bienes agrícolas suficientes sin efectos depredadores sobre el medio ambiente, por el contrario, que ayude a la reconstitución del mismo en bien de la preservación del planeta y la biosfera que se desarrolla en la propia Tierra.

El concepto de sistema de producción agrícola que surge en el enfoque del evolucionismo económico, es modificado por el enfoque de la sustentabilidad y se denomina ecosistema de producción agrícola, esta modificación del concepto tiene una implicación mayor que es el cambio paradigmático, da lugar a un cambio en el régimen de producción productivista para transformarlo en un régimen de producción sustentable que modifica tanto la conducta económica como su carácter cerrado y depredador a un carácter abierto y armonizado con los ecosistemas naturales. No necesariamente significa una modificación del modo de producción dominante basado en el paradigma productivista, pero si apunta a definir un sistema productivo y un régimen de producción sustentables como elementos emergentes de una nueva forma de producción y organización social a escala planetaria.

Referencias.

Arroyave J y Garcés L, (2006), Tecnologías Ambientales Sostenibles, Producción +Limpia, julio-diciembre, vol 1 no 2.

Barrueta V. y Limón F, (2005) Participación campesina para la generación de tecnología alternativa, disponible en: www.juridicas.unam.mx

Botagaray Isabel, (2016), Políticas de ciencia, tecnología e innovación sustentable e inclusiva para América Latina, CILAC, Montevideo Uruguay.

Brunar Ignasi y Baltar Fabiola (2010), Desarrollo endógeno, calidad institucional e innovación. Una revisión de la teoría y algunos de sus límites, Reforma y Democracia, no 48, CLAD, Caracas, Venezuela.

Cervantes J., Cruz A, Salas J., Pérez Y, y Torres G, (2016), Saberes y tecnologías tradicionales en la pequeña agricultura familiar campesina de México, Revista de Geografía Agrícola no 57.

Fraser Arabella, (2009), Agricultura para el Desarrollo, Informe de investigación, OXFAM.

Gómez L, (2017), Agricultura Familiar: política de desarrollo con enfoque territorial, UNAM-UACH-FE-CIESTAAM.

Gliessman S., Rosado F., Guadarrama C., Jedlicka J., Cohn A., Méndez V., Cohen R., Trujillo L, Bacon C., y Jeff R., (2007) Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad, Revista Ecosistemas, no 16.

IICA, (2014), La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible, San José, Costa Rica.

IFOAM, Los principios de la agricultura orgánica, (2005)

Monares Aníbal, (2010), Innovaciones tecnológicas para reducir la pobreza rural en América Latina y el Caribe, FIDA.

Ramírez Morales Iván, Ruilova Reyes Bismark, Garzón Montealegrw Javier, (2015), Innovación Tecnológica en el sector agropecuario, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Restrepo J, Agricultura Orgánica: Principios, Objetivos y Estrategias, (2004)

Salinas E. y Tavera M. (2016), Los paradigmas de la agricultura, Producción, Comercialización y Medio Ambiente, Handbook T-I, Pérez Soto Francisco, Figueroa Hernández Esther, Godínez Montoya Lucina, directores, ECORFAN, UACH.

Sonnino Andrea y Ruane John, (2012), La innovación en la agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria: el caso de las biotecnologías agrícolas. Biotecnología e innovación: el compromiso social de las ciencias.

Toledo V., (2012) Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. Agroecología y Desenvolvimiento Rural Sustentable, abril-junio, Porto Alegre, Brasil.