

86
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ECONOMIA

**SOBRE EL DESARROLLO TECNOLOGICO
EN LA AGRICULTURA
(LA REVOLUCION AGROBIOTECNOLOGICA)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN ECONOMIA

P R E S E N T A :

IGNACIO

JIMENEZ

VAZQUEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, DISTRITO FEDERAL.

MARZO DE 1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

25 1998



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ECONOMÍA

***SOBRE EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA
AGRICULTURA
(la revolución agrobiotecnológica)***

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA**

P R E S E N T A :

Ignacio Jiménez Vázquez

Director de Tesis:
Dr. *Leonel Corona Treviño*

CIUDAD UNIVERSITARIA, DISTRITO FEDERAL, MARZO DE 1998

A CYNTHIA ISABEL JIMÉNEZ VÁZQUEZ
por lo maravilloso de vcrta crecer

SOBRE EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA AGRICULTURA *(la revolución agrobiotecnológica)*

ÍNDICE

	página
INTRODUCCIÓN GENERAL.	IV
CAPÍTULO PRIMERO.	
CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO CAPITALISTA.	1
Antecedentes.	2
1.1 CONDICIONES GENERALES DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO	6
1.2 LA FORMA TECNOLÓGICA ESPECÍFICAMENTE CAPITALISTA.	7
1.2.1 La Primera Revolución Industrial (el empleo de la máquina)	12
1.2.2 La Revolución Fordista-Taylorista.	16
1.2.3 La Revolución Científico-Tecnológica.	21
CAPÍTULO SEGUNDO.	
SOBRE LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA AGRÍCOLA <i>(La biotecnología como eslabón en el desarrollo e Industrialización Agrícola).</i>	30
Introducción.	31
2.1 EL DESARROLLO HISTÓRICO TECNOLÓGICO DE LA AGRICULTURA (Hacia la integración del circuito de producción Agricultura-Industria).	37
2.2 EL TRÁNSITO DE LA FORMA GENERAL A LA FORMA ESPECÍFICA DE LA AGRICULTURA.	38
2.3 LA BIOTECNOLOGÍA COMO NUEVO MARCO PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA.	51

2.3.1 Características generales de la biotecnología.	51
2.4 BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL Y SUS APLICACIONES EN LA AGRICULTURA Y LA AGROINDUSTRIA.	61
2.5 ORÍGENES DE LA BIOTECNOLOGÍA DE DESARROLLO ESPECÍFICO.	74
2.5.1 Aplicaciones de la agrobiotecnología de desarrollo específico en la agricultura.	84
2.5.2 La agrobiotecnología Vegetal.	85
CAPÍTULO TERCERO.	
<i>SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO</i>	106
Introducción	107
3.1 EL DESARROLLO EXTENSIVO DE LA AGRICULTURA MEXICANA	113
3.1.1 Antecedentes.	113
3.1.2 El tránsito de la forma extensiva a la forma intensiva en el desarrollo agrícola.	119
3.2 LA INTEGRACIÓN INDUSTRIAL DE LA AGRICULTURA MEXICANA.	131
3.2.1 La mecanización agrícola	131
3.2.2 El subsector Agroindustrial.	138
3.3 AGROBIOTECNOLOGÍA Y EMPRESAS AGROBIOTECNOLÓGICAS EN MÉXICO	143
3.3.1 El papel de los Centros de Investigación de las Instituciones de Educación Superior.	158
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.	166
BIBLIOGRAFÍA.	178

INTRODUCCIÓN GENERAL

Para Luz Isabel y la familia Jiménez-Vázquez

SOBRE EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA AGRICULTURA ***(La Revolución Agrobiotecnológica)***

INTRODUCCIÓN GENERAL.

El actual marco de desarrollo científico-tecnológico, producto de las revoluciones industriales, hace posible el aceleramiento en la apertura, interrelación e integración mundial de los procesos de producción y comercialización del sector industrial en su conjunto, producto de un sistema económico cualitativamente cada vez más complejo.

Sin embargo, en este desarrollo global, el sector industrial no puede desvincularse del llamado sector primario, que bajo el dominio del capital, también se ha desarrollado (y se desarrolla) conforme a las leyes generales del sistema capitalista, no obstante posea ciertas particularidades.

Es decir, el desarrollo de la ciencia y con ella su aplicación práctica como tecnología, dentro de la actual revolución industrial, implica el aceleramiento de las formas productivas de los sectores económicos a los cuales impacta de diferentes formas, independientemente del desarrollo que éstos hayan logrado en otras fases de

desarrollo histórico.

En el Modo de Producción Capitalista, de la aplicación tecnológica en el sector industrial se transita históricamente hacia el sector primario, lo cual afianza la relación orgánica Agricultura-Industria entablada en los orígenes de este sistema.

El desarrollo de la ciencia y la tecnología generadas en el sector industrial y empleadas en el sector primario conlleva a acelerar los vínculos productivos de éste para con aquel sector. En efecto, este desarrollo principia cuando entre ambos sectores se establece una relación orgánica que les amplía su radio de crecimiento: el sector secundario requiere en escalas crecientes productos del sector primario para su consumo directo o para su re-elaboración manufacturera-industrial. En cambio, el sector agrícola, para cumplir con esta función, requiere los cambios tecnológicos del sector industrial e inicia de esta forma su proceso de industrialización.

Ello implica, evidentemente, que el sector primario se encuentre inmerso a un doble esquema: está subordinado al capital como sistema universal, y está subsumido a la industria como forma concreta de una necesidad imperiosa, a saber, la acumulación de la riqueza capitalista.

Bajo esta subordinación, el sector agrícola transita por diferentes grados de desarrollo tecnológico que van rompiendo paulatinamente la barrera tradicional (generalmente extensiva) de sus procesos productivos. En términos generales, estos diferentes grados de desarrollo se presentan de dos formas tecnológicas radicalmente diferenciadas.

La forma tecnológica tradicional mantiene la esencia de los procesos productivos precedentes al sistema capitalista de producción. Ello se explica porque, al ser subordinado el sector primario por el capital, inicialmente sus factores tecnológicos mantienen un contenido que se ha forjado desde el principio de la historia del hombre hasta el advenimiento de la sociedad capitalista.

Con esta limitante, para responder a las necesidades del desarrollo de esta sociedad, el proceso de producción sólo pueden llevarse a cabo bajo la forma extensiva. Sin embargo, el sistema de producción capitalista conforme se desarrolla

llega a crear su propio contenido y con la aplicación racional de la tecnología revoluciona esta forma productiva y gradualmente intensifica los procesos productivos. Esto último constituye la principal diferencia para con la forma extensiva de producción o forma tecnológica tradicional.

El proceso de desarrollo tecnológico de la agricultura se radicaliza conforme se desarrollan las diferentes revoluciones industriales. De esta manera el primer impacto revolucionario que en forma global se expresa sobre este sector deviene principalmente de la Primera Revolución Industrial al trasladarse el empleo de la máquina de la fábrica al campo. A partir de este momento la revolución agrícola se torna vigente y se profundiza, sobre todo con el desarrollo de la química y la microbiología, características de la Segunda Revolución Industrial. Sin embargo la forma actual en la que se emplea la biotecnología no conoce paralelo histórico.

Esta aplicación biotecnológica en el sector agrícola, circunscrita en el marco de la actual revolución científico-tecnológica, que es también conocida como tercera revolución industrial, forma parte de una de las nuevas tecnologías, producto genuino de la revolución del conocimiento.

Esta nueva tecnología en su forma contemporánea y desarrollada se expresa en cuatro técnicas o procesos de ejecución a escala industrial: 1) la fermentación (de la cual se han originado otras biotécnicas); 2) la ingeniería enzimática; 3) el cultivo de tejidos y la fusión celular y; 4) la ingeniería genética. Hasta hoy tiene mayor repercusión en las industrias farmacéutica y química, pero su uso en la agricultura es cada vez más creciente. Su mayor particularidad es en el control genético y ha llegado a repercutir directamente en la productividad de la fuerza de trabajo y en la competitividad.

La *agrobiotecnología* o *biotecnología aplicada en el sector agrícola*, se caracteriza principalmente por sus diferentes grados tecnológicos de desarrollo: por un lado, la *agrobiotecnología tradicional*, cuyo principal contenido tecnológico es la *técnica de fermentaciones*, actividad practicada por el hombre desde la época antigua en forma empírica y que en el actual sistema tiende a complejizarse con la *ingeniería enzimática*.

Por el otro, la **agrobiotecnología vegetal**, que se compone del *cultivo de tejidos* (para el aprovechamiento del germoplasma de las plantas) y del desarrollo en la transmisión y manipulación genética (*ingeniería genética*), lo cual permite el diseño de plantas y animales; la aplicación de formas intensivas de reproducción vegetal; fabricación de proteínas unicelulares que implican un incremento notable en la producción de alimentos para consumo humano y animal. además de medicamentos (a través de la *Ingeniería Microbiológica*); así como por la sustitución de productos y cultivos; fijación biológica del nitrógeno y las diferentes técnicas del DNA (como el *rDNA* y *tDNA*).

Por la naturaleza de estos contenidos tecnológicos, la agrobiotecnología presenta una gran ventaja en relación a otros procesos tecnológicos: es una tecnología relativamente incipiente la cual, dentro de la globalización actual, es posible integrarse en los procesos productivos de áreas, regiones y países menos desarrollados, donde la infraestructura agraria se mantiene incluso bajo meras condiciones naturales.

Dentro del sector primario tal proceso hace posible, en forma inmediata, la ampliación de la frontera agrícola al permitir la utilización de tierras que antes no se consideraban aptas para el cultivo, ya que mediante ciertos procesos biotecnológicos en la actualidad se pueden seleccionar variedades de plantas resistentes no sólo a plagas, sino a sequías, suelos salitrosos, salinos, ácidos, alcalinos, hasta el uso intensivo de la tierra en la selección, ya sea de plantas de mayor eficiencia biológica o la intensificación de los procesos productivos en invernaderos creados *ex profeso*.

Con la aplicación de la biotecnología, el sector primario (y por lo tanto el sector agrícola) acelera su proceso de vinculación productiva con respecto al sector industrial, proceso que es posible por la relación orgánica existente entre ambos.

En la presente investigación, *Sobre el Desarrollo Tecnológico en la Agricultura (la revolución agrobiotecnológica)* la propuesta que se discute es que el desarrollo y la aplicación de la tecnología en el sector agrícola es un proceso objetivo que se expresa en diferentes cadenas de eslabonamiento técnico-tecnológico, donde *la biotecnología forma parte del eslabón del desarrollo e industrialización agrícola*, hecho que se

expresa con tradicionales y modernos procesos de fermentación aplicados al sector primario y la aparición de nuevos cultivos micropropagados y transgénicos tratados mediante ingeniería genética. Por tanto, su aplicación racional está llamada a profundizar la revolución de los cimientos de la industria agrícola, en consecuencia tienden a estrecharse los circuitos de producción entre la agricultura y la industria.

La propuesta complementaria es que es hasta con la aplicación de la agrobiotecnología cuando se acelera el proceso de vinculación agricultura-industria en el marco de la actual revolución científico-tecnológica. Ello se debe a que esta tecnología se constituye de un cuerpo de tecnologías flexibles las cuales, de acuerdo al tipo de técnicas, posibilitan su aplicación práctica sin importar el tipo de sus condiciones materiales. Por ello, para la aplicación de la agrobiotecnología en el campo no es determinante el grado de desarrollo alcanzado en cualquier estructura agrícola.

Esta investigación se plantea el objetivo general de mostrar el entrelazamiento del proceso productivo de la biotecnología en la agricultura *como un eslabón más a su proceso de desarrollo lógico histórico*, proceso iniciado con la Primera Revolución Industrial y que en la actualidad se matiza en algunas bioindustrias.

Así, se pretende demostrar que la aplicación de la agrobiotecnología es sólo una *nueva expresión de forma* del desarrollo del sistema de producción específicamente capitalista. En este sentido, el proceso tecnológico de la agrobiotecnología no es más que una parte del eslabón histórico-productivo por el cual se refuncionaliza el papel de la agricultura en el desarrollo del sistema capitalista.

De igual manera propone analizar el hecho de que la agrobiotecnología no sólo se adapta sino que, inclusive, se desarrolla en cualquier tipo de estructura agrícola. Es decir, que para su aplicación no se requiere en el campo una forma *específicamente capitalista*.

Por la naturaleza de la investigación, el presente trabajo se desenvuelve principalmente en la lógica del desarrollo de la tecnología en la agricultura, haciendo hincapié en los efectos de la revolución biotecnológica. Por tal motivo, al abordar lo relativo al desarrollo tecnológico (del que se desprenden infinidad de elementos que

por separado podrían abordarse con profundidad), es necesario abstraerse de puntos tan fundamentales como la bioseguridad, las patentes y la ecología y el medio ambiente.

Para fines de exposición, la presente investigación se conforma de tres capítulos. En el primero de ellos se expone el carácter general del desarrollo tecnológico bajo el capital. El principio tecnológico del desarrollo capitalista es la subordinación de la naturaleza, del proceso general de trabajo así como de sus formas particulares de éste, a la vez que se expande. Pero no subsume sólo a los procesos de producción particulares y a la voluntad de realizarlos, sino a la técnica y a la fuente misma en donde se despliega esa capacidad productiva, vale decir las "herramientas" de aquellos.

El capital, enmarcado por las relaciones sociales de producción, pone bajo su dominio tanto las formas generales como concretas del proceso de trabajo, las desarrolla y revoluciona tecnológicamente en los procesos productivos: primero se gesta y opera sobre ciertas condiciones (mínimas) tecnológicas que, producto de un desarrollo económico-histórico, constituyen la esencia del trabajo precapitalista subordinado. La subordinación formal del trabajo bajo el capital, esto es el dominio de la forma del proceso de trabajo) es posible por el producto de un desarrollo histórico precapitalista, donde la riqueza objetiva del hombre, al arribo de este nuevo sistema de producción, se torna en riqueza objetiva del capital. Esto constituye los principios de las formas productivas tradicionales de carácter extensivas.

Sin embargo, por su propia naturaleza, el proceso capitalista de producción presenta formas dialécticas que le confieren una forma específica, lo cual se expresa cuando se desecha, por las necesidades de su desarrollo, el contenido del proceso de trabajo subsumido (proceso de trabajo precapitalista) **y se autoconfigura su propio contenido**, vale decir, su propia naturaleza. Este contenido encuentra **su primera forma manifiesta** en la intensificación de las jornadas laborales a través de diferentes métodos: la *cooperación*, la *división manufacturera y técnica del trabajo*, la *aplicación de la maquinaria* y la automatización del proceso productivo del trabajo para consolidar el sistema de producción específicamente capitalista. La expresión histórica de este

hecho lo constituye la Revolución Industrial y sus expresiones subsecuentes conocidas como la revolución fordista-taylorista y de producción en masa, y la actual revolución científico-tecnológica.

A lo largo de este proceso de subordinación se universalizan las leyes generales capitalistas y se forja **una estructura única**, por tanto, la agricultura se ve sometida a las leyes de valorización del capital. Es ello el gestor del puente orgánico agricultura-industria; es decir, es en estas condiciones mínimas donde se entabla la relación antagónica y orgánica entre la agricultura y la industria, que evoluciona en alto grado debido a los procesos de desarrollo tecnológico que van apareciendo.

El propósito de este primer capítulo es plantear como es que el desarrollo tecnológico de la industria crea las condiciones materiales del subsecuente desarrollo agrícola. Por ello, en esta primera parte se discute el desarrollo general de la tecnología, donde su base natural se origina en el desarrollo de la industria. Este desarrollo tecnológico se manifiesta expresamente a lo largo de las revoluciones industriales.

En el segundo capítulo se plantea como propuesta las líneas generales de la teoría del desarrollo tecnológico de la agricultura, derivado del desarrollo industrial. En principio, como es de suponerse, el desarrollo agrícola sintetiza en su seno la necesidad perenne del hombre por su sobrevivencia. El encuentro hombre-naturaleza se media por la tierra como uno de los primeros instrumentos no sólo natural sino material. El desarrollo del proceso de trabajo (y las primeras formas manifiestas de manipulación genérica externa en la domesticación de animales y el cultivo de los vegetales, por ejemplo, lo que implica en cierta medida el despliegue de la revolución agrícola) configura, al paso de todas las épocas precapitalistas, **un contenido único**, producto del desarrollo de los diversos procesos de trabajo de tecnologías precapitalistas diversas.

Con la subordinación al capital de las actividades primarias (entre ellas la agricultura), este contenido precapitalista encuentra su punto de crisis cuando el desarrollo exige invertir productiva y comercialmente, a escalas sociales cada vez

mayores, el remanente que excede a las necesidades más inmediatas del hombre, vale decir, cuando el excedente se torna capital.

El proceso de desarrollo agrícola, producto de la subsunción formal del proceso de trabajo al capital y del desarrollo lógico del sistema, también se enfrenta a todas sus contradicciones surgidas en su seno: el paso de su forma de desarrollo tecnológico tradicional a la forma específica no es más que expresión de la necesaria refuncionalización del sector como entidad económica, a imagen y semejanza del sector industrial.

Expresiones de este tipo las encontramos en el creciente empleo de agroquímicos; la maquinaria agrícola, la agroindustria, la agromaquiladora y; hoy en día, en la **agrobiotecnología**, procesos que reformulan el papel del sector, de la fuerza de trabajo, del conocimiento y demás, haciendo transitarle de una forma "natural" y tradicional capitalista a una forma específica y "moderna".

Estos procesos histórico-tecnológicos **representan cada uno de ellos un proceso tecnológicamente superior**, cualitativamente distintos entre sí a medida que **el capital radicaliza su influencia en el sector agrícola en particular y el sector primario en general**. Es un proceso tecnológico al que no le son ajenas, por supuesto, las leyes universales de valorización del capital. Por tanto debe entenderse, no como una simple introducción de nuevos y sofisticados procesos tecnológicos sino como un proceso fusionado, ambivalente u *orgánico*, donde se conservan sus particularidades naturales, y donde la aplicación racional de las tecnologías en la agricultura desarrollan en forma particular los avances de la ciencia. En este proceso la agricultura se conforma ya (tal como ha sido siempre) como una industria, la industria del capital.

Con este desarrollo, los circuitos de producción tienden a cerrarse de tal forma que la relación agricultura-industria es tangiblemente cada vez más estrecha. dándose una mayor simbiosis entre ambas, de tal forma que hoy sólo llega a mediar entre ellas el mismo proceso de desarrollo tecnológico. Naturalmente, al extenderse estos, se cierra más esta relación, dándose una mayor integración entre ambos sectores.

De acuerdo a lo anterior, la forma inicial del desarrollo agrícola principia con la

relación orgánica agricultura-industria, la cual implica una globalización del desarrollo de las fuerzas productivas, haciendo variar la concepción económica no sólo del sector sino de la tierra misma. Así, el rezago relativo de la agricultura en relación a la industria (y esto es válido para la agricultura como un todo descompuesta en subsectores) se presenta solamente como un problema tecnológico y, por tanto, como un problema histórico.¹

El capítulo tercero y último plantea, también a manera de propuesta, el desarrollo tecnológico y la industrialización agrícola de la agricultura mexicana. En él se expone su desenvolvimiento a través de dos grandes procesos: el desarrollo tradicional en el que predominan las formas extensivas de producción; y la forma específicamente capitalista, dentro de las cuales, la actual tendencia parece favorecer a la agricultura comercial, en especial para cultivos de orden ornamental, y la producción de alimentos de consumo animal. Es sorprendente que con la actual revolución biotecnológica y sus diferentes biotécnicas, este tipo de agricultura no necesariamente es el típico emporio que florece con la llamada revolución verde de los años cincuenta, sino que, contrario a lo que puede esperarse, puede ser practicado por cualquier agricultor que cuente con los medios necesarios para emplearla como fuerza productiva.

Aunque existen algunas empresas que emplean los métodos tradicionales en biotecnología desde antes de la década de los años sesenta de este siglo, es a partir

¹Adam Smith, uno de los grandes teóricos de la Economía Política Clásica, considera que la separación técnica de los diferentes procesos industriales (considerados por él como manufacturas) hace posible el adelantamiento productivo del trabajo. Sostiene que este progreso no concuerda para el caso del sector agrícola ya que en este existe una imposibilidad de hacer una separación técnica tan completa en los diferentes ramos agrícolas, razón en la cual se estriba su atraso técnico. " ... The nature of agriculture, indeed, does not admit of so many subdivisions of labour, nor of so complete a separation of one business from another, as manufactures. (...) This impossibility of making so complete and entire a separation of all the different branches of labour employed in agriculture, is perhaps the reason why the improvement of the productive powers of labour in this art, does not always keep pace with their improvement in manufactures." (Adam Smith. An Inquiry into the Nature and Causes of The Wealth of Nations. Volume One, Book I. The University of Chicago Press, Chicago, USA, 1976. Capítulo I, pp 9 y 10.

Sin embargo, al considerar el despliegue tecnológico que hace posible el aprovechamiento al máximo de la tierra y los recursos naturales (conforme se expone en la parte dos de la presente investigación), su afirmación puede considerarse como punto de partida del desarrollo agrícola si se toma en cuenta la superación de esos factores técnicos.

de la década siguiente cuando empieza realmente a aplicarse de manera formal esta tecnología. Las empresas que utilizan biotecnología moderna, sin embargo, son las menos, lo que la confirma como una manifestación nueva del desarrollo capitalista.

En la última parte se presentan las conclusiones de la investigación y se plantean algunas perspectivas sobre uno de los diferentes tipos de aplicación de la biotecnología en México, que empieza a manifestarse en forma incipiente. Se trata de la biotecnología utilizada por las **Empresas de Base Tecnológica**, fenómeno que data a partir de los años noventa y que está estrechamente vinculado a la revolución científico-tecnológica, especialmente por el uso específico que se hace del conocimiento. Este último apartado tiene el propósito de sentar las bases de la discusión sobre el papel de la biotecnología en el desarrollo económico en un tipo de empresas de reciente formación, muchas de las cuales (que sin estructura previa), emplean esta nueva tecnología como una posibilidad de su propio desarrollo.

Finalmente, en el presente trabajo el autor agradece las sugerencias vertidas a lo largo de las sesiones de trabajo a nivel maestría del *Seminario de Economía Política de la Ciencia y la Tecnología* (SEPCyT) de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM, generación 94-II, en especial a Irán Lagos Chávez; así como al responsable del mismo, Dr. Leonel Corona. De igual manera ha sido muy valioso el apoyo brindado por Alfredo Tapia Naranjo del INIFAP; Luis Lozano de la FE-UNAM, así como a los doctores Carmen Ramos y Fermín Pérez del IPN-CINVESTAV, Unidad Ciudad de México; la orientación y comentarios de los profesores Yolanda Trápaga de la DEP FE-UNAM, Ryszard Rózga y Enrique Olivares del SEPCyT; Argelia Salinas, Pedro Corona, y Blanca Rubio del Instituto de Investigaciones Económicas, así como a Yolanda Massieu de la UAM-A.; pero la interpretación misma es únicamente responsabilidad del autor.

marzo de 1998.

CAPÍTULO PRIMERO

CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO CAPITALISTA

*A Magnolia Espinosa Estrella,
a Catherine Yordanova
y a quienes comparten su
recuerdo.*

CAPÍTULO PRIMERO

Consideraciones Generales Acerca del Desarrollo Tecnológico Capitalista

ANTECEDENTES

El modo de producción capitalista se distingue a lo largo de su desarrollo por la forma y la naturaleza tecnológica (vale decir el contenido) de sus procesos de producción y valorización, los cuales forman parte del proceso de trabajo. En la presente investigación se parte de una premisa fundamental, que el proceso de trabajo, encarado bajo la forma social y subordinado por el capital, es la base del desarrollo tecnológico de éste. De esta manera, la forma concreta de los procesos de producción y valorización del capital (cuyo origen deviene de la subordinación del proceso de trabajo mismo), no son más que expresión genuina del desarrollo tecnológico alcanzado en este, y que inicialmente se tipifica en el capital de vanguardia. Es decir, que a lo largo de su desarrollo histórico, los procesos productivos presentan diferentes grados de desarrollo, en correspondencia al alcanzado por este sistema y, por tanto, en correspondencia a sus grados de subordinación.¹ Sin embargo, en esta investigación se parte del supuesto de que en el

¹ Los grados de subordinación (que, debe de suponerse, se identifican bajo las formas de desarrollo capitalista y específicamente capitalista, conforme se verá posteriormente), no se

modo de producción capitalista existen dos grados históricos de desarrollo: el *tradicional*, en el que se manifiestan los rezagos precapitalistas, y el *específico* en el que se denota el contenido específicamente capitalista.

En este sentido también se supone que el desarrollo tecnológico parte de un mínimo de conocimientos (entre los que deben de considerarse ciertas habilidades generacionales), contenidos en el proceso de trabajo. En este último supuesto debe de considerarse que, por lo general, el proceso de trabajo se modifica gradualmente, dando origen a los distintos estadios de desarrollo del sistema capitalista de producción, así dicho proceso de trabajo al alcanzar un grado mínimo de desarrollo es tanto origen como soporte de la ciencia. Ciencia, como un alto grado de desarrollo del conocimiento lógicamente sistematizado, y tecnología concebida como forma práctica aplicada de aquella en los procesos productivos, se subordinan y evolucionan conforme el desarrollo del modo de producción capitalista, expresando de esta manera el grado de desarrollo del capital.

El conocimiento acumulado y el adquirido forman parte de la fuerza de trabajo. Por la naturaleza de la presente investigación, sólo se habrá de suponer al conocimiento como una de las formas de la fuerza de trabajo; un pensamiento lógico y racional que, conforme se extienden las necesidades y las capacidades de este sistema, se divorcia del propiamente trabajo físico, tornándose en la base fundamental del desarrollo de la tecnología y, posteriormente de la ciencia al servicio del capital. Este proceso de separación del trabajo físico respecto al intelectual avanza conforme se desarrolla la base tecnológica del capital, vale decir conforme se va creando un contenido específicamente capitalista, a la vez que se va desechando el viejo contenido del proceso de trabajo, es decir, a la vez que se desechan los anteriores

suceden en forma automática el uno al otro. La forma de explotación capitalista es la base de la forma de explotación específicamente capitalista, pero una vez alcanzada esta última, no implica la cancelación de la otra, sino por el contrario ésta puede darse en mayor medida. Ambas formas constituyen la figura completa de la explotación capitalista y el fundamento de su desarrollo, pero difieren entre sí por su contenido tecnológico.

métodos y procesos productivos.

En el presente apartado se expone en líneas generales lo que se consideran las partes históricas que integran el actual proceso de desarrollo tecnológico del modo de producción capitalista, partiendo desde el punto de vista del *proceso de trabajo*.²

Las fases históricas que comprende la evolución del proceso de trabajo son, a saber: la forma *artesanal* y productiva heredada al nuevo sistema, la *cooperación capitalista*, la *división del trabajo* y el periodo de las *revoluciones industriales*. A su vez, éstas comprenden a la primera Revolución Industrial; la Revolución Fordista-Taylorista o Segunda Revolución Industrial; y por último la Revolución Científico-Tecnológica, también considerada como Tercera Revolución Industrial.

Desde el punto de vista del desgaste del proceso de trabajo bajo el capital, existen dos momentos diferenciados. En un primer momento, hasta antes del periodo de las revoluciones industriales, predomina el trabajo físico, donde el conocimiento se caracteriza por preceder a la ciencia. En la segunda fase (sobre todo a partir de la revolución científico-tecnológica) predomina el trabajo intelectual, donde la ciencia y su aplicación práctica (tecnología) anteceden a los procesos productivos.

²"El trabajo es, en primer término, un proceso entre la naturaleza y el hombre, proceso en que éste realiza, regula y controla mediante su propia acción su intercambio de materias con la naturaleza (...) Pone en acción las formas naturales que forman su corporeidad, los brazos y las piernas, la cabeza y la mano, para de este modo asimilarse, bajo una forma útil para su propia vida, las materias que la naturaleza le brinda. Y a la par que de ese modo actúa sobre la *naturaleza exterior* a él y lo transforma, transforma su propia naturaleza, desarrollando las potencias que dormitan en él...

Antes de ejecutar cualquier acción, proyecta esta en su cerebro, sin limitarse sólo a hacer cambiar la forma de la materia, sino que realiza en ella su fin. "El *proceso de trabajo*, (...) es la actividad racional encaminada a la producción de valores de uso, la asimilación de las materias naturales al servicio de las necesidades humanas, la condición general del intercambio de materia entre la naturaleza y el hombre, la condición natural eterna de la vida humana (...) independientemente de las formas y modalidades de esta vida y común a todas las formas sociales por igual..." . Marx, Karl. El Capital. Crítica de la Economía Política. Tomo I, FCE, págs. 130-132 y 137.

En este segundo momento, la ciencia capitalista a su vez desarrolla a la tecnología, pero a diferencia de los procesos de producción precedentes, se basa más en el trabajo intelectual y es base de una gran multidisciplinariedad entre todo tipo de tecnologías, incluyendo las de *reciente desarrollo*.

El desarrollo y empleo de las *nuevas tecnologías* es un proceso objetivo, cuyo marco conceptual se sitúa en la *revolución científico tecnológica*, forma actual del desarrollo específicamente capitalista.

Aunque las grandes revoluciones históricas de la agricultura han sido la recolección, la siembra y fertilización, así como la caza, su verdadero desarrollo se da hasta con el modo de producción capitalista, al cual se subordina. Con el desarrollo del sector industrial, el capital hecha mano del sector primario ocasionándole una revolución constante en sus procesos productivos de tal forma que, si bien estos últimos son diferenciados, tienden a estrecharse como resultado de la evolución técnica, científica y tecnológica, por los requerimientos del mercado y por la concentración y centralización del capital. Ello ha originado que surjan dentro del sector agrícola industrias específicas como las agroindustrias o las agrobiindustrias. Sin embargo, este último proceso tiene un punto de partida: el desarrollo del sector industrial sin el cual no es posible hablar del desarrollo capitalista de la agricultura ni, por tanto, de la integración de los circuitos de producción.

De acuerdo a este planteamiento, en este capítulo sólo se desarrollará la parte correspondiente al desarrollo tecnológico y la Revolución Industrial, dejando para la parte 2 de esta investigación lo relativo al sector agrícola.

1.1 CONDICIONES GENERALES DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO.

Con el advenimiento del modo de producción capitalista se opera un cambio en la forma del proceso de trabajo precapitalista. El sistema de producción capitalista inicia su desarrollo bajo un esquema productivo heredado del viejo sistema precapitalista, esto es opera **bajo ciertas condiciones tecnológicas.**³

Así, la forma extensiva de trabajo se convierte en su verdadero afán para valorizar el capital debido a *las condiciones tecnológicas imperantes*. Su base material son las condiciones preexistentes y su base técnica es el trabajo manual-artesanal.⁴

³"Para el desarrollo del nuevo sistema de producción, "... al capital le es indiferente, por el momento, el carácter técnico del proceso de trabajo de que se adueña. Por el momento, lo toma como lo encuentra." Marx, El Capital, Tomo I, Op Cit. pág. 192.

⁴A este exceso cuantitativo de trabajo para expoliar plusvalor se le conoce como el método de extracción del plusvalor absoluto. La forma tecnológica de este método, presenta la característica de que el capital opera sin alterar más que la forma externa del proceso de trabajo, sin modificar su esencia, por lo cual se le ha denominado como la **subordinación formal del proceso de trabajo inmediato bajo el capital**. De acuerdo a Marx "El proceso de trabajo se convierte en el instrumento del proceso de valorización, del proceso de autovalorización del capital: de la creación de plusvalía. El proceso de trabajo se subsume en el capital (...) y el capitalista se ubica en él como su dirigente, (...) Es esto a lo que denomino *subsunción formal del trabajo en el capital*. Es la forma *general* de todo proceso capitalista de producción, pero es a la vez una forma *particular* respecto al modo de producción específicamente capitalista... Marx. El Capital Capítulo Sexto Inédito Siglo XXI, pág. 54.

Este proceso sólo tiene razón de ser merced al desarrollo histórico precapitalista. Con ello la riqueza material y natural del hombre se torna en riqueza objetiva del capital. Sin embargo, el sistema del capital también se vale de una serie de medidas para complementar su dominio formal sobre las condiciones precapitalistas, y que son otro tipo de condiciones para su desarrollo tales, como por ejemplo, las formas jurídicas. En la llamada Acumulación Originaria del Capital, que disocia al productor (rural principalmente) directo de los medios de producción (como el caso de la tierra), se libera la fuerza de trabajo y se monopolizan los medios de producción, *pero los procesos de trabajo se mantienen en el mismo estado tecnológico*, por lo que se enmarca dentro de la llamada subordinación formal. En tales despojos se **acicatean y consolidan con las leyes de expropiación** *aunque la forma económica capitalista no se exprese aún*. Con la Acumulación Originaria "... El régimen del capital presupone el divorcio entre los obreros y la propiedad sobre las condiciones de realización de su trabajo. Cuando ya se mueve por sus propios pies, la producción capitalista *no sólo mantiene* este divorcio, sino que *lo reproduce y acentúa en una escala cada vez mayor*." Marx. El Capital Tomo I, Cap. XXIV, pág. 608.

Esto significa que en estas condiciones, para lograr su desarrollo, se *debe de desarrollar todo un sistema de capacidades* tecnológicas que satisfagan la creciente concurrencia. No basta, pues, desarrollar el proceso de trabajo como un proceso de producción y de valorización sino que también debe de encausarse al desarrollo del conocimiento.

Para este desarrollo, el capital debe ampliar su base productiva. En el caso de la fuerza productiva natural, el capital no sólo reproduce la explotación del proceso de trabajo sino que también expropia los espacios geográficos, también en el estado tecnológico en el que la encuentre, lo cual es un aspecto muy importante para la agricultura capitalista. Por ello el principio del desarrollo del sector primario bajo el capital está inmerso en el marco general de desarrollo capitalista. Sin embargo, los principios del desarrollo de este sector habrán de presentarse en el capítulo 2 del presente trabajo.

1.2 LA FORMA TECNOLÓGICA ESPECÍFICAMENTE CAPITALISTA.

Conforme se desarrolla como sistema universal, el capitalismo expropia la experiencia histórica de un cierto tipo de fuerzas productivas. Sobre la base tradicional de extracción de *plusvalor absoluto*, que es *la forma general* de valorización del capital, propicia una forma de desarrollo ulterior que transforma, inclusive desde el punto de vista tecnológico, la naturaleza y contenido de las condiciones reales del proceso de trabajo. Este desarrollo le *confiere una forma específica* a la extracción de plusvalor, que revoluciona constantemente el modo de producción, en las esferas subsumidas formalmente al capital.⁵

⁵Aunque las dos formas de subordinación del proceso de trabajo tienen como fin expreso la extracción del plusvalor, donde la plusvalía absoluta es relativa en tanto que limita el tiempo de trabajo necesario (para la reposición de la fuerza de trabajo) a una parte de la jornada laboral, y la plusvalía relativa es absoluta por que una vez cubierto el tiempo de trabajo necesario prolonga en términos absolutos la jornada de trabajo, no deben de confundirse ambos términos puesto que entre si median diferentes fundamentos tecnológicos: desde el punto de vista de la explotación o extracción del plusvalor, la diferencia se pone de manifiesto

Es en este sentido en el que se transforman las condiciones técnicas y tecnológicas objetivas del proceso de trabajo mismo, con lo que se disminuye, en términos relativos dentro de una jornada de trabajo y respecto a una cada vez mayor masa de productos, el valor de la fuerza de trabajo.

Esto se considera como un **aumento en la capacidad productiva social sólo si afecta a las ramas industriales** que determinan el valor de los medios de vida del trabajador promedio. Por ello existe un verdadero impacto revolucionario ahí donde los cambios tecnológicos operados afectan al conjunto de ramas industriales que produzcan las condiciones mínimas de subsistencia de los trabajadores. El impacto es aún mayor si entre estas ramas existe interdependencia productiva y comercial.

Este proceso de expansión tecnológica, que se inicia con la intensificación del proceso de producción a la vez que va exigiendo cierta flexibilización laboral en la adaptación del trabajador a ciertos procesos estándar, inicia primero en las ramas de mayor amplitud en la base técnica y de mayor desarrollo tecnológico que inicialmente les permite hacerse de un plusvalor extraordinario.⁶ Este mecanismo supone la

tan pronto se trata de reforzar (independientemente de los métodos) la tasa de plusvalor. Por ejemplo, si las fuerzas productivas no están desarrolladas y sólo operan bajo la forma en que han sido subsumidas por el capital, la tasa de plusvalor aumenta sólo si se aumenta en forma absoluta la jornada laboral; si el problema se encara con una jornada laboral dada, la tasa de plusvalor sólo aumentará revolucionando las fuerzas productivas técnicas y sociales de tal que se opere un cambio relativo de magnitudes entre el trabajo necesario y el trabajo excedente.

Ambos métodos de desarrollo tecnológico y de explotación coexisten contemporáneamente, no sólo por las inmensas y vastas regiones anexadas aun formalmente por el capital (en las que se sientan las bases de la subordinación real), sino por que históricamente (incluyendo al régimen del capital) se han desarrollado diferentes procesos de trabajo. En el caso del proceso de trabajo capitalista, éste no puede revolucionar todos los procesos de trabajo preexistentes a condición de revolucionarse así mismo, y la evidencia empírica muestra aún hoy inmensas zonas marginales que mantienen sus rasgos precapitalistas, aunque pertenezcan formalmente a una nación capitalista.

⁶En ramas con intensidad media de trabajo, basta con que alguna de ellas eleve el grado de intensidad de éste para obtener ese plusvalor extraordinario (que realizado en el mercado no es más que una ganancia extraordinaria). Como es de suponerse, apenas se generalice ese método (por que la competencia empuja a las demás ramas a adoptar, imitar o mejorar ese método), el plusvalor extraordinario de la rama en cuestión adopta la forma de

conquista de nuevos mercados, o la ampliación del mercado preexistente. Es a través del mecanismo de la competencia lo que permite que, en primera instancia, se generalice el cambio tecnológico y los métodos productivos.

El contenido de la revolución tecnológica son las fuerzas productivas técnicas y sociales y éstas a su vez son producto del trabajo en gran escala, a saber: la cooperación capitalista, la división manufacturera y social del trabajo capitalista, la aplicación de la maquinaria, de las ciencias naturales (la física, la química, etc.) y las ciencias que, en general, constituyen la fuerza productiva del capital.

Los diferentes grados de desarrollo tecnológico presuponen la explotación del proceso de trabajo en forma colectiva y social, lo cual queda de manifiesto en la cooperación, la división social y manufacturera del trabajo y el empleo de la máquina y el principio de los procesos de automatización y digitalización, todos ellos métodos tecnológicamente superiores (para la extracción del plusvalor relativo) y, por tanto, contenidos del modo de producción específicamente capitalista:

Proceso de Trabajo y Cooperación Capitalista. La cooperación capitalista se presenta como la *primera forma manifiesta intensiva* de carácter social o colectiva del proceso de producción.⁷ Su base técnica, el trabajador colectivo, requiere de un

plusvalía relativa, misma que al realizarse constituye la ganancia normal.

⁷Como se ha venido planteando al margen, las modificaciones que se dan en los procesos de trabajo no son más que consecuencia de su subordinación. Sin embargo "*Que el trabajo se haga más intenso o que se prolongue la duración de la jornada laboral; que el trabajo se haga más continuo y, bajo la mirada interesada del capitalista, más ordenado, etc., no altera en sí y para sí el carácter del proceso real del trabajo (..) Surge en esto, pues un gran contraste con el modo de producción específicamente capitalista (trabajo en gran escala, etc.) que, (...) se desarrolla en el curso de la producción capitalista y revoluciona no sólo las relaciones entre los diversos agentes de la producción, sino simultáneamente la índole de ese trabajo y la modalidad real del proceso laboral en su conjunto.*" Marx Capítulo Sexto..., Op Cit pág. 55-56.

La subordinación real del proceso de trabajo en el capital es posible merced a las *condiciones capitalistas preexistentes*, es decir gracias al desarrollo del modo de producción capitalista y se relaciona directamente a las formas intensivas de producción, cuya forma típica es la extracción de la plusvalía relativa.

mínimo de destreza y de habilidad generacional para el trabajo. El mantener el régimen tradicional del trabajo con el simple empleo colectivo de trabajadores⁸ ya implica una revolución en las condiciones objetivas del proceso de trabajo: los medios de producción usados colectivamente originan economías en el proceso de producción (con lo que se abaratan las mercancías que si determinan el valor de la fuerza de trabajo, esto es que forman parte de la canasta básica de la dieta del trabajador, abaratan la fuerza de trabajo misma); pero sobre todo, exalta la potencia individual combinada que origina una fuerza de masa que en escala social amplía las capacidades productivas o incrementan la potencia mecánica del trabajo, extendiendo su radio de influencia y reduciendo el tiempo de trabajo en la producción de las más variadas mercancías.

La cooperación consiste en el aumento en la fuerza mecánica del trabajo y la ampliación de su radio de influencia y con ello la reducción del ámbito geográfico; esto es, esta fuerza productiva combinada o fuerza productiva social intensifica la jornada laboral. Esta potencialidad debe ser encausada ahora en forma indispensable por el mando del capital pues se vuelve una verdadera condición material de producción y, por tanto, de su desarrollo. Sin embargo, esta característica apenas es el atributo más sencillo del capital ante métodos más desarrollados.

La División Manufacturera del Trabajo⁹ tiene como rasgo distintivo que su base técnica son la herramientas manipuladas manualmente (hombre-herramienta). Conforme esta forma adquiere, merced al aumento en las escalas de producción,

⁸"La forma del trabajo de muchos obreros coordinados y reunidos con arreglo a un plan en el mismo proceso de producción o en procesos de producción distintos, pero *enlazados*, se llama *cooperación*. "...la escala de la cooperación, depende ante todo del volumen de capital que el capitalista pueda invertir en comprar fuerzas de trabajo; es decir, de la *medida en que cada capitalista disponga de los medios de subsistencia de muchos obreros*. Marx. El Capital. T. I. pp 262 y 266.

⁹Históricamente, la manufactura se extiende de mediados del siglo XVI hasta el último tercio del siglo XVII. Marx. *Ibid*, pág. 272.

verdaderas formas sociales, estas herramientas se van perfeccionando, requiriéndose el que se consoliden o surjan industrias que las produzcan. Por otro lado, surge la limitación del productor directo al originarse la diferenciación, la especialización y la parcialización productiva.

Tanto en la cooperación como en la manufactura, el capital ya no se limita a subsumir tal y como encuentra el proceso de trabajo. En este último caso (la manufactura) apenas se convierte en la forma predominante, el proceso de producción se adecua al principio de que *en un tiempo dado debè de alcanzarse un producto dado*,¹⁰ estableciéndose como complemento de su base técnica la continuidad, uniformidad, regularidad, reglamentariedad e interdependencia en los procesos de producción.

Aunque, a decir de Marx, la "*... maquinaria específica del período de la manufactura es, desde luego, el mismo obrero colectivo*",¹¹ cuyas operaciones se desglosan y adquieren independencia (léase *división del trabajo*), es durante este período en el que se va desarrollando esporádicamente el empleo de máquinas para ciertos proceso primarios simples.¹²

El proceso de trabajo en la manufactura presupone cierta madurez de la división social del trabajo, y esta es a su vez base de un mayor desarrollo de la fuerza productiva social. Desde el punto de vista de la herramienta, es base del desarrollo de las fuerzas productivas técnicas, que al desarrollarse en un alto grado ponen fin a la base productiva manual como forma técnica y tecnológica. Ambos procesos

¹⁰Marx. *Ibid* pág 280.

¹¹Marx. *Ibid* pág 283.

¹²Esta forma productiva específicamente capitalista crea "*...una determinada organización del trabajo social (que) no es más que un método especial de creación de plusvalía relativa (...) a costa de los obreros...*" Marx, *Ibid*, pág. 297.

(desarrollo de la fuerza productiva social y técnica) al incompatibilizarse con su base productiva, originan la Revolución Industrial y con ella el sistema de máquinas.

La forma social de la manufactura, extendida ramo a ramo por una creciente red urbana, al alcanzar cierto grado de desarrollo (por la amplitud de la escala productiva) urgió un mayor desarrollo del sistema de capacidades productivas del capital debido a que su base técnica se torna en incompatible ante la creciente escala y por las crecientes necesidades (en materias primas, fuerza de trabajo, mayores volúmenes de producción, comercio, transportes, caminos, etcétera). Se genera entonces, por expresa necesidad, la producción de máquinas como mercancías específicas del capital. Es en el periodo de la Primera Revolución Industrial donde se consolida este proceso, donde la división del trabajo acentúa la separación del trabajo físico del trabajo intelectual y donde la ciencia se separa del trabajo como potencia independiente de producción.¹³

Estos grados de desarrollo se complementan con la aparición y empleo de la maquinaria, el gran autómatas y la automatización del proceso de trabajo capitalista. A nivel de ramas productivas, a saber agricultura-industria, se consolidan los síntomas del acercamiento técnico de los circuitos de producción,¹⁴ que tienden a basarse en la ciencia y la tecnología, pero en especial en ésta.

1.2.1 *La Primera Revolución Industrial: el empleo de la máquina.*

La Primera Revolución Industrial¹⁵ se ubica en Inglaterra de 1770 a 1830

¹³Ibid pág. 294.

¹⁴Se trata de un primer acercamiento real de carácter técnico pues su primer punto de acercamiento histórico y capitalista es, evidentemente, económico, por lo que éste se da desde el origen mismo del sistema capitalista.

¹⁵Concepto utilizado por primera vez posiblemente por Engels en La Situación de la Clase Obrera en Inglaterra. El concepto es consagrado por Toynbee. Bernald, J. D. La Ciencia

aproximadamente, donde la fase capitalista de dominio manufacturero y comercial se muta en predominio industrial.

Aunque existe el antecedente de la máquina de vapor,¹⁶ es el empleo de las máquinas herramienta o herramientas mecanizadas en el proceso productivo en gran escala lo que marca el inicio de la revolución industrial, donde se da una transformación radical inclusive de la máquina-herramienta misma. Este proceso alcanza un verdadero cambio hasta el momento mismo en el que esta máquina herramienta se reduce a un simple elemento de la producción a base de máquinas, cuando una de éstas acciona simultáneamente a muchas máquinas y ejecutan a la vez el proceso que en la anterior forma productiva se ejecutaba gradualmente o en varias fases.

La ampliación de la base técnica de la gran industria es posible porque se da un sistema concatenado de máquinas,¹⁷ en el que el objeto trabajado se ejecuta en diversos procesos parciales entrelazados por un sistema de máquinas, inclusive distintas entre sí. La mercancía ahora es producto de trabajo ejecutados por máquinas parciales. El mecanismo de elaboración parcial de las mercancías ya no se resuelve bajo el principio subjetivo de la división del trabajo, sino que se resuelve con la aplicación técnica de los principios del desarrollo de la ciencia, esto es, por un principio

en la *Historia*. Nueva Imagen/UNAM, México, 1981, pág. 497.

¹⁶“Es en el periodo manufacturero en el que se desarrollan los primeros elementos científicos y técnicos de la gran industria.” Ibid. pág. 307. De hecho, en 1708 Newcomen inventó una máquina de vapor más diversificada y automática, la cual rápidamente se extendió. Asthon. *La Revolución Industrial*. FCE. pág. 44. Aunque la máquina de vapor se inventó en Inglaterra a fines del siglo XVII se mantuvo técnicamente igual hasta casi un siglo después.

¹⁷“Todo sistema de maquinaria, ya se base en la simple cooperación de máquinas de trabajo *de la misma clase*, como ocurre en las fábricas textiles, o en la combinación de máquinas *distintas*, como en las fábricas de hilado, constituye de por sí, siempre y cuando que esté impulsado por un motor que no reciba la fuerza de otra fuente motriz, *un gran autómeta*.” Marx, *El Capital*, T. I, pág. 311.

objetivo.¹⁸ Este es el principio que rige para el nuevo sistema de máquinas que pueden ejecutarse sin la intervención directa del hombre, aún cuando este se vea limitado a actuar como mera fuerza motriz. En efecto, este sistema automático de maquinaria se erige como *un sistema orgánico-mecánico* que se impulsa por un autómeta central, desterrándose la antigua base técnica manufacturera como forma tecnológica de vanguardia.

La Primera Revolución Industrial en Inglaterra, como verdadero cambio tecnológico, tiene un efecto de arrastre en varias industrias locales.¹⁹

En primera instancia se encuentra el desarrollo de la industria de la hulla, cuyo uso en escala industrial se debe a la escasez de madera utilizada para producir carbón, y al hierro fundido como material de construcción.²⁰ Sin embargo su desarrollo, a lo largo del siglo XIX, apenas si observa un uso generalizado y es a finales de ese siglo y principios del actual cuando alcanza su mayor desarrollo como energía para máquinas motrices y como fuente de luz y calor en los hogares.²¹

Para el caso de la industria del hierro, en 1722 se produjeron 25 mil toneladas;

¹⁸Ibíd pág. 310. Es decir, la producción capitalista basada en la división del trabajo, bajo el sistema de máquinas se resuelve ahora bajo este principio objetivo, donde el trabajador mismo sólo se constituye como un elemento técnico de esta nueva forma productiva.

¹⁹Evidentemente los efectos de la misma se extienden fuera de Inglaterra conforme se consolida el comercio exterior inglés.

²⁰...Las principales tecnologías que constituyeron este cambio fueron las minas de carbón, el proceso del hierro, la energía de vapor y la mecanización de la industria de hilados y tejidos. Ayres La Próxima Revolución Industrial Editorial Gernika, México, 1978, pág. 142.

²¹Para alumbrado público su uso se extiende a principios del siglo XIX en Inglaterra (En 1823 52 ciudades inglesas se iluminaban por gas y en 1859 casi un millar de fábricas empleaban su uso). Francia (París en 1819), Estados Unidos (Baltimore en 1816, seguida de Boston Y Nueva York, Filadelfia en 1837, aunque su uso habitacional se encuentra después de la Guerra de Secesión), Alemania (Berlín en 1826) y Rusia (Moscú en 1826). Derry/Williams. Historia de la Tecnología. Vol. 2. Siglo XXI, 1990 pp 746-749.

en 1778 se incrementa a 68 mil tons. y 30 años más tarde alcanza la cifra de 1, 347 mil tons. Este crecimiento hizo posible el mejoramiento de sus procesos tecnológicos. Por ejemplo, dio pie al inicio del uso de los vapores de alta presión, indispensables en la energía de vapor.²²

La extensión de este tipo de procesos tal vez se refleje en mayor medida en la Industria Textil Inglesa. La "*Jenny*", máquina de hilar de usos múltiples, se patento hacia 1774, le siguen la "*Water frame*" de Arkwright y la "*Mule*" de Crompton. A fines del siglo XVIII se extendió por completo el uso de la máquina de vapor y a partir de 1800 se emplea energía mecánica. En esos años se cuenta con 2, 400 telares mecánicos por sólo 100 manuales, para los años veinte de ese siglo la cifra se duplica, en los años treinta ya alcanzaba la cifra de 100 mil y, a mediados del siglo XIX se emplean casi un cuarto de millón de telares mecánicos únicamente en la industria del algodón.²³

El desenvolvimiento de la primera revolución industrial obedeció más al desarrollo técnico y tecnológico de los procesos de producción, que al desarrollo de la ciencia misma.²⁴

El proceso de desarrollo industrial paulatinamente se acompaña y exige cada

²²Ayres. Op Cit, pp 144-146.

²³Cuyo mercado rebasa la cifra de los 300 millones de libras esterlinas. Ayres Op Cit, pág. 147.

²⁴El papel de la ciencia durante el primer período expansivo del capital (1540 a 1760), en especial durante la fase de 1540 hasta 1650 (en la que predominan las revoluciones burguesas en los países bajos, 1572-1609; Alemania, 1618-1648; Inglaterra, 1649, principalmente) se limita únicamente al desarrollo del telescopio, la astronomía, el microscopio, las matemáticas y la medicina. Sin embargo, este período, catalogado como el de la Revolución Científica, se caracteriza más por el cambio y desarrollo en el pensamiento que en su aplicación. De esta manera es que en el período de la Revolución Industrial Inglesa, la ciencia tiene un efecto poco impactante como aplicación práctica. Ver a Bernal, J. D. La Ciencia en la Historia. Ed. Nueva Imagen/UNAM, México, 1981, pp 366-487.

vez más del desarrollo de la ciencia como de sus diferentes tecnologías. Es así como con el desarrollo de la ciencia y la consolidación del sistema específicamente capitalista alcanzaron mayor desarrollo e interdependencia en la Segunda Revolución Industrial, también llamada Revolución Fordista/Taylorista.

Esta fase de desarrollo *específicamente capitalista* (la revolución fordista/taylorista), a diferencia de la precedente, basa su principio técnico en las líneas de montaje automatizadas (líneas de producción automatizadas) y la organización científica del trabajo pero, sobre todo se caracteriza por el creciente empleo de la ciencia en la producción, en especial por el desarrollo de la química, la electromecánica y el petróleo, así como la consolidación universal del uso del acero.

1.2.2 **La Revolución Fordista-Taylorista.**

Como se menciona con anterioridad, la Primera Revolución Industrial es esencialmente inglesa. Sin embargo, parece existir consenso en situar a la Segunda Revolución Industrial en el periodo que abarca después de la segunda mitad del siglo XIX hasta inicios del siglo XX, teniendo lugar en forma simultánea en Gran Bretaña, Francia, Alemania y los Estados Unidos. Este proceso tiene un mayor impacto en un mayor número de ramas industriales. Se caracteriza principalmente por el uso del acero, la electricidad y la química en la producción en masa de los bienes de consumo.²⁵

Los efectos inmediatos al proceso de trabajo son la radical desvalorización del valor de la fuerza de trabajo en forma general, flexibilizando la forma contractual, extendiendo el radio de explotación de la fuerza de trabajo a la familia del trabajador,

²⁵En principio, sólo las industrias química y eléctrica tienen un carácter científico. Conforme avanza la Segunda Revolución Industrial, la ciencia se va convirtiendo en el principal agente del desarrollo tecnológico y técnico, aunque no es sino hasta avanzado el siglo XX cuando se integra por completo a los procesos productivos. Bernald. Op Cit, pp 483-484.

profundiza la separación del trabajo productivo intelectual de la base productiva física a la vez que a estos últimos, por nueva regla general, les provoca una **degeneración intelectual al convertirlos en simples medios de la valorización**,²⁶ pero sobre todo se emplea universalmente la posibilidad material de acortar el trabajo necesario y el uso excesivo de la maquinaria en el proceso productivo.²⁷

Es en este periodo cuando en las ramas existentes se tiende realmente una interdependencia, impulsados por el mayor desarrollo de la industria del acero, de los transportes y por el creciente desarrollo de la ciencia. Por ejemplo, a finales del siglo XIX y principios del actual surgen los rasgos de la actual industria eléctrica moderna con la generación central de corriente alterna de alta tensión. Su aplicación práctica en la industria ocurre con los motores eléctricos que es cuando se alcanza un grado mayor de desarrollo de las máquina-herramientas.

Por otro lado, la necesidad de la industria del gas originó el desarrollo de la industria del petróleo. Cuando este se hizo indispensable, su búsqueda se diseñó científicamente y se realizó por percusión, pero con el desarrollo de la industria del acero, se introducen a principios del siglo XX barreras rotatorias de acero de aleación.²⁸ En esta industria se derivan una serie de combustibles líquidos, (pesados o ligeros), que empezó a demandar crecientemente la nueva industria automotriz (en autos pesados como en automóviles).²⁹

²⁶Marx. *El Capital*, Op Cit, pág. 328.

²⁷Esto se debe al "desgaste moral" o la depreciación natural de las máquinas, obligándose al obrero a *jornadas de trabajo extensivas* no solamente en su periodo álgido de plusvalor extraordinario, sino como plusvalor relativo "normal", en tanto que *se explota intensivamente al proceso de trabajo*. Esto es, el avezado capitalista promulga por la extensión absoluta de la jornada laboral a fin de aprovechar al máximo su máquina. Marx ofrece memorables pasajes de la lucha de clases que, en primer instancia, ponen un dique al afanoso y desenfrenado proceso de valorización del capital.

²⁸Williams. *Historia de la Tecnología*. Vol. 4. Siglo XXI, 1988 pág. 167.

²⁹Williams, *Historia de la Tecnología*. Vol. 3 pág. 884.

A finales del siglo XIX se da un cambio verdaderamente notable en los procesos de construcción al sustituirse el hierro por el acero, un auténtico aporte de la ciencia química. Su creciente desarrollo demandó de la industria minera metales como el tungsteno, el molibdeno, vanadio y manganeso para un tipo especial de aleación de acero. Fue, sin embargo, el desarrollo de la industria eléctrica la que hizo posible el amplio uso de un tipo de hornos eléctricos para fabricar acero.³⁰

El uso del acero rápidamente se extendió a toda industria. Ya en el presente siglo la industria de la construcción es el mayor consumidor mundial de acero con el 20%, siguiéndole la ingeniería mecánica (15%), la de astilleros (10%) y la del ferrocarril (7%),³¹ lo que da constancia de su aplicación.

Un caso típico de esta interdisciplinariedad en la aplicación de tecnologías derivadas del desarrollo de la ciencia lo constituye, en efecto, la industria química, misma que tiene un gran impacto tecnológico importante, amén de su arrastre económico como industria básica.³² Su importancia fue nodal en la industria textil y a su vez estas orillaron a un mayor desarrollo de la química: a fines del siglo XVIII se comenzó a fabricar un polvo blanqueador que la industria del algodón demandaba. Finalmente, después de la segunda mitad del siglo XIX se empiezan a fabricar los *colorantes sintéticos*.

Es en este periodo cuando el desarrollo de la agricultura no tuvo paralelo histórico al revolucionarse su proceso de trabajo por el desarrollo de la industria. No

³⁰Williams, Historia, etc. Vol. 4. pág. 103.

³¹Ibid. pág. 177.

³²Su forma actual surge en Europa a principios del siglo XIX cuando se da la fabricación en gran escala de la *sosa* y el *ácido sulfúrico* que la gran industria reclama. El desarrollo de esta industria en los Estados Unidos se da a partir de 1880. Ibid. pp 193-196. Su principal antecedente científico formalizado en una obra escrita se debe a Robert Boyle (*Sceptical Chemist*) en 1661. Williams, Historia, etc. vol. 3 pp 775-777.

sólo se empezaron a implementar en sus procesos productivos las máquinas mismas, sino que se empezaron a demandar volúmenes crecientes de fertilizantes que la industria química producía.

La energía eléctrica poco a poco se fue implementando en la automatización fabril. Con esta automatización, aparejada con el resto del desarrollo tecnológico, la potencial universalización del modo capitalista de producción cobra una forma real al extender su radio local de expansión con la interdependencia industria; extender su ámbito de explotación al abrir nuevos campos fértiles en los que extiende en forma absoluta la fuerza de trabajo explotada, aún de manera formal; abre y conquista el mercado mundial, sojuzgando pueblos y civilizaciones enteras en los que se da una conversión del vasallaje o la esclavitud en trabajo asalariado, "... este tipo de explotación cobra una *elasticidad, una capacidad súbita e intensiva de expansión* que sólo se detiene ante las trabas que le oponen las materias primas y el mercado.³³ El capital civiliza las sociedades más barbaries.

El final del siglo XIX, en pleno avance de la forma intensiva de producción capitalista en algunas regiones de Europa, demuestra la forma expansiva de este sistema de producción. Ante la necesidad de mayores materias primas y de satisfacer la demanda que la creciente industria de los Estados Unidos y la Europa industrializada requerían, inician una carrera neocolonialista por nuevos territorios y mercados, siendo objeto de disputa África y Asia, además del comercio con países latinoamericanos.

La estandarización de los procesos de producción, el ascenso de las nuevas formas dialécticas del proceso de trabajo específicamente capitalista queda de manifiesto en la mutación de la máquina mecánica a la máquina automatizada-estandarizada y las nuevas formas desarrolladas que adquiere:

³³Ibid, pág. 375.

Aunque comúnmente se piensa que Taylor fundó los orígenes científicos de la división del trabajo en la empresa a través de sus principios de administración (con atención gerencial al concepto, control y ejecución del trabajo), que por lo demás parece ser una elegante forma disfrazada de la gestión vigilante y despótica del capital, la forma organizacional expuesta bajo bases científicas ya es considerada por Adam Ferguson (*An Essay*: 1767), que de acuerdo a Marx es uno de los maestros de A. Smith; por este último (*Wealth* :1776, libro primero) y por el mismo Marx (*Misère*: 1847 y *Das Kapital*: 1867). Sin embargo, en cuanto a los volúmenes crecientes de la gran empresa, como forma de organización productiva y flexibilización laboral, constituye un hito en la planeación científica del trabajo y una innovación de las técnicas organizacionales.

En el taylorismo se combinan la planeación intelectual del proceso trabajo con el trabajo físico, donde este se nutre de una repetición sistemática y fragmentada que racionaliza al máximo la relación hombre-máquina. Este mecanismo hizo aún más necesario el control sobre la ciencia y la tecnología,³⁴ creándose las condiciones necesarias del sistema lineal de montaje de producción.

Los incrementos en la escala productiva de esta nueva forma que adquiere el desarrollo del capitalismo se conocen como producción y consumo en masa. Es precisamente el fordismo el que, a través de las líneas de montaje, o cadenas productivas, aumentan los ritmos del proceso de trabajo,³⁵ perfeccionándose la

³⁴Con la revolución de la ciencia se da un mayor desarrollo de las facultades intelectuales del proceso de trabajo, que suponen un desarrollo sofisticado y revolucionario de los mecanismos de producción poniendo a aquella bajo su mando. "Acompañando el proceso de subsunción del trabajo al capital, también la ciencia y la tecnología son subsumidas, no sólo su producto imbricado en la máquina, sino su propio proceso de producción y los trabajadores que la realizan, es decir, los científicos y los tecnólogos." Gesare Galván "Subsuncao: Capital e Estado", Brasil, Centro Josué de Castro, Estados e Pesquisas, mimeo, 1990, citado por Consuelo González "Terciarización de la Industria o Industrialización del Terciario" en Chavero (Coordinador) La Tercera Revolución Industrial en México: Diagnóstico e Implicaciones, IIE-UNAM, 1992, pág. 139.

³⁵Debe de considerarse que, evidentemente este proceso históricamente fue posible por

racionalización entre los medios, el hombre y la máquina.³⁶

El proceso fordista-taylorista en si representa la profundización de la división del trabajo, donde se empieza a priorizar el desarrollo de las facultades intelectuales, *generándose un puente orgánico que va desde el desarrollo de la capacidad intelectual al desarrollo científico*, rebasando en definitiva las fronteras del proceso de trabajo físico y quebrantando el límite de la frontera de los conocimientos convencionales. Es cuando la ciencia encuentra su real aplicación en varias ramas industriales y a su vez en varias disciplinas, lo cual es más evidente con las actualmente llamadas tecnologías genéricas.³⁷

1.2.3 **La Revolución Científico-Tecnológica.**

Hasta el momento este trabajo se ha desenvuelto bajo el supuesto de que los diferentes métodos tecnológicos desarrollados en el proceso de trabajo subordinado al capital forman parte de distintas fases graduales de un nuevo contenido y que, por tanto, esto es lo que constituye el desarrollo de las fuerzas productivas, vale decir el desarrollo de la tecnología (en abstracto) que es revolucionaria en tanto que afecta a las principales bases productivas.³⁸ Es decir, estos métodos de producción

la flexibilización y la disciplina de la clase obrera, misma que acato una serie de estrategias colaboracionales, a cambio de flexibilizaciones en el contrato laboral, mayores salarios, etc. Por supuesto que aquí se trabaja bajo el supuesto de que tal flexibilización salarial es posible por el momento productivo existente: la producción y el consumo en masa.

³⁶Ambos métodos de producción, al suponer un creciente grado de desarrollo y empleo de la ciencia y la tecnología, en principio representan formas de obtención del plusvalor extraordinario pero, cuando por las leyes universales de la competencia alcanzan una figura global dominante, se tornan en meras formas de extracción de plusvalor relativo.

³⁷Las tecnologías genéricas, características de la revolución científico-tecnológica, encuentran un rango de aplicación multidisciplinal, lo mismo en el sector industrial, que el agrícola o el de servicios (o todos a la vez). La característica de la RC-T y de sus tecnologías está en el desarrollo y profundización del conocimiento, vale decir, en la ciencia que se antepone al producto.

³⁸... por más espectacular que sea el avance del conocimiento en si es su aplicación la

organizados por el capital (los procesos de trabajo basados en la cooperación, la división del trabajo, la máquina y sus fases; el fordismo-taylorismo y la organización científica del trabajo) aplicados a la producción, basadas en ciertos conocimientos (empíricos o científicos) son tecnologías en tanto que, como métodos productivos y a escalas intensas y crecientes, están en función del conocimiento y del avance de la ciencia. Así, un mayor grado de desarrollo tecnológico implica un mayor grado de conocimientos siempre en función de la valorización del capital.³⁹

Se ha observado como es que a través del desarrollo del capital se gestan y desarrollan una serie de cambios en las relaciones entre el conocimiento (la ciencia), la técnica y la tecnología. Este desarrollo implica que se empiecen a utilizar en conjunto como una fuerza productiva del capital, sin embargo *se llega a un momento en el que, dentro de esta nueva fase de desarrollo del capital, el conocimiento, y con la ciencia, alcanzan un grado de desarrollo tal, que preceden a su aplicación como método práctico, esto es que preceden a la tecnología.* En este momento es que, a decir de ciertos autores, surge la revolución científico-tecnológica (RC-T),⁴⁰ compuesta de diversas tecnologías donde, a diferencia de las otras dos revoluciones, el

que lo define como revolucionario cuando se afectan las bases productivas..." Leonel Corona. La División Internacional del Trabajo y la Revolución Científico-Técnica" en Chavero, Op Cit, pág. 101.

³⁹Es decir, la aplicación de la ciencia y la tecnología no es una forma exclusiva de la forma capitalista actual... "Sin embargo, las modalidades específicas que hoy día ha adquirido el uso del saber en la producción reviste elementos *cuantitativamente* distintos..." Michelle Chauvet. "Biotecnología y rentas tecnológicas" en revista *Sociológica*, año 6, No. 16, mayo/agosto de 1991, pág. 29.

⁴⁰Considerado originalmente como *Revolución Científico-Técnica*, el concepto es acuñado por vez primera por Bernal en los años cincuenta (*Science in History*, London 1955) pero ampliamente difundido por Ritchta en los años sesenta. Revolución Científico-Tecnológica implica una estrecha interrelación entre ciencia-tecnología-producción, en tanto que técnica es sólo un vínculo de la aplicación tecnológica. El término propuesto aquí recoge la propuesta de Corona (*México ante las nuevas tecnologías*. CIIH/M. A. Porrúa, 1992) e implica una mayor concepción del grado de interrelación de la ciencia para con la tecnología en los procesos de producción y difusión.

conocimiento científico forma parte esencial.⁴¹

Esta RC-T, que se alza sobre la Revolución Industrial y su principio mecánico-automatizado del fordismo-taylorismo, completa el impacto global a la estructura económica, con todas sus implicaciones en la forma social, bajo la cibernización, quimización y biotecnologización, entre otros, en los cuales también priva el principio automático pero que, a diferencia de la forma precedente, más que mecánico es flexible y, en algunos casos, digital.

El cambio que se opera es que en el desarrollo de las fuerza productiva global ahora es el conocimiento y con el la ciencia los que preceden al método y la técnica, y estos a su vez preceden al proceso de trabajo en los procesos de valorización, al ser producto del trabajo intelectual.

Además, el desarrollo del pensamiento científico implica la generación y profundización continua de nuevos conocimientos y, por tanto, nuevas tecnologías, que reformulan y reestructuran todas las esferas de la producción (sector primario, industrial y de servicios) y todas las áreas de interés humano: la política, la cultura, la educación; globalizando los procesos productivos e incidiendo en la productividad y la competitividad, la división del trabajo, etc.

Como es de esperarse, el desarrollo de los conocimientos no es exclusivo del modo de producción específicamente capitalista (incluyendo a la sociedad contemporánea), ya que parte prácticamente desde los albores del mismo sistema. De hecho su desarrollo hizo posible el advenimiento de las antiguas sociedades y ha hecho posible la radicalización de este sistema. Sin embargo, como categoría económica y sujeta de lucro, la actual radicalización en la división manual e intelectual

⁴¹"El cambio central en la RC-T es la centralidad que toma el conocimiento científico, es la primacía de las tecnologías sobre el empirismo de las técnicas,..." Corona. "La División..." Op Cit pág. 102.

del trabajo nos lleva a las grandes transformaciones actuales, lo cual se refleja en la creciente importancia que ha adquirido la investigación y desarrollo de la llamada economía industrial. En efecto, la investigación científica que ha desarrollado a las actuales tecnologías ha originado innovaciones no sólo a los procesos productivos sino, inclusive, a los productos mismos, aunque para ello requiera de mercados cada vez mas integrados y a escalas aún mayores.

Es por ello que a lo largo de las últimas décadas del siglo XX se ha dado un marcado aceleramiento en los procesos de apertura, interrelación e integración mundial en los procesos de producción y comercialización, como resultado del desarrollo de la técnica y las innovaciones, signo inequívoco de un sistema económico cualitativamente cada vez más complejo y digitalizado, producto de la actual Revolución Científico-Tecnológica.

Con el advenimiento de la Revolución Industrial, el potencial del trabajo intelectual ha venido desarrollándose y de él se exige cada vez más una mayor preparación y calificación, que ha originado una consecuente modificación en los procesos productivos de los sectores de la producción, ya que la Revolución Científico-Tecnológica es propiamente una radical transformación en la ciencia, la técnica y la producción con un *impacto genérico* en la sociedad capitalista. Se ha observado que la implementación de la máquina y el gran autómeta, vale decir la automatización del proceso de producción, es la primera forma del punto culminante en la formación de un nuevo contenido capitalista y que ello a su vez es el punto de partida de la actual revolución productiva que acelera la interrelación entre los agentes y los sectores productivos, ello se explica porque "...un cambio de tal magnitud no se da repentinamente, sino que ha sido resultado de la acumulación de conocimientos técnicos, tecnológicos y científicos".⁴²

⁴²Leonel Corona. "Revolución científico-técnica" en (L. Corona Coordinador) México ante... Op Cit, pág. 17.

El contenido de la RC-T se compone de los cambios en la ciencia, la técnica y por tanto, el proceso de trabajo; la educación y la capacitación, la investigación y desarrollo, la ecología y la salud, entre otros. Así, la nueva expresión de la Revolución Industrial se compone de formas tecnológicamente superiores, donde predomina la automatización integral a través de una serie de procesos de producción: la estandarización de los procesos de producción, la cibernética, la química, los energéticos, los microprocesadores y la biotecnología, en otras palabras, el desarrollo de la ciencia productiva de la sociedad específicamente capitalista basada en el conocimiento intensivo. Cada una de estas tecnologías por sí mismas tienen un amplio radio de influencia sobre los diferentes sectores económicos. Este contenido se expresa y desenvuelve en una serie de procesos tecnológicos nuevos a los que se les ha dado en llamar *nuevas tecnologías*.

Las nuevas tecnologías, también llamadas tecnologías genéricas, conformadas entre otras por los nuevos materiales, las telecomunicaciones, las tecnologías espaciales, las tecnologías energéticas y la biotecnología,⁴³ tienen fuertes impactos en la microelectrónica y la robótica; los rayos láser; las comunicaciones y la informática, entre otros, y configuran un impacto generalizado y amplio de una nueva fase de la forma productiva.

La RC-T y las nuevas tecnologías representan una nueva fase de la subordinación real del proceso de trabajo y, por tanto, del contenido específicamente capitalista puesto que los cambios que devengan del mismo sólo pueden constituir meras expresiones de forma⁴⁴ ya que priva el mismo principio objetivo del capital, la

⁴³... Biotechnology, together with the technologies of microelectronics, new materials and renewable energies, is a "generic" technology. (...) They have in common, pervasiveness, and the potential for "unlocking new technological combinations" and "improving the possibilities for upgrading existing techniques." Dieter Ernst, David O'Connor. Technology and Global Competition. OECD, Paris, 1989. pág. 18.

⁴⁴Las nuevas modalidades de la extracción de plusvalor, base de la internacionalización del capital, no devienen de cambios esenciales del modo de producción capitalista, sino de

explotación del proceso de trabajo,⁴⁵ aunque la modalidad intensiva se da principalmente en el conocimiento, lo que no cancela el trabajo manual.

Su naturaleza se compone del conocimiento acumulado y posteriormente desarrollado, así como del conocimiento nuevo y se desenvuelve, por tanto, en dos grandes áreas del conocimiento científico: las tecnologías convencionales que generalmente son ciencias extensivas y tradicionales o gradualmente intensivas,⁴⁶ y las modernas áreas del conocimiento denominadas también como nuevas tecnologías, que constituyen innovaciones radicales que se caracterizan en que se interrelacionan con las tecnologías convencionales, posibilitando a su vez nuevas innovaciones.

Las nuevas tecnologías si bien requieren de un alto grado de conocimiento y con ello de una capacidad científica-productiva, de estandarizaciones del proceso productivo y flexibilidad en la fuerza laboral, paradójicamente son flexibles. Inclusive algunas de ellas (como la biotecnología) tienen la característica de serlo aun más, lo cual lleva a que algunos autores la consideren como una "ventana de oportunidades".⁴⁷

Esta "ventana de oportunidades" es la expresión que denota la posibilidad actual y latente de transitar de formas de producción tradicionales hacia formas más específicas, donde rige el principio intensivo. Es decir las nuevas tecnologías, como producto genuino de la RC-T (y esta como resultado del contenido específicamente

cambios y avances dentro del mismo proceso de subsunción real. Ver a Ana Esther Ceceña M. "Sobre las diferentes modalidades de internacionalización del capital." *Revista Problemas del Desarrollo*. IIEc No. 81 abril-junio de 1990. pp 15-40.

⁴⁵Aunque con la biotecnología, por ejemplo, se explota el principio de la vida, esta tecnología parte del conocimiento, el trabajo calificado o no, y del trabajo físico cosa que los organismos celulares no pueden hacer por sí mismos. Ver capítulo 2.

⁴⁶Corona, Leonel. Op Cit. pág. 34.

⁴⁷Carlota Pérez. "Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo" *El Trimestre Económico*, número 59, 1992. pp 25-64.

capitalista), *son aplicables a las formas productivas tradicionales* donde predominan las formas tecnológicas atrasadas y, de esta forma, representan una vía teóricamente flexible para el desarrollo hacia el modo de producción específicamente capitalista.

La **flexibilidad** aludida estriba en las posibilidades y en la ampliación en el radio de aplicaciones. Su alto grado de requerimientos en conocimiento intensivo, el cual pudiera parecerse imposible para el caso de países en vías de desarrollo, o, inclusive en países atrasados, *plantea la posibilidad de construir un puente orgánico* o de acercamiento entre los conocimientos tradicionales y las técnicas convencionales para con las nuevas tecnologías. El caso de la biotecnología agropecuaria (donde esta nueva tecnología plantea el aceleramiento del desarrollo del sector primario, coadyuvando a la integración del circuito productivo *Agricultura-Industria*), por ejemplo, puede ayudarnos a entender el problema.⁴⁸

Una de las características del actual desarrollo a escala mundial, dentro del marco anterior, es el papel que juega la innovación como estrategia de desarrollo de los países, lo cual deriva en el control que se tenga sobre las actuales tecnologías gestoras de la moderna innovación. El control de las nuevas tecnologías genéricas es fundamental ya que tienen incidencia en una amplia gama de sectores productivos debido a la interdisciplinariedad que les caracteriza y a los nuevos modelos de organización flexible (herederos del fordismo-taylorismo) del modelo japonés. "La definición y adopción plena de normas y rutinas acordes a los nuevos sistemas tecnológicos abrió un período (...) de discontinuidad en el progreso técnico en que los conocimientos cardinales para poner en marcha el nuevo patrón de desarrollo tecnológico siguen libres y que las empresas y los países rezagados pueden aprovechar como "ventana de oportunidad" para acelerar su crecimiento y

⁴⁸Este tipo de discusiones se presentan en la última parte del segundo capítulo del presente trabajo ya que todavía se hace necesaria la discusión de otro tipo de consideraciones

desarrollo".⁴⁹

Como se observa, la revolución científico-tecnológica tiende a acelerar la integración de los circuitos de producción. La vinculación agricultura-industria es tangiblemente cada vez más estrecha, más cerrada, radicalizándose la simbiosis existente entre ambos y llegando a mediar entre ellos únicamente (además de la naturaleza misma), el revolucionario desarrollo tecnológico que al intensificarse, dicho circuito productivo (enmarcado por algunas nuevas tecnologías, como la biotecnología en especial) tiende a cerrarse.⁵⁰

Sin embargo, esta fase del desarrollo específicamente capitalista arroja una contradicción fundamental. Así como los circuitos de producción entre la agricultura y la industria se van, paulatinamente, cerrando, convirtiendo a la agricultura misma en una industria del capital, a la vez se va profundizando el divorcio casi definitivo entre el trabajo físico y el trabajo intelectual, desarrollándose la industria del conocimiento como base técnica de la RC-T y, por tanto, de las nuevas tecnologías.

El desarrollo de una de las partes fundamentales del nuevo circuito productivo, el sector industrial, como se observa, parte del trabajo manual como base técnica del artesanado, en primer instancia, y de la cooperación (en las primeras formas manifiestas del trabajo intensivo); continua con el desarrollo de la máquina herramienta y la división del trabajo en el período manufacturero. Este proceso, que conforma al modo de producción específicamente capitalista, culmina con la Primera Revolución Industrial, cuya base técnica es la maquinaria y el sistema concatenado de máquinas. Sin embargo el uso de la ciencia hacia los procesos productivos apenas si inicia con la

⁴⁹Carlota Pérez. Op Cit.

⁵⁰Algunos autores como Rosner inclusive consideran este fenómeno como la conformación de un nuevo sector productivo: el *agrobiointustrial*. (Rosner: 1991 pág. 56) Citado por Yolanda Cristina Massieu Trigo "Biotecnología y Mercado de Trabajo: el caso de la Floricultura". Tesis doctoral. Facultad de Economía, UNAM, abril de 1995. Capítulo 2.

Revolución Fordista-Taylorista que se ampara en el principio de la organización científica del trabajo y la banda rodante para una aproximación a la estandarización de los procesos de producción. Finalmente, en la actual Revolución Científico-Tecnológica priva el principio de la industria del conocimiento. Este desarrollo no deja tampoco de lado al sector agrícola, parte fundamental del circuito productivo, razón por la cual este tema se habrá de abordar inmediatamente.

CAPÍTULO SEGUNDO.

SOBRE LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA AGRÍCOLA.

**(LA BIOTECNOLOGÍA COMO ESLABÓN EN EL DESARROLLO E
INDUSTRIALIZACIÓN AGRÍCOLA)**

*A Susana García, por la breve
intensidad de mis emociones*

CAPÍTULO SEGUNDO.

SOBRE LA REVOLUCIÓN AGRÍCOLA.

(LA BIOTECNOLOGÍA COMO ESLABÓN EN EL DESARROLLO E INDUSTRIALIZACIÓN AGRÍCOLA)

INTRODUCCIÓN.

El proceso de desarrollo e industrialización agrícola tiene como punto de partida la subordinación global del sector primario, esto es de sus formas tecnológicas (incluyendo su proceso de trabajo) y naturales bajo el capital. Este hecho es a su vez punto de partida de formas de desarrollo más complejas, donde la aplicación racional del desarrollo de la tecnología se circunscribe a la lógica de las necesidades del capital.

Conforme avanza la ciencia y la tecnología, existe mayor desarrollo y aplicación *racional capitalista*¹ de éstas en el sector agrícola, de tal forma que, una vez que este

¹Por racionalidad del capital se entiende la aplicación de la tecnología en la búsqueda de los márgenes de beneficio, dentro de su propia lógica y la cual va madurando conforme se

sector alcanza un alto grado de desarrollo, sólo se diferencia del propiamente sector industrial por sus formas naturales, lo que implica que los circuitos de producción, difusión y circulación entre ambos sectores son cada vez más estrechos.

Esta aludida integración tiene origen en la relación orgánica capitalista entablada entre los sectores Agricultura-Industria una vez fundado el régimen capitalista de producción, pero que en la actual Revolución Científico-Tecnológica, en especial con las nuevas tecnologías, se ve profundamente transformada.

En efecto, la agricultura y la industria originalmente son dos formas diferentes de producción y no sólo tienen un rasgo histórico, particular y distintivo entre sí. Las llamadas actividades primarias (propias de la agricultura, la ganadería, la pesca, la forestación y demás) han sido una *actividad* práctica desde que el hombre existe como tal, es decir es una práctica ancestral, cuya primera gran revolución empieza en el momento mismo en el que el hombre en sí inicia el desarrollo de su proceso de trabajo y desempeña un fundamental papel al presentarsele como su primera posibilidad objetiva de desarrollo,² por lo cual se le encara, a través de su proceso de trabajo, en forma racional.³

desarrolla como sistema universal.

²"Como creador de valores de uso, es decir como *trabajo útil*, el trabajo es, por tanto, condición de vida del hombre, y condición independiente de todas las formas de la sociedad, una necesidad perenne y natural sin la que no se concebiría *el intercambio orgánico entre el hombre y la naturaleza* ni, por consiguiente, la vida humana." Marx. El Capital. Crítica de la Economía Política. FCE, tomo I, pág. 10.

³En el proceso de trabajo se ponen en juego las fuerzas naturales y la capacidad racional del hombre, vale decir los objetos, los medios y el propio trabajo supeditados a la voluntad del hombre, de acuerdo a sus propias limitaciones, las cuales con la práctica cotidiana desarrollará en base a ciertas técnicas. Su resultado inmediato, los productos, son a su vez punto de partida de nuevos procesos de trabajo. En el proceso de trabajo el hombre (desde el punto de vista genérico) planea y razona lógicamente la generación de su riqueza espiritual y material, rige su propio destino, vale decir es gestor de su propio proceso. Cuando el proceso de trabajo queda bajo dominio del capital, éste (como una forma enajenada de la organización social) se vuelve el gestor de las actividades y las encamina hacia su propia valorización

Entre el hombre y este tipo de explotación de la agricultura, a la que llamaré una **forma de explotación económica de la naturaleza**,⁴ se da una relación que se entabla a través del propio proceso de trabajo, lo cual beneficia a ambos ya que la naturaleza provee (a través de la agricultura o las actividades pecuniarias, por ejemplo) de los elementos de sustento y desarrollo del ser humano y este a su vez la revoluciona al explotarla en forma racional de acuerdo a las capacidades naturales y tecnológicas que vaya desarrollando. Este tipo de relación, que se le conoce como *relación orgánica*, permite al hombre el despliegue de sus posibilidades y capacidades racionales, que aplicadas en forma práctica mejoran a la agricultura, a la ganadería, etcétera, operándose una revolución constante en este sector.

Esta forma racional de desarrollo es una práctica cotidiana que se despliega a lo largo de la historia del hombre, desde el sedentarismo hasta el fin de las sociedades precapitalistas. Dicho proceso *forjó con su praxis*⁵ *una sustancia sui géneris*, propia del proceso de trabajo.

En esta relación orgánica, el desarrollo y la aplicación de la ciencia y la tecnología capitalista en este sector es a condición de integrarle como arsenal natural (y quizás) ilimitado de productos primarios, indispensables para el desarrollo humano y susceptibles de su industrialización.

Con la subordinación de la agricultura al capital, el desarrollo del sector en

⁴“Mientras la naturaleza no es trabajada carece económicamente de valor o, mejor dicho, tiene sólo valor potencial que espera su realización.” Alfred Schmidt El Concepto de naturaleza en Marx. Siglo XXI, 4ª edición en español, México, 1983, pág 26. Al ser explotada por el capital no sólo se tiene un valor, sino que se convierte en base de acumulación de capital.

⁵Schmidt, *Ibid*, pág. 23. Cuando el capital subordina esta praxis humana, logra dominar la explotación de la naturaleza, así como el desarrollo del hombre, lo cual le permite extenderse hasta donde se extiende la relación orgánica hombre-naturaleza, sin importar el grado tecnológico alcanzado, con lo que se universalizan las leyes de explotación, fundando el régimen del capital. Ver más adelante.

cuestión transita de una forma tradicional general, donde predominan las **formas extensivas de producción**, a una forma específica y de **predominio intensivo**, donde el conocimiento científico y la misma aplicación tecnológica, conforme se desarrollan, alcanzan una forma flexible que permite combinar ambas formas productivas a través de su tecnología. Una ejemplificación de lo anterior, y que es razón de nuestro inmediato estudio, es la aplicación racional de la biotecnología en el campo, o como también ha dado en llamarsele, **agrobiotecnología**.

La agrobiotecnología también presenta dos formas de desarrollo tecnológicamente diferenciadas, o mejor dicho, presenta la flexibilidad de aplicar las dos formas tecnológicas de producción (extensiva con tecnologías tradicionales, e intensiva con tecnologías específicas). Su aplicación observa tendencialmente los mismos rasgos esenciales del desarrollo industrial. Por un lado, desde un principio ya existen algunas técnicas y tecnologías empíricas generadas antes de la era moderna, y que con el modo de producción capitalista también son superadas. La biotécnica de la fermentación, pongamos por caso, que en la actualidad se utiliza en ciertos procesos agrobiointerindustriales,⁶ dan fe de ello. Su posterior desarrollo con la ingeniería enzimática ponen de manifiesto el grado de desarrollo que es capaz de alcanzar con el apoyo de la ciencia.

Por otro lado, la actual agrobiotecnología alcanza un cierto grado de desarrollo que, conforme avanza la ciencia y la tecnología, se convierte en un tipo de agrobiotecnología con una naturaleza tecnológica propia.⁷

⁶Debe de entenderse a la *agrobiointerindustria*, como la agroindustria que utiliza procesos biotecnológicos. Un clásico ejemplo de ello es la industria de la cerveza. La formalización del concepto viene dada por la noción "bioindustria" para denotar a las industrias que utilizan biotecnología en sus procesos productivos.

⁷El desarrollo de la biotecnología es concebida por diferentes autores como biotecnología tradicional, biotecnología nueva y biotecnología moderna. También se le ha clasificado como biotecnología de *n* generaciones, de acuerdo a su desarrollo y contenido científico-tecnológico y, por tanto, al tipo de conocimiento aplicado

Estos rasgos le dan a la agricultura actual una gran diferencia ante otros grados de desarrollo previos alcanzados en este sector. Y es que la aplicación de la biotecnología en el campo a través de las más diversas biotécnicas forma parte de un proceso de desarrollo lógico-histórico, aun más radical, y que tiende hacia la conformación de un gran sector productivo compuesto por los sectores agricultura-industria.

En el presente capítulo se expone que el actual desarrollo tecnológico alcanzado por la biotecnología agrícola hace de ésta una tecnología flexible y, por tanto aplicable en cualquier tipo de estructura del campo. Es decir que la agrobiotecnología, para su aplicación práctica, tiene una flexibilidad que estriba en el hecho de que no existe un tipo exclusivo de la misma para un tipo muy particular de estructura agraria ya que en este sector pueden aplicarse tecnologías de alto grado de desarrollo sin que importe el tipo su desarrollo estructural: en efecto, las modernas biotécnicas se puede emplear en zonas de desarrollo seriamente rezagadas o en lugares donde la naturaleza, o el hombre mismo, han desfavorecido o devastado; de la misma manera que tecnologías tradicionales pueden emplearse en zonas agrarias ampliamente favorecidas por la naturaleza para las actividades primarias, o de un mayor desarrollo económico.

El presente estudio parte del planteamiento de que la agrobiotecnología se enmarca en una etapa muy específica, donde la biotecnología aplicada en el campo se presenta como un *eslabón* más del desarrollo del sector primario. Esta etapa es, evidentemente, la RC-T. Por tanto, debido a ello es necesario presentar, a manera de propuesta y en forma breve, la evolución histórica de la industrialización agrícola, resultado de revoluciones tecnológicas previas, para ver como es que en la actualidad se conjugan los elementos de su desarrollo tradicional y específico.

Por lo anterior y para fines de su exposición, el presente capítulo se divide en dos apartados. En la primera parte se exponen las condiciones generales del

desarrollo agrícola, el paso donde domina la forma tradicional al dominio de la forma específica. En la segunda parte se expone el desarrollo de la biotecnología y su aplicación al campo en el que, de igual manera, se observan los grados de desarrollo tecnológico alcanzado por esta nueva tecnología: desde su forma tradicional hasta su forma específica, de acuerdo a sus rasgos elementales. Se trata, como en el caso anterior, de ver el impacto de la biotecnología en el sector.

Antes de iniciar propiamente el desarrollo del capítulo segundo cabe hacer una acotación importante. Entre el desarrollo económico de la agricultura y el factor tecnológico de la misma, vale decir su desarrollo, media un aspecto fundamental que, a falta de espacio, no habrá de desarrollarse en el presente capítulo. La renta de la tierra,⁶ como efectivamente es el caso, y que es el pago al dueño de la tierra por el potencial uso de la riqueza natural y productiva que emana de la misma, está indisolublemente ligado a ambos aspectos. Sin embargo, aquí se parte del supuesto de que toda tierra explotada económicamente por el capital (a través del arrendatario capitalista, que inclusive él mismo puede ser el dueño de la tierra) devenga una renta, la cual se modifica conforme se desarrolla el aspecto tecnológico.

⁶La renta de la tierra es la realización económica de la propiedad económica. La renta absoluta se presenta como una renta que se obtiene por el hecho de poseer o monopolizar las tierras; la renta diferencial se origina en virtud de la diferencia entre las capacidades naturales de la tierra, de su ubicación, y/o en orden descendente o ascendente. Es **renta diferencial I** aquella que se basa exclusivamente en la diferencia en el producto ante iguales proporciones de tierra y capital y que arrojan diferentes niveles de producto; es **renta diferencial II** cuando la diferencia en el producto se determina, a parte de las otras condiciones enunciadas arriba, por la diferencia en el producto ante *sucesivas inversiones de capital* en una misma proporción de tierra. Aquí la inversión de capital *supone* una forma intensiva (la forma específicamente capitalista) y, por tanto, mejoras tecnológicas. Al respecto, consultar a Marx. El Capital. Crítica de la Economía Política, tomo III, sección sexta. "La renta de la tierra".

2.1 EL DESARROLLO HISTÓRICO-TECNOLÓGICO DE LA AGRICULTURA. Hacia la integración del circuito de producción agricultura-industria.

En el modo de producción capitalista, el factor económico de la naturaleza vale decir, la agricultura, en tanto se desarrolla la base material y el proceso general del trabajo es también subsumida.⁹

De esta forma, para efectos del presente apartado se parte del supuesto que la agricultura (de igual manera como el taller artesanal y la manufactura para el caso anterior) está subordinada al sistema capitalista¹⁰ y, por tanto sujeta a la valorización del capital, que se desenvuelve bajo sus leyes más generales y que, por ende, en ella también se configuran una serie de contradicciones y cambios dialécticos, pero bajo una forma particular. Los recursos naturales expropiados y la potencialidad productiva del sector primario se tornan en riqueza objetiva del capital.

De la misma manera que se logra en el sector industrial la forma específica, que sucede al desarrollo histórico tradicional, en la agricultura capitalista es históricamente

⁹Y por lo tanto debe de suponerse que se encara como una gran mercancía. El sistema capitalista es un régimen de mercancías: las relaciones sociales de producción, circulación y consumo la entablan una serie de propietarios privados, donde los asalariados tienen en su fuerza de trabajo (y, por tanto, en su conocimiento) a su mercancía más preciada -aun si se considera a lo anterior como "capital humano"; la clase capitalista tiene en sus medios de producción y su capital a su mercancía y, los expropiadores del campo tienen en la tierra su carta de presentación. "...el trabajador, el capitalista (y) el terrateniente, se relacionan entre si como propietarios de sus respectivas mercancías..." Blanca Rubio y Julio Moguel: "Valor y renta de la tierra en la economía política y en Marx" Ensayos Sobre la Cuestión Agraria y el Campesinado. Juan Pablos Editor, México, 1981, pp 49-50.

¹⁰Con la subordinación formal del proceso de trabajo, resultado de un proceso histórico de expropiación, para poder efectuar su proceso de producción el capital se enfrenta a las condiciones materiales preexistentes. Sin embargo, este hecho le permite extenderse a lo largo de todo sitio donde existen procesos de trabajo particulares, de naturaleza precapitalista, universalizando con ello las leyes generales capitalistas. Y esto es igualmente válido tanto para nuevas ramas productivas como en territorios vírgenes. Esto es precisamente lo que le permite subsumir y conformar una estructura única, donde la agricultura, práctica antiquísima e invaluable en recursos naturales, mediante este proceso se ve sometida a las leyes de valorización del capital.

factible desarrollar las formas tecnológicas tradicionales una vez alcanzada su forma típica a través de un proceso análogo, conforme se expone a continuación.

2.2 EL TRÁNSITO DE LA FORMA GENERAL A LA FORMA ESPECÍFICA DE LA AGRICULTURA.

El desarrollo del proceso de trabajo (y con él las primeras formas manifiestas de manipulación genérica externa en la domesticación de animales y el cultivo de los vegetales, por ejemplo, lo que implica el despliegue de la revolución agrícola),¹¹ se da mediante la praxis hombre naturaleza.¹²

El sistema de producción capitalista, al subordinar formalmente a los procesos de trabajo del sector primario, opera inicialmente bajo esta premisa tecnológica, vale decir, bajo este contenido tecnológico precapitalista.¹³

¹¹De hecho, la práctica agrícola permitió la domesticación de plantas tales como el maíz, el jitomate, frijol, algodón, cacao, chile, entre muchas otras, las cuales fueron y continúan siendo alimenticias, ornamentales y medicinales principalmente. Ver a Teresa Rojas Rabiela. "Tecnología agrícola precolombina" en Juan José Saldaña (Coordinador). Historia Social de las ciencias en América Latina. UNAM/M. A. Porrúa, 1996. pág. 74.

¹²Cuando el capital subordina esta praxis humana, logra dominar la explotación económica de la naturaleza, así como el desarrollo del hombre, lo cual le permite extenderse hasta donde se extiende la relación orgánica hombre-naturaleza, sin importar el grado tecnológico alcanzado, con lo que se universalizan las leyes de explotación (fundando el régimen del capital). Schmidt, Op Cit pág. 23.

¹³Esta Subordinación Formal en su forma económica es antecedida por otra expresión formal que, como se advirtió en el capítulo anterior en una nota al margen, puede denominarse como jurídico-legislativa, esto es una subordinación a través de leyes y/o decretos, que alteran formalmente los procesos productivos, mediante los cuales se despoja al productor directo de sus posesiones y se anexan las tierras y la riqueza natural por la incipiente clase capitalista, pero, como se ha dicho, mantienen los rasgos tecnológicos previos. Esta forma jurídica, *que otorga el derecho de propiedad*, es un proceso de la apropiación formal y constituye una vía para la explotación económica, verdadero propósito del capital. Un ejemplo de este proceso histórico ha sido descrito por Marx con la llamada *Acumulación Originaria de Capital* la cual, por las razones anteriores, considero un medio de la subordinación formal en tanto que se limita, inicialmente, a subordinar jurídicamente a las tierras que son condición material del proceso de trabajo en el campo, y demás medios de producción sin alterar el contenido del proceso de trabajo. La forma económica sucede, por tanto, inmediatamente a esta noción por lo que se circunscribe en el marco de la subordinación formal.

El capital, al extenderse mantiene las características técnicas que ha expropiado, que le han sido heredadas por la rueda de la historia, **subsumiendo por su forma al proceso general de trabajo y a sus formas particulares**. Al crecer la escala productiva se requiere una mayor productividad de la tierra, demandándose cada vez más sus productos. Por las condiciones tecnológicas de esta agricultura subordinada formalmente por el capital, sólo puede satisfacer esta creciente demanda *extendiendo la frontera de sus cultivos*, ampliando las hectáreas de cosecha, es decir incorporando nuevas tierras al proceso de producción y, por tanto, requiriendo de mayor trabajo. En otras palabras, debido a su condición tecnológica, la agricultura en esta fase de desarrollo es explotada extensivamente.

Cuando se desarrolla la forma capitalista el proceso de desarrollo de la agricultura impone e implica un cambio en su naturaleza económica, inclusive desde la tierra misma, concebida como condición material necesaria de la reproducción de las relaciones capitalistas y condición monopólica de su valorización debido a la particularidad de ser una mercancía **sui géneris**, no a la libre disposición de todos.

Una vez que el sustrato material de la agricultura, esto es la tierra (y por su puesto el proceso de trabajo) es incorporada al proceso general de producción (y con ello la conformación de un valor social, lo cual implica también la universalización de las leyes generales capitalistas), la tierra misma semeja al capital fijo industrial -es decir a una parte del capital constante de acuerdo a la concepción marxista, lo cual es importante para comprender como es que con las nuevas tecnologías aplicadas en el campo, en especial la actual agrobiotecnología, la elasticidad y flexibilidad de las plantas en el marco de los procesos de producción, también semejan a una parte de la inversión del capital constante. Es así como despojada de su ropaje histórico y arcaico la agricultura, y con ella la tierra, quedan expuestas por su pura forma económica.¹⁴

¹⁴La forma económica aludida se expresa como cualquier otro monopolio, es decir por los ingresos que puede generar: la renta capitalista de la tierra, sólo posible en tanto se de la subordinación de la agricultura al capital, es la expresión más importante de la forma económica

El grado de desarrollo económico logrado por el sistema capitalista requiere de la agricultura un sector productivo y dinámico. Así el proceso del desarrollo del sector agrícola, derivado de la subsunción formal del proceso de trabajo al capital y del desarrollo lógico del sistema, también se enfrenta a todas sus contradicciones surgidas en su seno: el paso de la forma tradicional a la forma específica no es más que expresión de la necesaria refuncionalización del sector como entidad económica, a imagen y semejanza del sector industrial, por la sencilla razón de su subordinación, lo que le hace transitar y consolidarse de una fase a otra.

De la base agrícola "heredada" por el viejo régimen y mutada a agricultura capitalista, su propio devenir de desarrollo tecnológico le conforma su propia estructura, misma que inicialmente se desenvuelve con este tipo de "tecnologías precapitalistas" utilizando, por ejemplo, herramientas como los áperos de madera y de metal; mecanismos como la tracción animal, etc.; y posteriormente con tecnologías desarrolladas dentro de este mismo sistema, como es el caso de ciertas tecnologías convencionales tales como pesticidas, herbicidas y demás agroquímicos. Estos últimos, sin embargo, en esencia sólo modifican el proceso de trabajo por su forma, hasta que se introducen tecnologías modernas, que no sólo modifican el proceso de producción al intensificarlo (inclusive con la aplicación de la maquinaria), sino al producto mismo al procesarlo desde sus raíces (agroindustria y agromaquiladora) hasta la forma genética (agrobiotecnología).¹⁵

del sector primario y deviene en virtud de las propiedades naturales (regionales y económicas) y materiales que intrínsecamente posee. Al darse la subsunción formal de la agricultura bajo el capital, y por esta vía consolidar su proceso expansivo, hereda necesariamente de la tierra las propiedades naturales de la misma. El hecho de monopolizar la tierra pasa lógicamente por este principio, es decir por sus cualidades naturales. Con la subordinación formal se inaugura, por tanto, el régimen de la renta de la tierra.

¹⁵Cualquiera de los casos (agroindustria, agromaquiladora o agrobiotecnología) intensifican igualmente los procesos de producción pues implican los incrementos en la productividad de la fuerza de trabajo.

Esto es, con el cambio del contenido en el proceso de trabajo agrícola esta agricultura capitalista transita a una agricultura de carácter específicamente capitalista que necesariamente expresa el alto grado de desarrollo de la tecnología del capital y que, por tanto, no puede más que estar subsumida realmente a aquél. Con ello la agricultura semeja realmente a una industria, que se compone de diferentes formas estructurales de acuerdo al grado de desarrollo alcanzado.

El resultado inmediato que arroja lo anterior, *grosso modo*, es una agricultura con una estructura bipolar, por un lado una agricultura altamente desarrollada y por el otro una agricultura con diferentes formas de desarrollo, pero sin lograr aún una forma específica.¹⁶

El proceso de desarrollo agrícola *específicamente* capitalista, es decir su revolución tecnológica específicamente capitalista, parte como resultado de la Primera Revolución Industrial y continúa con el desarrollo de ciencia y la tecnología. Bajo aquella (la revolución industrial), la agricultura se ve completamente inmersa a la lógica capitalista, al darse un rápido mejoramiento en sus prácticas productivas: intensificación en la rotación de cultivos, extensión de la frontera agrícola, aplicación de agroquímicos, empleo de máquinas, etcétera.

El periodo de la Revolución Industrial inglesa y su posterior manifestación europea y norteamericana,¹⁷ planteó el problema del aprovisionamiento de la alimentación. Aunque el significativo aumento de la población implicó una mayor demanda de productos primarios, es indudable el papel clave que la tecnología y,

¹⁶Esto es ambos tipos de estructura agrícola se componen de una gran diversidad de formas productivas, en especial el sector capitalista agrícola tradicional. En todo caso lo que les diferencia es el grado de subordinación de sus procesos de trabajo, vale decir el grado de desarrollo de sus fuerzas productivas.

¹⁷"... La mecanización de la agricultura, iniciada en Inglaterra, pronto se propagó a las nuevas tierras abiertas al cultivo en las colonias inglesas en América y (posteriormente) a las regiones agrícolas más populosas de Europa." Bernald. Op Cit, pág. 509.

posteriormente la ciencia, juegan en su industrialización.

El desarrollo de la industria del transporte, primero con el ferrocarril y más tarde con diversas modalidades del transporte mismo, permitió bajar sus costos ante distancias muy largas. Esta misma industria del transporte se beneficio de manera importante con el desarrollo de la industria del hierro (y más tarde la industria del acero) que permitió abaratar los costos de fabricación de maquinaria y equipo con el uso, por ejemplo, del *hierro colado*. De igual forma la disponibilidad de este tipo de material, más barato y accesible, permitió el desarrollo de la *maquinaria agrícola*.

Los primeros arados agrícolas aparecen hacia 1767 en Inglaterra y Escocia y requerían menos animales de tiro. Posteriormente Ransome inventaría el arado de hierro.¹⁸

La locomotora de vapor pronto encontró aplicación en las labores agrícolas. En 1842 el mismo Ramsome aplicó por primera vez una locomotora de vapor a una trilladora.¹⁹ Sin embargo, el mayor despliegue del uso del hierro y, posteriormente el acero, y de otras ramas se da en el desarrollo de las actuales economías de Europa occidental y de los Estados Unidos. En efecto, el marco del auge se sitúa en los albores de la Segunda Revolución Industrial, quien tiene entre sus principales aportes el desarrollo de la industria química, mecánica y eléctrica.

Los Estados Unidos fueron realmente los grandes precursores de la mecanización del campo. En materia de recolección, las primera segadoras datan de 1770, pero su uso comienza a generalizarse hacia mediados del siglo XIX. Se considera a la máquina de *Cyrus McCormick* como la más exitosa de todas ellas.

¹⁸Derry/Williams. Historia de la Tecnología Vol. III. Siglo XXI, pág. 988

¹⁹Ibid, pág. 992.

A principios de la década de los ochenta del siglo XVIII se emplea por vez primera la sembradora de *Jethro Tull*. Inicialmente esta máquina se utilizó para semillas pequeñas, posteriormente fue adaptada a semillas grandes, a el abono y los fertilizantes. Sin embargo se considera que la máquina sembradora que comenzó la mecanización y la racionalización de la agricultura y el campo ocurre hasta 1851.²⁰

Entre 1860 y 1900 en los Estados Unidos se amplía el área de cultivo hasta 160, millones de hectáreas. Con la Guerra Civil se dio un amplio uso de la segadora *McCormick*, a la vez que se empezaron a ampliar las máquinas cultivadoras (como las del tipo *Lister*); tractores movidos por vapor, trilladoras y máquinas combinadas. La industria productora de maquinaria agrícola en ese país, a finales del siglo XIX, asciende a U\$ 101 millones (incluyendo sus exportaciones) ante los U\$ 7.0 millones de cincuenta años atrás.²¹

En parcelas pequeñas también se aplicó el cultivo intensivo, desarrollándose hacia los años treinta del presente siglo pequeños cultivadores mecánicos. Este hecho es particularmente importante en el Japón, a fin de satisfacer la demanda de arroz,²² su cultivo tradicional.

Este proceso de desarrollo no se limita a la mecanización en sí. Entre los métodos para enriquecer la fertilidad del suelo destaca en primera instancia la utilización y conservación del abono animal, conocimiento heredado de civilizaciones previas al actual régimen de producción.

Es precisamente con el uso de los *fertilizantes artificiales*, con el cual la

²⁰Ibid, pág. 990.

²¹Ibid, pág. 1002-1004.

²²Williams. Historia de la Tecnología. Vol. 4. Siglo XXI. pág. 141

ciencia (en especial la química) sirve al mejoramiento de la agricultura.²³

La práctica de *margar* (una técnica que consiste en obtener esta de la turba de los pantanos, la cual se quema en arcilla y se utiliza como abono) era común en Cheshire, Kent y Norfolk, Gran Bretaña; posteriormente se dio la aplicación de huesos disueltos en ácido sulfúrico. También era común el empleo de guano peruano ya bien entrado el siglo XIX; en 1842 Lawes establece su industria de fertilizantes artificiales en Inglaterra, fabricando fosfato.²⁴ En este mismo país, en 1870 existe una utilización creciente de los fertilizantes.

Por otro lado, un desarrollo subsecuente en la práctica agrícola lo constituyen los métodos de *semillas mejoradas*. De esta manera Inglaterra incrementó la productividad de su trabajo al utilizar una serie de tipos mejorados de semillas; en el trigo esta el caso de las variedades *Squarehead Master* y en la cebada la variedad *Chevalier*.²⁵

En los Estados Unidos son notables los logros en la hibridación del trigo,²⁶ y otros particulares éxitos en una amplia gama de cultivos.

Sin embargo, ningún hecho refleja mayor impacto hacia la agricultura como la industria del petróleo, la ciencia química y su manejo Industrial. A inicios del siglo XX y

²³Bernald. Op Cit, pág. 526. Y posteriormente sirve a lo que en la actualidad se le denomina como agroindustria y agrobioindustria, cuando, mediante la microbiología se descubren mejores métodos para la elaboración de cerveza, vinos y demás, propios de estas industrias.

²⁴Trevor/ Williams. Op Cit. pág. 1001.

²⁵Ibid, pág. 1008.

²⁶Como principal antecedente en estas técnicas están los descubrimientos científicos sobre las leyes básicas de la herencia de Gregor Mendel en 1865, redescubiertas por el holandés Hugo de Vries en 1900 y los postulados de la teoría cromosómica de Morgan en 1911. Williams, etc. Op Cit. pág. 142.

a lo largo de este, en la búsqueda de cepas resistentes a plagas y enfermedades, la agricultura hecho mano en abundancia de los agroquímicos (insecticidas, herbicidas, plaguicidas, fungicidas, empleados para el combate a plagas) y el abono sintético (con el uso del nitrógeno, el fosfato y la potasa). Su empleo inicialmente no midió los impactos ecológicos en su uso desmedido y en la explotación intensiva del suelo.

Uno de los primeros herbicidas importantes, y también primero en usarse, fue el *dinitroortocresol* (DNOC) patentado en Francia en 1932, el cual fue seguido en los Estados Unidos en 1945 por el *diclorofenoxiacético* (2, 4-D) de altísima actividad biológica. El más importante insecticida fue el *diclorodifeniltricloroetano* (DDT), descubierto en 1939 y que fue seguido por insecticidas similares, todos conteniendo hidrocarburos clorados.²⁷

A lo largo de éste periodo el petróleo se vuelve una de las materias primas fundamentales de la industria y, paradójicamente, de la agricultura. Su impacto revolucionario en éste sector deviene de la sustitución de productos primarios por productos derivados de esta fuente. así, el henequén, el caucho, el hule, el guayule, la materia prima vegetal empleada para colorantes y el algodón, entre otros, fueron sustituidos por sintéticos derivados del hidrocarburo y procesados químicamente. No obstante ello, los efectos de la subordinación de la agricultura a la industria en el periodo de la Segunda Revolución Industrial están lejos de ser definitivos. En efecto, un nuevo patrón de desarrollo se gesta con la aplicación industrial de la química y el petróleo en el sector primario.

El nuevo modelo agrícola de punta en el mundo se caracteriza por el uso de semillas mejoradas de productos básicos como los granos, insumos agroquímicos y el uso de maquinaria (sembradoras, trilladoras y cosechadoras principalmente). Los principales productos agrícolas (antes demandados por la industria y ahora

²⁷Williams, Historia, etc. Op Cit. pág. 147.

desplazados por la misma y, en el caso de los granos, la baja de su rentabilidad) son sustituidos por nuevos productos tales como los forrajes, los cereales y la creciente importancia de las hortalizas, que se caracterizan por el uso intenso de insumos agroquímicos y maquinaria agrícola, elementos a su vez intensificadores de los procesos productivos en siembra y cosecha.²⁸

Como es de suponerse, la implementación de las máquinas en el proceso de producción agrícola, aunque por sí mismas no hacen incrementar los volúmenes de cosecha por hectárea (ya que este papel lo desempeñan la tierra misma como los agroquímicos), sí alteran la cualidad interna del proceso de trabajo ya que se llega a regir la norma productiva y del trabajo al intensificarle. Si los agroquímicos y las semillas mejoradas implican impactos directos en el rendimiento de la tierra y con ello los principios de la intensificación del proceso laboral agrícola, las máquinas suponen el dominio directo del proceso de trabajo, elevando su productividad.

Alcanzado este proceso, no impide sino que, por el contrario estimula la implementación de mejoras al suelo y las semillas, así como al uso de químicos, aún cuando esta implementación se de en fases graduales. El remate a este proceso de tecnificación del campo lo constituyen los centros capitalistas asentados en el corazón del campo con las llamadas **agroindustrias**.²⁹

²⁸Como "Estos productos se convirtieron en los ejes de la competencia a nivel internacional, sobre los cuales se erigieron a partir de los años sesenta los nuevos centros cerealeros mundiales: Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea. Los cereales y forrajes se impulsaron sobre la base tecnológica de los insumos y la maquinaria agrícola y bajo el dominio de la agroindustria alimentaria como sector de arrastre." Blanca Rubio Vega. "Desarrollo del capital en la agricultura mexicana y biotecnología: ¿hacia un nuevo patrón de acumulación?" en Revista *Sociológica*, año 6, No. 16, mayo-agosto de 1991, pág. 44.

²⁹"Conforme se ha ido desarrollando históricamente las relaciones sociales capitalistas, la subordinación de la agricultura a la industria es cada vez mayor (y) la máxima expresión de este proceso lo tenemos en la agroindustria." Michelle Chauvet. "Biotecnología y rentas..." Op Cit, pág. 31.

La agroindustria se ocupa del manejo, conservación y/o transformación industrial no sólo del proceso de productivo del campo, sino del producto mismo. Este proceso acelera la vinculación entre los sectores primario y secundario. Su origen deviene a raíz de las fusiones de empresas de ambos sectores y la reorientación de sus esquemas productivos tanto vertical como horizontalmente. Este proceso histórico se da principalmente en los Estados Unidos a mediados del siglo XX.

Con la agroindustria el capital toma desde la raíz (desde el proceso de trabajo mismo) al sector agrícola pues ya no se limita a subordinarle únicamente por el ámbito comercial y de los productos, llevando más allá la revolución iniciada con las máquinas que afectan los procesos de *cosecha en mano*. El proceso de trabajo se torna altamente intensivo y, hasta cierto punto, especializado. Somete en forma directa los tipos de calidad de producción, la técnica empleada y la procesión y comercialización directa de los productos.

En palabras de Suárez y Barkin, "Las agroindustrias tienen un papel dominante en la organización de la producción y las relaciones sociales y aún en los campos de cultivo. Pueden garantizar un mercado, facilitar crédito, ofrecer asistencia técnica e insumos mejorados, y desplazar a la agricultura comercial en sus zonas de influencia."³⁰

Los cambios que trae consigo la agroindustria en los procesos de producción primarios se observan en:

- La introducción de nuevos tipos de cultivos, desplazando a cultivos menos rentables.
- Incrementos en la calidad y la cantidad de la producción.
- Incorporación de mecanismos como la agricultura de contrato, que asegura a la Empresa dominante una forma constante de productos, materia prima y fuerza de

³⁰Blanca Suárez y David Barkin. El Fin de la Autosuficiencia Alimentaria. Editorial Nueva Imagen, pág. 48.

trabajo.

--La incorporación directa de la Investigación científica y la aplicación tecnológica.

--Nuevas formas de explotación intensiva de la tierra, pero sobre todo de la fuerza de trabajo.

--El establecimiento de estándares en la calidad de la producción.

--Nuevos estándares en la calidad de las materias primas y

--El producto se sujeta a normas preestablecidas a veces no directamente establecidas por la necesidades del consumidor inmediato (el productor) sino del mercado.³¹

Sus características tecnológicas constan de sofisticados sistemas de riego, fertilización y control fitosanitario; producción estandarizada; técnicas de poscosecha, cadenas de transporte y de mercado, entre otros.

Por el requerimiento de sus materias primas (productos vegetales frescos, productos exóticos, etc.), exige la incorporación de países subdesarrollados, a través de las Empresas Transnacionales, principalmente de aquellos con clima tropical.

Si bien la agroindustria representa un marcado aceleramiento en el proceso de integración agricultura-industria, no es en sí un hecho definitivo. La modalidad siguiente que adopta la industrialización agrícola lo constituye la **agromaquiladora**. En las últimas décadas del presente siglo, la moderna empresa norteamericana se interesa por la maquiladora para la producción hortícola, misma que se basa en los fundamentos de la *Industria Maquiladora de Exportación*: las grandes corporaciones proporcionan el capital, la tecnología y el mercado a cambio del espacio, la fuerza de

³¹Varios. "Algunos aspectos relacionados con la optimización y control de procesos en la agroindustria." En La Agroindustria en México. Tomo I. Universidad Autónoma de Chapingo. Programa Integración Agricultura-Industria, pág. 467.

trabajo y el control total del proceso.³² Con esta fase de la industrialización del campo, la producción se universaliza, aunque los procesos productivos se presentan de una forma más fragmentada.

La agromaquila trae consigo la introducción de tecnología nueva, entre la que se cuenta el sistema de riego por aspersión y goteo y el empleo al máximo de la plástitura; el uso de tecnología mecánica: tractores e implementos variados, vehículos termo-king, y maquinaria industrial; invernaderos, empaques y congeladores; así como el mayor empleo de tecnologías convencionales como los insecticidas y fertilizantes.³³

Entre las principales empresas maquiladoras agrícolas están *Sambor Inc*, *Centro Vasse y Compañía*, *Castle Cook Inc.*, *Agree Sales*, *Driscoll Strawberry Associates Inc*, entre otras.³⁴

En conjunto, este proceso de desarrollo tecnológico-histórico **representa un proceso tecnológicamente superior**, cualitativamente distinto a medida que el capital radicaliza su influencia en el sector agrícola en particular y en el sector primario en general.

Bajo estas condiciones, el proceso de industrialización agrícola no está exento de la introducción de la ciencia que se desarrolla en el marco de la RC-T, lo que representa una mayor profundización en este proceso de desarrollo. Las nuevas tecnologías enmarcadas en dicha revolución científico-tecnológica, también llamadas

³²Manuel Ángel Gómez Cruz y Felipe Caraveo López. "La agromaquila hortícola, nueva forma de penetración de las transnacionales." en *Comercio Exterior*, Vol. 40, Núm.ero 12. pág. 1193.

³³Ibid. pág. 1198.

³⁴La fuerte atracción que el territorio mexicano ejerce para la instalación de este tipo de empresas en el norte del país interesó para que empresas igualmente poderosas como la Hitachi, Pepsico y Mitsubichi negocien su incorporación a esta modalidad. VerIbid. pág. 1199.

"tecnologías incipientes" (ver última parte del capítulo primero), en especial la agrobiotecnología, por su naturaleza presentan la posibilidad histórica de desarrollar al límite al sector agrícola, debido a que acelera la integración de los circuitos de producción y comercialización (de valorización) del capital, basados en el conocimiento. El conjunto de biotécnicas que componen a la biotecnología, por ejemplo, aceleran este proceso y *profundizan la relación orgánica capitalista* entre la agricultura y la industria.

Esta agrobiotecnología, como forma tecnológica superior, presenta una flexibilidad tecnológica por encima de los anteriores procesos, y aunque es ello lo que permite su aplicación ante casi cualquier ámbito agrícola (de acuerdo a su contenido y naturaleza conforme veremos en los siguientes puntos).

La biotecnología y en especial la agrobiotecnología, al igual que el empleo de los conocimientos, las máquinas, la química y demás, no es su naturaleza intrínseca ni sus cualidades tecnológicas la que le impiden resolver las carencias y miserias con un amplio uso social, sino su empleo capitalista.³⁵

³⁵Baste sólo un comentario. Según el director de la empresa Biogenética Mexicana, el Dr. Alfredo Gallegos "... no hay razón para el propio proceso biotecnológico si no existe el mercado. La comercialización es la parte más importante del proceso biotecnológico, y debe dar lugar a industrias con campo de acción en la nueva biotecnología o en la biotecnología tradicional siempre y cuando haya un mercado adecuado." Rosa Luz González et al. Taller "Prospectiva en Agrobiotecnología" en *Biocit Siglo XXI*, año 2 No. 4, 1993, pág. 15

2.3 LA BIOTECNOLOGÍA COMO NUEVO MARCO PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA.

2.3.1 Características generales de la biotecnología.

Si bien las nuevas tecnologías tienen un impacto general con respecto a los procesos de trabajo y de producción mismo la actual biotecnología, enmarcada dentro de este proceso, parece ser la expresión típica de las mismas al mostrar un gran impacto múltiple sobre aquellos, debido a su interdisciplinariedad.

El uso de la biotecnología se debe a sus efectos notables en el incremento de la productividad, aunque se llegue a decir que es por una creciente preocupación en la explotación racional de los recursos naturales, fundamentalmente enfocados a los organismos vivos. En otras palabras, su creciente uso se debe por la creciente consideración que el capital tiene sobre las fuentes alternativas de energía y el manejo de nuevas técnicas menos intensivas en energéticos,³⁶ pero a la vez más intensivas en recursos naturales renovables y fuerza de trabajo, lo que implica un considerable ahorro, además de notables incrementos en la productividad sin que ello implique un aumento en los beneficios de los trabajadores.³⁷

No obstante ello, merece gran atención del hecho de que se ocupe de aspectos fundamentales como la reproducción de la vida misma, en ámbitos que van desde la salud hasta el desarrollo de la agricultura, y con ella los problemas de la alimentación. Sin embargo, los conocimientos en los que se basa esta nueva tecnología como

³⁶Que, a parte de caros, son fuente grave de contaminación ambiental. Aparentemente en las últimas décadas el problema de la contaminación parece preocupar a los tecnólogos del capital. Independientemente del problema, la búsqueda de alternativas más rentables parece ser lo más viable en el desarrollo de nuevas tecnologías como ésta.

³⁷...Una característica identificada para los cambios en los procesos de trabajo que se perfilan en la actual Revolución Científico-Técnica es el aumento de la productividad del trabajo y su no correspondencia con un incremento salarial proporcional..." Yolanda Massieu. "En la encrucijada de la competitividad: productividad del trabajo e innovación tecnológica en el agro" en Revista *El Cotidiano*, No. 64, sep.-oct. de 1994.

disciplina distan de ser únicamente conocimientos intensivos o contemporáneos.

Por su naturaleza científico-tecnológica, la biotecnología semeja una forma revolucionaria en la producción de alimentos, medicamentos, productos químicos y biológicos mediante el procesamiento de materiales vivos a través de *agentes biológicos, cepas bacterianas*³⁸ o por la *transferencia de genes* para la *selección genética de plantas y animales* a fin de dotarlos de mejoras nutricionales, resistencia a tensiones ambientales, stress bióticos y abióticos, nuevas especies, etcétera, necesarias en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, textil, de servicios, agrícola y agroindustrial, principalmente, impactando en forma gradual a los procesos productivos.

La biotecnología como disciplina del saber científico se compone de un amplio cuerpo de tecnologías que entre ellas llegan a tener enfoques, objetivos y metodologías distintas, aunque tengan en común cierto tipo de conocimientos y temáticas multidisciplinarias para el manejo, uso y explotación de células microbianas de seres vivos (o parte de ellos) a través de procesos biológicos, tanto para la elaboración de productos vivos de alto contenido proteínico, susceptibles de consumo humano, animal y de usos industriales, así como para el desarrollo de actividades de investigación científica.

Sus componentes científicos fundamentales se constituyen por la *Química*, la *Biología* y la *Ingeniería* (aquellas dos primeras desarrolladas durante la Segunda Revolución industrial y esta última en la actual RC-T), cuya interdependencia ha generado disciplinas como la bioquímica, la bioingeniería, la biomedicina, la ingeniería biomédica, la bioestadística, la agronomía, la bioseguridad, la biología molecular, la biología celular, la microbiología, la entomología y la biofísica, las cuales se consideran

³⁸Una cepa bacteriana es un aislamiento dado de bacterias, pertenece a una taxa o un grupo de bacterias.

disciplinas básicas para el desarrollo de paquetes biotecnológicos para el sector agrícola, pecuario (ganadero) y agroindustrial.³⁹ Por lo tanto sus tecnologías tienen un campo interdisciplinario de aplicación en los siguientes marcos:

*En la industria química (orgánica e inorgánica) es de gran utilidad en la producción de, por ejemplo, ácido cítrico, glutámico y otros aminoácidos;

*En la farmacología y medicina en antibióticos, regeneración de tejidos celulares y ciertas vitaminas;

*En la petroquímica confronta la tecnología tradicional produciendo etanol, acetona, butanol, ácido acético, etc.;

*En los servicios se aplica para el tratamiento de aguas acuosas, purificación de agua, desintoxicación de aire y suelos, etc.;

*En ecología representa una alternativa viable en aguas, tierra y aire, además de fomentar en las industrias los empaques biodegradables.

*En la minería, con la tecnología de la lixiviación, en la purificación de un tipo dado de metales.

*En la agricultura en la actualidad está revolucionando los métodos genéticos tradicionales para el mejoramiento de nuevas variedades en plantas vegetales y animales (a través de la manipulación genética), más allá de la agricultura convencional.⁴⁰

³⁹Jose Luis Solleiro y Rodolfo Quintero "Prioridades en investigación y desarrollo en biotecnología agroalimentaria" en *Biocit Siglo XXI* del Centro para la Innovación Tecnológica, UNAM, 1994, pp 11 y 12.

⁴⁰Bu'lock y Kristiansen Basic Biotechnology, Academic Press Inc., 1987, pp 3 y 4.

*En la actualidad, en la agroindustria es la base de un gran desarrollo a través de ciertas técnicas de fermentación en la producción de forrajes, la utilización de la ingeniería enzimática y la explotación comercial de los metabolitos secundarios, conforme se verá posteriormente.

Como se observa, su aspecto multidisciplinario queda denotado. Por tanto, su aplicación práctica (esto es en términos comerciales), vista por sectores de la producción, puede ser considerada de la siguiente manera:

Cuadro No. 2.1

Aplicación Comercial por Sectores de la Biotecnología.

SECTOR	APLICACIONES
SECTOR PRIMARIO	<p>Plantas y vegetales. Reproducción, regeneración y nuevas variedades.</p> <p>Actividades pecuniarias. Crecimiento nutricional en animales, manipulación genética, clonación de ciertas especies.</p> <p>Actividades forestales. Cultivo de meristemos.</p> <p>Actividades agroindustriales. Elaboración de alimentos, adición a alimentos consumo humano y animal; bebidas alcohólicas, lácteos y otros derivados.</p> <p>Minería. Concentración de minerales, recuperación de hidrocarburos, actividades en metales pesados tales como la lixiviación.</p>
SECTOR SECUNDARIO	<p>Química Orgánica Producción de ácido orgánico, ácido cítrico, enzimas, perfumes, polímeros (principalmente polisacáridos), etc.</p> <p>Química Inorgánica Metales.</p> <p>Petroquímica. Producción de etanol, acetona, butanol, ácido acético, etc.</p> <p>Médico-farmacéutico. Vitaminas, antibióticos, drogas, vacunas.</p> <p>Energía. Biomasa, gasohol, biogas.</p>
SECTOR TERCIARIO	<p>Tratamiento de aguas acuosas y desintoxicación de químicos. Reconversiones de elementos desgastados, ciertos tipos de herramientas analíticas y, en general, reorganización de la industria.</p> <p>Medio Ambiente. producción de plaguicidas microbianos, y bioinsecticidas. Elaboración de productos biodegradables.</p>

Fuente: elaborada por el autor

Estas aplicaciones presuponen un desarrollo científico de ciertas áreas específicas, tales como la biología, en la cual fue fundamental el descubrimiento de los microorganismos por Van Leeuwenhoek a mediados del siglo XVII;⁴¹ y de ella la microbiología cuando Pasteur logra demostrar que los agentes activos de la fermentación son los microbios vivos. Estos elementos constituyen las bases fundamentales de la biotecnología en general, y son un principio vigente de la biotecnología tradicional (fermentación). Por último, igualmente se desprenden avances importantes para la bioquímica y la bioingeniería.

De igual forma, la reproducción de organismos a través de la manipulación genética, que es el aspecto científico y tecnológicamente más elaborado en la biotecnología y que le da un sentido específico, alcanzan un alto grado de desarrollo con las técnicas del *DNA recombinante* (o *rDNA*) descubierta a principios de los años setenta de este siglo, y la técnica del *tDNA* puesta en práctica a finales de la década de los años ochenta en ciertos cultivos, que profundizan y revolucionan a su vez la ingeniería genética,⁴² como más tarde se verá.

Las aplicaciones de la manipulación genética, para el manejo científico y la explotación comercial del principio de la vida micro orgánica en vegetales y animales mediante la biotecnología quedan expuestas en el cuadro siguiente:

⁴¹Octavio Paredes. "Retos y Oportunidades de la Biotecnología agroalimentaria" en *Comercio Exterior*, vol. 40, Num. 12, 1990, pág. 1144.

⁴²La ingeniería genética ha permitido que bacterias que se encuentran normalmente en el intestino del ser humano, como la *Escherichia Coli*, produzcan proteínas de interés comercial como la insulina.

Cuadro No. 2.2

Empleo de la manipulación genética por Biotecnología

<i>bienestar humano</i>	<i>sector primario</i>	<i>industria</i>
Anticuerpos monoclonales para técnicas de purificación, agentes químico-terapéuticos, entre otros.	Enzimas (pectinas, glucosa, isomerasa, galactosidosa, renina, etc.)	Químicos y solventes (ácido acético, alcalinos, butanol, isopropanol, acetona, furfural, glicerol, polímeros, lubricantes, ceras, etc.)
Interferon, para tratamiento contra el cáncer, enfermedades inflamatorias, entre otros.	Aditivos de alimentos: colorantes, dulcificantes, saborizantes, aromatizantes, vitaminas, antioxidantes, preservación, etc.	Bioquímicos (etanol, metanol, etc.)
Vacunas (hepatitis B, cólera, herpes, malaria)	Aditivos a alimentos para animales	Biomasa, residuos de cosechas o esquilmos agroindustriales
Hormonas (crecimiento hormonal, producción de insulina, esteroides)	Nuevas variedades en plantas, aumentos en la producción, cultivos específicos para un tipo de tierra, genes con proteínas, etc.	Usos en fotobioreactores para la producción de carbohidratos, proteínas, lípidos e hidrocarbano de las algas, entre otros.
Enzimas (proteínas que catalizan una reacción química).	Pesticidas y Herbicidas	Extracción de metales (cobre, uranio, nickel, cinc) de minerales en bruto, reconvirtiéndolos en metales valiosos (cobalto, mercurio, etc).
Otras Proteínas (factor sangre, antiagentes específicos)	Vacunas para animales	Descomposición y desintoxicación de químicos (petróleo derramado, agua, manchas, etc).
Nuevos antibióticos, drogas, vitaminas	Crecimiento hormonal de plantas	
Terapia Genética para enfermedades de ese género.	Fertilizantes, fijación microbiológica del nitrógeno, etc. Diagnósticos reactivos para enfermedades en plantas y animales.	

Sector Primario Incluye agricultura, alimentos y horticultura. Sector Secundario Incluye Química y bioquímica

Fuente. Elaborado por el autor en base a Bull y Hold. Biotecnology International Trade and Perspectives. Malcolm D. Lilly, OECD, 1982. pág. 75.

La interdisciplinariedad biotecnológica se logra principalmente por el desarrollo de sus disciplinas específicas, que le permiten un amplio radio de aplicación a través de diferentes técnicas:

fermentación, ingeniería enzimática, cultivo de tejidos vegetales y animales (inclusive para su uso industrial), mejoramiento genético de microorganismos en vegetales y animales (microbiología industrial), y anticuerpos monoclonales (farmacología industrial); auxiliadas por subdisciplinas o campos emergentes: ingeniería de proteínas y biocatálisis, biosensores, bioreactores y bioseparadores, entre otras.⁴³

Estas disciplinas son la base de la integración de los diferentes tipos de procesos productivos existentes en el sector agrícola. Además, esta integración no se remite a este sector sino que, a través de diferentes eslabonamientos, también se integran a otros procesos tecnológicos (como lo es el caso de las agroindustrias, por ejemplo).

Esta multi e interdisciplinariedad queda ejemplificado con un caso en biotecnología aplicada a plantas y vegetales (que emplea biotécnicas más desarrolladas en agrobiotecnología), donde se conjuntan las disciplinas biología molecular, entomología y agronomía, entre otras: para la obtención de un maíz transgénico (esto es que al maíz le incorporen genes de otro tipo para darle otra característica distinta a la original) resistente a una plaga común como el *gusano cogollero*, se aísla una bacteria (la *Bacillus Thuringiensis*, productora de *entodoxina*, un cristal proteico) capaz de matar las larvas de esta plaga. El procedimiento consiste en observar y aislar el gen responsable de la producción de la *entodoxina* y se injerta en algún plásmido especial donde se clona, para así transformar genéticamente las células del maíz. Las nuevas células transgénicas se cultivan hasta obtener una planta

⁴³Rodolfo Quintero. "Enfoques de la Biotecnología" en Boletín *Biocit Siglo XXI*, No. 5 CIT/UNAM, 1993, pág 4.

que genere entotoxina en sus hojas, que al ser devoradas por las larvas, estas últimas mueren.⁴⁴

El ejemplo anterior presupone el desarrollo de un tipo de disciplinas específicas, donde el conocimiento y la investigación científica es fundamental, pero que para su aplicación práctica en la agricultura requiere de ciertas condiciones. Sin embargo, como se observa, la biotecnología se compone de un amplio campo de disciplinas, que van desde las tradicionales hasta las más modernas, cada una (por la naturaleza de sus aplicaciones), con un contenido tecnológico diferenciado, de acuerdo al desarrollo alcanzado por la ciencia.

Las técnicas tradicionales, ejemplificadas con la fermentación y el uso extensivo de los recursos naturales; las técnicas intermedias como la ingeniería enzimática y el uso de un tipo dado de bioreactores; y las técnicas de desarrollo específico como las de DNA (*rDNA* y *tDNA*), forman parte del amplio cuerpo tecnológico de la agrobiotecnología, según el cuadro siguiente, donde se presenta en forma resumida la naturaleza de su contenido científico- tecnológico.

⁴⁴Ibid, pág. 5

Cuadro No. 2.3

Biología, según su naturaleza tecnológica

Clasificación (grados de desarrollo)	Rasgos	Aplicaciones Significativas
Tradicional	Uso Extensivo de los recursos Naturales. Equipo y nivel tecnológico rústico. Requiere sistemas sépticos. Baja inversión de capital y escala productiva. (Trabajo manual intensivo).	Técnica de las fermentaciones, tradicional y agroindustrial. Proteínas microbiológicas. Biomasa (todo tipo de desechos naturales para la producción de biogas, etc.)
Intermedia	Reorganización de procesos en los que vinculan ciertas operaciones sofisticadas, con tecnologías y operaciones tradicionales. Moderada inversión de capital. Operaciones tanto semicomplejas como básicas.	Producción de bebidas y alimentos por fermentación, biofertilizantes, biopesticidas, enzimas no refinadas. Uso de la ingeniería enzimática.
De Desarrollo Específico	Uso intensivo de los recursos naturales y del conocimiento. Altas inversiones de capital y costos de operación, plantas y equipos sofisticados. Proceso productivo en continuo. Operadores altamente calificados y hábiles.	Alta escala productiva y con un alto valor agregado con usos como la micro propagación. Productos de alto contenido proteínico, mejorados genéticamente y que requieren mayores cuidados (uso de las técnicas del rDNA y tDNA) por ingeniería genética.

Fuente: elaborada por el autor.

De acuerdo al último cuadro, para los fines de este trabajo, debe de considerarse que la biología se distingue por su contenido tecnológico (sin dejar de considerar sus diferentes aplicaciones prácticas y comerciales) en biología de desarrollo tradicional e intermedia, por un lado, y de desarrollo específico. Esto es, que por su naturaleza la biología presenta, en líneas generales, dos polos de desarrollo que le confieren la cualidad de ser **flexible** lo que le hace, en cierto modo, ser la llamada ventana de oportunidades, como se mencionaba anteriormente.

De esta manera, la biotecnología de desarrollo específico se representa por procesos tecnológicamente refinados, intensivos en capital, conocimientos y energía y son perfectamente susceptibles a las economías de escala. Tienen gran interrelación con las tecnologías tradicionales y convencionales y, en cierta forma, tienen en ellas su origen. En otras palabras, este tipo de agrobiotecnología es el prototipo de las tecnologías desarrolladas en el estadio de desarrollo específicamente capitalista: uso intensivo de los recursos naturales, capital y fuerza de trabajo; incremento en la intensidad de los procesos productivos, en los volúmenes de producción y en la productividad, etc.

El otro gran bloque, que conforma la biotecnología de desarrollo tradicional e intermedia, se compone por una serie de tecnologías consideradas como alternativas o intermedias,⁴⁵ pero que son fundamentalmente tecnologías tradicionales o que basan su conocimiento en técnicas tradicionales. Este parece ser el tipo de tecnología más flexible para su aplicación práctica, en especial en zonas en vías de desarrollo, como veremos a continuación. En cualquiera de los casos, la mayor particularidad de la biotecnología es la explotación del principio de la vida de los microorganismos y el control genérico en plantas y animales, llegando a repercutir directamente en la productividad del proceso productivo y en la competitividad, ambos importantes en la acumulación de capital. En ello estriba, pues, la importancia de este proceso.

2.4 BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL Y SUS APLICACIONES EN LA AGRICULTURA Y LA AGROINDUSTRIA.

Aunque con la investigación científica y su aplicación tecnológica de la agrobiotecnología el proceso productivo depende fundamentalmente del conocimiento, la agrobiotecnología tradicional es el punto de partida del actual desarrollo

⁴⁵Jorge Limón Lason. La Biotecnología ¿un arma del futuro? *Ciencia y Desarrollo*. Marzo-abril 1983. Año 9, número 43.

biotecnológico.

Efectivamente, diversos especialistas en la materia coinciden en señalar en que, dentro del grupo de biotecnologías descrito anteriormente, la *biotecnología tradicional* es la más antigua de todas. Esta biotecnología, que en su acepción más amplia designa el uso de los procesos biológicos en la producción,⁴⁶ se basa en conocimientos y técnicas tradicionales para la explotación directa de los recursos naturales, sin mayor intervención, en la mayoría de las veces, que de la naturaleza misma. Su aplicación se desempeña bajo el principio de una serie de técnicas y tecnologías empíricas y sencillas.

Sin embargo, cabría matizar en el hecho de que, en sentido estricto, ello no es el origen propiamente de la biotecnología tradicional o de primera generación, como han dado en llamarle algunos autores, sino **el origen de los principios fundamentales o básicos** de la misma, al margen de que represente el punto de partida de tecnologías más sofisticadas y específicas las cuales a su vez, al desarrollarse, se interrelacionan con las primeras.

En efecto, la racionalidad entre el hombre y la naturaleza le ha permitido a aquel, desde que era nómada, el curtido de pieles para su protección⁴⁷ y, desde que se hizo sedentario con la práctica de la agricultura hace casi 10, mil años, la producción de comida y bebidas para su sustento.⁴⁸

⁴⁶Eric Baark. "El discurso internacional sobre políticas de biotecnología: el caso de la bioseguridad" en *Revista Mexicana de Sociología*. Instituto de Investigaciones Sociales UNAM. Año LIII No. 2 Abril-junio de 1991. pp 3-18

⁴⁷Rod Greenshields. Resources and applications of biotechnology. McMillan Press, U. K., pág. 4.

⁴⁸Octavio Paredes. "Retos y oportunidades de la biotecnología agroalimentaria. *Comercio Exterior*, Vol. 40, No. 12, pág. 1143.

De hecho, de acuerdo a algunos historiadores, existen evidencias en la producción de bebidas fermentadas,⁴⁹ medicinas, tintes, yogurts, quesos, aceites, jabones, etc., en civilizaciones tan antiguas como los fenicios, babilónicos y egipcios.⁵⁰

Este tipo de biotecnología, quizás más flexible (en términos de su aplicación y explotación) que la de otro tipo, tiene como mayor ventaja el mero uso de los recursos naturales, a través de su interrelación para con el tipo de biotécnicas hasta hoy estudiadas.

Esta biotecnología tradicional ya en el modo de producción capitalista ha supuesto en su desarrollo cierto empirismo generacional en la práctica de la fermentación natural para la producción de vinos, vinagre, cerveza, alcohol,⁵¹ alimentos y quesos, entre otros, que la actual industria agroalimentaria procesa.

El aprovechamiento industrial (y comercial) de los fermentos naturales utilizados en la producción de bebidas alcohólicas, panes y ácidos lácteos principalmente, desembocó en procesos biotecnológicos cada vez más refinados donde organismos y derivados han originado los compuestos orgánicos: alcohol, proteínas, vitaminas,

⁴⁹La fermentación es la oxidación incompleta de compuestos químicos que proporciona de energía a las bacterias. Propicia el crecimiento y multiplicación de microorganismos en un sustrato biológico consistente en carbohidratos y/o hidrocarburos, glucosas, almidón, biomasa, etc., que constituyen invariablemente su alimento. Estos microorganismos tienen un alto contenido proteico. El resultado de la fermentación es el enriquecimiento de tales sustratos con proteínas, lo cual origina la *proteína unicelular*.

⁵⁰Aunque se refiera específicamente a los orígenes de la industria química, Derry y Williams se refieren en los siguientes términos: "Los procesos de fermentación (...) tuvieron también su origen en la preparación de bebidas alcohólicas mediante la fermentación de azúcar con levadura. (...) En el antiguo Egipto se sabía que (esta) podía llegar más allá, produciendo vinagre..." Derry/Williams, Historia de la Tecnología, Vol 1 Siglo XXI editores, pág. 379.

⁵¹En estos primarios procesos de fermentación, este tipo de productos se hacen en condiciones de abundante agua y ausencia de oxígeno, proceso al que se le conoce como fermentación anaeróbica, distinta de la aeróbica. Ver Rosalba Casas. La Investigación Biotecnológica en México. Tendencias en el sector agroalimentario. IIE/UNAM, México, 1993, pág. 112.

antibióticos, aminoácidos, ácidos cítricos, acéticos, etcétera, empezándose a sustituir de esta manera los procesos bioquímicos. Estos fermentos naturales no son más que organismos vivos utilizados para estos procesos como simple *materia prima viva* y en este sentido semejan más que a una parte fija y constante como las máquinas, a una parte de la inversión en capital circulante de los procesos productivos fabriles.⁵²

La biotecnología tradicional supone, por tanto, el uso extensivo de los recursos naturales y la utilización de los microorganismos y, más aún, con la fermentación permite el reciclaje de ciertos desechos agrícolas (de la agroindustria, principalmente) para su aprovechamiento.⁵³

El paso de lo empírico a lo científico (esto es el tránsito de la tecnología empírica a la tecnología basada en la ciencia propiamente) para el desarrollo de la biotecnología, se sustenta en el desarrollo de algunas disciplinas científicas de las Ciencias Naturales principalmente.

Es así como esta disciplina, desde sus inicios incluye a la técnica de las fermentaciones, derivada de los descubrimientos microbiológicos del siglo XIX y, por tanto, de la microbiología y su posterior aplicación industrial en el presente siglo; "... es decir, tanto el conocimiento de los mecanismos regulatorios principales que rigen y controlan el metabolismo microbiano, como el conjunto de operaciones que son fundamentales para que un proceso manejado en el laboratorio pueda llegar a escala comercial..."⁵⁴ Este proceso se sitúa, en sus rasgos generales, hasta la década de los

⁵²Y dentro de la agricultura, tal como la tierra misma semeja al capital constante. En todo caso debemos encarar ambos casos como se nos presentan: como meras mercancías.

⁵³Con la fermentación aeróbica se pueden desarrollar los microorganismos en un sustrato formado por biomasa (que puede ser esquilmos agroforestales o desechos agroindustriales) y con ello producir forrajes de alto valor proteico para animales. Se considera como fermentación sólida, a diferencia de la fermentación anaeróbica, cuando en la producción de aquellos se elimina entre el 40% y 50% del agua del sustrato. Está considerada como la primera fase de la biotecnología moderna. Ver Casas. La investigación..., Op Cit. pág. 113.

⁵⁴Rosa Luz González y Rodolfo Quintero. "La biotecnología y sus impactos: el caso de los

años sesenta del presente siglo.

Esta tecnología tradicional, conforme se ha ido desarrollando, se compone de diferentes biotécnicas;⁵⁵ las cuales utilizan como sustratos alimenticios a bacterias, virus, hongos filamentosos, levaduras y algas unicelulares, entre otros, además de desechos agroindustriales, esquilmos agrícolas y excretas de animales. La característica de estos microorganismos es que poseen una muy alta velocidad metabólica y por ello, debido a su dimensión microscópica, ofrecen una superficie de contacto considerable con el producto tratado.⁵⁶

La técnica de las fermentaciones, consistente en la reproducción de determinados microorganismos en sustratos orgánicos, tiene dos procesos diferenciados. Por un lado, el más sencillo de ellos, la fermentación como tal o también llamado *proceso directo* y; por el otro, un proceso indirecto comunmente conocido como *tecnología enzimática* (donde a través de un microorganismo se obtienen las enzimas⁵⁷ que habrán de ser utilizadas como agentes de segunda

nuevos edulcorantes." en Varios, Biogenética y Agricultura. Secretaria del Trabajo y Previsión Social, México, 1986, pág. 58.

⁵⁵Como antecedente inmediato del termino "biotecnología", la expresión 'biotécnica' (*biotecnic*) se emplea por vez primera en el trabajo de Lewis Mumford. *Technics and Civilization*, Harcourt, Brace and Co. New York, USA, 1934. Fundamentalmente se considera un híbrido de los terminos biología y tecnología debido al alcance logrado en el desarrollo de los microorganismos a través del progreso tecnológico. Ver a Sheldon Krimsky, Biotechnics and Society (the rise of industrial genetics) Praeger Press, 266 pp.

⁵⁶Gonzalo Arroyo. "El desarrollo de la biotecnología: desafíos para la agricultura y la agroindustria" en Varios. Biogenética y Agricultura. Op Cit, pág. 28.

⁵⁷Las enzimas son moléculas específicas y eficientes que actúan con su mayor capacidad bajo condiciones relativamente templadas de temperatura, presión y acidez. Se han descrito más de 2000 enzimas, pero sólo son utilizadas algunas para procesos prácticos. Por ejemplo las *proteasas* son utilizadas en la industria de la cerveza para prevenir el entubamiento del producto con el enfriamiento, también se utiliza en jugos de frutas y en ciertos detergentes biológicos; las *amilasas* y *lipasas* también se utilizan en detergentes biológicos; la *pectinasa* se utiliza en el proceso industrial de las semillas del café, la *glucosa oxidasa* se utiliza como reductora de la viscosidad de productos como la mayonesa; la *renina* en la industria del queso;

transformación química). Este último posee además, ventajas considerables ya que, con un mínimo de modificaciones, pueden volver a ser utilizados para producir fármacos, productos agrícolas o agroindustriales (a través de alimentos preparados para animales). Cabe destacar que las enzimas tienen fundamentalmente dos tipos de funciones: actuar como agentes de corrección o modificación de elementos que sirven a la industria como materia prima y; como agentes de diversificación.

En la agricultura, la fermentación directa puede ser aplicada a través de diferentes procesos fermentativos, como el tratamiento de material de desecho:

- Por el composteo de residuos orgánicos para mejorar la textura de suelos (debido a que la biomasa compuesta por desechos orgánicos le dotan de nutrientes); y
- En los residuos orgánicos para reciclar parte de las excretas animales.

Otra alternativa importante de la fermentación directa es la práctica de la biofertilización natural utilizando los desechos orgánicos (uso de la Biomasa), en la producción rústica de un tipo de combustibles naturales, el biogas, a través de un tipo rural de biodigestores mediante un proceso de fermentación microbial que precisamente tiene como sustrato alimenticio a dicha biomasa. Un ejemplo de ello lo constituye China, donde se ha llegado a producir el equivalente a 3 millones de barriles de petróleo diario a través del biogas, resolviendo el problema del manejo de desechos a través de ciertos biodigestores, de naturaleza sencilla.⁵⁸

Con la aplicación de la fermentación directa a la agricultura, por el lado del mejoramiento de los suelos,⁵⁹ se puede despertar aún más el interés del capital para

y la *lisozima* como conservador de la leche industrializada.

⁵⁸Al respecto consultar la revista *Ciencia y Desarrollo*, Conacyt. Año IX, No. 43, marzo-abril de 1983.

⁵⁹Otra alternativa, genuino resultado de la biotecnología vegetal (ver más adelante) es el empleo de plantas que absorben metales pesados contenidos en la tierra: la *Arabidopsis*

su desarrollo. Dado que este último proceso implica la ampliación de la frontera de cultivos (reciclando tierras desgastadas una vez mejoradas, etc.), se puede dar con ello el aumento en la fuerza laboral ocupada aunque los ciclos de cultivo se mantengan igual.

Es decir, la aplicación de la biotecnología tradicional a través de la fermentación directa para el mejoramiento de suelos implica que se puedan mejorar los procesos extensivos de producción. pero debe advertirse que este tipo de agricultura, que tiene como rasgo el no abandonar el principio capitalista de la continuidad, con esta nueva forma de ampliación de las zonas de cultivo sienta las condiciones materiales de su biofertilización y posterior mecanización, volviendo a largo plazo a la natural tendencia de intensificar el proceso productivo agrícola y subvalorizar y expulsar la fuerza de trabajo de los procesos de producción.

Este tipo de agrobiotecnología, por tanto, al incrementar la productividad natural de la tierra, tenderá a explotarla intensivamente, a la vez que explota bajo el mismo principio a los recursos naturales y, sobre todo a la misma fuerza de trabajo. El incrementar los ciclos de cultivo con este tipo de suelos mejorados⁶⁰ a su vez implica el aumento de la fuerza de trabajo y con ello el tránsito hacia formas productivas capitalistas más específicas, conforme se explico con anterioridad. Así, la

absorbe el mercurio; la *Brassica juncea* absorbe plomo y cobre; y la *Thlaspi caerulescens* zinc y cadmio, entre otras. Al respecto consultar a Mayra de la Torre. "Situación actual y perspectivas del departamento de bioingeniería y biotecnología" en *Avance y Perspectiva* Vol. 15, marzo-junio de 1996, pág 126.

⁶⁰Y los mismo ocurre si se trata de un tipo de suelos regenerado por métodos biotecnológicos. En efecto, en un cierto tipo de bioreactores con tierra contaminada, por ejemplo de algún hidrocarburo, al insertarles determinadas cepas microbacterianas (como un grupo de microorganismos productores de *surfactantes* que dispersan el aceite en el agua, y bacterias *pseudomonas* y *Bacillus*, que utilizan como sustrato alimenticio a los hidrocarburos) pueden ser regenerados y vueltos a su actividad productiva. En términos económicos, tales bioreactores no son tan sofisticados como parecen, en todo caso se requiere un tipo de asesoría técnica determinada. Ver La Jornada, *Suplemento Investigación y Desarrollo*, año V, No. 42, nov. de 1996, pág. 4.

agrobiotecnología tradicional se compete con la forma extensiva de producción pero da pie a los principios de la intensificación de la explotación del proceso de trabajo capitalista y de la tierra misma (con la biofertilización y mejoramiento de suelos, mecanización y agroindustrialización del producto, etc.).

El uso de la biotecnología tradicional, para fines industriales, puede ser aprovechada en forma extensiva, como se ha mencionado, a través de la biomasa con el aprovechamiento de ensilajes y camposteos, así como de hongos comestibles.

Sin embargo, la aplicación estrictamente industrial que está llamada a desarrollar a la agroindustria se encuentra en la biotecnología agroindustrial o la **agrobioindustria**, que tiene como principal sustrato (es decir como materia prima) a ciertos componentes derivados de las actividades agroindustriales mediante reciclajes o mejoras nutricionales a estos a fin de ser usados como alimento para animales, insumos agrícolas o industriales en los que se emplean tecnologías que van desde la fermentación directa hasta la tecnología enzimática, el mejoramiento genético de microorganismos, etc. De ahí su imperiosa integración y desarrollo cada vez más al alcance de las necesidades del desarrollo industrial.

Estos procesos agroindustriales tienen una forma relativamente intensa para el aprovechamiento de subproductos y desperdicios para la producción de alimentos para animales, así como en la utilización de diferentes biotécnicas encaminadas a incrementar su producción⁶¹, ya que con adecuadas técnicas enzimáticas y de fermentaciones se crean aditivos para forrajes para la alimentación pecuniaria.⁶²

⁶¹Una vez que dichos recursos naturales son revaluados por métodos biotecnológicos, incrementándose su contenido proteínico, podrían ser empleados para intensificar la producción avícola o porcina en las zonas rurales." Rosalba Casas. "El desarrollo de la biotecnología agroalimentaria en México" en *Economía Informa* No. 233, noviembre de 1994, pág. 22.

⁶²Rosalba Casas. "La Biotecnología y su incidencia en los problemas ambientales en México". en *Revista Mexicana de Sociología*. Op Cit pág. 39. Para Rosalba Casas esta es la segunda generación de la biotecnología, misma que se distingue por los avances en la

Los residuos orgánicos asociados a la industria agroalimentaria, igualmente contemplan una tecnología sencilla y, por tanto, factibles de utilizarse como técnicas de producción:

- En la producción de cuajos microbianos para la elaboración de quesos;
- En la fermentación de la leche para quesos tipo rural.
- Residuos sólidos de las empresas agroindustriales (bagazo y cachaza de los ingenios azucareros, bagazo de las procesadoras de cítricos y otras frutas tropicales, etc.)
- Residuos de las empresas agroindustriales procesadoras de alimentos: empacadoras de frutas, legumbres y carnes.
- Efluentes líquidos de las empresas procesadoras de bebidas fermentadas: destilerías de aguardiente y vinaterías.
- Excretas de animales confinados en explotaciones intensivas: corrales de engorda, lecherías, gallineros, etc.⁶³

Esta forma tradicional reviste a su vez un tránsito hacia formas más elaboradas. En la actualidad en la producción de quesos, la industria del pan (levadura), del yogur, los embutidos, salsas, soja, entre otros, la forma tradicional de producción se está sustituyendo paulatinamente, integrándose a los sistemas de control que la producción "justo a tiempo" impone. En la moderna agroindustria se empieza a configurar nuevas formas de producción en la conversión del almidón en productos edulcorantes, un mayor aprovechamiento de la fructuosa, la bioconversión de aceites vegetales, aromas y sabores, la fabricación de zumos de frutas, nuevos alimentos obtenidos por

microbiología, las mutaciones y la selección de cepas así como el refinamiento de los sistemas de fermentación. La tercera generación se caracteriza por las técnicas de inmovilización enzimática y el gran desarrollo moderno de la ingeniería genética (Casas. Ibid).

⁶³Varios. "Biotecnología aplicada a la producción agropecuaria". Programa Universitario de Alimentos, IIE, UNAM. Cuaderno 3, 1989. pág. 42.

fermentación, enzimas de quesos, levaduras híbridas, productos lácteos sin lactosa (azúcar presente en la leche),⁶⁴ etc., procesos a los que sino se atiende la gran oportunidad que representa la industria de las fermentaciones, se pueden escapar de las manos, en especial en los países en vías de desarrollo.

Estos avances en los procesos de fermentación, (un tránsito hacia formas más desarrolladas), se basan en el desarrollo de la genética y las cepas bacterianas (fermentación microbiana) y a su vez constituyen otra alternativa, dado que ahorran una gran cantidad de energía al utilizar procedimientos "suaves" que no requieren de altas temperaturas.⁶⁵

Esta eficacia esta asociada al desarrollo de la *ingeniería enzimática*. "Las enzimas, moléculas "activas" de los microorganismos, son utilizadas para facilitar y acelerar las reacciones químicas puesto que cada enzima tiene un poder catalizador específico. La enzima no sufre ningún cambio en la reacción química que cataliza y es por lo tanto reutilizada en la célula viva, (...). La fijación de enzimas en un soporte mecánico permite conservarlas y hacer circular "en continuo" la solución a través de las enzimas inmovilizadas." Para poder realizar este proceso se requiere especialmente la técnica revolucionaria de los bioreactores en continuo.⁶⁶ A su vez, estos bioreactores pueden permitir el cultivo de células vegetales para la producción de metabolitos secundarios de gran valor.⁶⁷ Entre los avances recientes de la enzimas se encuentran,

⁶⁴Mateo Box. Biotecnología, Agricultura y Alimentación, OCDE, España, 1993, pág. 106.

⁶⁵Ibid.

⁶⁶González Arroyo. El Desarrollo... Op Cit, pág. 29.

⁶⁷*La Tecnología de Enzimas*. Las enzimas son proteínas que aumentan la velocidad de las reacciones químicas y permiten que los organismos vivientes lleven a cabo sus reacciones con la presión atmosférica y la temperatura ambiente o corporal (las cuales se habían utilizado desde la antigüedad en la elaboración de alimentos como el pan, queso, vino y cerveza) Este conocimiento surge a principios de siglo y se le llamaba "fermentos", pero desde los años sesenta ha avanzado notablemente su estudio.

aparte de los bioreactores, la encapsulación y la utilización de nuevas enzimas obtenidas de la remodelación de las proteínas.⁶⁸

Con la ingeniería enzimática se extiende el campo de estudio y de aplicación de la biotecnología en la agroindustria, incluyendo los llamados *cultivos de tejidos* de vegetales y animales, lo cual implica el previo desarrollo de las disciplinas respectivas. Este desarrollo marca una diferencia importante entre este moderno proceso y el tradicional.

Por ejemplo, así como para la producción de alimentos o el aprovechamiento de los esquilmos agrícolas o agroindustriales se requiere de la biotecnología relativamente sencilla, para la elaboración de jarabe fructuoso de maíz se requiere del desarrollo de un tipo de biotécnicas más sofisticadas, propias de una biotecnología más desarrollada, la cual será abordada en el siguiente apartado.

En las **actividades pecuarias**, la domesticación de animales y la cruce de razas pueden constituir una evidencia de una manipulación genética empírica, lo cual es análogo en el mismo cultivo de plantas en la agricultura.⁶⁹ En esta última se ha tilizado el llamado cultivo de anteras en el trigo, hule, maíz, álamo y cítricos aploides.⁷⁰

Esta tecnología aprovecha los desperdicios naturales de las plantas e inclusive los mismos desechos de los animales (donde pueden utilizarse los residuos sólidos de

⁶⁸Tales como la fosfolipasa. Mateo Box, Op Cit, pág. 109-111.

⁶⁹“Los animales y las plantas, que solemos considerar como productos naturales, no son solamente productos del año anterior (...) sino que son, bajo su forma actual, el fruto de un proceso de transformación desarrollado a lo largo de las generaciones, controlado por el hombre y encauzado por el trabajo humano.” Marx, El Capital, etc., tomo I, Op Cit. pág. 134.

⁷⁰Como lo ha sido para el caso de China desde el inicio de los años setenta. “Biotecnología en China. Reformas Institucionales e innovación tecnológica”. Xu Zhaoxiang y Z. Yongchun. *Revista Mexicana de Sociología*. IIS. Op Cit pág. 73.

digestores anaerobios para aves y/o peces, o como mismos fertilizantes, donde inclusive tienen cabida los esquilmos agroindustriales).

Con la técnica de las fermentaciones, a través de diferentes procesos, se puede llegar a la reproducción de un microorganismo en un sustrato orgánico mediante la propia fermentación o mediante la tecnología enzimática, que puede traducirse en su utilización para la producción de suplementos alimenticios para los animales. Ello consiste en:⁷¹

- a) Ensilado de forrajes
- b) Optimización de la fermentación ruminal mediante el balanceo adecuado de las raciones con altos niveles de pajas y rastrojos mezclados con melaza y urea.
- c) Fermentación de los residuos orgánicos para reciclar parte de las excretas animales en la nutrición de los rumiantes.

Otra posibilidad es que, de cultivos como trigo, arroz, caña de azúcar y plátano, los cuales contienen nutrientes fundamentales para el cultivo humano, generan cantidades importantes de residuos orgánicos que se pueden aprovechar para la alimentación animal. Por ejemplo, un sustrato compuesto por fermentación de la melaza de caña, el rastrojo de maíz, el estiércol de bobino y agua, se destinan en México para la engorda del ganado bobino.⁷²

Sin embargo, la biotecnología pecuniaria también revela un mayor desarrollo. En

⁷¹Dinah Rodríguez (Coordinadora) "La agroindustria de alimentos balanceados en México" Programa Universitario de Alimentos. IIE UNAM, 1989. pág. 40

⁷²Se trata del proceso BIOFERMEL desarrollado a partir de los años setenta en la UNAM. También se ha obtenido otra fermentación para rumiantes, conocido como **DESA**: Desechos Animales Enriquecidos en Ácidos Orgánicos a cargo del Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas. Emplea estiércol y almidón. Otras alternativas de alimentación pecuaria consisten en Mezclas de Rastrojo, Melaza y Urea combinados con Nopal, granos de maíz o sorgo, harina de semilla de algodón, roca fosfórica y sal en grano, lo cual da continuidad a los ciclos de engorda o lactación. Dinah Rodríguez "La Agroindustria. . Op Cit ver pp 35-56.

este sentido la aplicación más exitosa a nivel comercial resulta ser la fusión de células animales. Se ha logrado fusionar linfocitos y células cancerosas y se ha obtenido hibridomas capaces de producir anticuerpos monoclonales, "... de esta manera, es posible producir en elevadas cantidades un anticuerpo idéntico y destinado casi exclusivamente a un determinado antígeno. La tecnología está disponible y su principal aplicación es la fabricación de kits de diagnóstico de enfermedades animales, vegetales y humanas..."⁷³

Lo anteriormente expuesto para el caso de lo que se ha denominado como biotecnología tradicional pone de manifiesto sus incidencias para cierto tipo de agricultura que, por sus características tecnológicas, no requiere necesariamente de un alto grado de desarrollo. La biotecnología tradicional puede, por tanto, constituir un punto de inflexión en la búsqueda del desarrollo de este subsector saqueado no sólo por la industria, sino por la misma agricultura desarrollada en un alto grado.

Sin embargo, en tanto se tenga como artículo de fe la ansiada modernidad, el vasto potencial de los recursos naturales *renovables* será continuamente ignorado por los hacedores de política, en detrimento de la persistente necesidad social.

⁷³Biocit Siglo XXI, año 2, No. 6, sep. 1993. pág. 20.

2.5 ORÍGENES DE LA BIOTECNOLOGÍA DE DESARROLLO ESPECÍFICO.

Aunque la biotecnología tradicional es la base para el desarrollo de la biotecnología misma con la técnica de las fermentaciones y la ingeniería enzimática, de acuerdo a lo anterior, la biotecnología de desarrollo específico conoce un tipo de despliegue de mayor alcance. En este desarrollo mucho tiene que ver el nuevo marco científico tecnológico de la actual revolución industrial: las nuevas tecnologías. En efecto, la actual biotecnología que ha alcanzado un desarrollo específico, debe su mayor desarrollo al despliegue de la revolución científico-tecnológica.

En el actual marco de la economía mundial, donde la innovación tecnológica es estratégica y su difusión la táctica, la biotecnología de desarrollo específico, misma que se basa en el uso combinado de las ciencias químicas, biológicas, médicas e ingenieriles, alcanza un desarrollo que en la actualidad se expresa en dos técnicas o procesos de ejecución: 1) el cultivo de tejidos y fusión celular y, 2) la ingeniería genética (que emplea las técnicas del DNA recombinada o recombinante y tDNA).⁷⁴

Los avances en este tipo de biotecnología son relativamente recientes. Derivan de los conocimientos alcanzados en la biología, principalmente en las ramas de la biología molecular, la enzimología y la ingeniería genética, que practican la manipulación de sistemas vivientes que, aplicados a la industria (en especial a la manufactura agroindustrial), ofrecen amplias posibilidades de desarrollo.

Existe una diferencia sustancial entre la biotecnología utilizada antes de la ingeniería genética y este tipo de biotecnología, ya que con ésta se puede diseñar organismos genéticamente, para productos o procesos específicos. Asimismo utiliza

⁷⁴En forma general, la actual biotecnología (que hemos denominado de desarrollo tradicional y de desarrollo específico) se compone de cuatro biotécnicas: 1) la fermentación, 2) la ingeniería enzimática, 3) la fusión celular y cultivo de tejidos y 4) la ingeniería genética. Como se observa, el punto de partida de la biotecnología de desarrollo específicamente capitalista lo constituyen las dos primeras.

células de origen animal y vegetal, en tanto que la biotecnología de antes se basa principalmente en el empleo de microorganismos y enzimas,⁷⁵ tal como ha sido expuesto anteriormente.

La biotecnología de desarrollo específico, considerada desde el punto de vista de las ciencias y el conocimiento, ha sido dividido en *biotecnología nueva*, que se asocia con los avances recientes de la biología molecular en áreas como la ingeniería genética y los hibridomas (y que otros autores denominan como biotecnología de segunda generación); y en la *biotecnología moderna*, vinculada directamente en la especialización del cultivo de tejidos, las técnicas inmunológicas y demás que se basan en la biología celular⁷⁶ y la ingeniería bioquímica⁷⁷ (y que de igual manera ha sido

⁷⁵Mayra de la Torre. "Situación...", Op Cit pág. 126.

⁷⁶Walter Jaffe y Eduardo j. Trigo. "La agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: elementos para estrategias nacionales" en *Comercio Exterior* Vol. 44 No. 7. Julio de 1994. pág. 571.

⁷⁷La bioquímica inicio su despliegue en 1953 con el descubrimiento de la estructura de los genes, revelando la vida, molécula a molécula. "La naturaleza utiliza un pequeño número de aminoácidos como si fueran ladrillos para construir una gran diversidad de moléculas más complejas llamadas proteínas; hay hasta 50, 000 clases diferentes de proteínas en el cuerpo humano" con diferentes funciones cada una.

"Tres grandes clases de proteínas son de interés para la biotecnología: las hormonas, como la HGH y la insulina, que controlan distintas actividades en diferentes tejidos del cuerpo; los anticuerpos, que elabora el sistema inmunológico (...) y las enzimas, que son proteínas catalizadoras que aceleran las reacciones químicas. La naturaleza ha desarrollado las enzimas para catalizar casi toda reacción biológica en los organismos vivos. Las enzimas convierten los azúcares en alcoholes y permiten que ciertos microorganismos "extraigan" uranio y cobre de diferentes aleaciones minerales.

"Las proteínas tienen una cosa en común. todas están hechas de la unión de cadenas de aminoácidos. Existen 20 aminoácidos, y el orden en que están unidos determina la naturaleza de una proteína en particular. Una proteína puede ser muy pequeña, de sólo tres aminoácidos de longitud, o bien de varios cientos de ellos. La HGH, por ejemplo, es una cadena de 191 aminoácidos"

"La unión de la cadena de aminoácidos que forma una proteína en particular está dirigida por un gene, y cada proteína tiene su propio gene, o está codificada por él. Al igual que una proteína, un gene está formado por una cadena de agentes químicos..." (llamado *nucleótido*). Existen cuatro clases de nucleótidos: adenina, citosina, guanina y timina. Los científicos extraen un gene de cierta especie y lo introducen en otra. la especie reconoce al gene extraño y obedece sus instrucciones para elaborar una proteína distinta. Con enzimas que permitan aislar y cortar genes, se hace la ingeniería genética o DNA recombinante (DNAr). Leonardo Braval

considerada como biotecnología de tercera generación).

Este tipo de biotecnología, que para fines del presente trabajo se ha denominado como biotecnología **de desarrollo específico** (debido a que, contrario a la biotecnología tradicional, se crea u origina específicamente en el modo de producción capitalista y no como aquella, cuyos principios y conocimientos devienen de la antigüedad), se basa en un conjunto de procedimientos que utilizan células, microorganismos o partes de tejidos de estos, enzimas y catalizadores biológicos como agentes de transformación química, para ser utilizados a escala industrial,⁷⁸ debido fundamentalmente a la serie de actividades que se manifiestan en el uso y el aprovechamiento intensivo de la materia viva y sus derivados.

Este tipo de biotecnología estriba su ventaja en que su uso intensivo requiere de poco espacio para convertir grandes cantidades de materiales bioquímicos debido a la manipulación genética y al ambiente natural. De la microbiología toma el aislamiento logrado por aquella de microorganismos de sus diferentes habitats que modifica mediante agentes mutagénicos con el propósito de obtener nuevas cepas (nuevos organismos mejor capacitados que se utilizan para diferentes funciones) que puedan lograr "productos útiles". Este proceso es revolucionado con la ingeniería genética.

La **ingeniería genética**⁷⁹ es un conjunto de técnicas que hacen posible identificar, aislar, modificar, reintroducir o manipular el material genético de organismos vivientes para lograr que adquieran nuevas funciones. Implica altera la heredabilidad

"Ingeniería Genética. Revolución biológica" en *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 4 número 63, 15 de febrero de 1982. págs. 11 y 12.

⁷⁸La biología molecular en la industria. en "Liberación del genio biotecnológico" Revista *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT, junio de 1980. pág. 7.

⁷⁹La información genética se da de manera vertical, pero con esta técnica se abre la posibilidad de que se de en forma horizontal, tanto en humanos como en animales y crearse de esta manera nuevas propiedades hereditarias.

del DNA de células vivas a fin de que con esta técnica se de una mayor producción de organismos o se den nuevas funciones. Una de estas técnicas principales es la del *DNAr* o *DNA recombinante* que consiste en unir trozos del DNA de diferentes organismos para poder producir una molécula híbrida de DNA.⁸⁰

Así, mediante el empleo del "DNA recombinante" se obtienen nuevas variedades de microorganismos que ahora son capaces de hacer proteínas que antes eran exclusivas de la naturaleza.⁸¹ Las nuevas técnicas de corte y empalme mediante enzimas, permiten unir cualquier gene elegido a ciertos genes portadores.⁸²

"Estos genes enlazados, de DNA recombinante, se transportan al interior de una célula huésped, la que virtualmente adopta como propio el nuevo gene".⁸³

De esta manera es como se han obtenido cepas de microorganismos que producen insulina, somatostatina (hormona humana del crecimiento, para combatir el enanismo) e interferon humanos. En otras palabras, es un conjunto de metodologías que permiten el trasplante de genes de un sistema vivo a otro, a fin de crear organismos con nuevas propiedades, funciones y resistencias. Además de la

⁸⁰FAO. "Biotecnología Apropiable: racionalidad de su desarrollo y aplicación en América Latina y el Caribe" en RED de Cooperación técnica en Biotecnología Vegetal, 1995, pág. 47.

⁸¹Jorge Limón Lason. Op Cit.

⁸²"La sustancia química ADN es la materia básica de la vida, la molécula que dice a las células como han de funcionar y reproducirse. El ADN que contiene cada célula está configurado por una "doble espiral" -dos cordones gemelos que se enroscan uno alrededor de otro en forma de sacacorchos-. Dos ganadores del Premio Nobel, Francis Crick y James Watson, delinearon por primera vez, en 1953, el modelo de la doble hélice." En 1973 se describe por primera vez la técnica recombinante del ADN. "ADN: Giro a la izquierda." *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. II, número 14, 31 de enero de 1980.

⁸³"Estas células manejables y microscópicas proliferan rápidamente. Con una ración de alimento sencillo y barato, una bacteria produce miles de millones de copias de si misma, y su ADN, incluyendo al gene transplantado, se reproduce a la misma velocidad." "Ingeniería Genética". *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 1, número 8, 31 de octubre de 1979. s/p.

agricultura y la industria de los alimentos, ofrece soluciones que económicamente son muy atractivas en áreas como salud, energía y contaminación.

Actualmente se observa que, cierto número de bacterias, por ejemplo, producen sustancias médicas útiles, e inclusive se utilizan para mejorar la lixiviación de metales en la minería, aunque sus más recientes avances se han dado en la agricultura.⁸⁴ Ello ha propiciado que hoy muchas compañías, fundamentalmente privadas, se interesen en ella.⁸⁵

Por ejemplo, en los Estados Unidos y Europa Occidental a fines de los setenta, prácticamente en el despliegue comercial de la biotecnología, se crearon más de 200 compañías privadas, denotando el creciente interés por la ingeniería genética. Sin embargo, de todas las nuevas empresas involucradas actualmente en este tipo de biotecnología, el 80% de ellas surgió en la década de los ochenta. Únicamente en los Estados Unidos hacia 1993 se crean un promedio de 75 empresas de nueva biotecnología al año, existiendo hasta entonces más de 1,100 empresas de ese género. Por otro lado, de las grandes corporaciones existentes, 70 de ellas ya se encuentran invirtiendo cantidades significativas en este campo.⁸⁶

Los antecedentes de la ingeniería genética se remontan a mediados del siglo pasado cuando Gregorio Mendel descubrió los principios básicos de la herencia. A

⁸⁴Robert Cooke "La Nueva Agricultura. Aplicaciones de la Ingeniería Genética" en *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 5, núm. 76, enero de 1983. pág. 31.

⁸⁵Leonardo Bravo "Ingeniería Genética. Revolución Biológica", en *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 4, núm. 63, 15 de feb. de 1982. pág. 9. Ver además *Biocit* No. 6, CIT/UNAM, septiembre de 1993, pág. 13. Como es de esperarse, en el país puntal de la biotecnología, los EE UU, la vanguardia en ésta la establecen las empresas privadas.

⁸⁶Entre las que se encuentran *Du Pont, Monsanto, Ciba, Geigy* (en el ramo químico); *Royal Dutch, Shell* (en petroquímica) *Ecogen, DNAP, UpJohn, Sandoz, Pfizer, Bayer, Eli Lilly, Roche* (farmacéutica) y *Pioneer Hi-Bred, Calgene, Mycogen Corporation, Plant Genetic System y Dekalb* (en el ramo agrícola).

principios del presente siglo se descubre un sistema experimental basado en la mosca de la fruta; en la década de los cuarenta se inician los trabajos con microorganismos; en 1953 se descubre (por Watson y Crick) que la información genética reside en una molécula química y que el ácido desoxirribonucleico (DNA) inyectado directamente a una célula puede alterar la herencia de la misma; en ese mismo año se resalta la evidencia química y molecular del DNA y más tarde, el mismo Crick estableció el código genético.

En los años setenta Jacob y Monod pusieron de manifiesto los mecanismos de control del mensaje genético y; finalmente se tiene el conocimiento suficiente del sistema genético de bacterias y virus, además del descubrimiento de las enzimas de restricción que cortan el DNA en sitios específicos, lo cual hizo posible desarrollar metodologías para manipular el genoma y diseñar seres vivos.⁸⁷

A finales de esa década (en 1978) investigadores norteamericanos sintetizaron por primera vez en laboratorio, fragmentos de DNA que contenían los genes de la insulina, más tarde los ensamblaron e insertaron cada uno de los genes sintéticos en plásmidos⁸⁸ y los introdujeron en la bacteria *Escherichia Coli*, lo que permitió sintetizar las cadenas de la hormona.

Los primeros y mayores avances de la biotecnología de desarrollo específico se dan en la ciencia médica y la industria farmacéutica. Con la bacteria *E. Coli* y la técnica *rADN*

⁸⁷Jorge Limón Lason. Op Cit.

⁸⁸Un plásmido forma parte de la estructura citoplasmática de una célula procariótica (o célula primitiva). Se trata de pequeñas moléculas de AND circular. En algunos casos los plásmidos se pueden integrar en forma reversible al cromosoma de las bacterias (plásmido con función episomal). Jorge Pérez Martínez, et al. Bacteriología General Principios Químico Biológicos. FMVZ/UNAM, 1990, pp 30 y 31. Algo que es muy importante para su uso industrial con esta nueva biotecnología es que, por lo general, **confieren nuevas propiedades fenotípicas** a las bacterias que los poseen, aunque también existen plásmidos que no confieren ninguna característica nueva.

se logró producir el interferon, que es una proteína de defensa antiviral producida por el hombre en el combate a la gripe, la hepatitis y ciertos tipos de cáncer.⁸⁹

La hormona humana de crecimiento (HGH) tradicionalmente se extraía de la pituitaria de cadáveres. En 1978 los laboratorios *Kabibitrum*, líderes en el abastecimiento de este tipo de hormonas, hicieron trato con la compañía norteamericana *Genetech* para su producción mediante ingeniería genética. Ahí se aisló el gene que produce la hormona y se introdujo en la bacteria *E. Coli*, para su elaboración por métodos biotecnológicos.⁹⁰

La aplicación de la ingeniería genética ha tenido una repercusión directa en la *biomedicina* al construir bacterias capaces de producir hormonas humanas como la insulina y la hormona HGH, proteínas humanas para la defensa del organismo como el interferon para el tratamiento de ciertos tipos de cáncer⁹¹ y las vacunas. También se han creado bacterias capaces de sobreproducir enzimas que se utilizan en diferentes procesos (por ejemplo en la producción de antibióticos, entre otros).

A principios de los años noventa en los Estados Unidos las actividades de Investigación y Desarrollo (*I&D*) de las más importantes compañías farmacéuticas han desarrollado 91 medicamentos para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, el SIDA y enfermedades relacionadas. De hecho, comercializan *hormonas* como la insulina, hormonas de crecimiento y las eritropoietinas; *citokinas* como el interferon, *interleukinas*; *vacunas recombinantes* como la hepatitis B; y *proteínas antitrombóticas* como la TPA y la estreptokinasa. Además, también se han establecido plenamente en

⁸⁹"La biología molecular en la industria." Op Cit pág. 9

⁹⁰Leonardo Bravo. "Ingeniería Genética. Revolución Biológica. *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 4, núm. 63, 15 de febrero de 1982. pág. 10

⁹¹Existen otros dos tratamientos contra el cancer, derivados de la biología molecular: los anticuerpos monoclonales o que estos conduzcan a los agentes químicos destructivos hacia las células cancerosas, dejándolas intactas a las demás. Leonardo Braval. Op Cit. pág. 13

el mercado los sistemas de diagnóstico en anticuerpos monoclonales. Finalmente, existen 150 productos de uso terapéutico en diferentes fases de investigación clínica.⁹²

El mercado de productos farmacéuticos por biotecnología para 1991 alcanza la cifra de los U\$ cuatro mil millones, donde las proteínas abarcan el 50%; y para 1993 se eleva a U\$ siete mil millones.⁹³ Las cifras cobran importancia si se toma en cuenta que los gastos de atención en salud en ese país crecen en esta década en un orden del 11% anual y se esperan que crezcan aún más.

Uno de los principales emporios es *Roche*, accionista principal de *Genetech* que en la actualidad mercadea *protropin MR*; *activase MR*; y *actimmune MR*, productos de línea humana. También ha producido anticuerpos monoclonales, surfactantes (para pulmón humano), entre otros. La línea científica de *Genetech* se destaca por sus 2,100 trabajos publicados y alrededor de 1,200 patentes de medicina en todo el orbe.⁹⁴

Finalmente, en la *tecnología enzimática* se logran notables avances desde los años setenta con técnicas como la "inmovilización de enzimas" que consiste en fijar enzimas a moléculas mayores insolubles de tal que esta actividad enzimática puede ser recuperada fácilmente y reutilizarse. Las enzimas se aplican en procesos químicos útiles al hombre para evitar el derroche de energéticos en los procesos químicos (tradicionales) a altas presiones y elevadas temperaturas, lo que implica una disminución en la contaminación atmosférica. La especificidad de los sistemas enzimáticos permite preparar productos mucho más puros, y ello es posible sólo por la ingeniería bioquímica, la cual se revolucionó aún más con el uso de los microprocesadores, sistemas más avanzados de control, que han llevado al

⁹²*Biocit.* No. 5 y 6, CIT/UNAM, abril y sep. de 1993, pp 18 y 6 respectivamente.

⁹³*Biocit.* No. 8. CIT/UNAM, abril de 1994, pág. 29

⁹⁴*Ibid.*, pág. 18.

establecimiento de una industria fermentativa.

También la importancia de esta tecnológica y su potencial económico propicio el surgimiento de grandes empresas como la misma *Genetech*, *Cetus* y *Biogen*, y llevó a grandes corporaciones existentes, como la *Dow Chemical*, *Du Pont*, *Monsanto*, *Royal Dutch Shell*, *Eli Lilly* y la *IT&T*, entre otros, a dedicarse a su investigación. Por ejemplo, la empresa *Glick* (de *Genex Corporation*) ya identificaba a inicios de los 80 mercados existentes en alrededor de los U\$12, 400 millones anuales.

La Compañía estadounidense *Standard Oil* de California adquirió el 25% de la empresa *Cetus*, de reciente creación, acción imitada por la *Indiana Oil*, y la *National Distillers and Chemical Corp.* El caso de la empresa *Biogen*, especializada en ingeniería genética, revela que la *Schering Plough Corporation* compró el 16% de sus acciones, y un 23% de las mismas pertenece a la compañía metalúrgica *Inco Limited*.⁹⁵

Otras reveladoras cifras indican que la inversión destinada para el desarrollo de la biotecnología, para los países industrializados, pasa de U\$1,000 millones en 1980 a U\$6,000 millones en 1986. Además, en uno de los puntales de la biotecnología en el mundo, los Estados Unidos, se encontraban en 1982, 463 compañías dedicadas a la biotecnología (de un total de 732 a nivel mundial) siendo que 78 de éstas se ubican dentro de las 500 compañías industriales más grandes de ese país.⁹⁶ El campo de investigación biotecnológica en los mismos Estados Unidos en la actualidad es muy diversa, de acuerdo al siguiente cuadro:

⁹⁵"La biología molecular en la Industria" OP Cit. pp 12-13.

⁹⁶Rodolfo Quintero Ramírez "Situación internacional de la biotecnología: presente y futuro" en *Prospección de la biotecnología en México*, Fundación Barros Sierra, México. pp 479-496

Cuadro No. 2.4.

PARTICIPACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA INVESTIGACIÓN

Áreas de Investigación.	Empresas Biotecnológicas	% de part.	Empresas Grandes	% de part.
Terapéutica Humana	63	21	14	26
Diagnósticos	52	18	6	11
Químicos	20	7	11	21
Agricultura Vegetal	24	8	7	13
Agricultura Animal	19	6	4	18
Reagentes	34	12	2	4
Tratamiento de desechos	3	1	1	2
Equipo	12	4	1	2
Cultivo de Células	5	2	1	2
Diversificado	13	14	6	11
Otros	31	18	0	0

Fuente: Oficina para la evaluación de Tecnología, Washington, D. C. en Calestous Juma "Difusión de la biotecnología en África Oriental y del Sur. Revista Mexicana de Sociología. IISociales, UNAM Año LIII No. 2. Abril-Junio de 1991. pág. 96.

Desde el punto de vista de su aplicación comercial por sectores, a mediados de los años ochenta, en los Estados Unidos, la industria farmacéutica lidera con 136 firmas, la de química y energía con 33, las del Medio Ambiente con 25 y la Electrónica con únicamente 6, en tanto que el sector primario cuenta con 162 firmas (las de actividades pecuniarias son 62 empresas; las de agricultura de plantas 53 y la de química y alimentos con 47).⁹⁷

⁹⁷De acuerdo a los datos de Krimsky y Praeger. Biotechnics and Society, cap. 2.

2.5.1 *Aplicaciones de la biotecnología de desarrollo específico en la agricultura*

Como se aprecia, los procesos descritos con anterioridad revelan la creciente importancia que los procesos biotecnológicos adquieren en la dinámica del desarrollo, en especial al sector primario. Y es precisamente a través del sector industrial, de sus necesidades y requerimientos, que cobra impulso la investigación y práctica de la biotecnología.⁹⁸

El desarrollo del sector industrial requiere echar mano de su soporte histórico, vale decir, necesita refuncionalizar aún más el papel que juega el sector primario, en especial la agricultura, dentro de este proceso. Y en este transitar, la agrobiotecnología de plantas o *agrobiotecnología vegetal*, juega un papel fundamental, acorde a las exigencias de los nuevos procesos.

Por tanto, como parte integrante de un circuito productivo general y complejo, el sector primario también reciente los impactos de los cambios tecnológicos del desarrollo industrial. Los nuevos impactos de orden científico-tecnológico, económico y social contribuyen a una cualificación y apreciación diferente del entorno económico, evaluado desde la perspectiva del proceso de producción y del gran potencial de la oferta de los productos (inclusive) más indispensables, *misimos que sirven de base para nuevos procesos*.

Este proceso se ha facilitado e intensificado dadas las características actuales de este sistema económico: globalización de los vínculos, macro integración de grandes zonas comerciales, transplante, adopción y/o generación de las nuevas

⁹⁸Según Blanca Rubio, es la industria la que "... se perfila como promotora de la biotecnología, en función de la capacidad que manifieste para desarrollar la producción comercial de esta nueva tecnología." Rubio. "Desarrollo del capital..." Op Cit, pág. 39. Sin embargo, entre la industria y la agricultura, para el caso de la biotecnología, han llegado a mediar Universidades y demás Centros de Educación Superior, que se han convertido en grandes centros experimentales. Muchos de los investigadores posteriormente se han convertido en empresarios o agentes emprendedores (*Spin Offs*) en biotecnología.

tecnologías, etcétera.

La agrobiotecnología vegetal se caracteriza principalmente por la aplicación de formas intensivas de reproducción vegetal (*cultivo de tejidos y micropropagación clonal* para el aprovechamiento del germoplasma de las plantas); con la que se pueden fabricar proteínas unicelulares, que implican un incremento notable en la producción de alimentos para consumo humano y animal, por la sustitución de productos y cultivos y demás y por la transmisión y manipulación genética (Ingeniería Genética) lo cual hace posible "diseñar" vegetales, plantas y animales;

2.5.2 *La agrobiotecnología vegetal.*

No obstante el gran impacto que la biotecnología tiene sobre otros sectores, la aplicación en los vegetales (agrobiotecnología vegetal) está llamada a revolucionar a la agricultura desde sus cimientos y a refuncionalizar profundamente su papel como sector básico en el desarrollo del capitalismo.⁹⁹

Como nueva tecnología, se compone de diferentes grados de desarrollo tecnológico y, por tanto, de múltiples biotécnicas que apuntan a acicatear el proceso de la revolución agrícola aún más allá de la "revolución verde" amparada en el despunte de la bioquímica y el descubrimiento de semillas mejoradas y que sólo se circunscribe a un restringido número de cultivos y se da en un marco de apoyo institucional.

La agrobiotecnología, al basarse en principios genéticos, no tiene límites en su desarrollo (salvo los de la ética humana, aparentemente), además de que está siendo fuertemente impulsada por las grandes empresas capitalistas y muestra una fuerte tendencia creciente a la privatización del conocimiento.

⁹⁹... the newer technologies offer the potential to accelerate the rate and type of improvements required to facility the work of plant breeders, agriculturists and growers..." Elizabeth Antébi & David Fishlock. *Biotechnology. Strategies for life.* MIT, 1986, pág 135.

Como se ha anotado, la biotecnología se compone de diferentes grados tecnológicos, y por lo mismo presenta una gran ventaja en relación a otros procesos. Su incipiente desarrollo hasta hoy plantea la posibilidad de su integración en los procesos productivos de países menos desarrollados, en tanto que en éstos se devengue un interés o utilidad, primeramente (y principalmente) a través de la biotecnología tradicional, donde la agricultura se encuentra prácticamente aún en condiciones técnicas tradicionales. Pero para las ramas agrícolas punta, la aplicación de la biotecnología vegetal, debido al complejo tecnológico del que se conforma, es la expresión típica de su aplicación en la agricultura de altos grado de desarrollo.¹⁰⁰

Es decir, la agrobiotecnología de desarrollo específico encuentra una aplicación práctica en la agrobiotecnología vegetal, debido a que ésta se constituye de diferentes tecnologías modernas e intensivas en conocimiento, a saber: el cultivo de tejidos, la micropropagación vegetal y el mejoramiento genético, que gradualmente requieren de la agronomía, la ingeniería genética, la biología molecular, etc. Para fines del presente apartado, únicamente se habrá de considerar a la agrobiotecnología aplicada a las plantas y vegetales como agrobiotecnología vegetal y se denomina de desarrollo específico por la naturaleza y características de sus tecnologías: de alta inversión de capital (con una I&D dinámica), intensas en conocimientos y en sus procesos productivos, todo ello descubierto y desarrollado dentro del modo de producción específicamente capitalista.

La creciente importancia de este "híbrido tecnológico" data apenas de los años ochenta. El monto de inversiones a mediados de esa década se estimó en U\$900 millones y en la década siguiente algunos productos, como el tomate, iniciaron su fase de comercialización. Para 1991 el valor del mercado norteamericano se calculó en

¹⁰⁰ La actual agricultura altamente comercial prioriza en productos tropicales (cítricos y otras frutas, principalmente) y en la floricultura, cultivos a los que ya se les aplica la biotecnología, conforme se verá más adelante. Estos productos a su vez suceden en la escena mundial a los cultivos forrajeros y cerealeros.

U\$490 millones y se prevé que para el año 2001 este ascienda a los U\$2,000 millones, alcanzando tasas de crecimiento anuales del 42%.¹⁰¹

Por su desarrollo tecnológico y su aplicación, a la agrobiotecnología vegetal se le clasifica en cuatro secciones:¹⁰²

1) Cultivo de Tejidos

(Micropropagación y Propagación Clonal y preservación del germoplasma)

2) Mejoramiento Genético de Tejidos Vegetales

3) Cultivos industriales de Células Vegetales y,

4) Fijación Biológica del Nitrógeno.

Todas estas técnicas tienen un amplio radio de aplicaciones a fin de obtener plantas mejor capacitadas biológica y genéticamente: libres de virus (y otros agentes patógenos), resistencia a condiciones ambientales específicas, mutaciones genéticas para nuevas variedades, alta micropropagación y almacenamiento por germoplasma, principalmente.

El *cultivo de tejidos* es la biotécnica que más se ha desarrollado en el área agrícola por su importancia y relevancia comercial, aunque este no sea su único campo de aplicación. Por sus características tecnológicas, esta llamado a ser uno de los soportes de esta nueva revolución agrícola mediante la biotecnología, ya que por principio rompe todo límite convencional y con ellas se puede adoptar con mayor flexibilidad el principio de la continuidad capitalista, en cuanto a procesos productivos se refiere.

¹⁰¹Walter Jaffe. Op Cit pág. 572.

¹⁰²Robert y Loyola (1985) y Sasson (1984) Citado por Rosalba Casas. La Investigación, Op Cit pág. 65-68.

El cultivo de tejidos es, en primer término, el aislamiento de células somáticas individuales para, enseguida, someterlas al crecimiento de células, embriones, meristemos, polen o anteras, tejidos u órganos *in vitro*, es decir en recipientes estériles que contienen como sustrato medios nutritivos definidos o indefinidos¹⁰³ y pretende solucionar los problemas de almacenamiento de material genético. En otras palabras, se refiere al cultivo de células de plantas bajo condiciones artificiales y asépticas. Sus principales usos y aplicaciones están destinados a la obtención de plantas libres de virus,¹⁰⁴ almacenamiento de germoplasma (para el cuidado de la reserva genética para el caso de variedades en peligro de extinción); la conservación de especies o variedades, regeneración de plantas enfermas o eliminación de enfermedades (por el cultivo de meristemos), información genética, hasta constituirse en la base científica para la obtención de plantas transgénicas.

Sus antecedentes se remontan a inicios del presente siglo cuando Haberlant estableció sus fundamentos; en los años cuarenta se logra en laboratorio la regeneración de zanahorias y, en los años cincuenta se logra regenerar cierto tipo de plantas a partir de células aisladas. También se logró en laboratorio la regeneración de la planta del tabaco.

Este tipo de técnicas permitió el desarrollo de las actuales técnicas de **regeneración y mejoramiento genético** en base al cultivo de meristemos, células somáticas, embriones, estambres y fusión de protoplastos.¹⁰⁵ Se han detectado al

¹⁰³Teresa Bengochea y John Dodds. "Uso del cultivo de tejidos para almacenar material genético en plantas" en *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT. No. 51, año IX. julio-agosto de 1983.

¹⁰⁴Según el patógeno que se quiera eliminar, se somete a la planta donadora a altas temperaturas en periodos cortos antes de cortar el ápice para llevar a cabo la siembra aséptica. Al proporcionar el calor aumentan las posibilidades de obtener individuos sanos. Toda vez que se ha revisado la ausencia de los fitopatógenos en la planta, se procede al aumento acelerado de los nuevos individuos.

¹⁰⁵Los protoplastos son células carentes de pared celular con las que se buscan obtener nuevas variedades de plantas que aprovechen mejor la energía solar, el dióxido de carbono, el

menos seis formas básicas del cultivo de tejidos: 1) cultivo de callos y de células suspendidas; 2) cultivo de órganos; 3) cultivo de embriones y cultivo de meristemos;¹⁰⁶ 5) cultivo de polen y anteras y; 6) cultivo de células en aislamiento y protoplastos.

En el cultivo de tejidos vegetales, con las hormonas adecuadas y en buenas condiciones del medio, cada célula se regenera luego de varios procesos intermedios, hasta convertirse en una planta adulta. Evidentemente este tipo de *clonación* difiere del de las prácticas agrícolas tradicionales que se basan en la reproducción por esquejes.

La *micropropagación clonal* o multiplicación masiva de clones o individuos genéticamente iguales entre si es hasta hoy el aspecto más estudiado y que ha brindado mejores resultados en el cultivo de tejidos.¹⁰⁷ Un ejemplo del tipo de impacto que implica la clonación es que permite dar una maduración homogénea del material clonado en las fechas de mayor demanda del tipo de planta, vegetal u ornato del que

nitrógeno atmosférico, los minerales y el agua. Su procedimiento consiste en aislar células de una planta para su cultivo en medios sintéticos con sales minerales y hormonas vegetales. Ibid.

¹⁰⁶El cual ha logrado significativos avances. Esta técnica hace posible la producción acelerada de plantas genéticamente uniformes y libres de virus. Su aplicación se da principalmente en el cultivo de patatas y otros tubérculos; en flores ornamentales como las orquídeas y las rosas, así como en las especies forestales. Gonzalo Arroyo. Op Cit, pág. 28.

¹⁰⁷Evidentemente en este aspecto, la clonación también se remite a la esfera agropecuaria. Recientemente un científico escocés ha logrado crear a *Dolly*, una oveja clonada a partir de una oveja adulta y se esperaba clonar una vaca a finales de 1997. Además, científicos norteamericanos lograron aplicar esta técnica en un mono mediante transferencia nuclear de embriones, creando su gemelo. Estas prácticas han suscitado todo tipo de controversias por la posibilidad de practicarse en la especie humana, aunque se especula que ya existen algunos casos en la misma Escocia. *Agencia Reuter. New York Times, El Economista, El Universal*, marzo de 1997.

A un año de distancia, el ejemplo del escocés Ian Wilmut (creador de *Dolly*) ha sido imitado pero ahora en un renacuajo. No hace mucho se clonó a una de estas especie pero sin cabeza, con los demás órganos totalmente sanos, lo que abre la posibilidad de un mercado ilimitado de órganos para el caso de la especie humana. Ver a Carlos Gershenson. "Nuestro futuro genético y la medicina" en *La jornada*, "Los Lunes en la Ciencia, 2/02/98, pág. IV y Esther Orozco, "Clonación Humana: posibilidades e implicaciones". *La Jornada*, Los Lunes en la Ciencia, 9/02/98, pág. III

se trate y cubrir así "las necesidades del mercado".¹⁰⁸

El gran potencial biotecnológico estriba en la posibilidad de que un trozo de tejido vegetal de vida a millones de plantas genéticamente iguales a las plantas donadoras o plantas madre. La micropropagación masiva de clones o *micropropagación clonal* permite una reducción en los ciclos de reproducción vegetal e implica a su vez la posibilidad de rescatar plantas en peligro de extinción.

Otra gran característica del cultivo de tejidos en los vegetales es la creación de híbridos vegetales a través de la fusión celular y la fusión de protoplastos, que son las células vegetales sin pared celular, con la cual se logra el intercambio de material genético sin que medie en ello reproducción sexual alguna.

Dentro de los mejores resultados de la micropropagación, el cultivo de *plantas de ornato y flores* tiene hasta ahora una mayor aplicación comercial, por ejemplo en los crisantemos y sus variantes cuyo potencial estriba en la característica de propagarse por hijuelos o fragmentos, por lo cual se pueden cultivar *in vitro*. Un aspecto importante es que para esta técnica se pueden utilizar tanto aparatos como instalaciones de los diferentes campos de experimentación biológica, es decir que esta biotécnica se puede adaptar con relativa facilidad en laboratorios existentes de biología, química, genética, bioquímica, fitopatología, microbiología, etcétera, a los que tendrían que agregarseles algunos reguladores de crecimiento, cámaras de siembra y aparatos de incubación, así como equipos de esterilización. Sin embargo, en el mercado internacional de ornamentales (floricultura), la micropropagación por biotécnicas de clonación es dominada por grandes firmas holandesas, francesas y norteamericanas, por lo que la viabilidad de desarrollo en países subdesarrollados

¹⁰⁸Una ventaja de la micropropagación *in vitro* de especies vegetales es la caída de los costos de mantención del germoplasma. las técnicas de cultivo *in vitro* de raíces de tubérculos y frutales aceleran el mejoramiento genético y complementan programas con objetivos precisos." Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal, FAO, Santiago de Chile, 1995, pág. 45.

parece ser nula.

Por las características científico-tecnológicas del cultivo de tejidos (micropropagación, clonación), la producción en gran escala de vegetales y ornatos se da en forma intensiva, alterando los ciclos de reproducción natural.¹⁰⁹

El valor total que alcanza el mercado de cultivos por micropropagación rebasa, hacia finales de los ochenta, más de mil doscientos millones de dólares en Europa y los Estados Unidos.

Para inicios de los años noventa, se producen más de 450 millones de plantas (la mayoría de estas son follaje, cactáceas y ornamentales), pero en la actualidad alcanza los 500 millones, producidas por alrededor de 600 compañías.¹¹⁰ Dentro de los cultivos que tienen mayor aplicación de esta biotécnica, el plátano es la especie frutícola con mayor micropropagación en el mundo. Únicamente Cuba alcanza una producción de, al menos, 20 millones de plantas anualmente desde 1993.¹¹¹

El **mejoramiento genético**, en base al cultivo de tejidos, consiste en una clonación y mutagenesis somática para obtener y seleccionar células y/o tejidos resistentes a patógenos, salinidad y sequías, entre otros. De igual manera es posible alterar el número de cromosomas, exponiendo el tejido en la *colchicina* o sembrando el

¹⁰⁹También puede ser de gran apoyo en la conservación de la biodiversidad y de combate a la contaminación. Esta técnica ha contribuido a desarrollar procesos para la reducción de contaminantes químicos, residuos sólidos, detergentes, insecticidas, sustitución de agroquímicos y agropesticidas (para la agricultura), reciclaje de residuos, y el tratamiento de aguas residuales.

¹¹⁰En el sur de los Estados Unidos se producen de 10 a 50 millones de plantas anualmente, en tanto que en Europa, España produce 6 millones en el mismo lapso. Víctor M. Chávez. "Cultivo de Tejidos", en *La Jornada Ecológica*. Año V. No. 54. Feb. De 1997, pp 9 y 10.

¹¹¹Navarro. "El potencial de la micropropagación en la agricultura a través de la creación de Empresas de Base Tecnológica" en *Economía Informa* No. 232, octubre de 1994, pág. 28.

polen y anteras *in vitro* y, posteriormente se observan las respuestas al medio ambiente de los nuevos tejidos.¹¹² Como técnicas de cultivos vegetales, el mejoramiento genético igualmente se compone de diferentes técnicas, las cuales se describen a continuación.

En el *Cultivo de Anteras, Polen y Estambres*, se utilizan los tejidos de los órganos sexuales masculinos de la planta como base para la micropropagación. El cultivo de estambres acelera la reproducción y eficacia en la selección de variedades ya que parte del polen en lugar de la selección de mutantes que, en ocasiones para su reproducción sexual requiere de hasta cinco o más generaciones.

También se ha desarrollado *la variación somaclonal*, que consiste en la variación genética de las células en plantas y vegetales. En la *fusión de protoplastos*, el cultivo *in vitro* de embriones unidos mediante la pared celular hace posible la introducción de cierto tipo de características benéficas para variedades silvestres a través de la llamada *hibridización*. También acelera la germinación de semillas de lento proceso de germinación, como es el caso de ciertas especies forestales.

La *fusión celular* puede tener un importante papel en el mejoramiento del cultivo de tejidos: su procedimiento consiste en unir células de especies que normalmente no se aparearían para crear nuevas variedades de plantas. Su práctica ha llevado al uso de enzimas digestoras de la pared celular para "desnudar" el protoplasto de la célula vegetal. Posteriormente se provoca artificialmente la fusión de los protoplastos diferentes en una sola célula, tratándolos con un polietileno llamado *glico*.¹¹³ Su alta

¹¹²Para la agricultura, la agroindustria y la industria farmacéutica, la biotecnología vegetal tiene un beneficio directo: de los vegetales se producen compuestos alifáticos, alcaloides, flavonoides, terpenoides, principalmente, los cuales sirven como saborizantes, pigmentos, insecticidas, fungistáticos, antibióticos, aromatizantes así como una amplia gama de sustancias medicinales.

¹¹³Robert Cooke "La nueva agricultura. Aplicaciones de la ingeniería genética. Op Cit

reproducción esta asegurada al obviar la reproducción sexual para la obtención de híbridos de especies diferentes.

Finalmente, el rescate embrional, el cual se utiliza para especies híbridas, especialmente para aquellas aún inmaduras.

Este tipo de técnicas, y las transferencias genéticas dadas a conocer por Raymond Valentine a inicios de los años ochenta,¹¹⁴ contribuye notablemente al cambio fisiológico de las plantas, pudiendo hacerlas más resistentes a las de origen tradicional.

La técnica del **ADN recombinante** (rADN) en biotecnología vegetal es una operación genética a nivel de protoplastos para introducir información genética y dotar de características nuevas y/o específicas a las plantas.

Con el desarrollo de esta *ingeniería genética* muchas plantas también pueden ser transformadas y de esta manera incrementar los cultivos en cosechas tales como el jitomate, la soja, las patatas, el tabaco y los nabos.

Con la aplicación de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* (At) a través de la ingeniería genética el proceso puede revolucionarse aún más. La At es un plásmido largo que produce un crecimiento tumeroso en diferentes células, las cuales producen un especial componente llamado *opines*, sobre el cual la bacteria se alimenta. Para ello, parte del plásmido (T-DNA o thynidine-DNA) se transfiere de la bacteria a la célula, integrándose al cromosoma. Genes externos pueden ser clonados dentro del T-DNA, transformándose en At. Con la técnica del T-DNA diferentes genes han sido

¹¹⁴Quien con sus colegas aislaron y reprodujeron por clonación un gene de la bacteria *Salmonella* (que tiene la capacidad de sobrevivir en condiciones de salinidad o sequía) el cual se insertó a la bacteria del suelo *Klebsiella* (que vive libre y es fijadora de nitrógeno) que mostró tolerancia a ambientes salinos. Cooke. Op Cit.

introducidos a las plantas: para el caso que nos ocupa, la agricultura, están los esfuerzos por producir mayores plantas medicinales altamente resistentes a pesticidas convencionales o para la creación de un tipo de herbicidas mediante la biotecnología.¹¹⁵

Una proteína de particular importancia es la *d entodoxina (Bt toxin)*, un tipo de cristal proteico, producida por la bacteria *Bacillus thuringiensis* y que es letal para cierto tipo de insectos (del orden de los Lepidópteros) pero inofensiva para humanos, animales y plantas, además de ser completamente biodegradable. El gene *Bt toxin* ya se ha introducido a algunas plantas, como el tabaco, el algodón y el jitomate, utilizando *Af* para producir toxina, siendo las plantas completamente resistentes al ataque de los insectos.

Este descubrimiento es relativamente reciente. La primer compañía que reporto el suceso fue *Plant Genetic System* en julio de 1987 en asociación con la *U. S. Chemical Co.* (para el caso del Tabaco), y fue seguida por *Monsanto* un mes después (para el caso del jitomate).¹¹⁶ Sin embargo, no es sino hasta principios de 1993 cuando *Plant Genetic Systems, N. V.*, de origen belga, obtuvo la patente sobre su planta tolerante a insectos. De hecho esta empresa a finales de la década de los ochenta anunció la producción de plantas transgénicas con proteínas *Bt*.¹¹⁷

La empresa *Du Pont*, en *joint venture* con la compañía *Northrup King* han diseñado una planta de tabaco resistente a herbicidas de *sulfonilurea* hasta en cuatro veces más que la tasa normal de resistencia natural, aunque su principal logro consiste

¹¹⁵Smith & Wood. *Molecular Biology and Biotechnology* 1991, pp 202-203.

¹¹⁶Gabrielle J. Persley. *Agricultural Biotechnology: Opportunities for International Development*. U. K., 1990, pp 109-110.

¹¹⁷*Biocit Siglo XXI*, año 3, No. 8, abril de 1994, pág 19

en que la aplicación tenderá a disminuir posteriormente.¹¹⁸

Además, el *Bacillus thuringiensis* se utiliza como insecticida. "Por unos años los sprays a base de proteínas de *Bt* se usaran extensamente para el control de plagas agrícolas. La ventaja de estos sprays sobre los tradicionales pesticidas químicos es su gran especificidad y lo inocuo que resultan para el ser humano y el medio ambiente."¹¹⁹ *Monsanto* recientemente realizó en EU cosechas de algodón del tipo *Bollgard* al que introdujo un gen *Bacillus thuringiensis* para atacar a las orugas.¹²⁰

En 1994 tanto el Departamento de Agricultura de los EU y la Agencia de Protección al Medio Ambiente aprobaron 3 nuevos productos biopesticidas: "Spod-x" de la empresa *Crop Genetics* para vegetales y flores; "Bio Path" de *Eco Science* para cucarachas; así como 3 biopesticidas de la firma *Mycogen* utilizando ingeniería genética, entre ellos el "M-Peril" contra el gusano barrenador de maíz.¹²¹

Bajo la nueva óptica que introduce la biotecnología vegetal, **en el cultivo de tejidos vegetales para su uso industrial**, tanto las células y las plantas son concebidas como fabricas de producción. Su uso está encaminado a la explotación de compuestos como los metabolitos secundarios¹²² a partir de la biomasa vegetal;

¹¹⁸Rosa E. Barajas. "Biotecnología vs revolución verde, ¿una nueva revolución?" en *La Jornada Ecológica*. Año V, No. 50, septiembre de 1996, pág. 5.

¹¹⁹Biocit Siglo XXI. Año 2 No. 5, abril de 1993, pág. 19.

¹²⁰Finalmente se encontró que este cultivo no produce suficientes toxinas *Bt* ni lo suficientemente rápido como para el combate a las orugas, lo que produjo que se destruyeran 8000 has de cosecha. Alejandra Leglisse. "La ingeniería genética en el campo, proceso susceptible de comercialización" en *Análisis, El Financiero*, 13/03/98, pág. 22A.

¹²¹Biocit Siglo XXI, año 3, No. 8, abril de 1994, pág. 29.

¹²²La producción de alimentos, resultado del ciclo del carbono, se reduce a un total de tres clases de sustancias que constituyen la mayoría de los comestibles conocidos: 1)Carbohidratos; 2)Lípidos o grasas y; 3)Proteínas, los cuales son sintetizados por plantas y organismos para el crecimiento y desarrollo, por lo cual se les denomina metabolitos primarios,

propiedades curativas, fragancias, estimulantes, saborizantes, enzimas de uso industrial, anticuerpos monoclonales para sistemas de diagnóstico y hasta proteínas humanas de uso terapéutico. Fueron detectados por vez primera en 1942 y actualmente se han obtenido más de 30 cultivos de células vegetales.

Los metabolitos secundarios son un grupo químico diverso que incluye alcaloides, flavonoides, glicósidos, fenoles, saponinas, esteroides y terpenoides. Desafortunadamente, contrario a los metabolitos primarios, su síntesis se restringe a un pequeño grupo taxonómico, por tanto son caros y difíciles de acumular, además de que su concentración en las plantas es mucho menor que en aquellos.

Entre los principales metabolitos secundarios de explotación comercial se encuentran la *Ajmalicia* (un antihipertensivo); la *Codeína* (analgésico); *Diosgenina* (esteroides); la *Rosa* y el *Jasmin* (perfume); la *Quinina* (antimalaria); y en saborizantes la *Vainilla*, *Shikonina* y *Azafrán*. Además, también se encuentran la shikonina, berberube, biomasa, peroxidasa, geranio, ácido rosmarínico y la digoxina (estas comercializadas por firmas japonesas como la *Mitsui* y *Toyobo*, excepto las dos últimas, que son explotadas comercialmente por dos compañías alemanas (*Natterman* y *Boehringer Mannheim*).¹²³ Una idea del vasto potencial que se tiene es que únicamente se ha explorado entre el 5% y el 15% de entre casi 250 mil especies vegetales.¹²⁴

los cuales se producen en gran volumen y, por tanto, tienen un bajo precio. No obstante, las plantas son fuente casi inagotable de otros compuestos formados a partir de los metabolitos primarios, a los cuales se les conoce como metabolitos secundarios, muchos de los cuales tienen un gran papel fisiológico al involucrarse en las interacciones entre las células de la planta productora y entre especies de organismos específicos, actuando como interfase entre la planta y el medio que le rodea. A través de brillantes y variados pigmentos atraen polinizadores, compuestos de sabor, atraen o rechazan predadores de las plantas, etc. Carlos Arias et al. "Biotecnología de células y tejidos vegetales. Metabolismo secundario." Revista Avance y Perspectiva. DByB CINVESTAV IPN. Vol. II. nov-dic. de 1992. pp 367.

¹²³Mateo Box. Biotecnología, Agricultura y Alimentación. OCDE, España, 1993, pág. 115.

¹²⁴Carlos Arias et al. "Biotecnología...", Op Cit pág. 367-9.

La producción de metabolitos secundarios, por ejemplo, a través de la fermentación con células vegetales en lugar de la tradicional extracción de material vegetal, marca una gran oportunidad industrial al reducirse gradualmente sus precios. Su precio límite por kilogramo, en 1984, oscilaba entre 3,000 y 5,000 dólares americanos. A finales de los años ochenta estaba entre 1,000 y 1,200 dólares y para inicios de los años noventa alcanzaba el precio de entre 200 a 400 dólares/kilogramo.¹²⁵

Otra técnica llamada a intensificar los ciclos de producción es la **Fijación Biológica del Nitrógeno**. El aire se constituye por un 78% de nitrógeno gaseoso, parte del cual se transforma en nitrógeno orgánico e inorgánico. En el caso del suelo, el 95% del nitrógeno es orgánico y el resto es inorgánico (y se presenta en forma de amonio y nitrato), aunque ambos son de rápida asimilación por las plantas.

La abundancia del nitrógeno gaseoso ha permitido que ciertas plantas (en especial las leguminosas) desarrollen una relación muy estrecha con bacterias del género *Rhizobium*,¹²⁶ lo cual hace posible la fijación biológica del nitrógeno por medios hasta cierto punto artificiales.¹²⁷ Sus antecedentes inmediatos datan de los años setenta, desarrollados por la USAID (United States Agency for International Development) y la Universidad de Hawaii, en los Estados Unidos.¹²⁸

¹²⁵Rodolfo Quintero. "Biotecnología Moderna y el Campo Mexicano" en Jose Luis Calva (Coordinador). Alternativas para el campo mexicano. T. II. Fontamara, 1993. pág. 145.

¹²⁶Es en el interior de los nódulos de las leguminosas donde se encuentran los rizobios o bacteroides. Red Op Cit. pág. 54.

¹²⁷Cabe mencionar que existen otros organismos fijadores de nitrógeno: *Clostridium pasteurianum* (que puede hacerlo en forma anaeróbica (ausencia de oxígeno); *Azotobacter vinelandii* y *Klebsiella pneumoniae* (estos últimos son aerobios). Cuando logren aislarse estos organismos y se puedan integrar a un tipo de plantas dado, el potencial de biotecnología vegetal habrá dado otro gran salto. Jorge Pérez Martínez Op Cit. Pág. 115.

¹²⁸Quienes para los años noventa sostienen que la utilización del nitrógeno como fertilizante es algo prácticamente prohibido para la mayoría de los agricultores de leguminosas y plantas derivadas en los países en vías de desarrollo. La alternativa es la inoculación de la bacteria

Esta técnica está mayormente enfocada al mejoramiento de la cantidad de nutrientes necesarios para cierto tipo de plantas (las leguminosas). En la actualidad las investigaciones tienen como base dichas plantas en asociación simbiótica con microorganismos fijadores de nitrógeno (bacterias *Rhizobium*, *Azospirillum* y algas).¹²⁹

La agricultura de los alimentos es la que, dentro de la agrobiotecnología, se perfila como la generadora de mayores ganancias. El mercado calculado para la misma oscila en los 4 mil millones de dólares a principios de los años noventa. El jitomate *Flavor Saver* (Flvr Svr) es el primer cultivo transgénico en el mercado y ha sido lanzado por la firma norteamericana *Calgene*. La planta es resistente a plagas y tiene mayor vida de anaquel (3 semanas, por sólo una de un jitomate normal), un mejor sabor y conserva las características nutricionales como uno cosechado por la forma convencional.¹³⁰

Una vez lanzado al mercado este jitomate, la empresa *DNAP* (*DNA Plant Technology Corporation*) busca desarrollar mediante la manipulación genética un jitomate que tenga hasta tres meses de vida de anaquel.¹³¹

Otro producto transgénico lanzado al mercado es la soja, cultivo modificado

Rhizobium en esta planta (esto es establecer una relación simbiótica entre ambos) para fijar el nitrógeno, lo cual reduce los costos en forma por demás significativa. N. C. Brady "Application of Biotechnology and other new technologies in developing-country agriculture." en Martin Kenney. *The Debate over the Deliberate Release of Genetically Engineered Organisms: a study of state environmental policy making.* pág. 213

¹²⁹Rosalba Casas. *Investigación biotecnológica...*, Op Cit, pp 68 y 91.

¹³⁰Ver *Biocit Siglo XXI*, Año 2, No. 4, enero de 1993, pp 9, 14 y 15, y Año 3, No. 8, abril de 1994. pág. 29.

¹³¹Y que busca sumarse a un jitomate israelí resistente a virus y a otro resistente a insectos, este último creado por la compañía hindú *Proagro*. Yolanda Massieu y Michelle Chauvet "La influencia de la biotecnología en la agricultura mexicana: estudios de caso." en *Revista Economía, Teoría y Práctica*, No. 6, 1996, pág. 50.

genéticamente por *Monsanto*. Este producto fue puesto a la venta en 1996 bajo el nombre de *Roundup Ready Soybean* (Soya Resistente al Roundup). Roundup es un herbicida utilizado para el combate a la maleza. Sin embargo, como puede apreciarse, esta semilla mejorada crea dependencia a este herbicida, comercializada por la misma empresa.¹³²

En la actualidad se han realizado más de 340 permisos para efectuar pruebas transgénicas en 500 lugares de 31 estados de la Unión Americana.¹³³ En el resto del mundo las pruebas se extienden a 18 países desarrollados y se espera que este número se incremente a 35 países.¹³⁴ Ello explica como es que hoy en día se cuentan con más de 70 plantas modificadas genéticamente,¹³⁵ entre las que destacan la alfalfa, apio, berenjena, brócoli, col coliflor, chicharo, chile, espárrago, lechuga, pepino, pimiento y tomate (en Hortalizas y Legumbres); tabaco, rosa, lino, loto, girasol, crisantemo, clavel, amapola, algodón, álamo, abeto, canela y caña de azúcar (en Productos Industriales); camote, ciruela, chabacano, frambuesa, fresa, manzana, melón, nuez, papaya, pera y uva (en Frutas); además de arroz, centeno, frijol, maíz, papa. Soja (soya), trigo y yuca (en Alimentos Básicos), entre otros.¹³⁶

Los intereses son obvios: el tamaño del mercado (que es de aproximadamente 4 mil millones de dólares en los Estados Unidos) crece en un porcentaje del 10% anual. La empresa *Calgene* logró su cultivo transgénico en alianza con la firma *Cambells*. Cabe señalar que el producto contó con la aprobación del Departamento de

¹³² Alejandra Leglisse. "La ingeniería..." Op Cit, pág. 22A.

¹³³ BIOCIT Siglo XXI Nos. 4 y 6, 1993, págs 14 y 7 respectivamente.

¹³⁴ Alejandra Leglisse. "La ingeniería..." Op Cit, pág. 22A.

¹³⁵ Miguel A. Gómez Lim. "Plantas Transgénicas, la vacuna ideal" en *La Jornada*, Lunes en la ciencia, 9/02/98, pág. II.

¹³⁶ Rodolfo Quintero. "La biotecnología moderna...", Op Cit pág. 144.

Agricultura de los E. U. (USDA por sus iniciales en inglés) y la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) Para proyectos de semillas oleaginosas está asociada con *Procter & Gamble* y para el desarrollo de un tipo de herbicidas está asociada con *Rhone-Poulenc*.

Para fines de la década de los noventa, específicamente para 1998, se tiene que entre una de las actividades de investigación científica más prominente en los estados Unidos está en el diseño de las cosechas transgénicas, mismas que no por ello están exentas de la batalla por su aceptación y reglamentación, por parte no sólo de la *Food and Drugs Administration*, sino por el público consumidor.¹³⁷

En resumen, puede afirmarse que las aplicaciones más importantes de la agrobiotecnología vegetal se encuentran en la propagación de plantas y su transformación (con la ingeniería genética y el cultivo de tejidos), el trazo de mapas genéticos y actualmente se intensifican las actividades de Investigación y Desarrollo para la creación de semillas artificiales. Su mayor aplicación se enmarca en las nuevas pautas del mercado internacional agrícola no tradicional en productos como flores, plantas medicinales, especias y frutas que tienen un alto valor agregado.

Este tipo de actividades y cultivos comerciales, característicos de un sector que ha alcanzado un desarrollo específicamente capitalista en el campo, están elevando la rentabilidad del sector por lo que cada vez es de mayor necesidad la aplicación de estas biotécnicas.

La aplicación práctica de la agrobiotecnología vegetal se auxilia en los biofertilizantes, bioinsecticidas y en general de los resultados de la aplicación práctica de la biotecnología tradicional (en especial de la tecnología de las fermentaciones), y tiene gran potencial genético (esto es un gran almacén) en la biodiversidad.

¹³⁷*La Jornada*. Lunes en la ciencia, 2/02/98, pág. IV.

Esta aplicación propicia la intensificación del proceso productivo agrícola en tanto que incrementa la productividad de la tierra a través de la masificación de los vegetales pero también hace posible, en forma inmediata, la ampliación de la frontera agrícola en cuanto a que permite la utilización de tierras que antes no se consideraban aptas para el cultivo. Esto hoy es cada vez más posible porque en la actualidad se pueden seleccionar variedades de plantas resistentes no sólo a plagas, sino a sequías, suelos salitrosos, salinos, ácidos, alcalinos, hasta el uso intensivo de la tierra en la selección, ya sea de plantas de mayor eficiencia biológica o la intensificación de los procesos productivos en invernaderos creados *ex profeso*. También es igualmente posible por la regeneración de suelos y la rotación científica de cultivos.

Sin embargo los impactos relativos a la producción, fuerza de trabajo y productividad dependen enteramente del tipo de tecnologías y biotécnicas que se utilicen para tales propósitos y del tipo de máquinas empleado. Se infiere que son intensivas en cuanto al incremento en el producto aunque las tierras se extiendan en forma absoluta ya que el aumento en la producción implica la necesidad de la mecanización misma ya sea para la cosecha o poscosecha.

No obstante la actual variedad de cultivos transgénicos, existen cultivos clave en la dieta de la población en las que la aplicación de ciertas biotécnicas revisten fundamental importancia:

El Maíz es apto para la aplicación biológica del nitrógeno; con la aplicación de la técnica del cultivo de tejidos puede generar líneas celulares resistentes a herbicidas, obtenerse variedades resistentes a los estreses bióticos como la sequía y la acidez del suelo; la ingeniería genética puede generar plantas transgénicas resistentes a insectos. En 1995 se lograron las primeras plantas transgénicas de este cultivo.¹³⁸

¹³⁸CINVESTAV/CONACyT. México en la Biotecnología. Banco de datos. 1996, en Mayra de la Torre. "Situación...", Op Cit, pág. 126, tabla 4

A la Papa se le aplica la biotécnica del cultivo de tejidos y la micropropagación para producir semillas libres de patógenos. La propagación convencional por tubérculos da incrementos de entre 5 y 10 veces un ciclo de cultivo que va de 120 a 150 días. Con la biotecnología tiene un potencial de millones de veces, al igual que la Fresa. Al igual que el maíz, la papa tiene un importante avance en 1995 cuando se logran vacunas en papas transgénicas contra hepatitis B.¹³⁹ Además, en países como Cuba se aplica la micropropagación clonal desde 1977,¹⁴⁰ y se avanza en investigaciones relativas a virus y hongos. Empresas como *Monsanto* también han avanzado esta misma línea de investigación y en semillas libres de virus. Las variedades en las que ya se tiene un importante avance en cultivo de tejidos son la *Atlantic* y *Alpha*.¹⁴¹

La semilla de la soya ha sido modificada genéticamente para hacerla resistente a un tipo de herbicida que combate a la maleza (inclusive resiste hasta doble dosis) y se comercializa desde 1996

Con el cultivo de tejidos aplicado al frijol se producirían plantas libres de enfermedades, resistentes a sequías, salinidad y altas temperaturas y es apto para la Fijación Biológica del nitrógeno. De hecho, desde 1987 se crean variedades de frijol que pueden suministrarse nitrógeno hasta en un 60%.¹⁴²

¹³⁹Ibid.

¹⁴⁰Luis Lago Castro. "Efecto socioeconómico de la biotecnología en el cultivo de la papa: el caso de Cuba. En Rosalba Casas, et al. La biotecnología... Op Cit, pág. 238

¹⁴¹Yolanda Massieu. "La influencia..." Op Cit, pág 51.

¹⁴²Cabe señalar que las semillas que hicieron posible el hecho son colombianas. Es un caso frecuente en la actualidad, que el germoplasma se obtenga de países en vías de desarrollo, aunque la patente corresponda a la firma que la explote. Jack Kloppenburg. "¡Prohibido cazar! Explotación científica, los derechos de los indígenas y la biodiversidad universal" en En Rosalba Casas, et al. La biotecnología... Op Cit, pág. 42.

La técnica del cultivo de tejidos y la micropropagación aplicada desde 1985 al café implica la producción de plantas en forma masiva genéticamente uniformes; la fusión de protoplastos genera plántulas con floración sincronizada y de mayor retención; con la aplicación de la técnica del *rDNA* se busca la producción de plantas con menor contenido en cafeína, con aumento de extracto sólido y para un mejor sabor; resistencia a herbicidas, etc. Desde 1986 se han creado especies resistentes a virus, y a otras plagas un año más tarde.¹⁴³

La técnica del *rDNA* aplicado a la cocoa permite la transferencia de genes específicos de la planta de cocoa a la soya; el cultivo de tejidos y la micropropagación desarrollará variedades resistentes a pestes y enfermedades y la producción de clones sobresalientes; la tecnología enzimática fraccionará aceites y grasas para la producción de mantequilla. La fijación biológica del nitrógeno, el control biológico de gusanos, yerbas e insectos en la Soya desarrollaría nuevas variedades para distintas regiones ecológicas y se desarrollarían variedades precoces y tardías.¹⁴⁴

Asimismo la aplicación biotecnológica es posible en la caña de azúcar, la yuca, el camote, los cítricos, frutas y hortalizas. La micropropagación clonal en el plátano existe desde 1991, del agave desde 1986 y la naranja desde 1985.¹⁴⁵ Las plantas de ornato como las orquídeas, plantas de follaje, cactáceas, agaves, el crisantemo, etcétera, han alcanzado un gran nivel comercial. En cierta forma, un resumen de algunas variedades y su aumento potencial (en términos teóricos) de cultivos *in vitro* se presenta a continuación:

¹⁴³Idolina Velázquez. "Avances y repercusiones de la biotecnología en la producción del café. En Rosalba Casas et al. La biotecnología, Op Cit, pp 288-292.

¹⁴⁴Tomado de Yolanda C. Massieu Trigo. Op Cit, págs 184-187.

¹⁴⁵ Amarella Eastmond. "Consideraciones sobre la aplicación de la biotecnología vegetal en el sureste de México. En Rosalba Casas, et al. La biotecnología..., Op Cit, pp 223-228.

Cuadro No. 2.5
PROPAGACIÓN POTENCIAL DE ALGUNOS CULTIVOS *IN VITRO* (anual)

De 1 hasta un millón	De cien mil hasta 300 ml.
----------------------	---------------------------

FRESA	ESPÁRRAGO
PAPA	LINO
CRISANTEMO	ESPECIES FORESTALES
CLAVEL	CAÑA DE AZÚCAR
YUCA	CACTÁCEAS
HELECHOS.	ORQUÍDEAS
VIOLETA AFRICANA	ROSAL
HERBÁCEAS	
ORNAMENTALES	

Fuente: Hecho en base a datos de Héctor Lozoya Saldaña "Micropropagación Vegetal" pág. 67.

Los impactos directos de la aplicación de la agrobiotecnología vegetal en el proceso de producción agrícola a través de las diferentes biotécnicas descritas (aunque algunos de ellos disten de ser homogéneos tecnológicamente a través de su aplicación práctica), a largo plazo cumplen la tendencia del capital en la necesidad de refuncionalizar al sector agrícola y automatizar todo proceso de producción, amén de que esta tecnología en sí misma ya posee una diferencia sustancial en tanto a que se basa principalmente en el conocimiento.

El cultivo de tejidos (por ejemplo en la papa, el maíz, frijol, café, etc. para productos altamente comerciales), la micropropagación y la clonación (en flores y ornamentos), así como la producción de nuevas plantas transgénicas (como es el caso del jitomate y el tabaco) incrementan la cantidad del cultivo y por tanto la demanda de trabajadores de los que exige jornadas intensivas de trabajo, lo cual abre las condiciones materiales de la posibilidad de continuar la mecanización del proceso iniciado anteriormente, debido tanto a la cantidad como la intensidad de los cultivos.

Tanto la fijación biológica del nitrógeno como los cultivos transgénicos

resistentes a estreses ambientales igualmente implican aumentos en la productividad de la tierra y de las plantas, lo cual a su vez implica una mayor demanda de fuerza de trabajo. El capital puede tolerar las primeras fases o etapas de desarrollo y aplicación de la biotecnología vegetal y en general de la agrobiotecnología, lo mismo que puede tolerar los primeros ciclos productivos bajo este tipo de condiciones, pero a largo plazo su naturaleza intrínseca igualmente tendera a mecanizar y automatizar estos nuevos procesos, haciendo aun más sofisticada a las nuevas tecnologías, pero sobre todo abriendo mayores brechas ante procesos que todavía conservan los procesos productivos tradicionales.

Esta característica le da a este tipo específico de la agricultura, con este tipo específico de tecnologías, cierta autonomía relativa en el tiempo y el espacio respecto a las formas históricas de producción agrícola.

Sin embargo, como se observa a lo largo de la presente investigación, esta nueva tecnología tiene su punto de partida en tecnologías tradicionales y, por tanto, se engarza como un *eslabón más del proceso de desarrollo lógico-histórico de la agricultura*, donde el desarrollo se concibe como el tránsito de una forma tradicional a una específica donde el trabajo intelectual se eleva sobre su propia base: el trabajo físico, truncando por completo al proceso de trabajo.

De esta forma el desarrollo tecnológico en la agricultura se concibe como una lucha entre contenidos: el contenido de un proceso de trabajo precapitalista *versus* el contenido del proceso de trabajo capitalista, y este a su vez confrontado, por la dialéctica del desarrollo del capital, a una forma específicamente capitalista.

CAPÍTULO TERCERO

SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO.

*A mis amigos de la maestría,
a mis amigos del Seminario
de Economía de la Tecnología*

CAPÍTULO TERCERO

SOBRE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO.

INTRODUCCIÓN.

El actual proceso de desarrollo e industrialización agrícola incluye la utilización de la biotecnología, conforme se expone en el capítulo segundo del presente trabajo. Sin embargo, en la actualidad en la agricultura se combinan varias formas de producción e inclusive de la propiedad de la tierra.

Según estimaciones de la FAO más del 50% de la población mundial se ocupa de las actividades agrícolas. En África, sólo Libia tiene menos del 50% de su población en estas actividades, el resto de países casi ocupa en promedio más del 90% de la misma en ello, en Asia, salvo países como Japón, Chipre, Formosa e Israel, los demás países están en idéntica situación. En la región occidental, naciones como Bélgica, Holanda, Estados Unidos y la Gran Bretaña tienen a aproximadamente el 10%

de su población en labores principalmente agrícolas. Pese a ello, las condiciones en las que se efectúa esta práctica son, en términos generales, muy atrasadas.

En África, por ejemplo, estas actividades de subsistencia carecen de una infraestructura adecuada. Pero no es la única región en tal situación en pleno fin del siglo XX.¹ En efecto, todavía existen muchas partes del mundo donde subsisten comunidades eminentemente rurales que están remotas y aisladas por la civilidad capitalista.²

El hecho de que aún subsistan diferentes formas productivas con un desarrollo de características tradicionales no significa otra cosa más que la vasta fertilidad que aún tiene el capital en subordinar económicamente tanto a la tierra como al sector primario; puesto que en forma jurídica es probable que este integrada a algún Estado-nación. La evidencia histórica nos muestra que en tales casos el capital no tiene más que despojar a la agricultura y a la tierra de su forma histórica y tradicional y revestirla en su forma más simple y llana: la forma específica.

En el presente capítulo se aborda en forma general la parte histórica y empírica del desarrollo de la agricultura mexicana que actualmente se compone de las dos formas anteriormente estudiadas. En principio se hace una breve descripción de su desarrollo gradual bajo la forma tradicional, hasta el momento en que una de sus partes se erige como un subsector específicamente capitalista, hecho que se da en el país cuando el mundo, hablando científicamente, está aún en los umbrales de la Revolución Científico-Tecnológica.

¹Margaret Capstick. La Economía de la Agricultura. FCE, México, 1986, pág. 9.

²La realidad en México no es menos drástica. La aparición del EZLM en enero de 1994 demuestra las condiciones de extremo atraso, al menos en el terreno agrícola, no sólo de Chiapas sino del sureste mismo del país, en tiempos de la pretendida "integración" al primer mundo. El primer mundo no es, evidentemente, el abandono del sector primario.

Posteriormente se hacen algunas consideraciones sobre las expectativas que genera la aplicación de la agrobiotecnología como una forma de desarrollo en el campo mexicano. Cabe aclarar que esta aplicación científica se corresponde con la Revolución Científico-Tecnológica, por lo que aparentemente sólo existe algún tipo de rezago relativo (respecto a los países de vanguardia) en lo que se refiere a su aplicación práctica.

Sin embargo, el desarrollo e industrialización agrícola en México, vale decir la "adopción" del desarrollo de la ciencia y la tecnología por sí mismas no resuelven el problema de la pobreza, la marginalidad, el atraso y la dependencia tecnológica, ni mucho menos la generación y distribución de la riqueza material, ni de cualquier fruto del cambio tecnológico, puesto que su aplicación obedece a un desarrollo objetivo del capital, el cual se caracteriza por la generación y concentración de la riqueza. Empero, debe de aclararse, este proceso tampoco exenta de algunos beneficios concretos que pudieran generarse en virtud de la nueva riqueza material creada, resultado de su desarrollo específico.

La agricultura, y en general la biodiversidad³ en México, en cuanto a factores de la producción, forman una amplia gama heterogénea y por ello mismo representan una enorme potencialidad productiva.⁴

³En el territorio mexicano se encuentran casi todos los biomas que existen en el planeta, y en él viven aproximadamente el 10% de las especies de plantas y animales. Sarukhán. "Diversidad biológica y cultural" en *La Jornada, Investigación y Desarrollo*, México, julio de 1996, pág. 1.

⁴La constitución actual del territorio de la República Mexicana consta de una superficie de 1,967,156 kilómetros cuadrados, de los cuales se ha entregado (producto de la Reforma Agraria) el 52.8% para actividades agroforestales (INEGI Estadísticas Históricas de México, T. I, pág. 381); 6,006 Kilómetros cuadrados de superficie insular; 10,000 kilómetros de litoral y aproximadamente 500,000 kilómetros cuadrados de plataforma continental (INEGI. El Sector alimentario en México. Edición 1993, páginas. 5-7), que conjugan un enorme potencial de ecosistemas.

A nivel estructural el sector agrícola mexicano se conforma de una economía de autosubsistencia (también llamada por algunos autores como economía campesina) e intermedia (productora de granos básicos fundamentalmente) lo que, por razones de esta investigación, habrán de identificarse como agricultura tradicional, es decir como una agricultura cuya práctica se basa en técnicas y tecnologías tradicionales; así como una agricultura de características específicamente capitalistas (y principalmente agroexportadora).

La agricultura tradicional es la actividad más preponderante en México, y se basa fundamentalmente en las formas naturales. En efecto, por lo que respecta a la calidad de la tierra, en total existen 101,968,375 has., de las cuales 55,219,499, son tierras de agostadero, 11,208,301 son monte cerril, 869,979, son tierra desértica, 21,203,939, son de tierra indefinida y 12,471,657, son tierras "normales" de temporal. De acuerdo a cifras del INEGI, del total de estas tierras se siembran sólo 11,975,674, que representa menos del 10% del total.

Por otro lado, el total de tierras de riego suman 5,616,757, has.⁵ En la actualidad se cuentan con 1,273 presas de almacenamiento; 1,412 presas derivadoras; 38,000 kilómetros de drenes y desagües; 55,000 kilómetros de operación y enlace de zonas agrícolas, también se cuenta con más de 50,000 pozos para riego y más de 70,000 kilómetros de acueductos.⁶

⁵INEGI, Estadísticas, T. II Op Cit pág. 436. Estos datos corresponden hasta 1992 y no incluye 551,867 dotadas en el periodo 1992-94. INEGI, Estadísticas...Op Cit, T. I pág. 375.

⁶En cuanto a la irrigación, en la actualidad existen 1,264 almacenamientos mayores de 0.5 millones de metros cúbicos, con una capacidad total de 124,745 millones de metros cúbicos. Para actividades agrícolas se destinan 66 mil millones de metros cúbicos de agua para 5.6 millones de has. En cuanto a infraestructura hidrológica, sólo 245,834 has. cuentan con ella (INEGI, Estadísticas... Op Cit, T. II pp 1024 y 1029). Por zonas, la Pacífico Norte y Norte Centro (es decir la zona noroeste) es cerealera (maíz y trigo fundamentalmente) y se practican cultivos de exportación como las hortalizas, uvas, mangos y cítricos; en el antiplano central también se producen cereales; lo mismo que el bajo, que además produce forrajes y hortalizas de exportación; en la zona noreste destaca la producción de sorgo, legumbres y hortalizas; finalmente la zona centro-golfo se encuentran cultivos como la caña de azúcar, café, plátano,

La zona de riego ejidal ⁷ la conforman 3.3 millones de has., 1.6 millones de las mismas se ubican en Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán, únicamente el estado de Sinaloa cuenta con casi medio millón de has. Además, casi el 58% de los ejidatarios posee 5 o menos has.

La agricultura mexicana en general se encuentra sumida en una crisis productiva desde mediados de los años sesenta y de hecho su recuperación en la actualidad sólo es en ciertos cultivos, fundamentalmente comerciales, en especial los cultivos frutícolas, como los cítricos y el mango; las cosechas de la fresa, el plátano, melón y jitomate presentan un comportamiento en el mercado internacional propio de los llamados productos maduros.⁸

A nivel sectorial, esto es por subramas, el sector se compone del sector agrícola en sí, del sector agroindustrial y empieza a abrirse paso el sector agrobiológico. En la actualidad la agroindustria del país cuenta con una industria de fermentación productora de alcohol así como una importante industria cervecera y vitivinícola, que le da una importante presencia en el mercado nacional. Debe mencionarse que desde los años sesenta se empieza a desarrollar una estructura agroindustrial importante, ampliamente respaldada por el gobierno mexicano en la década siguiente.

También cuenta con una importante industria azucarera, de gran auge hasta los años setenta y que, junto con la melaza (subproducto extraído de aquella), se cacao y piña, además de ser una zona apta para la ganadería extensiva.

⁷De acuerdo a los resultados del VII censo agropecuario (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1991) en el país existen 29,983 ejidos y comunidades agrarias (mismas que concentran 103,290,099 has.), así como 3,823,063 unidades de producción rurales que en conjunto suman 108,346,085 has. de superficie. De ellos, más de la mitad se concentra en Baja California, Coahuila, Chihuahua, Durango, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (con el 60% del total).

⁸David Ibarra. "Problemas institucionales y financieros de la agricultura" en *Comercio Exterior* Vol. 45, No. 9, México, septiembre de 1995, pág. 639.

consideran los sustratos de fermentación más adecuados que se tienen. Algunas empresas agroindustriales a partir de los años ochenta han empezado a emplear tecnologías sofisticadas, asociadas con el desarrollo de la biotecnología.

Por otro lado, en México existe una tradición importante en cualesquiera de las áreas de las ciencias naturales, como lo es el caso de las ciencias biológicas,⁹ químicas, bioquímicas y de ingeniería genética, además del empirismo tradicional en lo que se refiere a fermentos.

Estas características y su potencial aplicación mediante algún tipo de tecnologías, completan el mosaico del que actualmente se conforma el vasto sector agrícola mexicano. Cada uno de estos diferentes rasgos presentan diferentes niveles de desarrollo **que no se contraponen el uno del otro**. Así, por ejemplo, aun con una incipiente potencialidad para el desarrollo de un tipo dado de agrobiotecnología, la práctica agroindustrial se mantiene y, más aun, se benefician de aquella. Lo mismo ocurre con los cultivos rentables y los tradicionales respecto al desarrollo de la agroindustria y la agrobiointustria, lo cual demuestra la complejidad que ha alcanzado el sector agrario por efecto de su subordinación e integración a la industria, según lo planteado en los dos primeros capítulos de esta investigación

Para fines de exposición, en el presente capítulo se parte del supuesto de que, en cuanto al desarrollo, la agricultura mexicana históricamente transita por **dos** diferentes niveles: el tradicional y el específico. Sin embargo, aunque en la actualidad aún existen en el país inmensas regiones tecnológicamente atrasadas a las exigencias del moderno desarrollo,¹⁰ el proceso de diferenciación tecnológica apenas si se gesta

⁹Existe en México, desde hace tiempo, una magnífica tradición en el campo de la biología." Andrea Burg "El futuro de la ingeniería genética en México" entrevista con el Dr. Francisco Bolívar Zapata en *Revista Información científica y tecnológica*, CONACyT, agosto de 1982. Vol. 4, número 71, pág. 6.

¹⁰por ejemplo, en los municipios cuya población indígena es casi en su totalidad (13 mil localidades de un total de 44, 218 localidades) el 60% de la población de 12 años o más no

hacia la década de los años cuarenta del presente siglo cuando el país retoma el proceso de industrialización, apenas interrumpido por la accidentada consolidación del Estado moderno burgués, y donde la agricultura se acopla dentro de un modelo de desarrollo.

Este capítulo también parte del supuesto de que la subordinación formal de la agricultura bajo el capital en México se gesta desde los albores de este sistema en el país, pero que se **formaliza** en forma institucional hasta la Constitución Mexicana de 1917 cuando se consolida el Estado-Nación mexicano. En cuanto al terreno económico, esta consolidación ocurre hacia los años treinta del presente siglo, en el período de la Reforma Agraria. Como podrá observarse, esta mera formalización del dominio sobre la tierra en nada altera el factor tecnológico precedente.

3.1 EL DESARROLLO EXTENSIVO DE LA AGRICULTURA MEXICANA.

3.1.1 *Antecedentes.*

Aunque exista una diversidad de formas productivas en el campo mexicano, en líneas generales se puede afirmar que predominan dos formas históricas diferenciadas de desarrollo. Por un lado un periodo extensivo en el que se introducen y maduran los rasgos del capitalismo, cuya vigencia como forma predominante se extiende hasta los años sesenta del presente siglo; y, por otro lado, de acuerdo al desarrollo tecnológico empleado, una forma específicamente capitalista, de dominio actual sobre las formas tradicionales.

tiene oportunidad alguna de ocupación; 43% de la población tiene un ingreso promedio por debajo del salario mínimo; 30% no tiene ingreso alguno; tienen una tasa de analfabetismo del 43% y, en el caso de las mujeres indígenas, esta tasa se eleva al 53%. PRD. "Para la creación de regiones autónomas de los pueblos indígenas". Proyecto de iniciativa de reforma LVI Legislatura de la Cámara de Diputados, pág. 5 y 6.

El periodo extensivo de producción se asocia con las formas de producción tradicionales y, evidentemente, se desenvuelve desde los albores del sistema capitalista en nuestro país.

En efecto, con la conquista española fundamentalmente se mantienen las prácticas agrícolas indígenas y se introducen técnicas sencillas. En los primeros siglos de la Colonia, la tecnología indígena heredada consiste en la preparación de tierras para la siembra, la siembra en si, la escarda, la cosecha y, finalmente, su almacenamiento. En el siglo XVI se emplean mayormente dos técnicas: la primera, los **sistemas con labrado del suelo**, consiste en la roturación, clavado de agujeros con un bastón de punta aguda con el *uictli* (también conocido como *coa de hoja*), la siembra y el tapado que consiste en empujar la tierra con el pié.¹¹

Una segunda técnica es el **sistema de roza con mínima alteración del suelo** y que consiste en limpiar a la parcela de la vegetación a fin de prepararla para la siembra mediante la *tumba y la quema*, y que después de la cosecha se deja "descansar" por un largo tiempo al suelo. Esta técnica se practicaba mayormente en tierras de temporal localizada en los actuales estados de Morelos, Hidalgo, Veracruz, Campeche, Tabasco, San Luis Potosí, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán, principalmente.¹²

¹¹Esta apreciación es tomada de una descripción de Francisco Javier Clavijero que se incluye en la obra de Teresa Rabiela, quien ofrece mayores evidencias de que se mantienen las técnicas indígenas en el siglo XVI al describir algunas fuentes de ese siglo, escritas en Náhuatl. Rabiela. "La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI" en Historia de la agricultura, Época prehispánica, siglo XVI. INAH, México, 1989. T. I, pág. 135.

¹²Rabiela, *Ibid*, pág. 131 y 150. Cabe señalar que en otra obra suya, esta autora distingue dos sistemas de labrado: el extensivo en el que se práctica la agricultura bajo las características del sistema de labrado de suelo, y el intensivo al que caracteriza por darse la práctica agrícola en la misma parcela, con 2 o más cultivos al año. Teresa Rabiela. Las Siembras del Ayer. La agricultura indígena del siglo XVI. SEP/CIESAS, México, 1988.252 pp. Evidentemente el criterio de caracterización es distinto puesto que, como se observa, en esta última forma el elemento principal es el cultivo y no los procesos de trabajo.

Las técnicas sencillas que se implementan son la rotación de cultivos, el uso del abono animal, el arado y la azada. Una técnica que ejemplifica lo anterior es el arado andaluz, que por su sencillez encuentra una rápida propagación.

Debido a la simplicidad de las técnicas, pero sobre todo por las condiciones tecnológicas imperantes, se da una explotación extensiva del trabajo indígena. Sin embargo, en este proceso el único cambio que se observa de manera fundamental se da en el dominio formal que se tiene sobre la organización del trabajo: en un principio fue sojuzgado, después pasa a la encomienda y a la esclavitud, para posteriormente pasar a la hacienda y al latifundismo. De esta manera, la agricultura novohispana del siglo XVIII en la parte central y del sur aún mantiene en esencia las prácticas indígenas prehispánicas, con ciertas deformaciones y abusos propios de la gran hacienda latifundista.

Pese a que la actividad económica predominante en la antigua Nueva España y en el nuevo país era la agricultura, por la estrechez del mercado y las limitaciones propias de un Estado-Nación inestable, no se pudieron adoptar las tendencias de la agricultura internacional que la revolución industrial implementa, y aunque se dan efímeros esfuerzos por dotar al sector de maquinaria y equipo agrícola (como es el caso del esfuerzo del Banco de Avío hasta antes de la primera mitad del siglo XIX),¹³ en realidad la agricultura como sector estaba en franco desastre, siendo los esfuerzos del Banco en vano.

Una idea de lo anterior se refleja en lo siguiente:

¹³El Banco compra a Inglaterra, hacia fines de los años veinte, una máquina trilladora, dos limpiadoras de trigo, tres molinos y otros pequeños artefactos. De los Estados Unidos se compran algunos tipos de arado de tiro, dos despepitadoras de algodón, cuarenta sierras, entre otros. Ver Ramón Sánchez Flores. Historia de la Tecnología y la Invención en México. SALVAT/Fondo Cultural Banamex, México, 1980, pág. 270.

"La agricultura sólo produce los más elementales artículos de consumo (...) produce unos cuantos artículos sin salida, "consistentes en gran parte en meros productos brutos", (...) se limita a abastecer las poblaciones inmediatas a los centros de producción. La agricultura resulta ser una actividad pobre, aleatoria y sumamente expuesta siendo las principales causas de ello la despoblación, el atraso de los procedimientos y las dificultades de los transportes."¹⁴

El estado tecnológico del sector se refleja en la percepción que Mariano Otero tiene de él en junio de 1842: "*La agricultura está reducida a ministrarnos (sic) solamente los primeros y más sencillos alimentos...*"¹⁵

A finales del siglo XIX y alentados por la política porfirista, en cierta forma un reducido subsector de la agricultura (el comercial) empieza a distinguirse por su dinamismo económico, en especial en las exportaciones: de 1877 a 1883 las exportaciones crecen a una tasa promedio del 14.6% anual; de 1883 a 1887 decae su actividad y únicamente logran tasas de crecimiento en un 2.8%, para después recuperarse en el periodo de 1887 a 1910 con un crecimiento promedio anual del 5.7%, en el que destacan productos tales como la vainilla, el palo de tinte, el café, el chicle, el henequén y, desde principios del siglo XX, la azúcar.¹⁶

Sin embargo, estas prácticas pueden ser consideradas como auténticos ghettos o feudos económicos dado que se dan en una relativa forma aislada del resto de la economía, no están integrados ni pertenecen a un proyecto de Estado (como por

¹⁴Mariano Otero, Ensayo sobre el verdadero estado de la cuestión social y política que se agita en la República Mexicana, Primer Texto Introductorio. CEN-PRI, México, 1986, pág. 25.

¹⁵Ibid, pág. 67.

¹⁶Cosío Silva, L. "La Agricultura" en Historia Moderna de México. El Porfiriato, vida económica. Tomo I. Edit- Hermes, México, 1965, en INEGI, Estadísticas, Op Cit, Tomo I.

ejemplo el proyecto cardenista de los años treinta del siglo XX),¹⁷ y mantienen las prácticas despóticas de antaño (una forma de encomienda y de esclavitud disfrazados) bajo la modalidad de hacienda latifundista y una acelerada concentración de tierras,¹⁸ en los que el principal factor técnico-tecnológico sigue siendo la explotación extensiva de la fuerza de trabajo, la tierra y demás recursos naturales.¹⁹

Con la reorganización del Estado mexicano y la declaración de dominio sobre el actual territorio que conforma el país, con el artículo 27 de la Constitución Mexicana de 1917, se formaliza y consolida el dominio formal del capital sobre la tierra y las actividades primarias.

La Reforma de 1992 a dicho artículo mantiene en esencia el mismo propósito, sin importar a quien pertenezca formalmente: la explotación directa de la tierra y con ella a sus poseedores originales. Por ello, aunque ahora se planteó que:

"La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En

¹⁷Y aunque en los años cuarenta se vive cierta "contrarreforma" agraria, el papel del sector está inmerso en un proyecto de desarrollo. Ver más adelante.

¹⁸"Cuando México consiguió su independencia de España a principios del siglo XIX, se calcula que aproximadamente el 40 por 100 de toda la tierra dedicada a la agricultura en las regiones central y sur del país pertenecía a las comunidades rurales. Cuando Díaz cayó en 1911, sólo un 5 por 100 permanecía en sus manos y más del 90 por 100 de los campesinos mexicanos no poseían tierras". Friedrich Katz. "México: La restauración de la república y el porfiriato, 1867-1910" en Bethell Leslie. *Historia de América Latina*. Vol. 9. Cambridge University Press/Crítica, Barcelona, 1992, pág 51.

¹⁹Existen algunas otras fuentes que dan fe sobre la existencia de instrumentos y maquinaria agrícola en algunas haciendas. Por ejemplo, en la *Revista del Seminario de Historia Mexicana*, Rosa Vesta López da cuenta de este hecho en las haciendas de Jalisco, pero advierte sobre la escasa información existente, que además deja mucho que desear. Vesta López. "Arqueología industrial y tecnología agrícola en las haciendas jaliscienses del siglo XIX. en *Seminario de Historia Mexicana*, (Época 1, Vol. 1, No. 1, otoño de 1996), pp 9-22.

consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

El tercer párrafo de la Fracción VII asienta:

"La ley, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, protegerá la tierra para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de sus pobladores.

"La ley, con respeto a la voluntad de los ejidatarios y comuneros para adoptar las condiciones que más les convengan en el aprovechamiento de sus recursos productivos, regulará el ejercicio de los derechos de los comuneros sobre la tierra y de cada ejidatario sobre su parcela. Así mismo establecerá los procedimientos por los cuales ejidatarios y comuneros podrán asociarse entre sí, con el Estado o con terceros y otorgar el uso de sus tierras; y, tratándose de ejidatarios, transmitir sus derechos parcelarios entre los miembros del núcleo de población; igualmente fijará los requisitos y procedimientos conforme a los cuales la asamblea ejidal otorgará al ejidatario sobre su parcela. En caso de enajenación de parcelas se respetará el derecho de preferencia que prevea la ley."²⁰

El planteamiento ha sido modificado en términos de la propiedad jurídica y la liberación de las tierras (lo que se trata de destacar es precisamente el carácter jurídico-formal de dicho planteamiento), pero en esencia se mantiene el mismo propósito: la explotación de la forma económica y natural de la tierra, esto es hacerla funcional bajo las relaciones capitalistas de producción y reafirmar las bases del tránsito de una agricultura tradicional a una más desarrollada (con la figura específicamente capitalista), que se resuelve mediante formas intensivas de trabajo y, por tanto, de explotación.

²⁰Diario Oficial de la Federación, Tomo CDLX, No. 3, 6 de enero de 1992).

Para el desarrollo de la agricultura en México, el dominio que se ejerce sobre la tierra supone partir de la forma natural en la que gradualmente se operan cambios que alteran los ritmos del proceso de trabajo. Entre estos cambios se encuentra, por un lado, la implementación de los herbicidas, fertilizantes, agropesticidas y demás agroquímicos; cuñas metálicas y arados metálicos, etcétera, en un tiempo considerados como medios alternativos y elementales para elevar los rendimientos de la tierra, y por el otro; las obras de irrigación hidráulica e infraestructura general que implican formas extensivas de producción, en cuanto a que se expresa con aumentos en las superficies cosechadas y con ello aumentos en los requerimientos de la fuerza de trabajo y la eventual extensión de la jornada laboral. Ambos fundamentos son esenciales en la fase de desarrollo extensivo de la agricultura en México, que se sitúa hasta los años sesenta del presente siglo. Y se da en forma extensiva porque precisamente no existen las condiciones materiales (técnicas o tecnológicas) para un desarrollo intensivo.

3.1.2 *El Tránsito de la Forma Extensiva a la Forma Intensiva en el Desarrollo Agrícola.*

La reforma agraria de los años treinta del presente siglo acentúa el dominio formal del campo y con él de las actividades agrícolas sólo que, ahora *en su carácter económico*. Esto supone, además, que todo el legado cultural histórico preexistente de igual forma se supedita a la forma capitalista, modificando asimismo sus patrones de conducta. De tal manera, se da una integración a este proceso económico de aproximadamente una quinta parte de la población mexicana eminentemente indígena.²¹

Aunque los impulsos de la agricultura en su conjunto datan del periodo

²¹De numerosas etnias entre las que caben mencionar a los yaquis, mayos, seris, coras y huicholes. Luis González. "Los días del presidente Cárdenas (1934-1940)" en Historia de la Revolución Mexicana Tomo XV, México; 1981. El Colegio de México, pág 117.

cardenista, es hasta los años cuarenta cuando se impulsa la agricultura empresarial. Un primer síntoma del apoyo gubernamental lo constituye la expedición de certificaciones de inafectabilidad en parcelas de 5 o más hectáreas.²² Este apoyo, además, se da en el marco de un fuerte crecimiento en la inversión (Ver Cuadro 3.1), que crece en más del 100% de los años cuarenta a los años cincuenta, hecho que se repite en el periodo de 1959 a 1964, en pleno auge del sector.

Para el periodo de 1940-1946 la inversión en infraestructura agrícola crece en 10% promedio anual, beneficiando a más de 550 mil has.²³ De 1948 a 1952 las tasas de inversión superan el 20% promedio anual,²⁴ con importantes apoyos crediticios del sector bancario.²⁵

En los años cuarenta las formas extensivas de producción agrícola se practican con todo un paquete "tecnológico" (sólo accesible a los capitalistas del campo), que configuran el rasgo de una agricultura empresarial-comercial que de esta forma inicia su tránsito hacia los rasgos específicamente capitalistas. Gran parte del desarrollo de su infraestructura que inicia en ésta década se auxilia de una serie de investigaciones y estudios científicos derivados de la *Revolución Verde* y con apoyo estatal a través de diferentes organismos institucionales, nacionales y extranjeros, y son puestos como una "alternativa modernizadora".²⁶

²²Sergio de la Peña. "El agrarismo y la industrialización de México, 1940-1950" en Historia de la Cuestión Agraria Mexicana Siglo XXI, México, 1989, pág. 95.

²³Sergio de la Peña, Op Cit pág. 95.

²⁴Blanca Torres. "El esfuerzo económico" en Historia de la Revolución Mexicana. Tomo 21. El Colegio de México, 1980, pág. 69.

²⁵Según Olga Pellicer, la tasa de crecimiento crediticio hasta 1958 alcanza un promedio anual del 15%. Pellicer. "Balance de un sexenio" en Historia de la Revolución Mexicana. Tomo 23. El Colegio de México, 1980, pág. 239.

²⁶Cynthia Hewitt de Alcántara. La Modernización de la agricultura Mexicana 1940-1970. Siglo XXI, México, 1979, pp 46-49. Ver además a Ernest Feder Violencia y Despojo del Campesino: latifundismo y explotación. 4ª edición, Siglo XXI, México, 1984, pp 308-309.

Cuadro No. 3.1
Crecimiento de la Inversión en el Sector Agropecuario.
(en miles de pesos corrientes*)

Año	Monto
1930--1942	1,266
1942--1952	2,699
1953--1959	3,386
1959--1964	7,143
1964--1970	13,552
1971--1973	15,256
1975	17,332
1980	91,042
1985	278,729
1990	2,579,507.7
1993	2,729,801.7

*con la conversión de 1993.

Fuente: Elaborado por el autor en base a las Estadísticas Básicas. 1960-1986. INEGI, 1988, T. II y el Sexto Informe de Gobierno, 1994.

Con ese propósito, a principios de esa década se crea la *Oficina de Estudios Especiales* (OEE), quien con el apoyo de la *Fundación Rockefeller* (principal auspiciadora de "la Revolución Verde") desarrollan un programa conjunto para la investigación y desarrollo en productos específicos: *maíz* y *trigo*, concentrando especialistas en fitopatología, genética y suelos. Posteriormente el programa se extiende hacia otros cultivos como *frijol*, *papa*, *hortalizas*, *sorgo*, *cebada*, *leguminosas forrajeras* y la ganadería.²⁷

²⁷Cabe mencionar que, de igual forma, en 1947 se crea el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), también dedicado a la investigación del maíz. Cynthia Hewitt de Alcántara. Op Cit. pág. 32-35.

Tempranamente la OEE inicia la fase de recoger y someter a prueba unidades diversas del maíz, obteniendo éxito en variedades como la *Celaya* (con semillas de polinización abierta), pero quizás su mayor logro se alcanza con el programa de experimentación triguera, logrando variedades de resistencia genética como el *Lerma Rojo*. La aplicación de estas investigaciones en el campo van configurando un nuevo tipo de agricultura, y aunque esencialmente es un programa auspiciado por el gobierno, se prioriza a los capitalistas y a sus actividades, cuyo "paquete tecnológico" es cada vez más complejo en insumos y prácticas, especialmente los aplicables en las zonas privadas de riego, donde la incipiente mecanización del campo se torna en otro elemento indispensable.²⁸

Igualmente, la OEE y la Fundación Rockefeller inician el programa de experimentación triguera, cuyos resultados conllevan hacia los años cincuenta a 13 nuevas variedades comerciales de trigo, resistentes a plagas y enfermedades, lo cual contribuye notoriamente a la llamada *revolución verde*.

En los años sesenta los programas de experimentación conllevan a la creación del Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt) mismo que, como su nombre lo indica, se dedica al estudio y mejoramiento genético de estos cultivos. Por mucho tiempo, este centro produce el germoplasma que se utiliza en la mayoría de los países desarrollados y del Tercer Mundo.

La aplicación de estas técnicas conllevan a que durante el periodo 1940-1970 se tenga como rasgo fundamental el ensanchamiento de la frontera agrícola, más notoria (en principio) en los granos básicos, que en aquella época eran rentables junto con productos como el algodón y el café. (Ver Cuadro 3.2)

²⁸Cynthia Hewitt de Alcántara. Op Cit. pág. 43

Cuadro 3.2

Crecimiento de la superficie cosechada y producción de los principales cultivos.
1935-1995. Parte 1.

AÑO	Algodón		Café		Frijol	
	Has.	Producto	Has.	Producto	Has.	Producto
1935	266062	68256	105239	52420	567921	120980
1940	253657	65495	116162	52384	635447	96752
1945	365816	97586	135101	54719	727731	161729
1950	760594	260019	165289	65594	968129	250293
1955	1058990	508473	221124	93000	1187097	448908
1960	899122	470347	304297	124285	1325760	528175
1965	813318	577342	350059	162149	2116858	859584
1970	411172	333688	328573	185293	1746947	925042
1975	226783	205796	373554	228264	1752632	1027303
1980	355330	372934	475595	193000	1551352	935174
1985	197000	317000	456000	260000	1782000	912000
1990	191000	256000	587000	308000	2094000	1397000
1995	331000	453000			2293000	1234000

Fuente: Estadísticas Históricas de México. T. I, pp 448-449, 456-457, 472-473
1995 son cifras estimadas.

Cuadro 3.2

Crecimiento de la superficie cosechada y producción de los principales cultivos.
1935-1995. Parte 2.

AÑO	Trigo		Maíz		Arroz	
	Has.	Producc.	Has.	Producc.	Has.	Producc.
1935	460162	346630	2965633	1674566	30575	70549
1940	600645	463908	3341701	1639687	61529	107713
1945	468491	346757	6450889	2186194	59444	121108
1950	644428	587297	4347722	3122042	106104	186589
1955	799887	849988	5371413	4490080	95681	209744
1960	839814	1189979	5558429	5419782	142587	327512
1965	858259	2150354	7718371	8936381	138065	377531
1970	886169	2676451	7439684	8879384	149973	405385
1975	778237	2798219	6694267	8448708	256661	716628
1980	723804	2784914	6766000	12374400	127477	445000
1985	1217000	5214000	7590000	14103000	216000	808000
1990	933000	3931000	7339000	14635000	105000	394000
1995	951000	3559000	8623000	15545000	97000*	251000*

Fuente: Estadísticas Históricas de México, T. I pp 500-502, 484-486, 451-452

*Hasta 1994. 1995 son cifras estimadas.

Cuadro 3.2

Crecimiento de la superficie cosechada y producción de los principales cultivos.
1935-1995. Parte 3 -conclusión-

AÑO	Caña de Azúcar		Papa	
	Hectáreas	Producción	Hectáreas	Producción
1935	75962	3572830	12986	59760
1940	98346	4972849	18060	70819
1945	140907	6742087	27463	126838
1950	183476	9418671	29943	134853
1955	257696	14002100	34632	167257
1960	346286	19541551	43832	294118
1965	469860	30955683	39075	318688
1970	546713	34651422	48180	508092
1975	497691	35840570	57108	692726
1980	545500	36480250	80165	1064905
1985	488000	34400000	71872	989402
1990	571000	39907000	81245	1285751

Fuente: Estadísticas Históricas de México, Tomo I, pp 458-459, 489-490

Estos factores conllevan a que , entre 1945 a 1956 el sector primario alcance una tasa de crecimiento promedio anual del 6.9%.²⁹ En lo que se refiere al incremento en la superficie cosechada de los principales productos, el algodón crece en casi un

²⁹Cynthia Hewitt. Op Cit pág. 100

200% de 1940 a 1950, el 18.21% de 1950 a 1960 para después mostrar tasas decrecientes; el café de 1940 a 1950 crece en un 42% , de 1950 a 1960 en 84% y decrece en un 8% para 1970; el trigo crece en un 7%, 30.3% y 5.5% para el mismo periodo; el maíz crece a una tasa promedio del 30% en los tres periodos; el arroz inicialmente crece a un 72.4%, para pasar posteriormente a 34.4% y, finalmente, lograr un crecimiento moderado del 5.1%. Por último, la caña de azúcar crece a tasas que van de 86.6%, 88.7% y 58% respectivamente.³⁰

Sin embargo, la incipiente modernización del campo mexicano en los años cuarenta sólo se asocia al potencial de la revolución verde. Las semillas mejoradas de alto rendimiento, los fertilizantes y agroquímicos son generalmente auspiciados, como la misma revolución verde, por un Estado sesgado preferencialmente por la empresa agrocomercial.

Es a partir de década de los cincuenta cuando *las semillas mejoradas por si mismas*, al ensanchar la frontera de cultivos, propician el consumo creciente de fertilizantes y agroquímicos, cada vez en escalas crecientes, en especial para los fertilizantes nitrogenados (de acuerdo al cuadro No 3.3), lo cual explica a su vez el aumento en la superficie nacional fertilizada (ver cuadro 3.4).

Además, buscando mayor productividad ante las crecientes cosechas, impulsa directamente la mecanización de las principales zonas comerciales, regularmente asentadas en el norte del país. De esta manera la productividad que se alcanza depende enteramente de todo un paquete tecnológico que no está disponible a las mayorías.

³⁰Según Rosario Robles, para los años cincuenta la superficie cosechada pasa de 8,576,221 has. a 12,049,023 has. con aumento del 94.8% en tierras de riego por un 34.7% de las tierras de temporal. "Agricultura y acumulación capitalista en el periodo de 1940-1965." en *Revista Teoría y Política* No. 14, ene-jun. de 1986, pág. 67.

Con estas características, en los años cincuenta empiezan a madurar los rasgos característicos de una relación orgánica típicamente capitalista de la agricultura para con la industria.³¹ En este caso el proceso se complementa con una creciente importación de tractores que, a finales de los años cuarenta inicia un marcado crecimiento: de 1940 a 1950 se importa un total de 38, 805, cifra que se incrementa a 98, 583 en 1960 y a 145, 464 unidades en 1970.³²

Cuadro No. 3.3
Consumo Nacional de Fertilizantes 1960-1994
(en toneladas)

Año	Nitrogenados	Fosfatados	Potásicos
1960	97,119	24,786	7,546
1961	108,319	27,857	9,342
1964	231,863	68,829	15,386
1965	215,236	72,527	559
1968	363,078	116,460	24,220
1970	404,271	111,123	21,693
1973	555,422	178,013	40,468
1975	732,620	276,398	63,851
1976	830,214	239,256	67,347
1980	922,144	288,952	110,230
1981	1,106,513	369,823	66,691
1985	1,298,900	413,900	110,900
1990*	2,996,958	1,256,408	nd
1994*	2,614,746	801,297	nd

Fuente: Plan de desarrollo de la industria Mexicana de los Fertilizantes Vol. II Fertimex. en SARH "Estadísticas Básicas" 1960-1986 cuadro 3.2.4 México, 1988.

INEGI "El Sector Alimentario en México" ed. 1995. pág. 78.

*Cifras estimadas.

A partir de los años ochenta, pero sobre todo en los años noventa se da un

³¹Julio Moguel Viveros "La época de oro y el principio de la crisis de la agricultura mexicana 1950-1970" en Historia de la Cuestión Agraria Mexicana Tomo 7 Siglo XXI, México, 1988. pág. 3

³²Según datos de Cynthia Hewitt. Op Cit pág. 73, cuadro 12.

consumo creciente de insecticidas, herbicidas y defoliantes (tanto en líquido como en polvo). De esta manera, los volúmenes de producción de 1990 en insecticidas son 16,345 tons, por 9,511 tons de herbicidas y defoliantes, en tanto que para 1994 (últimos datos disponibles) las cifras, si bien son menores, siguen siendo significativas: 12,201 tons. y 10,745 tons. respectivamente.³³

Este desmesurado consumo de agroquímicos demuestra la todavía poca consideración que se tiene sobre tecnologías "ecológicas" impulsadas por la biotecnología.

En conjunto, de 1940 a 1970 los cultivos principales crecen a una tasa promedio anual ligeramente superior al 5%,³⁴ producto de un crecimiento promedio anual del 3% en la frontera de cultivo, así como en obras de infraestructura. La importancia del crecimiento agrícola queda denotado con el siguiente dato: en este periodo se da una transferencia neta de recursos de casi \$20 mil millones, casi el 5% promedio anual del PIB sectorial.³⁵

Sin embargo, el auge que se vive en el periodo señalado deja tras de sí una tendencia a la baja del papel del sector en la economía en su conjunto, signos evidentes de una crisis que puede resumirse como sigue.

³³INEGI El Sector Alimentario en México, 1995, pág. 78.

³⁴Madison, A. La Economía Política de la Pobreza, la equidad y el crecimiento: Brasil y México. FCE, México, 1993, pág. 201.

³⁵Gustavo Gordillo de Anda "La inserción de la comunidad rural en la sociedad global" *Comercio Exterior*, Vol. 40 No. 9, septiembre de 1990, pág. 805

Cuadro No 3.4
Superficie Nacional Fertilizada 1965-1986
(miles de hectáreas).

Año	Superficie Sembrada
1965	14,600
1966	15,693
1967	14,712
1968	15,015
1969	14,261
1970	15,129
1971	15,487
1972	15,243
1973	15,864
1974	14,905
1975	15,360
1976	15,685
1977	16,734
1978	15,554
1979	16,260
1980	16,966
1981	19,509
1982	16,445
1983	20,808
1984	20,010
1985	20,330
1986	20,650

Fuente: Dirección Comercial Fertimex en: SARH/Estadísticas Básicas 1960-1986 Tomo I. México, 1988. Cuadro 3.2.6

Para 1960 la participación del sector aporta al PIB nacional el 15.7%, en 1970 lo hace con el 11.5% y para 1982 declina al 7.4%. Esta caída se acompaña de igual forma en la población que se dedica a actividades primarias: en 1970 el 40% de la población producía el 10% del PIB, en 1983 el 35% de la población produce sólo el

9%.³⁶ A finales de los años ochenta, el 27% de la población se dedica a actividades primarias, aportando menos del 8% al PIB total. De una población de 22 millones de habitantes, 6 millones son los que se dedican a actividades primarias y de ellos, 4.5 millones son considerados asalariados. Aproximadamente el 50% de ellos son minifundistas y el resto no posee tierra alguna.³⁷ De 1970 a 1980 el PIB agropecuario crece a una tasa promedio anual del 3.4%, de 1980 a 1990 crece a una tasa promedio anual del 1%, muy por abajo de los tiempos de bonanza.

No obstante este notable avance en los principios de la industrialización agrícola en México, a través del periodo de los años cuarenta a los sesenta, la relación agricultura-industria está mediada fundamentalmente por la esfera comercial. En la agricultura en sí domina el desarrollo extensivo³⁸ que se manifiesta en los incrementos de las hectáreas cosechadas, superficie irrigada, explotación irracional de los mantos acuíferos y pozos profundos, etcétera.

Esta forma productiva enfrenta una crisis que es producto, en parte de una serie de contradicciones internas que se expresan de diferentes formas. Un síntoma es la caída de los rendimientos, el incremento en los costos de producción, la erosión y desgaste de los suelos, etc. Esto se observa palmariamente cuando la forma tradicional de producción agrícola (aún con todo y las tecnologías convencionales) no es compatible con la realidad económica, tecnológica y social, no sólo a nivel nacional sino a nivel internacional, donde rigen nuevos patrones tecnológicos que implican a su vez nuevos procesos productivos y productos comerciales.

³⁶ A. Madison. La Economía Política de la de la Pobreza, la Equidad y el Crecimiento: Brasil y México. FCE, México, 1993, pág. 204.

³⁷ Ugo Pipitone. La Salida de Atraso: un estudio histórico comparativo. CIDE-FCE, México. 1994, pág. 426-427.

³⁸ Estas formas extensivas evidentemente no desaparecen ante formas tecnológicamente superiores, pero dejan de ser la principal característica o principal fundamento de desarrollo agrícola capitalista.

Los otros síntomas son la baja de la rentabilidad de los principales cultivos a raíz de los nuevos productos sintéticos de posguerra, así como la aparición de otro tipo de cultivos, con características productivas diferentes a los cultivos precedentes.

3.2 LA INTEGRACIÓN INDUSTRIAL DE LA AGRICULTURA MEXICANA.

3.2.1 La Mecanización Agrícola.

En realidad, el proceso de industrialización agrícola en México comienza cuando esta se sujeta, por vías comerciales, a la industria. Sin embargo este proceso se viene a materializar con la implementación de la maquinaria para incrementar la producción y la productividad del sector que la creciente industria exige, gestándose con ello un momento tecnológicamente superior al precedente.

El dominio del aspecto productivo en forma directa es la característica de este nuevo momento tecnológico superior. La maquinaria agrícola, como complemento de la nueva forma tecnológica, representa el remate a esta nueva forma productiva, altera el proceso de producción, rige la normatividad productiva y completa una primera fase de la industrialización del sector, la primera forma expresamente real que posibilita integrar el circuito productivo respecto al sector secundario (entendido éste como el sector industrial).

Este proceso inicia con la explotación de nuevos cultivos rentables. A partir de los años sesenta hacen su aparición comercial los cultivos forrajeros (sorgo, soya, cártamo, cebada, alfalfa, por citar algunos), así como el impulso a nuevos cultivos más rentables como el jitomate,³⁹ chile, calabacita, cebolla, berenjena, entre otros, cultivos

³⁹En 1961 se crea la Unión Nacional de Productores de Hortalizas. Sanderson Esteven: "Fronteras en retirada: aspectos de la internacionalización de la producción agrícola de Estados Unidos y México y sus implicaciones para las relaciones bilaterales en los ochenta". en CIDE: *Economía de América Latina*, segundo semestre de 1982. No. 9 pág. 138.

que a lo largo de la década (pero sobre todo en los años setenta), se consolidan ante los requerimientos de la nueva modalidad de explotación de la industria sobre la agricultura con las llamadas agroindustrias.⁴⁰

Cuadro No. 3.5
Comportamiento de nuevos cultivos rentables en México, 1960-1995
Parte 1.

Año	Cártamo		Cebada		Soya	
	Has.	Producc.	Has.	Producc.	Has.	Producc.
1960	25,680	32,046			4,042	4,970
1965	58,805	79,626	328,461	203,373	27,466	57,875
1970	175,391	228,493	224,051	237,563	111,754	214,603
1975	363,051	532,297	286,464	440,254	344,450	598,694
1980	416,250	479,692	319,315	529,858	154,037	322,205
1985	234,000	152,000	281,000	536,000	476,084	929,000
1990	157,000	159,000	263,000	492,000	285,615	575,000
1995	107,000	114,000	281,000	552,000	174,000	298,000

Fuente: Estadísticas Históricas de México, Tomo I, pp 461, 463 y 496 resp

Desde los años sesentas la producción de cultivos se desplaza a los más rentables (en términos de las nuevas exigencias del mercado). Los cultivos de rasgos

⁴⁰En los años sesenta, para el caso de los Estados Unidos, se incrementó la competitividad local pero se sobresaturó la demanda interna de los productos agrícolas y agroindustriales lo cual, junto con la creciente monopolización y centralización de las grandes corporaciones, se impulsó la proyección internacional del capital agroindustrial. Miguel Teubal "Internacionalización del capital y complejos agroindustriales: impacto sobre la agricultura latinoamericana" en *Investigación Económica* No. 170 octubre-diciembre de 1984. pp 129-159.

extensivos son desplazados por los de modalidad intensiva, en parte por los crecientes costos y la caída de los precios internacionales, pero sobre todo por la menor productividad de aquellos. De no ser porque los cultivos básicos recaen sobre los productores "medios", el abasto al mercado local se hubiera desplomado en esos momentos, aunque tal vez el problema sólo se pospondría por algún tiempo.

Cuadro No. 5
Comportamiento de nuevos cultivos rentables en México, 1960-1995
Parte 2 -conclusión-

Sorgo

Jitomate

Año.	Hectáreas	Producción	Hectáreas	Producción
1960	116,432	209,294	63,805	388,648
1965	314,373	746,994	45,023	553,938
1970	920,930	2,747,211	63,721	923,063
1975	1,445,100	4,125,818	59,361	1,056,403
1980	1,543,092	4,125,818	69,472	1,320,628
1985	1,862,000	6,597,000	69,000	1,616,000
1990	1,818,000	5,978,000	81,000	1,885,000
1995	1,189,000	2,909,000		

Fuente: Estadísticas Históricas de México, Tomo I, pp 497 y 480-481 resp

Así se tiene que el grado de maquinización por parcelas, para el caso general del país, crece en 46.8% del ciclo agrícola 1965-1966 a 1975-1976 (pues la superficie total y parcialmente mecanizada pasa de 1,945,180 has. a 2,856,459 has. en el periodo) y si se considera hasta el año agrícola de 1980, el No. de hectáreas se eleva considerablemente. (Ver Cuadro No. 3.6).

Cuadro No. 3.6
Situación General de la Superficie
de Explotación en México, por zonas,
en 1980

Zona	Has. Tot Mec.		Has. Parc Mec.		Has. No Mec.		No. de Usuarios
		%		%		%	
PN	1,393,011	86.82	201,247	12.54	10,218	0.64	118,392
NC	124,370	40.91	166,447	54.76	13,157	4.33	57,532
NE	388,796	62.57	217,073	34.93	15,514	2.50	30,866
subt	1,906,177		584,767		38,889		206,790
C	181,598	25.01	460,381	63.41	84,098	11.58	217,899
S	19,578	14.82	56,176	42.54	56,370	42.66	24,221
Tot	<u>2,107,353</u>	<u>62.20</u>	<u>1,101,324</u>	<u>32.51</u>	<u>179,357</u>	<u>5.29</u>	<u>448,910</u>

PN Pacífico Norte, NC Norte Centro, NE Noreste, C Centro, S Sur
subt Subtotal

Fuente: Informe Estadístico No. 128. "La Modernización Agrícola en los Distritos de Riego" Año Agrícola 1980 México Febrero de 1983 Pág. 163.

En los casos de la superficies parcialmente mecanizadas y no mecanizadas se tiene en la primera un incremento del 30% aproximadamente para el mismo periodo, en tanto que en esta última decreció en un 33.4% aproximadamente.

En 1980, 3.2 millones de has. están total o parcialmente mecanizadas, de las cuales, como una característica irrefutable de la agricultura empresarial, las principales tierras de cultivo irrigadas y maquinizadas se encuentran al norte de la República, hecho nada casual dada la calidad de tierras y el histórico asentamiento de los grandes emporios capitalistas en aquella región.

El norte ha sido la expresión característica del desarrollo del capital en el campo mexicano y como tal presenta las peculiaridades de su desarrollo: gran concentración de tierras y un alto promedio de superficie maquinizada, muy por encima de las superficies parcialmente y no maquinizadas no sólo de la misma región norte sino, inclusive, de todo el país

Las tres primeras zonas (Pacífico Norte, Norte Centro y Noreste), comprenden a sólo 11 estados de la República (en donde la zona Pacífico Norte cuenta con Baja California Norte, Baja California Sur, Colima, Nayarit, Sinaloa y Sonora; la zona Norte Centro con Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y la Región Lagunera; y la zona Noreste con Tamaulipas y la Región Huasteca de San Luis Potosí) y no sólo poseen el promedio mayor en número de hectáreas mecanizadas (86.82%, 40.91% y 62.57% respectivamente) así como el menor número de hectáreas no mecanizadas (0.64%, 4.33% y 2.5% respectivamente) sino que, tanto en lo individual como en conjunto, estas tres regiones tienen el mayor promedio de hectáreas por usuario (13.55%, 5.28%, 20.1%, 3.33%, 5.4% y 7.54% por cada zona respectivamente) al alcanzar el 12.33% por sólo el 3.54% de las regiones restantes, muy por encima de la media nacional (7.545%) como puede observarse en el cuadro número 3.6.

Del total de hectáreas con estas características, corresponde a estas tres regiones más del 90% de has. en esta situación (90.45% para ser exactos) por, únicamente el 9.55% de las dos regiones restantes (que, dicho sea de paso, corresponden a un total de 19 estados de la república mexicana: la región Centro con Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis, Tlaxcala, Veracruz, Distrito Federal y Zacatecas; la región Sur con Campeche, Tabasco, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán).⁴¹

Evidentemente, a la inversa, para el caso de hectáreas no mecanizadas, las dos últimas zonas concentran el 78.3% del total de este renglón, por sólo el 21.7% de las primeras.

⁴¹A propósito de ello, un estudio sobre regiones de "asentamiento" de la economía campesina señala a los estados de Oaxaca, Puebla, Tepic, Tlaxcala, México, Morelos y San Luis como los principales, coincidiendo, curiosamente, con las regiones de producción en el país. Ver a Óscar M. Guzmán "Energía y Sector Agrícola de Subsistencia" en *Comercio Exterior*, México, abril de 1982. pp 420-437. Mapa No. 1 pág. 426.

El panorama para los años noventa mantiene esta tendencia, según cifras disponibles. De esta manera, para 1990 la superficie potencialmente mecanizable es de 9,090,282 has., con un parque disponible de 152,261 tractores: de igual manera las tres primeras zonas concentran más del 50 % de tierras en esta situación (con 4, 789, 053 hectáreas y más de 80 mil tractores; sin embargo, como se aprecia en el cuadro No. 3.7, la tendencia en las otras dos zonas es hacia arriba).

Cifras estimadas para el año de 1994 indican una superficie que se puede mecanizar en 8,688,958 has, cifra ligeramente menor a 1990 debido a que el parque de tractores disminuye a 143, 539 unidades.

Cuadro No. 3.7

Hectáreas Potencialmente Mecanizables y No. de Tractores por Zona en México, 1990-1994.

Zona	1990		1994	
	Has.	Tractores	Has.	Tractores
PN	1,777,245	29,768	909,838	13,887
NC	2,287,554	38,317	1,598,040	26,634
NE	724,245	12,131	683,400	11,390
C	3,731,662	62,505	4,874,940	81,249
S	<u>569,567</u>	<u>9,540</u>	<u>622,740</u>	<u>10,379</u>
total	9,090,282	152,261	8,688,958	143,539

Fuente: elaborado por el autor en base a datos de la Dirección General de Política Agrícola de la SAGAR, 1996.

Para 1994 las zonas Centro y Sur cuentan con un mayor No. de hectáreas potencialmente mecanizables y de tractores por un margen ligeramente superior respecto a las otras zonas. El cambio se explica por el notable aumento de tractores disponibles en estados como Jalisco, Hidalgo y Zacatecas, que juntos ostentan más

del 50% de tractores disponibles en la zona (14,879; 12,570; y 10,694 respectivamente).⁴²

Al trasladar el punto de referencia a la maquinaria y equipo disponible por zonas, se observa un comportamiento similar, según el cuadro No. 3.8

Cuadro No. 3.8

Distribución de la Maquinaria, por zonas, en México, 1980.

(Unidades)

Zona	Trac	Semb	Segs	Trill	Comb	Jeeps	Camiones y camionetas
PN	27428	13150	3636	1498	3668	292	25393
NC	9172	5735	1436	451	532	32	11411
NE	6193	4633	140	120	460	29	5265
C	16501	6730	1474	685	875	607	18619
S	887	120	123	22	19	29	1116
total	60181	30368	6809	2776	5554	989	61704

Fuente: Informe Estadístico No 128 "La Mecanización Agrícola en los Distritos de Riego" Año Agrícola 1980 México, D. F., 1983 pág. 163

De acuerdo al inventario nacional de maquinaria agrícola, para 1995 existen 190,200 unidades, 47,327 son maquinaria incorporada y 20,569 unidades se han repuesto.⁴³ Dentro de estas unidades, los tractores siguen constituyendo el parque vehicular más importante.

La tendencia hacia la industrialización agrícola en México presenta una forma aún más objetiva de desarrollo, que la lleva a fusionarla realmente para con el sector industrial. Como se ha visto, el proceso de desarrollo de la industria no se detiene al dominio meramente horizontal (a través del comercio y la mecanización), sino que tiende a integrarla verticalmente a través de las agroindustrias para, de este modo,

⁴²Fuente. Dirección General de Política Agrícola de la SAGAR

⁴³Fuente. Dirección General de Política Agrícola de la SAGAR.

junto con el capital agrícola, ir rompiendo las barreras naturales entre ambas formas productivas (agricultura-industria) accediendo a procesos de producción más adecuados a las exigencias del desarrollo capitalista, profundizándose el momento tecnológicamente superior.

3.2.2 El Subsector Agroindustrial

El origen de las agroindustrias en México se ubica, al igual que la creciente mecanización agrícola para cultivos rentables, por un lado, en la ruptura comercial y productiva que se gesta durante el transcurso de los años sesenta. En esta década se da un desgaste en las relaciones comerciales entre ambos sectores (con la caída internacional de los precios del algodón, café y jitomate y la crisis en la producción de los granos básicos). Por el otro, obedece al nuevo esquema internacional que marca la Empresa Transnacional y la agroindustria, proceso inicialmente dado en los Estados Unidos.

Este tipo de modalidad productiva, en sus inicios fundamentalmente extranjera, se aboca a la producción de alimentos para animales y para consumo humano, aceites, hortalizas enlatadas, productos lácteos y cárnicos. Con la agroindustria, la relación orgánica agricultura-industria se da de manera vertical o integrada de principio a fin (productiva y comercialmente) abaratándose de esta forma los insumos necesarios a la industria y controlando la oferta de los mismos. Además, se implementan los métodos de producción intensivos (en especial en épocas de cosecha y abundancia de materias primas, que es cuando además se trabaja ininterrumpidamente) que complementan la práctica mecánica en el sector primario iniciada con el implemento de los tractores y demás equipo.

La agroindustria ajusta las normas productivas y sujeta los procesos de trabajo al nuevo patrón productivo. Evidentemente estas nuevas formas no cancelan ni niegan las formas tecnológicas precedentes, es más, se valen de ellas para su desarrollo (y

particularmente el caso de la biotecnología aplicada en la agricultura combina ambas formas). Empero tampoco evalúan en su justa dimensión los costos sociales del desarrollo.

Esta vinculación entre la agricultura y la industria se confirma en el hecho de que más del 70% de la producción agroforestal y pecuaria sufre algún tipo de procesamiento industrial.⁴⁴ Únicamente entre los años setenta y ochenta, el 55% de la producción del sector primario en México sufrió algún tipo de transformación industrial,⁴⁵ además de procesar más de 100 productos del mismo origen.⁴⁶

El establecimiento de las grandes empresas agroindustriales son fomentadas con subsidios y (en su caso) exenciones fiscales, créditos preferenciales, infraestructura, etc., así como una deliberada política de proteccionismo por parte del gobierno mexicano, lo cual les lleva a tener una gran dinámica de crecimiento: entre el periodo 1960-1975 superan la tasa media de crecimiento del sector primario, aunque tiende a desacelerarse en los siguientes años.

Esta política de fomento continua en los años noventa. El gobierno mexicano, a través del FIRA, otorga atractivos descuentos para el establecimiento, ampliación y operación de este tipo de empresas.

Las grandes agroindustrias son regularmente empresas transnacionales, cuyas condiciones óptimas de funcionamiento incluyen al suelo y el clima, una abundante y

⁴⁴Ariel Rodríguez. "Situación actual y perspectivas de la Agroindustria integrada por productores" en Manrubio Morales et al La Agroindustria en México. Vol.. II UACH, 1987, pág. 363.

⁴⁵José Luis Solleiro, Vera-Cruz y Almanza, "Desarrollo Tecnológico en la Agroindustria" en Varios. Seminario Nacional sobre Agroindustria en México. UACH/Conacyt, Tomo II, pág. 357.

⁴⁶Julio Hernández Estrada et al. "Hacia un Nuevo Proceso de innovación tecnológica en el sector agroindustrial" en Varios. Seminario Nacional sobre Agroindustria... Op Cit, pág. 386.

barata mano de obra, bajos costos de agua y energía, sin el menor menoscabo por el cuidado ecológico y grandes consumidoras de fertilizantes. Con su alta tecnología aplicada ejercen el control directo no sólo de la tierra y demás recursos naturales, sino del productor mismo, asalariando al campesino y a su familia completa.⁴⁷

Se concentran principalmente en las despepitadoras de algodón, elaboración de cerveza, tomate industrial, productos lácteos, cárnicos, frutas y hortalizas enlatadas, arroz, cacao, aceite y café. Destacan las empresas *Herdez, Del Monte, Cambell, El Sauz, Industrias Club, Lala, Alpura, Nestlé, American Produce Shipley, Griffin & Brand, Covadonga, La Azteca, Samborns Hnos., Larin, Anderson & Clayton, Better Foods, Richardon Vicks, Dole, Del Centro, La Torre, Gigante Verde, Sauza* y algunas estatales como la *Profortarah* (productos forestales de la tarahumara), *Atenique* (de Jalisco), *Tabamex, Servicios Ejidales (SESA), Cofrinsa* (Complejo hortícola industrial de la cuenca del Papaloapan, S. A.), *Incantabsa* (industrializadora de cacao de Tabasco S. A.), *Iconsa*, etc. La mayoría de ellas desincorporadas del Estado con la privatización iniciada desde fines de los años ochenta y que actualmente continua.

Estas empresas empiezan a incorporar *nuevas tecnologías* como la electrónica, los nuevos materiales,⁴⁸ y biotecnología, además de tecnología nueva como la plasticultura, tecnología de invernadero, tecnologías de producción (labranza, preparación de suelos y riego unificado), tecnología de corte y rodado, bandas flexibles y automáticas de empaque, además de una infraestructura en comunicaciones, en suma, todo un nuevo paquete tecnológico que va más allá del empleado en el sector

⁴⁷En el noroccidente del país existen alrededor de 120 mil jornaleros en labores de cosecha, la mayoría de los mismos provienen de las regiones Centro, Sur y Sureste, viven en condiciones desfavorables y trabajan bajo palabra, con bajos salarios y ninguna prestación social. Esta deprimente situación se da igualmente en los estados de México y Morelos para el caso de la floricultura (mediante métodos biotecnológicos) y en Guanajuato para el caso de los espárragos. Boris Marañón. "La expansión de la agroexportación no tradicional en América Latina. Los casos de México y Perú. Mimeo, sep. de 1996, pág. 14.

⁴⁸Ibid pág. 13

durante la "revolución verde". Estas tecnologías se combinan con tecnologías tradicionales.

Esto refleja que la agroindustria en si es a su vez un vasto complejo productivo que igualmente contempla una estructura productiva heterogénea. Es decir, la agroindustria contempla a empresas de diferente tamaño, lo cual se asocia con el tipo de tecnología empleada en sus procesos productivos.

Las pequeñas y microagroindustrias (fundamentalmente pequeños establecimientos rurales de corte artesanal) se caracterizan por su baja inversión, un alto índice de capacidad ociosa, inadecuadas vías de comunicación, entre otros problemas.

La gran mayoría de esta pequeñas empresas se abocan a la producción de café y cacao, molinos, tinacales de pulque y pequeñas destilerías de aguardiente, aceiteras, procesadora de cítricos y ceras, aserraderos, productos derivados del maíz, miel, lácteos y embutidos, entre otros. Su producción es poco sofisticada y con escaso control de calidad.⁴⁹

De las 82,621 empresas existentes en 1975, el 98% son pequeños establecimientos, por el .3% de las grandes corporaciones, que además producen el 42% del producto total del sector.⁵⁰ En 1980 el número de establecimientos prácticamente no ha variado pues se estima en 79, 581 donde las pequeñas y microempresas siguen representando el 98%. Donde se da un ligero cambio es en las empresas grandes, que alcanzan la cifra de 449 empresas que representan el 1% (producto de la concentración de algunas empresas), 796 medianas, además de 111

⁴⁹Julio Hernández Estrada. Op Cit, pág. 387.

⁵⁰Eulalio Márquez. "La agroindustria y Organización de productores en el estado de Tlaxcala" en Varios. Seminario Nacional. Op Cit, Tomo I, pág. 254

empresas públicas.⁵¹ Para inicios de los años noventa el universo se compone de alrededor de 70 mil empresas,⁵² sin mostrar signos que hagan suponer una alteración en su composición.

Hacia 1995 las grandes empresas representan sólo el .28% del total, pero cubren una extensión de 48,010,873 has., la mayor parte de ellas se concentran en el Pacífico Norte y Norte Centro así como la Costa del Pacífico mexicano; en tanto que el 59% de empresas, regularmente pequeñas y micropequeñas, sólo cubren 5,574,769 has y sólo involucran a 22 mil unidades rurales.⁵³

Este proceso de mecanización y avance tecnológico tiene continuidad en las agromaquiladoras, cuyo origen data de fines de los años setenta pero que se consolidan prácticamente en los años ochenta, y la cual se especializa en el cultivo de hortalizas. Estas agromaquiladoras se instalan principalmente en el norte del país (sobre todo en el Valle del Yaqui y de Mexicali), introduciendo tecnología como el sistema de riego por aspersión y goteo⁵⁴ y operando bajo los rasgos generales dictados por la Industria Maquiladora Internacional.

Como se observa, las grandes agroindustrias empiezan a emplear nuevas tecnologías; pero de acuerdo a la característica de la biotecnología, ésta en su forma tradicional también se ha venido empleando. Es por ello que, aunque pudiera parecer que la aplicación de las nuevas tecnologías en la agricultura, como lo es el caso de la biotecnología, implica necesariamente un tipo específico de desarrollo tecnológico, lo

⁵¹José Luis Solleiro, et al. "Desarrollo Tecnológico... Op Cit, pág. 359

⁵²Julio Hernández Estrada. Op Cit, pág. 386.

⁵³Boris Marañón. "La expansión ...," Op Cit, pág. 22.

⁵⁴Manuel Ángel Gómez Cruz y Felipe de Jesús Caraveo López: "La Agromaquila hortícola: nueva forma de penetración de las transnacionales" en *Comercio Exterior*, Vol. 40, No. 12. México, diciembre de 1990, pág. 1198

cierto es que ésta combina ambos procesos tecnológicos. Más aún, si bien es cierto que el sustrato material de la biotecnología es principalmente la investigación científica, su aplicación práctica también es posible si existe el precedente de cierto desarrollo e industrialización del sector.

3.3 AGROBIOTECNOLOGÍA Y EMPRESAS AGROBIOTECNOLÓGICAS EN MÉXICO.

Se considera que los inicios de la biotecnología moderna en México datan de mediados de los años setenta, cuando el país contaba apenas con un reducido grupo de expertos en microbiología industrial, todos ellos provenientes de círculos universitarios.⁵⁵

Aunque en la actualidad en el país existe cierta infraestructura biotecnológica en el desarrollo de esta disciplina (en especial en la agroindustria por los vastos recursos naturales que posibilitan la biotécnica de la producción por biomasa), a decir de un pionero de la biotecnología en México, **Carlos Casas Campillo**, este desarrollo ha sido lento y desordenado, sin un objetivo explícito de política y con una amplia desarticulación entre la investigación y la industrialización y posterior comercialización. Es decir, el origen de la agrobiotecnología en México, a diferencia de la agroindustria y, en cierto sentido de la revolución verde, aparece sin un apoyo explícito de política por parte del gobierno.

Y si bien sus principales antecedentes se tienen en la producción de bebidas fermentadas por tecnologías (en un principio empíricas), en la industria cervecera y vitivinícola de fines del siglo XIX, sus orígenes deben abordarse, no en el terreno

⁵⁵Rodolfo Quintero. Retrospectiva de la Biotecnología en México." Revista *Biocit Siglo XXI* Centro para la Innovación Tecnológica, UNAM. Año 3, No. 8, abril de 1994, pág. 3.

comercial, sino en su aspecto de corte académico y de investigación.

Sus antecedentes en investigación científica se formalizan hacia los años cuarenta del presente siglo con los estudios experimentales en el campo de la microbiología y bioquímica industrial en Instituciones de educación superior como la Escuela de Bacteriología y Fermentaciones del IPN, actualmente conocida como Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Sin embargo, el concepto "biotecnología" se introduce hasta los años setenta con la fundación del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (DByB-CINVESTAV) del mismo Instituto Politécnico Nacional.

Además de estos antecedentes, México tiene una experiencia importante en la utilización de los recursos naturales renovables, desechos agroindustriales y aprovechamiento de biomasa de algas y excretas de animales, reciclándolos a fin de generar otros productos de alto contenido proteínico. Entre estas prácticas también tiene experiencia en tratamiento y reciclaje de aguas residuales municipales, aguas de desecho agroindustrial e industriales y el uso de fuentes no convencionales en la producción de energía.⁵⁶ Además desarrolla y comercializa la fermentación del estiércol y demás excretas animales (procesos **Biofermel** y **DESA**) y, desde los años setenta, cobra importancia la producción de biogas (gas metano), además de que existen varios digestores en varias regiones del país.⁵⁷

También se aprovecha industrialmente a las algas, las cuales son utilizadas como alimento para humanos. México es un importante productor de algas *Spirulina*, *Phormiditon tenue* y *Chroococcus turgidus*, que alcanzan ya una escala industrial, particularmente la alga *Spirulina* se comercializa desde los años cuarenta por la

⁵⁶La Jornada Ecológica, No. 54, feb. de 1997, pág. 8.

⁵⁷Según cuadro 3.3 "Industria Biotecnológica Mexicana" en Conacyt. Biotecnología, el desarrollo de la biotecnología en México: evaluación de oportunidades. Segundo Taller, Morelos, marzo de 1985.

empresa *Sosa Texcoco*, alcanzando gran éxito.

Pese a esta descripción, la utilización de técnicas y procesos biotecnológicos en empresas del sector primario (y del sector secundario) en México *también presentan dos grados diferenciados de desarrollo*: las tradicionales y las de desarrollo específico. Las primeras se basan fundamentalmente en las formas y productos tradicionales (tecnología de las fermentaciones) desarrolladas principalmente por empresas agroindustriales, algunas de ellas creadas desde fines del siglo pasado; y por procesos de mayor desarrollo como la ingeniería enzimática en la producción de enzimas, antibióticos, ácidos, aminoácidos y esteroides llevadas a cabo por empresas químicas y farmacéuticas, la mayoría de ellas de reciente creación.

El segundo tipo de empresas, la mayoría también de reciente creación, basan sus principales procesos en biotécnicas de la biotecnología vegetal (como el cultivo de tejidos por micropropagación), pero con un mercado aún muy restringido, amén de que los avances recientes todavía se encuentran a nivel de investigación y experimentación (ver cuadro No. 3.14).

Desde los años ochenta las principales industrias cervecera y vitivinícola, como la *Cervecería Modelo*, *Cauhtémoc-Moctezuma* y *Yucateca*, por la industria de la cerveza, y *Bacardi y Compañía* y *Tequila Sauza*, junto con otras 68 empresas, por la industria vitivinícola, utilizan procesos biotecnológicos tradicionales (tecnología de las fermentaciones).

Existen además cerca de 430 empresas que utilizan derivados lácteos y se comercializa en una escala importante la levadura para panificación por parte de tres empresas (*Ácidos Orgánicos S. A.*, *Industria Mexicana de Alimentos S.A. de C.V.* y *Fleischman*).⁵⁸

⁵⁸Conacyt. Biotecnología, Op Cit, según cuadro 3.3.

La actual industria de las fermentaciones incluye la elaboración y comercialización de aceites, alcohol, vinagre, quesos, yogur, levaduras, enzimas, ácido cítrico y orgánico (este último de diferentes grados), aminoácidos, liposomas, extractos herbales, frutales y de animales, Spirulina, hongos y productos farmacéuticos.⁵⁹

De esta manera, las enzimas que produce y comercializa la empresa *Enmex S. A. de C.V.* son utilizadas en *celulosas* para la industria del alimento; en *amilasas* para almidón para la elaboración de jarabe de maíz; en *pectinasas* para vinos y jugos; en *alfa amilasas* para el pan y cerveza; en *proteasas* para lácteos y; en *papaína* también para la cerveza.

El ácido cítrico se utiliza en la industria de los alimentos (y la industria farmacéutica) y es comercializado por *Mexama S. A. de C.V.* El ácido orgánico lo produce y comercializa *Fermex*, *Química Mexicana S. A.* y por *Pfizer S.A.* De igual manera, los aminoácidos los produce *Fermex* y los Liposomas los elabora *Bioextracto S. A. de C.V.* Cabe señalar que esta empresa utiliza para ello la tecnología de sonificación de fosfolípidos, Finalmente, *Laboratorios Bioquimex* produce pigmentos como sustitutos vegetales y la empresa *Química Lucava* produce por tecnología de fermentaciones *Rhizobium Zaponicum* para fijar nitrógeno.

Por otro lado, en la utilización de la tecnología de las fermentaciones para la producción de alimentos para animales, la empresa *Enmex S. A.* elabora y comercia el *Rumencell*, un aditivo alimenticio para el ganado ovino y bovino; y la empresa *Levamex* produce aditivos probióticos para el ganado porcino y las aves, así como aditivos para ovinos, bovinos y equinos.

⁵⁹Como antibióticos, Inoculantes, Esteroides, Vacunas, Sueros, etcétera. Los antibióticos son producidos por empresas como *Upjohn*, *Pfizer S.A.*, *Abbot*, *Fermic* y *Cibosa*, todas prácticamente de capital y tecnología de origen extranjero. Los ácidos orgánicos lo producen *Fermex*, *Química Mexicana S.A.* y *Pfizer S.A.* Las vacunas por *Biotell S. A. de C.V.*, *Química Hoechst de México, S. A. de C.V.* y los sueros por *Bioclón*.

La técnica de la ingeniería enzimática es utilizada por la *Bioextracto S.A. de C.V.* para extractos frutales, herbales y animales. De esta manera utilizan productos como la papaya, el melón, pepino, fresa, algas, romero, manzanilla, etc., además de producir aceites y extractos acuosos de plantas.

Este creciente mercado contrasta notoriamente con la relativa estrechez de productos que en su elaboración requieren tecnologías más sofisticadas como la ingeniería genética y el cultivo de tejidos. De hecho, esta tecnología es utilizada por muy pocas empresas.

Visaflor S. de R. L. produce rosas mediante esta tecnología. *Los Laboratorios Bioquimex S. A. de C.V.* producen el zempoaxóchilt y el chile ancho para pigmentos; *Biotel S. A. de C.V.* produce vacunas contra el parvovirus, moquillo y rabia y fiebre carbonosa. Finalmente, *Invernámex* produce plantas *in vitro* tales como la papa y gerbera tanto en invernadero como en campo.

Como se aprecia, en México sólo se utilizan tres técnicas biotecnológicas en la agricultura y la agroindustria: la técnica de las fermentaciones y la ingeniería enzimática, por un lado; y la técnica del cultivo de tejidos (micropropagación) y la fusión celular, con alguna y esporádica aplicación de la técnica de la fijación biológica del nitrógeno. En cierta forma, ambos procesos (tradicional y específico) se resumen en los siguientes cuadros, que revela las principales actividades biotecnológicas en México en la actualidad.

Cuadro No. 3.9
Empresas Agrobiotecnológicas y tipo de producto en México, 1996.

Biotecnología Tradicional

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
TEQUILA SAUZA	TEQUILA	TEQUILA DE MAGUEY (BEBIDA)	FERMENTACIONES
CERVECERÍA CUAUHTÉMOC-MOCTEZUMA	CERVEZA	LEVADURA PARA CERVEZA	FERMENTACIONES
BACARDI Y COMPAÑÍA	BEBIDAS ALCOHÓLICAS	ALCOHOL ETÍLICO Y AGUARDIENTE	FERMENTACIONES
CERVECERÍA MODELO	GAS CARBÓNICO	GAS CARBÓNICO PARA PRODUCTO DE CERVEZA	FERMENTACIONES
YAKULT	PRODUCTO LÁCTEO FERMENTADO CON LACTOBACILOS	LECHE FERMENTADA CON CASEI SHIROTA PARA LA FLORA INTESTINAL	FERMENTACIONES
ÁCIDOS ORGÁNICOS	LEVADURAS	BIOMASA PARA LA INDUSTRIA DEL PAN	FERMENTACIONES
BIOCLÓN	LEVADURAS	ALIMENTOS	FERMENTACIONES
ENZIMOLOGÍA	ADITIVO PARA ALIMENTOS	EDULCORANTES	PROCESO QUÍMICO

Fuente: elaborado en base a datos del CINVSTAV/CONACyT. La biotecnología en México, 1996, versión CD room.

Cuadro No. 3.10

Empresas que utilizan biotecnología en productos alimenticios para animales,
México, 1996. Biotecnología Tradicional

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
FERMENTACIONES MEXICANAS	AMINOÁCIDO	LICINA GRADO PECUARIO: GANADO PORCINO	FERMENTACIONES
ENMEX	RUMENCEL	ADITIVO PARA OVINOS Y CAPRINOS	MEZCLADO
LEVAMEX	BIOLAC1	ADITIVO PROBIÓTICO (AGUA PARA PUERCOS Y AVES EN SUS 1ºS DÍAS)	MEZCLADO
-	LEVACEL	ADITIVO (PARA OVINOS Y BOBINOS)	MEZCLADO
-	HORSELL	ADITIVO PARA CABALLOS	MEZCLADO
-	BIOLAC4	ADITIVO PARA CERDOS Y AVES	MEZCLADO
-	BIOLAC3	ADITIVO PARA CERDOS AVES OVINOS Y BOBINOS	MEZCLADO

Fuente: CINVESTAV/ CONACyT, 1996.

Cuadro No. 3.11

Empresas que utilizan Ingeniería Enzimática y producen Enzimas en México, 1996.

Biotecnología Tradicional

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
ENMEX S. A. De C. V.	ENZIMAS	CELULOSAS PARA ALIMENTO EN GRAL.	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	PROTEASAS PARA INDUSTRIA DEL PAN	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	AMILASAS (ALMIDÓN PARA JARABE DE MAÍZ Y DESENGOMADO DE TEXTILES).	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	GLUCOAMILASAS INDUSTRIA DEL PAN	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	PECTINASAS PARA JUGOS.	FERMENTACIONES
QUIMORGAN S.A. DE C.V.	ENZIMAS	ALFA-AMILASA PARA INDUSTRIA DEL PAN	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	AMINO-GLUCOSIDASA PARA INDUSTRIA DEL PAN	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	PECTINASA (PARA VINOS)	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	PAPAÍNA (PARA IND. CERVECERA)	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	PROTEASAS PARA LACTEOS	FERMENTACIONES
"	ENZIMAS	ALFA-AMILASA PARA IND CERVECERA	FERMENTACIONES

Fuente: CINVSTAV/ CONACyT, 1996.

Cuadro No. 3.12
Otros Productos Biotecnológicos en México, 1996.

Biotecnología Tradicional

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
BIÓTICA	BIOPESTICIDA	TRICODERMA HARZIANOM (PARA BIOTRITIS EN UVAS Y OTROS CULTIVOS)	FERMENTACIONES
BIOEXTRACTO S.A. de C.V.	LIPOSOMAS	LIPOSOMAS DE PANTENOL, UREA, JOJOBA, ETC (INDUST COSMÉTICA)	SONIFICACIÓN DE FOSFOLÍPIDOS
"	EXTRACTOS FRUTALES	PAPAYA, MELÓN, PEPINO Y FRESA PARA LA INDUST. COSMÉTICA	BIOTECNOLOGÍA DE ENZIMAS
"	EXTRACTOS HERBALES	ALGAS, ROMERO, MANZANILLA, ETC	BIOTECNOLOGÍA DE ENZIMAS
"	EXTRACTO DE ANIMALES	HIDROLIZADOS DE ELASTINA, COLÁGENO, ETC	BIOTECNOLOGÍA DE ENZIMAS
"	ACEITE DE AGUACATE	PARA COSMÉTICOS	BIOTECNOLOGÍA DE ENZIMAS
"	EXTRACTO ACUOSO DE PLANTAS	PARA COSMÉTICOS	BIOTECNOLOGÍA DE ENZIMAS

Fuente: CINVSTAV/ CONACyT, 1996.

Cuadro No. 3.13
Empresas Biotecnológicas y Productos Farmacéuticos en México, 1996.
(1ª Parte)

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
ABBOTT LABORATORIES DE MÉXICO, S.A. de CV.	ERITROMICINA	PRODUCTO FARMACÉUTICO	FERMENTACIONES
ELI LILLY CO. DE MÉXICO, S.A. de CV.	ERITOMICINA	PRODUCTO FARMACÉUTICO	FERMENTACIONES
FERMENTACIONES MEXICANAS	AMINOÁCIDO	LICINA GRADO FARMACÉUTICO	FERMENTACIONES
FERMENTACIONES Y SÍNTESIS SA. de CV	MATERIA PRIMA PARA PRODUCTOS FARMACÉUTICOS	PENICILINA-G POTÁSICA (PARA USO HUMANO-UH)	FERMENTACIONES
"	"	AMPICILINA SÓDICA ESTÉRIL UH	PROCESO QUÍMICO
"	"	DERIVADOS DE 7 ADCA. UH	PROCESO QUÍMICO
"	"	DERIVADOS DE 6 APA (AMPICILINA, AMOXICILINA, DICLOXACILINA)	PROCESO QUÍMICO
CYANAMID	PRODS FARMAC	ANTIINFLAMATORIO PROTEOLÍTICO ENZIMÁTICO	FERMENTACIONES
BIOCLÓN	SUERO	TOXOIDE TETÁNICO IND. FARMACÉUTICA	FERMENTACIONES
"	SUERO ANTIVIPERINO Y ANTIALACRAN	SUERO ANTIALACRÁN	LIOFILIZACIÓN
UPJOHN S. A. DE C.V.	ANTIBIÓTICOS	LINCOMICINA (INDUST FARMA Y SALUD ANIMAL)	FERMENTACIONES
FERMIC S. A. DE C.V.	ANTIBIÓTICOS	ÁCIDO CLAVULÁNICO	FERMENTACIONES
BIOTELL S. A. DE C.V.	VACUNA	VAC CONTRA EL PARVOVIRUS Y DERRIENGUE	CULTIVO DE TEJIDOS

CUADRO No. 3 13 (Continuación)			
BIOTEL S. A. de C.V.	BACTERINAS	BACTERINAS CONTRA PASTEUROLOSIS NEUMÓNICA	FERMENTACIONES
"		MOQUILLO Y RABIA	CULTIVO DE TEJIDOS
"		FIEBRE CARBONOSA	CULTIVO DE TEJIDOS
QUÍMICA HOECHST DE MÉXICO, S. A. de C.V.	BACTERINA	BORTUS BANG (PARA COMBATIR LA BRUCELOSIS)	FERMENTACIONES
"	VACUNA	VACUNA ANTICARBONOSA	FERMENTACIONES
"	VACUNA	BACTERINA DOBLE CONTRA EL CARBÓN SINTOMÁTICO	FERMENTACIONES
"	BACTERINA	BACTERINA TRIPLE CONTRA ENDEMA MALIGNO Y C. S.	FERMENTACIONES
"	VACUNA	PARA ANIMALES	FERMENTACIONES
MEXAMA S. A. de C.V.	ÁCIDO CÍTRICO ANHIDRO	ÁCIDO CÍTRICO EN CRISTALES BLANCOS (PARA ALIM Y MEDIC.	FERMENTACIONES.
FERMIC S. A. de C.V.	ANTIBIÓTICO	D-METIL CLORTETRACIELINA (SALUD HUMANA)	FERMENTACIONES
"	"	RINLAMPICINA (SALUD HUMANA)	FERMENTACIONES
"	"	COENTAMICINA (SH)	FERMENTACIONES
"	"	OXITETRACICLINA (SALUD HUMANA)	FERMENTACIONES
"	"	TETRACICLINA (SH)	FERMENTACIONES
"	"	ERITROMICINA, SALES Y DERIVADOS (SALUD HUM)	FERMENTACIONES

Fuente: CINVESTAV/ CONACyT, 1996.

Cuadro No 3.14

Empresas que utilizan tecnologías avanzadas para productos agrícolas, México, 1996.

Biotecnología de desarrollo específico.

Empresa	Producto	Característica	Técnica Empleada
BIOTECNOLOGÍA 2000, S.P.R. de R. L.	PLANTAS	VARIAS PLANTAS	MICROPROPAGACIÓN POR CULTIVO DE TEJIDOS
EI CERRITO, S de R. L.	PLANTAS	VARIAS PLANTAS	MICROPROPAGACIÓN POR CULTIVO DE TEJIDOS
LUIS MERISTEM S. A. de C.V.	PLANTA	PLÁTANO	MICROPROPAGACIÓN
PROOLAG	PLANTAS	CRISANTEMO Y BEGONIA	CULTIVO DE TEJIDOS.
VISAFLOR	FLORES	ROSAS	CULTIVO DE TEJIDOS
LABORATORIOS BIOQUIMEX S. A. DE C.V.	ZEMPOAXOCHILT	PIGMENTOS	CULTIVO DE TEJIDOS
"	CHILE ANCHO	PIGMENTO	CULTIVO DE TEJIDOS
INVERNAMEX	PLANTAS <i>IN VITRO</i>	PLANTAS PRODUCCIÓN EN INVERNADERO O CAMPO	CULTIVO DE TEJIDOS
"	PLANTAS <i>IN VITRO</i>	GERBERA. PRODUCCIÓN DIRECTA EN INVERNADERO O CAMPO	CULTIVO DE TEJIDOS
"	PLANTAS <i>IN VITRO</i>	PAPA EN INVERNADERO O CAMPO	CULTIVO DE TEJIDOS
QUÍMICA LUCAVA	<i>RHIZOBIUM ZAPONICUM</i>	PARA FIJAR NITRÓGENO	FERMENTACIONES

Fuente: CINVESTAV/ CONACyT, 1996.

En cierta forma, esta característica (mayor aplicación comercial de la biotecnología tradicional sobre la de desarrollo específicamente capitalista) se refleja en el estado actual de las empresas que emplean biotecnología en México, según el cuadro 3.15, en el que además se muestra el año en que han sido fundadas estas empresas.

Cuadro No. 3.15
Estado actual de empresas biotecnológicas, empleados e investigadores en México, 1996. (1ª Parte).

Empresa	Empleados	Investigadores*
BIOCLÓN (1990)	101-250	1
UPJOHN SA. de CV (1955)	MÁS DE 250	4
FERMIC S A. de CV. (1966)	101-250	3
ENZYMOLOGIA (1983)	101-250	3
BIÓTICA (1991)	1-15	10
YAKULT (1981)	101-250	
BIOEXTRACTO (1987)	1-5	2
BIOTELL S. A. de C. V. (1977)	16-100	2
MEXAMA S. A. De C. V. (1961)	101-250	3
QUÍMICA HOECHST DE MÉXICO, S.A. DE C.V. (1974)	MÁS DE 250	EN ALEMANIA
BACARDI Y CO. (1928)	MÁS DE 250	JACKSONVILLE, FLORIDA. USA
LEVAMEX (1986)	1-15	1 (RESP.)
VISAFLOR S de RL de C.V. (1992)	16-100	
ELI LILLY CO. DE MÉXICO, S.A. de C.V	nd	EN USA
ENMEX S.A. DE C.V. (1972)	16-100	2

Cuadro No. 3.15 (continuación)		
ABBOTT LABORATORIES DE MÉXICO S. A. de C. V. (1934)	MÁS DE 250	CHICAGO NORTE, USA
FERMENTACIONES MEXICANAS (1975)	MÁS DE 250	nd
LAB. BIOQUIMEX S.A. DE C.V. (1972)	101-250	7. QRO, YUCATÁN (CICY)
CERVECERÍA CUAUHTÉMOC MOCTEZUMA (1890)	MÁS DE 250	NUEVO LEÓN
BIOTIPS (1992)	1-15	4. CULIACÁN
FERMENTACIONES Y SÍNTESIS S.A. DE C.V. (1971)	MÁS DE 250	5
QUIMORGAN, S.A. (1968)	16-100	1
ÁCIDOS ORGÁNICOS (1991)	MÁS DE 250	2 TLALNEPANTLA CINVESTAV UNAM
CYANAMID (1972)	101-250	1
CERVECERÍA MODELO (1925)	MÁS DE 250	6
TEQUILA SAUZA (1873)	MÁS DE 250	3
QUÍMICA LUCAVA (1969)	16-100	2 EDO MEX.
INVERNAMEX (1985)	16-100	1 TEPOZTLAN (EDO MÉX).
INDUBRAV S.A. DE C.V. (1970)	16-100	3 MORELIA-GUADALAJARA

*Se indica además, la Unidad de Investigación.

Fuente: CINVESTAV/ CONACyT, 1996.

De acuerdo con la información anterior, se estima que existen alrededor de 30 empresas biotecnológicas, la mayoría de reciente creación: 23 empresas que se fundan desde los años sesenta a la fecha; 19 creadas desde los años setenta a los años noventa; 10 creadas desde los años ochenta y sólo 5 creadas durante esta

década. De todas ellas, sólo 7 utilizan el cultivo de tejidos y micropropagación (biotecnología de desarrollo específico) y el resto utiliza tecnología tradicional (fermentaciones e ingeniería enzimática).

De este universo, ocho empresas corresponden a la industria farmacéutica, 10 se relacionan con actividades agrobiotecnológicas y 9 son agroindustrias.

Dentro del grupo de biotécnicas que se empiezan a asentar en la agricultura mexicana, existe una que reviste principal interés por su amplia potencialidad productiva. Se trata del cultivo de tejidos cuya aplicación en la floricultura da muestra de las amplias ventajas que su uso representa.

De acuerdo con las estadísticas presentadas, 7 empresas utilizan agrobiotecnología vegetal, de las mismas *El Cerrito*, *Visaflor* e *Invernamex* son las principales productoras de plantas (entre ellas flores, plátano y papas).⁶⁰

Sin embargo, el uso de esta biotécnica es todavía muy limitado. La gran oportunidad de ampliar el uso de la agrobiotecnología vegetal estriba en su vinculación con los Centros e Institutos de Investigación (que hasta ahora no tienen como razón principal el lucro de sus investigaciones), los cuales se están especializando en áreas como el cultivo de tejidos y micropropagación clonal, principalmente.

⁶⁰Sin embargo, Existen otras empresas productoras de flores en aparente expansión: *Gimsaflor*, *Mexblumen* y *Florymar* (que operan en el Estado de México); *Fiestamor* (Morelos) y *Flor de Altura* (Puebla), entre otras, cuyo potencial uso de la biotecnología amplia sus perspectivas hacia el mercado norteamericano y canadiense, pudiendo competir con las tradicionalmente fuertes firmas colombianas. Ver a Massieu. "La influencia..." Op Cit; Biotecnología y Mercado... Op Cit y Biotecnología y Empleo en la Floricultura Mexicana. UAM-A, México, 1997, en especial caps. 3 y 4.

3.3.1 El papel de los Centros de Investigación de las Instituciones de Educación Superior.

No obstante el planteamiento anterior, el desarrollo de la empresa agrobiotecnológica y biotecnológica en México (aún con sus diferentes grados de diferenciación tecnológica), apenas está en el umbral de su despliegue. De hecho, gran parte del futuro de esta nueva tecnología apenas se está gestando en los Centros de Investigación de Universidades e Instituciones de Educación Superior, destacando en este sentido a la UNAM, el IPN y la UAM, de acuerdo a lo siguiente.⁶¹

En estos tres centros de excelencia en biotecnología se tiene el problema de la casi escasa vinculación para con el sector industrial, aunque esta haya sido una de sus metas originales desde su fundación:

En efecto, el DByB del CINVESTAV-IPN, Unidad Ciudad de México, surge en 1972 estructurado en cuatro grandes áreas: fermentaciones, enzimas, alimentos y ecología. Para la primer área se construyó una planta piloto con capacidad de 10 mil litros. A inicios de los años noventa se da un desplazamiento en la investigación y se prioriza en la última área (ecología) al intensificarse los estudios sobre el tratamiento de aguas residuales. Desafortunadamente este Centro, al igual que otros, muestra en la actualidad una preocupación creciente por la producción de artículos científicos en revistas de carácter internacional.

La Unidad Irapuato del CINVESTAV se funda en 1981 caracterizándose desde entonces en agrobiotecnología vegetal (en especial en la línea de mejoramiento genético, área de investigaciones donde es puntal tanto en México como en América

⁶¹No es el propósito el hacer un análisis del estado actual de los proyectos de investigación sobre el tema, ya que para ello sobresalen trabajos de gente especializada como Rosalba Casas, Rodolfo Quintero, Fausto Zapata, entre otros, a sí como en instituciones como el CONACyT, el CINVESTAV y la misma UNAM, por citar algunos. Aquí sólo se presentan los proyectos que están a punto de entrar en su fase de industrialización, evidentemente siempre y cuando resulten viables.

Latina). Esta característica le acarrea el problema de la falta de un mercado local por lo que, también desde los años noventa, sigue la tendencia de publicar sus trabajos en revistas de prestigio internacional debido a la necesidad de sus investigadores por escalar peldaños en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Aun con ello, en el CINVESTAV-Irapuato se aplica la biología molecular en el maíz, arroz, frijol, amaranto, chile, tomate verde, papa y tabaco; resistencia a insectos en jitomate, chile, frijol y maíz; resistencia a bacterias y hongos en tabaco, jitomate, frijol, maíz, lenteja y amaranto; mayor calidad nutricional en amaranto y maíz; mapeo genómico en maíz y; metabolitos secundarios en chile, entre otros.⁶²

Esta Unidad ha realizado la modificación genética de la variedad *alpha* de la papa para la resistencia de los virus *pvx* y *pvy* y en la actualidad trabaja en variedades como *rosita*, *monserrat*, *mexicana* y *palomilla de manzano*.⁶³

La Unidad del CINVESTAV con sede en la Ciudad de México realiza investigaciones de biotecnología en fermentaciones con miras a un proceso industrial aplicando tecnología enzimática y mejoramiento genético, además de estudios en residuos lignocelulósicos de la caña de azúcar y cascarilla de arroz.

En la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1982 se funda el Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología, en Cuernavaca, Morelos. Desde un inicio se orienta en la biología molecular, la microbiología, la bioquímica, la inmunología, la ecología microbiana y la ingeniería genética. En 1991 se convierte en el Instituto de Biotecnología, caracterizándose por que sus investigadores están

⁶²"La biotecnología moderna y el campo mexicano", en José Luis Calva, Coordinador. Alternativas, Op Cit, pág. 146.

⁶³Los estudios para la resistencia a los virus *pvx* y *pvy* se derivan del acuerdo entre esta unidad y la empresa norteamericana *Monsanto*, con fondos de la Fundación Rockefeller. Massieu y Chauvet. "La influencia. ." Op Cit, pp 51-52

estrechamente vinculados con revistas internacionales de prestigio. Otros centros de la Universidad con líneas de investigación en agrobiotecnología vegetal son la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (micropropagación) y la Facultad de Química.

Recientemente investigadores de la misma Facultad de Química han desarrollado una biotecnología para obtener grenetina de la piel del atún,⁶⁴ lo cual habrá de beneficiar a la industria de los alimentos, farmacéutica, del dulce y fotográfica. Al ser México uno de los principales capturadores mundiales de atún, con esta biotecnología puede aprovechar el procesamiento de piel residual y así producir aproximadamente 428 toneladas de grenetina, no teniendo que depender tanto de la importación de piel de cerdo.

En esta misma Facultad, la Dra. María del Carmen Durán ha desarrollado un proceso de producción de tortillas denominado *extrusión alcalina de maíz*, una tecnología no contaminante y que ofrece el ahorro de energéticos en casi el 70% en relación al proceso tradicional de la maceración del maíz. Además, reduce significativamente el uso del agua evitando con ello la generación de aguas contaminantes conocidas como *nejayote* o caldo de cenizas de cal.

De acuerdo a la autora de esta tecnología, también es posible reutilizar estas aguas residuales al someterlas a un procesamiento en reactores biológicos de transformación del que se obtiene una biomasa (ya que las aguas contienen residuos de maíz), que pueden ser alimento para especies piscícolas (langostino, carpa barrigona, etc.), o pueden utilizarse para alimento de ganado porcino, vacuno y caprino.⁶⁵ En realidad en la misma Universidad, en centros como el Instituto de

⁶⁴La cual, junto con las vísceras, aletas, esqueleto y carne oscura se destinan para la producción de harina de pescado. El atún genera el colágeno, que es la sustancia precursora de la grenetina. Esta investigación corre a cargo del químico Martín Macouzet del laboratorio de alimentos y biotecnología de la Facultad de Química. Ver *La Jornada*. Suplemento *Investigación y Desarrollo*, Año IV, No. 29, octubre de 1995, pág. 3.

⁶⁵Gaceta UNAM. No. 55, 21 de feb. de 1996, pp 1, 3-6.

Biotecnología y la misma Facultad de Química se llevan investigaciones en biotecnología tradicional con miras al aprovechamiento de las excretas de animales.

En el Centro de Investigación de Fijación de Nitrógeno de la UNAM, creado a principios de los años ochenta, se han desarrollado proyectos de apoyo agrícola, destacando el Programa Piloto de Reforestación en Morelos con las cepas *Rhizobium etli* y *Rhizobium tropici* que fueron descubiertas por el mismo centro. Esta institución también ha contribuido en el descubrimiento de nuevos organismos fijadores de nitrógeno en granos básicos como el maíz y el café; plantas transgénicas modificadas en el metabolismo de nitrógeno y carbono, la elaboración del mapa estructural, trascricional y dinámico del plásmido simbiótico y la definición del papel biológico de los polímeros de reserva.⁶⁶

La Facultad de Medicina de la UNAM ha establecido un convenio de colaboración y transferencia de tecnología con la empresa *Biotecnologías Universitarias* para la producción, a nivel comercial, de la enzima ADN polimerasa termoestable, utilizada en las reacciones de amplificación de fracciones de cadenas de ADN, de gran aplicación en laboratorios de investigación y diagnóstico, para su uso medicinal.

En el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la misma UNAM se ha logrado recuperar, mediante el cultivo de tejidos, una especie de la planta mexicana *Cosmos atrosanguineus* (perteneciente a la familia de las *Asteraceas compuestas*) cuyo germoplasma fue donado por el Reino Unido a través de los Reales Jardines Botánicos de Kew.

En la Universidad Autónoma Metropolitana se están desarrollando importantes esfuerzos para el desarrollo de la disciplina biotecnológica. La unidad Iztapalapa tiene

⁶⁶Gaceta UNAM. No. 3057. 4 de nov. de 1996, pág. 6.

líneas de investigación de excelencia en fermentación y tratamiento de aguas residuales. También ha dirigido su investigación hacia el aprovechamiento de las excretas animales desarrollando el proceso BIOFERMEL como suplemento energético. La unidad Xochimilco viene realizando investigaciones sobre fijación biológica del nitrógeno (estudio de inoculantes), mejoramiento genético (mutagénesis y técnica del ADN recombinante) además de la técnica de las fermentaciones y la tecnología enzimática.

Cabe destacar a otros centros de investigación que han venido desarrollando proyectos de investigación en diferentes líneas de la biotecnología. Por ejemplo, en cultivo de tejido, el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) ha desarrollado la micropropagación masiva de clones en el agave y la flor de cempazuchitl.

El CICY inicia sus actividades en 1980 en Mérida. Originalmente se orienta hacia investigaciones dirigidas en la optimización del cultivo del henequén y las alternativas posibles de sus subproductos. En la actualidad ya no se circunscribe regionalmente, además de ampliar sus actividades científicas abarcando áreas como la Biología Vegetal, la Química Orgánica y Biotecnología, amén de participar en la formación de científicos de diferente nivel, en especial a nivel maestría en el programa que imparte el Instituto Tecnológico de Mérida.

Por el resultado de sus investigaciones, tempranamente se ha vinculado con el sector público y privado, desarrollando áreas como el mejoramiento genético, la micropropagación, el procesamiento de polímeros y la ecología.

Actualmente ofrece diferentes opciones tecnológicas que pueden contribuir en la modernización industrial y agrícola. En biotecnología vegetal realiza estudios sobre la producción de sustancias a través de células vegetales bajo *cultivos in vitro*, micropropagación, mejoramiento genético, limpieza de material vegetal, estudio de los

recursos fitogenéticos tropicales, producción de metabolitos secundarios, cultivo de células en suspensión, regeneración de plantas, cultivo de meristemos, embriones y células haploides, así como el análisis de cromosomas, entre otros.

La importancia del centro es creciente. Entre sus instalaciones cuenta con un herbario con la colección más grande de la flora de toda la península yucateca; laboratorios; invernaderos; viveros; biblioteca especializada y equipos analíticos avanzados tales como cuartos de cultivo, además de una planta piloto de biorreactores para el estudio y escalamiento de procesos de cultivo en medio líquido, el cual tendrá un papel importante en el desarrollo y la aplicación de la biotecnología vegetal a través de tres líneas de investigación que actualmente lleva a cabo el CICY en cultivos como el café, cacao, plátano y agave: micropropagación vía organogénesis directa; semillas artificiales vía embriogénesis indirecta y; metabolitos secundarios por cultivo de células o por cultivo de raíces transformadas, técnicas que permitirán alcanzar niveles altos de producción en un menor tiempo, técnicas que tenderán a largo plazo a abatir costos.

El INIFAP realiza investigaciones en biotecnología vegetal (micropropagación clonal), variación somaclonal, cultivo de anteras y rescate de embriones para productos como la caña de azúcar, arroz (resistente a sequías) y tomate (resistente a insectos). También realiza estudios sobre la fijación biológica del nitrógeno (estudio de inoculantes).

De igual forma, dentro de esta línea de investigación se encuentra la Universidad Autónoma de Chapingo con el estudio de la interacción *rhizobium-micorriza* y plásmidos, entre otros. También dirige sus estudios hacia la micropropagación clonal y el mejoramiento genético (en este último caso investiga el maíz resistente a sequías).

Finalmente el CIMMYT conserva una larga tradición en estudios sobre

mejoramiento genético y últimamente desarrolla la técnica del rescate de embriones para trigo (para hacerlo tolerante al estrés y a ciertas enfermedades) y maíz.

En líneas generales, en el país existen alrededor de 2500 investigadores relacionados con la biotecnología. Desafortunadamente muchos de estos científicos en realidad son expertos en ciertas áreas biológicas y se dedican a actividades muy específicas. Si se considera además la nula política de desarrollo biotecnológico en el país,⁶⁷ en realidad las expectativas del desarrollo de esta área sólo quedan en manos de la rentabilidad que puedan ofrecer a las grandes empresas capitalistas y el apoyo que las mismas brinden a los proyectos de investigaciones de Universidades y Centros de Educación Superior.

Este panorama muestra como los avances logrados en biotecnologías tradicionales se pueden perder si no se da una reorientación de política para su uso. Muestra además como es que "la ventana de oportunidades" que teóricamente representa, se puede tornar hacia un filtrador tipo embudo para, finalmente, convertirse en uno de tantos cuellos de botella, de tan amplia experiencia en el país.

Por ello, si se desea acceder a un nivel dado de competitividad en el escenario mundial, ello no debe de depender en exclusiva de una base científica y tecnológica en México, comúnmente refugiada en los círculos universitarios, sino que depende también de la capacidad de generar mecanismos sociales (y para el caso de un

⁶⁷En febrero de 1981 la ONUDI, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, recomienda de que en cada país en vías de desarrollo se integre un grupo de especialistas en Ingeniería Genética, Microbiología y Bioquímica. También plantea la necesidad de crear un Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, creándose en agosto de ese mismo año una comisión destinada a escoger al país más adecuado para ese centro. La ONUDI consideró que en México existía una buena estructura para el desarrollo de ciertas disciplinas y recomendó al país como posible sede de un Centro Internacional de Ingeniería Genética y de Biotecnología (Andrea Burg. Op Cit, pág 6), entonces se consideraba que la brecha para con otros países era estrecha. Sin embargo el gobierno mexicano rechazó tal oferta, trasladándose la sede a Trieste, Italia. En 1987 rechazó otro proyecto que involucraba el desarrollo de tecnología biológicas modernas en vacunas.

eventual apoyo a pequeñas y medianas empresas interesadas en esta tecnología, un mecanismo empresarial) y la respuesta positiva a las crecientes demandas, a fin de generar su desarrollo y difusión. El gran capital por si sólo no lo va a hacer.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Para Antynea

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El Modo de Producción Capitalista se ha desarrollado históricamente en dos grandes fases de desarrollo; un primer periodo que precede a la Revolución Industrial y un segundo periodo, justamente el de las Revoluciones Industriales que se desenvuelve en tres grandes momentos de revolución científica y productiva: la Primera Revolución Industrial, la Revolución Fordista-Taylorista y la Revolución Científico-Tecnológica, esta última eje actual de desarrollo de los países industrializados (identificados por algunos autores como la sociedad posmoderna¹ o posindustrial), en tanto que aquellas se presentan en forma combinada en los países en vías de desarrollo.

De esta forma, aunque dominen las formas productivas propias de las dos primeras revoluciones industriales, la expresión actual de la Revolución Industrial en México es la Revolución Científico-Tecnológica (o Tercera Revolución Industrial) que

¹Jean Francoise Lyotard. La Condition Postmoderne. Red Editorial Iberoamericana (REI), México, 1990. 120 pp.

se manifiesta en el incipiente empleo de algunas de las nuevas tecnologías como la informática, los nuevos materiales, las telecomunicaciones y la biotecnología en los sectores productivos.

Como se desprende de una parte de la presente investigación, para el caso del desarrollo de la biotecnología y de su impacto hacia el sector agrícola, es la profundización en el campo de las Ciencias Naturales (en especial de la Química y la Biología), con las que el sector industrial afianza su dominio con respecto al sector primario mediante insumos y servicios, dominio que había iniciado con la articulación orgánica Agricultura-Industria y que se concreta con el empleo de la máquina. Y son ciertamente estas ciencias las que constituyen la piedra angular para el desarrollo de la biotecnología.

De esta forma, la revolución iniciada en el sector agrícola con el empleo de la máquina en la primera revolución industrial, y que se profundiza con el avance de la química y el uso de los agroquímicos en la segunda revolución industrial, se radicaliza en la Tercera Revolución Industrial, con el empleo de la biotecnología en el campo y en el sector agrícola en particular. Ello constituye a su vez el marco general por el que ha transitado históricamente el sector.

Es decir, el desarrollo tecnológico de la industria se traslada, en la medida de lo posible (condiciones naturales, rentabilidad de la actividad, etc.), a la agricultura, siendo la actual expresión de este proceso la llamada biotecnología (agrobiotecnología). Este hecho se expresa en la utilización de biotécnicas como el cultivo de tejidos y la ingeniería genética para el cultivo de jitomate, papa, soya, plátano y en la floricultura, por citar algunos productos agrícolas que dan fe de su utilización comercial, amén de existir otras técnicas como la fermentación y la ingeniería enzimática que, mediante diferentes formas, pueden contribuir a otro tipo de desarrollo agrícola, en especial de tipo tradicional (por ejemplo en la fermentación la utilización de la biomasa o de los esquimos agroindustriales que puedan emplearse como abono

enriquecedor de suelos, etc.; y en la ingeniería enzimática la utilización biodigestores para la desintoxicación de suelos contaminados, entre otros usos).

Por otro lado, la historia del desarrollo e industrialización de la agricultura en México, con las particularidades propias de un país en vías de desarrollo, se circunscribe dentro de la lógica del desenvolvimiento histórico del sector a lo largo del Modo de Producción Capitalista.

Bajo el periodo de dominio formal del capital en el sector agrícola, se observa que evoluciona tanto a nivel general como para el caso de México, primero con base en el eje de un conjunto de normas y procesos extensivos: ampliación de las tierras de cultivo, aumento relativo de la fuerza de trabajo, aumento en el uso de insumos, etc.; segundo, lo que sucede actualmente es el eje de la forma intensiva de producción, aunque a simple vista se observe que predominen los factores extensivos.²

Por tanto, hasta el momento actual, en México puede observarse empíricamente el primer momento: el proceso de maquinización y agroquimización del sector agrícola, en el que se sintetizan las dos primeras revoluciones industriales pero sin ser complementadas una u otra. Evidentemente es un hecho que no necesariamente tiene que darse en forma automática o lineal para acceder a otros niveles de desarrollo.

En efecto, aunque tardíamente, los principales aspectos de la primera revolución industrial, como lo es el empleo de las máquinas, se llevan a cabo en México para responder a las exigencias de su desarrollo industrial, proceso que se sitúa en la década de los años cincuenta cuando empieza a madurar la relación orgánica

²Es decir, el actual eje de la acumulación de capital es la forma intensiva propia de una forma productiva específicamente capitalista, pero este dominio sólo es ejercido por el capital de punta o de vanguardia. Sin embargo existen aún mucha más regiones donde predominan los factores extensivos de producción, pero no constituyen el principal eje de la acumulación capitalista.

agricultura-industria, lo que representa en este país uno de los primeros acercamientos materiales hacia la integración del sector primario para con el sector industrial, hecho que posteriormente se refleja en la instauración de las agroindustrias y actualmente con el incipiente empleo de la agrobiotecnología.

Por ello, aún sin completarse en nuestro país este proceso bajo el esquema seguido en los países desarrollados, hacia la década de los años setenta, se gesta la noción de biotecnología, principalmente en los medios académicos.

Dentro de esta lógica, la agricultura exige y requiere de mayores elementos para profundizar esta articulación, hecho propiciado por el desarrollo de la industria. Y el empleo de la ciencia química contribuye notablemente a ello. De esta forma, el siguiente paso "natural" del patrón de desarrollo agrícola es la implementación de los nuevos descubrimientos científicos propios de las nuevas tecnologías, cuya nueva característica es el uso intensivo del conocimiento "incubado" en los Centros de Investigación de Instituciones de Educación Superior o en los departamentos de Investigación y Desarrollo de las grandes corporaciones.

La aplicación de la biotecnología en la agricultura, pero sobre todo la agrobiotecnología de desarrollo específico, representa un momento tecnológicamente superior, es decir un nuevo patrón de desarrollo tecnológico y, por tanto, de acumulación. Esto permite concebirla (sobre todo a sus áreas aplicadas) como un elemento más del sector secundario, por lo que es posible hasta cierto punto la utilización de las mismas técnicas de planeación de la producción y organización del trabajo. En efecto, con la biotecnología es posible "programar" científicamente las actividades; planificar las cosechas, estimar globalmente sus costos-beneficios, programar los cultivos más demandados en las fechas óptimas, imponer las pautas de producción en cultivos de consumo directo o para su reelaboración agroindustrial, etcétera, alejándola cada vez más de sus raíces del productor directo, el campesino.

El principal problema de origen para su efectiva vinculación en la agricultura mexicana es que ésta, en un estado de crisis hasta hoy permanente, no ha sido un sector verdaderamente arrastrado por el sector industrial interno ya que éste no es un sector productor de medios de producción, por un lado y, por el otro, por su casi nula vinculación con el sector de conocimientos (en este caso con los Centros de Investigación de Universidades e Instituciones de Educación Superior).

La aplicación de la biotecnología en la agricultura, sin embargo, aún está lejos de llevarnos a conclusiones enfáticas debido a las diferencias de cultura, climas, biodiversidad y, sobre todo, de infraestructura productiva en al menos dos grupos de países claramente diferenciados; los industrializados y los de en vía de industrialización. Los efectos de la aplicación de esta nueva tecnología son claramente diferenciados entre un grupo de países respecto a los otros. Y aunque las necesidades de alimentación son las mismas, el capital todavía no logra dotar de una estructura homogénea que pueda servir para la aplicación de la biotecnología y llevarnos a dar conclusiones uniformes.

En los países desarrollados el debate no se centra sobre a que tipo de cultivos deba aplicarse, ni sobre el tipo de planeación que deba emplearse, sino como lo va a aceptar el público consumidor, si es aceptado en el mercado, etc. En países como los nuestros la discusión se centra (o debe de centrarse) en el tipo de problemas que debe de resolver, en como abastecer a la población y a la industria. No obstante, si se puede llegar a tener una conclusión común: al capital no le interesa en el plazo inmediato que dolores pueda mitigar, sino la rentabilidad que pueda obtener.

La agricultura en México también 'adopta' los resultados tecnológicos de la tercera revolución industrial, pese a no tener una capacidad interna propia aun cuando se tiene una importante biodiversidad y cierta infraestructura. Este es el caso de la biotecnología, y aunque se inicia un esporádico empleo que parece afianzarse sólo

hasta la década de los años noventa, en los países industrializados se llevan al menos diez años de empleo práctico.

Perspectivas: ¿hacia una salida agrobiotecnológica?

Como se ha enfatizado, el desarrollo de la agricultura se ha ido eslabonando desde los inicios del capitalismo con el paso de las revoluciones industriales. Por tanto, el uso de la biotecnología en el sector primario (agrobiotecnología) se presenta como un eslabón más, pero que profundiza de manera radical la integración agricultura-industria como ninguna otra tecnología.

Sin embargo, en México, pese a contar con los recursos naturales, humanos e instituciones ligadas a ello, apenas esta en el umbral de sus potencialidades y de su despliegue. Este hecho no cancela que de igual forma se manifiesten *otras formas potenciales de empleo de esta nueva tecnología* que también ponen en evidencia sus principales características: **eslabonamiento productivo** en el sector químico-agrícola-industrial; explotación intensiva del conocimiento; y complemento con tecnologías igualmente sofisticadas, entre otros.

Así, como parte integrante de las nuevas tecnologías, la biotecnología en México se distingue en unos años a la fecha de un nuevo marco conceptual de desarrollo y empleo productivo como lo son las Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (EBT)³ y con ellas los Polos de Innovación,⁴ fenómeno reciente en México

³Las EBT son empresas que basan su competitividad a través del dominio que tengan sobre un grupo dado de tecnologías, lo cual les permita alcanzar altas tasas de innovación en productos o servicios.

⁴Las EBT mantienen un importante vínculo con los Centros de Investigación de

y cuyas implicaciones también aún no pueden ser delineadas.

Como una relación biunívoca, la principal característica de las Incubadoras es el uso de las nuevas tecnologías. Sin embargo, como puede observarse en el tercer capítulo, el uso de estas no es exclusivo de las EBT ya que también las grandes corporaciones las utilizan en sus procesos de producción, con la gran diferencia de que éstas las combinan con las tecnologías tradicionales.

Como se observa en el último capítulo, la biotecnología se empieza a aplicar en forma incipiente en México, ya sea de manera empírica o científica.⁵ La forma empírica, sin embargo, tiende a hacerse científicamente. Y aunque esta tecnología empieza a ser empleada, su formalización científica también se da en algunos polos de innovación que existen el país.

En este sentido se tiene que la principal cadena biotecnológica se localiza del norte al centro del país: de Monterrey a Querétaro y de ahí a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.⁶ Sin embargo existe otra cadena que está adquiriendo importancia recientemente, se trata del Polo de Innovación de Baja California Norte en

Instituciones de Educación Superior y otras empresas, y reciben apoyo de Asesoría, Consultoría y Financiamiento de Instituciones gubernamentales creadas ex profeso. Es decir están dentro de una red institucional que permite la mejor "incubación" de productos y servicios. Es a este entorno geográfico al que se le ha denominado *polo de innovación*. Varias de las EBT que existen actualmente son el elemento central de los polos de innovación en México.

⁵El paso de lo empírico a lo científico queda denotado con el paso de la técnica de las fermentaciones a la ingeniería enzimática y el desarrollo de los estudios biológicos que desembocan en la biotecnología de desarrollo específico (y en la agricultura el uso de la biotecnología vegetal). En México es de igual forma tradicional el uso de la biotecnología tradicional para engordar ganado, por ejemplo en el estado de Sinaloa la Asociación de Engordadores de ganado de Culiacán utilizan desde hace tiempo la combinación de alfalfa con melaza -o azúcar-, harina de pescado -o piedra de hierro- y las excretas de pollo para alimentar al ganado vacuno. Esta técnica empleada ahora tiene una asesoría de veterinarios y empieza a darse ya una planeación científica.

⁶De acuerdo a un estudio sobre polos de Innovación realizado por el Dr. Leonel Corona. Cuadernos de Investigación No. 6. FE-UNAM, 1995.

el cual se enlazan las ciudades de Tijuana, Ensenada, Mexicali y San Diego. Es precisamente la vinculación con esta última ciudad lo que le da el estatus de polo binacional. En este polo la biotecnología (en especial la farmacéutica) constituye una de las principales áreas de investigación y difusión comercial.

En un reciente estudio sobre el desempeño innovador de las EBT en México, se infiere que existen 28 empresas encuestadas que están encadenadas o eslabonadas estrechamente de la forma Agricultura-Química-Biotecnología, 17 de las cuales son EBT.

El sector de empresas agrícolas considera, evidentemente, a aquellas que, por un lado, proveen de insumos al sector primario y que, por el otro, procesan industrialmente los productos del sector mismo.

La mayoría de estas empresas son de reciente creación, siendo prominentemente micro y pequeñas empresas que emplean biotecnología en sus procesos. Existe, además, un reducido grupo de empresas "grandes" pero que emplean principalmente tecnologías tradicionales.

La empresa química, a parte de otras funciones, también provee de insumos a las agroindustrias (enzimas, aditivos alimenticios, distinta composición de plantas, etc.) y a la agricultura (fertilizantes y demás agroquímicos). La rama se compone principalmente por empresas grandes que utilizan tecnologías tradicionales pero que, sin embargo, comienzan a utilizar crecientemente nuevas tecnologías como la biotecnología, lo cual hace pensar en una probable sustitución de procesos para la producción de insumos que requiere el sector agrícola.

La biotecnología se está constituyendo, después de la informática, en la tecnología que empieza a ganar mayor difusión y uso. A parte de su empleo en la rama química y agrícola, también se emplea en la industria farmacéutica. Sin embargo,

cabe señalar que las empresas grandes son principalmente de origen transnacional, tal como se presenta en las estadísticas del último capítulo.

Las nuevas "agrobioindustrias" o industrias que emplean en sus procesos productivos a la biotecnología,⁷ son un fenómeno propio de la década de los años noventa y que tiene la principal característica de que participan activamente científicos e investigadores a los que se les denomina "spin-off". Se trata de empresas incipientes y pequeñas cuyo capital inicial es de origen nacional. De acuerdo al mismo estudio en cuestión, las 17 EBT existentes presentan el siguiente eslabonamiento:

Cuadro No. 4.1
EBT Eslabonadas de la forma Agricultura-Química*-Biotecnología
México, 1996.

Producto	No. De Empresas	Sector
Alimento Balanceado para bovino.	1	Biotecnología
Plantas Micro propagadas	2	Biotecnología
Hortalizas Orgánicas	1	Ecología
Semillas	5	Agrícola
Equipo Agrícola	1	Agrícola
Fertilizantes	2	Química
Alimentos Tratados	5	Agroindustria

*se considera como parte de la rama del sector secundario

Fuente: Tapia. "Agricultura: empresas proveedoras y agroindustrias" en Corona (coordinador) Cien Empresas Innovadoras en México. Porrúa, 1997. pág. 185.

⁷Y en este sentido, si se considera al sector agrícola como un sector industrial, se tiene que si se trata de una agroindustria, entonces puede denominarsele como **agrobioindustria**, lo cual manifiesta el eslabón *agricultura-biotecnología-industria* en un mismo proceso productivo, ganando fuerza la hipótesis del estrechamiento entre los sectores agricultura-industria.

Este fenómeno reciente no es más que un indicador nuevo de la presencia de la revolución científico-tecnológica en México (cuando aún no se completan las otras dos revoluciones) y se presenta como un puente de desarrollo entre esta tecnología, el sector primario y otras áreas.

Es incorrecto suponer que el impulso hacia la creación y/o consolidación de los Polos de Innovación a través de los Parques Científico-Tecnológicos e Incubadoras, dará un sustento tecnológico general a la agricultura mexicana en la búsqueda de su desarrollo, aunque sí constituyen un importante inicio en la búsqueda de ese objetivo.

Sin embargo, la adopción del patrón intensivo de desarrollo capitalista bajo la forma concreta que reviste (maquinización, industrialización, biotecnologización, etc.) no asegura que se resuelvan las carencias y miserias que el desarrollo industrial (y la depredación que hace del sector primario) arroja día con día. Aunque a largo plazo crece la riqueza material, en el corto plazo los costos sociales son cada vez más preocupantes.

Por ello tampoco es posible esperar que la adopción de las nuevas tecnologías, en especial de la biotecnología, resuelvan el problema. Es cierto que contribuye a una mayor masificación de la producción y a los productores mismos les permita abaratar los costos, pero ello *sólo beneficia a quienes la detentan* (al igual que a las otras nuevas tecnologías) *como fuerza productiva* del capital (esto es como un medio de lucro), la cual se descubre cada vez más avasalladora conforme se profundiza el conocimiento, tal como está estipulado por las leyes de desarrollo capitalista.

BIBLIOGRAFÍA

- Antébi, Elizabeth y David Fishlock. Biotechnology. Strategies for life. MIT, USA, 1986.
- Arias, Carlos et al. "Biotecnología de células y tejidos vegetales: metabolismo secundario." *Revista Avance y Perspectiva*. DByB CINVESTAV IPN. Vol. II, nov-dic. de 1992.
- Arroyo, Gonzalo. "El desarrollo de la biotecnología, desafíos para la agricultura y la agroindustria". En varios. Biogenética y Agricultura. STyPS, México, 1986.
- Arroyo, Gonzalo. (Coordinador). La biotecnología y el problema alimentario en México Editorial Plaza y Valdés/UAM, México.
- Asthan. La Revolución Industrial. FCE, México, 1950.
- Ayres. La Próxima Revolución Industrial. Editorial Gernika, México, 1978.
- Baark, Erick. "El discurso internacional sobre políticas de biotecnología: el caso de la bioseguridad" en *Revista Mexicana de Sociología*. Instituto de Investigaciones Sociales UNAM. Año LIII No. 2 Abril-junio de 1991.
- Barajas, Rosa Elvia. "Biotecnología vs revolución verde, ¿una nueva revolución?" en *La Jornada Ecológica*. Año V, No. 50, septiembre de 1996.
- Bartra, Armando. "De la modernidad, miseria extrema y productores organizados". En *Revista El Cotidiano* No. 36, UAM-A. jul.-ago. de 1990.
- Bengochea, Teresa y John Dodds. "Uso del cultivo de tejidos para almacenar material genético en plantas" en *Revista Ciencia y Desarrollo*, CONACyT. No. 51, año IX. julio-agosto de 1983.
- Bernald, J. D. La Ciencia en la Historia. Ed. Nueva Imagen/UNAM, México, 1981
- Betancourt Rule, José Miguel. "La fertilización de mamíferos *in vitro*" *La Jornada*, Lunes en la ciencia, 9/02/98.
- Box, Mateo. Biología, Agricultura y Alimentación. OCDE, España, 1993.
- Braval, Leonardo. "Ingeniería Genética. Revolución biológica" en *Revista Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 4 número 63, 15 de febrero de 1982.

Bull y Hold. Biotechnology International Trade and Perspectives. Malcolm D. Lilly. OCDE, 1982.

Bu'lock y Kristiansen. Basic Biotechnology. Academic Press Inc., 1987.

Burg, Andrea. "El futuro de la ingeniería genética en México" entrevista con el Dr. Francisco Bolívar Zapata en *Revista Información científica y tecnológica*, CONACyT, agosto de 1982. Vol. 4, número 71.

Burbach, Roger y Patricia Flynn. Las Agroindustrias Transnacionales, Estados Unidos y América Latina. Ed. ERA, México, 1982.

Calva, José Luis. Crisis Agrícola y Alimenticia en México, 1982-1988. Fontamara, México, 1990.

Casas Campillo, Carlos. "Aspectos del desarrollo de la biotecnología en México" en Leonel Corona (coordinador) *Universidades en la Política Científico-Tecnológica*, UNAM, México, 1982.

Casas, Rosalba. La Investigación Biotecnológica en México. Tendencias en el sector agroalimentario. IIE/UNAM, México, 1993.

Casas, Rosalba. "El desarrollo de la biotecnología agroalimentaria en México" en *Economía Informa* No. 233, noviembre de 1994.

Casas, Rosalba. "La Biotecnología y su incidencia en los problemas ambientales en México". en *Revista Mexicana de Sociología*. IIS

Calestus, Juma. "Difusión de la biotecnología en África oriental y del sur. *Revista Mexicana de Sociología*. IISociales/UNAM, año LIII, No. 2, abril-junio de 1991.

Capstick, Margaret. La Economía de la Agricultura. FCE, México, 1986.

Ceceña, Ana Esther. "Sobre las diferentes modalidades de internacionalización del capital." *Revista Problemas del Desarrollo*. IIEc No. 81 abril-junio de 1990.

CINVESTAV/Conacyt. México en la Biotecnología. Banco de datos, versión *CD-Room*. 1996

Conacyt. Biotecnología, el desarrollo de la biotecnología en México: evaluación de oportunidades. Segundo Taller, Morelos, marzo de 1985.

Cooke, Robert. "La Nueva Agricultura. Aplicaciones de la Ingeniería Genética" en Revista *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 5, núm. 76, enero de 1983

Corona, Leonel. "Revolución científico-técnica" en L. Corona (Coordinador) México ante las nuevas tecnologías. Editorial Miguel Angel Porrúa, 1992

Corona, Leonel. La División Internacional del Trabajo y la Revolución Científico-Técnica" en Chavero (Coordinador) *La Tercera Revolución Industrial en México: Diagnóstico e Implicaciones*. IIE-UNAM, 1992.

Cosío Silva, L. "La Agricultura" en Historia Moderna de México. El Porfiriato, vida económica. Tomo I. Editorial Hermes, México, 1965

Chávez, Víctor M. "Cultivo de Tejidos", en *La Jornada Ecológica*. Año V. No. 54. Feb. de 1997.

Chauvet, Michelle. "Biotecnología: opción para un desarrollo sustentable" en Revista *El Cotidiano* No. 47. UAM-A, mayo de 1990.

Chauvet, Michelle, Dinah Rodríguez y Rosalba Casas. La Biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas. UAM/UNAM, México, 1992.

Chauvet, Michelle. "Biotecnología y rentas tecnológicas." Revista *Sociológica*, año 6, No. 16, UAM/A, mayo-agosto de 1991

Chauvet, Michelle y Yolanda Massieu. "La influencia de la biotecnología en la agricultura mexicana. Estudios de caso." En Revista *Economía. Teoría y Práctica* No. 6, 1996.

Derry/Williams, *Historia de la Tecnología*, Vol 1 Siglo XXI editores, México, 1977.

Derry/Williams. *Historia de la Tecnología*, Vol. 2 Siglo XXI editores, México, 1977.

Derry/Williams. *Historia de la Tecnología*. Vol. 3 Siglo XXI editores, México, 1977.

Diario Oficial de la Federación, Tomo CDLX, No. 3, 6 de enero de 1992.

Dieter, Ernst y David O'Connor. Technology and Global Competition. OECD, París, 1989.

Dirección General de Política Agrícola de la SAGAR.

Escalante, Roberto y Teresa Rendón. "Neoliberalismo a la mexicana: su impacto sobre el sector agropecuario". en *Problemas del Desarrollo* No. 75, IIEc/UNAM, oct.-dic de 1990.

FAO. "Biotecnología Apropiable: racionalidad de su desarrollo y aplicación en América Latina y el Caribe" en RED de Cooperación técnica en Biotecnología Vegetal, 1995.

Feder, Ernest. Violencia y Despojo del Campesino: latifundismo y explotación. 4ª edición, Siglo XXI, México, 1984

Ferguson, Adam. *An Essay on the history of Civil Society*. Edimbug, 1767.

Gaceta UNAM. No. 55, 21 de feb. de 1996

Gaceta UNAM.No. 57, 4 de nov. de 1996

Gershenson, Carlos. "Nuestro futuro genético y la medicina". *La Jornada*, Lunes en la Ciencia, 2/02/98.

Gómez Cruz, Manuel A. y Felipe de Jesús Caraveo López: "La Agromaquiá hortícola: nueva forma de penetración de las transnacionales" en *Revista Comercio Exterior*, Vol. 40, No. 12. México, diciembre de 1990.

Gómez, Miguel Angel. "Plantas transgénicas, la vacuna ideal" *La Jornada*, Lunes en la ciencia, 9/02/98.

González, Consuelo. "Terciarización de la Industria o Industrialización del Terciario" en Chavero (Coordinador) La Tercera Revolución Industrial en México: Diagnóstico e implicaciones. IIE-UNAM, 1992.

González, Rosa Luz, et al. Taller "Prospectiva en Agrobiotecnología" en *Biocit Siglo XXI*, año 2 No. 4, 1993.

González, Rosa Luz y Rodolfo Quintero. "La biotecnología y sus impactos: el caso de los nuevos edulcorantes." en Varios, Biogenética y Agricultura. Secretaria del Trabajo y Previsión Social, México, 1986.

González, Luis. "Los días del presidente Cárdenas (1934-1940)" en Historia de la Revolución Mexicana Tomo XV, México; 1981. El Colegio de México.

Gordillo de Anda, Gustavo. "La inserción de la comunidad rural en la sociedad global" en *Revista Comercio Exterior*, Vol. 40 No. 9, septiembre de 1990.

Greenshields, Rod. Resources and applications of biotechnology. McMillan Press, United King.

Guzmán, Oscar. "Energía y Sector Agrícola de Subsistencia" en revista *Comercio Exterior*, México, abril de 1982

Hernández Estrada, Julio et al. "Hacia un Nuevo Proceso de innovación tecnológica en el sector agroindustrial" en Varios. Seminario Nacional sobre la Agroindustria en México. UACH- Conacyt, México, 1991.

Hewitt de Alcántara, Cynthia. La Modernización de la agricultura Mexicana 1940-1970. Siglo XXI, México, 1979,

Ibarra, David. "Problemas institucionales y financieros de la agricultura" en Revista *Comercio Exterior* Vol. 45, No. 9, México, septiembre de 1995.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estadísticas Históricas de México. México, 1994, en dos tomos.

INEGI. El Sector alimentario en México. Edición 1993, Ags. Calientes, México, 1994

INEGI El Sector Alimentario en México, 1995

Jaffe, Walter y Eduardo j. Trigo. "La agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: elementos para estrategias nacionales" en revista *Comercio Exterior* Vol. 44 No. 7. Julio de 1994

Katz, Friedrich. "México: La restauración de la república y el porfiriato, 1867-1910" en Bethell Leslié. Historia de América Latina. Vol. 9. Cambridge University Press/Crítica, Barcelona, España, 1992

Kenney, Martin. The Debate over the Deliberate Release of Genetically Engineered Organisms: a study of state environmental policy making. USA, 1992.

Leglisse, Alejandra. "La ingeniería genética en el campo, proceso susceptible de comercialización." Periódico, *El Financiero*, 13/03/98, sección Análisis, pág. 22A

Limón Lason, Jorge. "La Biotecnología ¿un arma del futuro?" en Revista *Ciencia y Desarrollo*. Marzo-abril 1983. Año 9, número 43.

Madisson, A. La Economía Política de la Pobreza, la equidad y el crecimiento: Brasil y México. FCE, México, 1993

- Marañón, Boris. "La expansión de la agroexportación no tradicional en América Latina. Los casos de México y Perú. Mimeo, sep. de 1996
- Márquez, Eulalio. "La agroindustria y Organización de productores en el estado de Tlaxcala" en Varios. Seminario Nacional..
- Marx, Karl. El Capital. Crítica de la Economía Política. Tomo I, F. C. E.
- Marx, Karl. El Capital, Crítica de la Economía Política. Tomo III, vol. 8, Siglo XXI editores, México, 1990.
- Marx. El Capital, Libro 1 Capítulo Sexto Inédito Siglo XXI, México, 1981.
- Marx. Miseria de la Filosofía. Editorial Progreso, Moscú, 1982.
- Massieu Trigo, Yolanda. "Biotecnología y Mercado de Trabajo: el caso de la Floricultura". Tesis doctoral. Facultad de Economía, UNAM, abril de 1995
- Massieu Trigo, Yolanda. "En la encrucijada de la competitividad. productividad del trabajo e innovación tecnológica en el agro". en Revista *El Cotidiano* No. 64, sep.-oct. de 1994.
- Massieu Trigo, Yolanda. "La floricultura mexicana y el mercado mundial; ¿opciones agrícolas del modelo neoliberal?" en *Análisis Económico* No. 22, vol XI UAM-A, 1993.
- Massieu Trigo, Yolanda. "Plaguicidas y biotecnología. El poder multinacional." Revista *Sociológica*, año 6, No. 16, UAM/A, mayo-agosto de 1991.
- Moguel Viveros, Julio. "La época de oro y el principio de la crisis de la agricultura mexicana 1950-1970" en Historia de la Cuestión Agraria Mexicana Tomo 7 Siglo XXI, México, 1988.
- Navarro. "El potencial de la micropropagación en la agricultura a través de la creación de Empresas de Base Tecnológica" en *Economía Informa* No. 232, octubre de 1994.
- Orozco, Esther. "Clonación Humana. Posibilidades e implicaciones." *La Jornada*, Lunes en la ciencia. 9/02/98
- Otero, Mariano. Ensayo sobre el verdadero estado de la cuestión social y política que se agita en la República Mexicana, Primer Texto Introductorio. CEN-PRI, México, 1986.
- Paredes, Octavio. "Retos y Oportunidades de la Biotecnología agroalimentaria" en *Comercio Exterior*, vol. 40, Num. 12, 1990

Pellicer, Olga. "Balance de un sexenio" en Historia de la Revolución Mexicana. Tomo 23. El Colegio de México, 1980

Peña, Sergio de la. "El agrarismo y la industrialización de México, 1940-1950" en Historia de la Cuestión Agraria Mexicana. Siglo XXI, México, 1989

Pérez, Carlota. "Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo" *El Trimestre Económico*, número 59, 1992.

Pérez Martínez, Jorge et al. Bacteriología General. Principios Químico Biológicos. FMVZ/UNAM, 1990.

Periódico *El Economista*, marzo de 1997

Periódico, *El Financiero*, marzo 13 de 1998.

Periódico *La Jornada*, Suplemento Investigación y Desarrollo, año V, No. 42, nov. De 1996

Periódico *La Jornada*, Suplemento, *La Jornada Ecológica*, No. 54, feb. de 1997

Periódico *La Jornada*. Suplemento *Investigación y Desarrollo*, Año IV, No. 29, octubre de 1995

Periódico *El Universal*, marzo de 1997

Periódico *Reforma*. "Buscan Clonar Humanos". 8/01/98. Pág. 20A.

Persley, Gabrielle. Agricultural Biotechnology: Opportunities for International Development. United. King, 1990.

Pipitone, Ugo. La Salida de Atraso: un estudio histórico comparativo. CIDE-FCE, México, 1994

PRD. "Para la creación de las Regiones Autónomas" Proyecto de Iniciativa de Reforma. LVI Legislatura del Congreso de la Unión de los EUM.

Quintero Ramírez, Rodolfo. "Enfoques de la Biotecnología" en Boletín *Biocit Siglo XXI*, No. 5 CIT/UNAM, 1993

Quintero, Rodolfo. "Situación internacional de la biotecnología: presente y futuro" en *Prospectiva de la biotecnología en México*, Fundación Barros Sierra, México

Quintero, Rodolfo. "Retrospectiva de la Biotecnología en México." Revista *Bicit Siglo XXI* Centro para la Innovación Tecnológica, UNAM. Año 3, No. 8, abril de 1994

Quintero, Rodolfo. "Biotecnología Moderna y el Campo Mexicano" en José Luis Calva (Coordinador). *Alternativas para el campo mexicano*. T. II..Fontamara, 1993

Rabiela Rojas, Teresa. "Tecnología agrícola precolombina" en Juan José Saldaña (Coordinador). Historia Social de las ciencias en América Latina. UNAM/M. A. Porrúa, 1996.

Rabiela, Teresa. "La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI" en Historia de la agricultura. Época prehispánica, siglo XVI. INAH, México, 1989. T. I

Rabiela, Teresa. Las Siembras del Ayer. La agricultura indígena del siglo XVI. SEP/CIESAS, México, 1988.

Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal, FAO, Santiago de Chile, 1995

Revista *Biocit* Siglo XXI, Año 2, No. 4, enero de 1993

Revista *Biocit* Siglo XXI. Año 2 No. 5, abril de 1993,

Revista *Biocit* Siglo XXI, año 2, No. 6, CIT/UNAM, septiembre de 1993.

Revista *Biocit* Siglo XXI, año 3, No. 8, abril de 1994

Revista *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. 1, número 8, 31 de octubre de 1979.

Revista *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT, junio de 1980

Revista *Información Científica y Tecnológica*. CONACyT. Vol. II, número 14, 31 de enero de 1980.

Robles Berlanga, Rosario. "Agricultura y acumulación capitalista en el período de 1940-1965." en *Revista Teoría y Política* No. 14, ene-jun. de 1986

Robles, Rosario. "La década perdida en la agricultura" en Revista *El Cotidiano* No. 50, UAM-A. sep.-oct. de 1992.

Rosario Robles y Julio Moguel. "Agricultura y Proyecto Neoliberal" en Revista *El Cotidiano* No. 34 UAM-A, marzo-abril de 1990.

Rodríguez, Dinah. (Coordinadora) La agroindustria de alimentos balanceados en México Programa Universitario de Alimentos. IIE UNAM, 1989

Rodríguez, Ariel. "Situación actual y perspectivas de la Agroindustria integrada por productores" en Manrubio Morales et al La Agroindustria en México. Vol II UACH, 1987.

Rubio Vega, Blanca y Julio Moguel: "Valor y renta de la tierra en la economía política y en Marx" Ensayos Sobre la Cuestión Agraria y el Campesinado. Juan Pablos Editor.

Rubio Vega, Blanca. Resistencia Campesina y Explotación Rural en México. Edit. ERA, México, 1987.

Rubio Vega, Blanca. "La nueva modalidad del desarrollo capitalista en la agricultura mexicana, 1965-1980" en Revista *Teoría y Política* No. 10, México, 1985.

Rubio, Blanca. "Desarrollo del capital en la agricultura mexicana y biotecnología ; ¿hacia un nuevo patrón de acumulación ? en Revista *Sociológica* año 6, No. 16, UAM-A, mayo-agosto de 1991.

Sánchez Flores, Ramón. Historia de la Tecnología y la Invención en México. SALVAT/Fondo Cultural Banamex, México, 1980.

Sanderson, Esteven: "Fronteras en retirada: aspectos de la internacionalización de la producción agrícola de Estados Unidos y México y sus implicaciones para las relaciones bilaterales en los ochenta". en CIDE: *Economía de América Latina*, segundo semestre de 1982. No. 9.

Sarukhán, José. "Diversidad biológica y cultural" en *La Jornada, Investigación y Desarrollo*, México, julio de 1996

Sheldon, Krinsky. *Biotechnics and Society (the rise of industrial genetics)*. Praeger Press.

Schmidt, Alfred. El Concepto de naturaleza en Marx. Siglo XXI, 4ª edición en español, México, 1983.

Smith & Wood. Molecular Biology and Biotechnology. USA, 1991.

Solleiro, José Luis y Rodolfo Quintero. "Prioridades en investigación y desarrollo en biotecnología agroalimentaria" en *Biocit Siglo XXI* del Centro para la Innovación Tecnológica, UNAM, 1994.

Solleiro, José Luis, Vera-Cruz y Almanza, "Desarrollo Tecnológico en la Agroindustria" en Varios. Seminario Nacional sobre Agroindustria en México. UACH/Conacyt, Tomo II.

Suárez, Blanca y David Barkin. El Fin de la Autosuficiencia Alimentaria. Editorial Nueva Imagen, México, 1982.

Tapia Naranjo, Alfredo. "Agricultura: hacia un Sistema Nacional de Innovación Tecnológica" mimeo. 1995.

Tapia, Alfredo. "Perspectivas del cambio tecnológico en la agricultura mexicana" mimeo. Ponencia para el XV Seminario Internacional de Economía Agrícola del tercer mundo. IIE. octubre de 1995.

Tapia, Alfredo. "Agricultura. Empresas proveedoras y agroindustria". En Corona (Coordinador). Cien empresas innovadoras en México. Porrúa, México, 1997.

Teubal, Miguel. "Internacionalización del capital y complejos agroindustriales: impacto sobre la agricultura latinoamericana" en *Investigación Económica* No. 170 octubre-diciembre de 1984.

Torre, Mayra de la. "Situación actual y perspectivas del departamento de bioingeniería y biotecnología" en Revista *Avance y Perspectiva* Vol. 15, marzo-junio de 1996

Torres, Blanca. "El esfuerzo económico" en Historia de la Revolución Mexicana. Tomo 21. El Colegio de México, 1980

Torres, Felipe. La ola biotecnológica y los retos de la producción agroalimentaria en América Latina y México. IIE/UNAM, 1989.

Varios. La Agroindustria en México. Tomo I. Universidad Autónoma de Chapingo. Programa Integración Agricultura-Industria.

Varios. "Biotecnología aplicada a la producción agropecuaria". Programa Universitario de Alimentos, IIE, UNAM. Cuaderno 3, 1989

Vesta López. "Arqueología industrial y tecnología agrícola en las haciendas jaliscienses del siglo XIX. en Revista *Seminario de Historia Mexicana*, (Época 1, Vol. 1, No. 1, otoño de 1996.

Vega, Fernando E. y Javier Trujillo Arriaga. "Biotecnología Agrícola, espejo de la revolución verde" en Revista Comercio Exterior, vol. 39 No. 11, nov. de 1989.

Vera-Cruz, Alexander, et al. "El subsistema nacional de innovación en biotecnología: el papel de los centros de investigación en México" en *Revista Comercio Exterior*, agosto de 1994.

Williams, Trevor. Historia de la Tecnología. Vol. 4. Siglo XXI editores, México, 1987.

Williams, Trevor. Historia de la Tecnología. Vol. 5. Siglo XXI editores, México, 1988.

Xu Zhaoxiang y Z. Yongchun "Biotecnología en China. Reformas Institucionales e innovación tecnológica". *Revista Mexicana de Sociología*. IIS-UNAM, año LIII, No. 2, abril-junio de 1991, primera parte.