



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE ESTUDIOS LATINOAMERICANOS

“UN MODELO DE BAJO IMPACTO ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO Y AMÉRICA LATINA”



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ESTUDIOS LATINOAMERICANOS

PRESENTA:
JUAN HUMBERTO URQUIZA GARCÍA



DIRECTOR DE TESIS: FILOSOFÍA
DR. IGNACIO SOSA ALVAREZ

FACULTAD DE FILOSOFÍA
Y LETRAS

MÉXICO, D. F.



COORDINACION DE ESTUDIOS
LATINOAMERICANOS

2005

0345369



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Quiero agradecer al Dr. Ignacio Sosa Álvarez por la paciencia y el apoyo que me dio en todo momento y reconocer su labor y dedicación como maestro.

Quiero agradecer al *CONACYT* por la beca que me otorgó vía el proyecto "*Fronteras Interiores: Desarrollo Regional y Resistencia en la Cuenca del Papaloapan, Valle Nacional-Tuxtepec 1930-2003*" que se desarrolla en la UAM-Iztapalapa.

Esta labor es producto de un sinnúmero de factores y circunstancias complejas.

Dedico este trabajo a mis padres por haberme apoyado y brindado cariño y comprensión en todo momento.

Agradezco a Jimena y Uriel por haberme enseñado a compartir el tesoro más grande para un hijo, el amor de Selina y Juan.

También quiero agradecer y dedicar este trabajo a Marcela por el amor y la paciencia (o ciencia) de la artista que fue vital para concretar esta labor.

Quiero dedicarles este trabajo a mis abuelos José María y Guadalupe que hoy son parte de la tierra que alberga todos los cuerpos.

También quiero agradecerles a mis abuelos Aurora y Raúl por el apoyo brindado durante mi licenciatura.

Quiero dedicarle este trabajo a Juan Manuel Urquiza por el cariño y apoyo que siempre me dio.

Quiero agradecer a la familia Calderón Bony, Ricardo, Cata y Frida por abrirme las puertas de Macondo ¡ahhhh no Patamban!

Quiero agradecer a la familia Sule, Tatiana, Claudia, Tamara y a Lu, por todo el apoyo y amistad.

Quiero agradecer a la familia Wimer, Nenuca y Javier, en especial a Renata por brindarme su cariño y amistad.

Quiero dedicar este trabajo a Dani y Karla y al bebé.

También quiero dedicarlo al Chino y Norma y al otro bebé.

Quiero agradecerle a Valentín (El Vull) por todo el apoyo y cariño que me brindó como amigo y compañero de múltiples aventuras en las calles oscuras de Río, la Habana y otros espacios mágicos que compartimos juntos, Ahuuuuuuu!!!!!!!, y recordarle que la próxima noche podrá ser la noche.

Quiero agradecer a todos mis amigos, Hugo, Patula, Sajid, y a todos aquellos que compartieron conmigo frustraciones, alegrías y sueños, que por las secuelas mentales causadas por este trabajo y otras razones que no menciono.

Introducción	2
<i>Evolución y modelos de consumo energético de la historia humana</i>	3
1.1. El desarrollo y los energéticos	19
1.2. <i>Evolución o desarrollo de las sociedades contemporáneas</i>	22
1.3. <i>Puntualizaciones sobre la evolución del sistema de producción</i>	27
1.4. <i>El desarrollo de posguerra, en un mundo bipolar</i>	28
1.5. <i>El periodo de guerra fría y su repercusión en el mundo</i>	30
1.6. <i>Crisis petrolera - reorientación del desarrollo</i>	35
2.1. Las revoluciones técnico científicas y el diversificado y creciente consumo energético	38
2.2. <i>Primera revolución industrial</i>	40
2.3. <i>El gran salto: sustitución energética; era del carbón</i>	48
2.4. <i>La Segunda Revolución Industria. Era del petróleo y la electricidad</i>	52
2.5. <i>Avances técnico-científicos: un sistema complejo</i>	54
3.1. Tercera revolución industrial como autoorganización de la energía	62
3.2. <i>Relación entre energía, tecnología y evolución de los sistemas</i>	65
3.3. <i>La complejidad creciente y el proceso de entropía consecuencia de las primeras revoluciones industriales</i>	73
3.4. <i>La tercera revolución industrial</i>	83
3.5. <i>La autoorganización social y sus particularidades</i>	85
3.6. <i>Crisis energética: optimización del sistema de consumo</i>	90
3.7. <i>El calentamiento global</i>	91
3.8. <i>Campana de Hubert fin de la era del petróleo</i>	92
3.9. <i>Evolución en ciencias y técnicas: Los ordenadores</i>	94
3.10. <i>Paralelismo: Cibernética y Genética</i>	99
3.11. <i>La genética</i>	105
3.12. <i>Las Biotecnologías y su evolución</i>	110
3.13. <i>La economía basada en el hidrógeno</i>	121
4.1. La evolución del sistema de desarrollo científico-tecnológico en México	126
4.2. <i>La sustitución de importaciones</i>	127
4.3. <i>1970 la institucionalización de la ciencia y la tecnología: creación del CONACYT</i>	131
4.4. <i>1990-1994: apertura comercial y la aplicación de proyectos y programas científico-tecnológicos dedicados al desarrollo</i>	137
4.5. <i>Las políticas para la biotecnológica: 1990-1994</i>	142
4.6. <i>El Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM antes CIFN</i>	145
A manera de Conclusión	155
Bibliografía	166

Evolución y modelos de consumo energético de la historia humana

El desarrollo del pensamiento ecologista durante los últimos treinta años ha demostrado que existe una relación directa entre desarrollo económico-social y capacidad de carga del sistema biótico, mejor conocido como medio ambiente. Esta relación ha provocado el surgimiento de conflictos políticos-ambientales consecuencia de la explotación desmedida de los recursos naturales por parte de las empresas nacionales o trasnacionales involucradas en estimular el desarrollo económico-social; que parte de la super-explotación del medio ambiente.

Los conflictos ambientales no surgen de manera espontánea, o de un día para otro, son procesos histórico-complejos que evolucionan de diversas formas dentro del sistema social.

Después del informe científico publicado en 1957 por el ISOC el debate tomó fuerza. El despliegue de esta forma de entender la realidad y la importancia de replantear los modelos de desarrollo llevaron al desarrollo de varios proyectos que iniciaron con la conferencia sobre *Medio Ambiente Humano* en Estocolmo en 1972, proponiendo trabajos a realizar que se expresaron en La *Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro* en 1992, y la última reunión de *Johannesburgo* en 2002 donde los avances han sido mínimos con relación al problema que se enfrenta. La firma y la ratificación de los acuerdos, sobre la reducción de las emisiones de gas carbónico y el cambio climático, de Kyoto firmado en 1997 han sido rechazados por las potencias industriales al no ratificarlo, ya que el tratado no conviene a la lógica de crecimiento basado en la industrialización.

La conferencia sobre Medio Ambiente Humano realizada en Estocolmo es un antecedente importante dentro de la discusión sobre los impactos del desarrollo, basado en la industrialización, sin embargo este primer esfuerzo no puede verse como un hito dentro de la historia humana ya que la discusión sobre estos temas era aún reducida, sólo eran participes sectores muy reducidos como científicos y grupos ecologistas, y aún no se avizoraban muchos de los problemas los cuales fueron tema central dentro de la discusión en Río. En este sentido la conferencia de Estocolmo se dio antes que problemas como: el calentamiento global del planeta apareciera en el radar, de manera que no había mucho de que hablar todavía sobre cooperación global, y el Sur aún no tenía muy claro porque el medio ambiente debía considerarse como un tema importante.

La Cumbre de la Tierra realizada en Río de Janeiro marca el inicio de una nueva visión de cómo entender el desarrollo. Una preocupación que en un principio era de pocos fue asumida como una consigna global. Aunque los acuerdos internacionales tomados en Río no hayan marcado, hasta hoy, un cambio significativo, en las políticas de desarrollo, han sido un precedente, el cual no es menor. Río dio un contenido de futuro a la política ambiental al transformarla, e instrumentarla, en un núcleo o nódulo aglutinador de un nuevo modelo de desarrollo y con ello superar la percepción imperante del conservacionismo ya que no existía un discurso ambiental unificado.

Desde mediados de los años setenta se pusieron de manifiesto los diferentes intereses y preocupaciones de los países industrializados y los del Tercer Mundo frente a la problemática ambiental. Los primeros, privilegian una perspectiva conservacionista de la naturaleza y una política remedial de los efectos contaminantes de los procesos productivos dentro de condiciones económicas, la racionalidad productiva, las prácticas de consumo y los patrones tecnológicos prevalecientes. Al mismo tiempo proponían el control demográfico y el freno al crecimiento económico frente a la imposibilidad de mantener indefinidamente las tendencias actuales del modelo de crecimiento dominante.

Para los países subdesarrollados, el ambiente aparece fundamentalmente como el potencial de un sistema de recursos que conduce a innovar procesos productivos capaces de balancear las condiciones ecológicas de producción de recursos con las fuerzas tecnológicas de su transformación en bienes de consumo, en un proceso sostenible a largo plazo en esta perspectiva se abren las posibilidades para pensar e instrumentar nuevos estilos de desarrollo a partir de la especificidad ecológica, la pluralidad cultural y la capacidad tecnológica de los habitantes de las diferentes regiones, naciones, pueblos y comunidades. Así, la problemática ambiental para los países del Tercer Mundo presenta alternativas creativas de cambio en los patrones productivos, para la satisfacción de las necesidades fundamentales de la población y el mejoramiento de su calidad de vida.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro en 1992 fue una referencia importante en las relaciones internacionales y el desarrollo del derecho internacional. Reafirmó el concepto de Desarrollo Sostenible introducido por la Comisión Brundtland que tenía como máxima *"hacer frente a las*

necesidades de hoy sin comprometer la posibilidad de que futuras generaciones de hacer frente a sus propias necesidades.”

La Conferencia adoptó la Declaración de Río que incluían los principios de precaución, internalización de costes ambientales, y de cambio de modelos de producción y consumo, la Agenda 21 y los Principios Forestales. Dos importantes convenios, que se vinculaban entre sí, Cambio Climático y Diversidad Biológica que fueron adoptados en dicha Conferencia y las negociaciones comenzaron con respecto a la Convención sobre Desertización. La Cumbre estableció la Comisión sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para controlar la puesta en práctica de la Agenda 21.

La Agenda 21 es un documento Programático, que consiste en 40 capítulos donde están contenidos cerca de 100 programas diferentes y 3000 recomendaciones. Aborda sectores clave como la agricultura, industria y gestión urbana e identifica muchas prioridades medioambientales como la conservación de la biodiversidad, protección de los océanos y mares, cambio climático, residuos peligrosos, sustancias químicas tóxicas y recursos hídricos, así como una serie de temas paralelos como la transferencia tecnológica, pobreza, población y comercio. Refleja la visión de un amplio grupo de expertos, participantes en las reuniones preparatorias, aunque el apoyo político quedó desdibujado. Como tal es un proyecto a largo plazo para el desarrollo sostenible en el siglo XXI.¹

De este debate contemporáneo han surgido nuevas visiones de cómo se debe entender el desarrollo. Las crisis energéticas, ambientales y ecológicas nos deben llevar a pensar que los recursos naturales son la base que sostiene a la sociedad y no deben verse como instrumentos para la explotación sino de acumulación. El sentido de acumulación ya no debe considerarse en función del trabajo acumulado, sino en la conservación (no individual, sino global) de la megadiversidad biológica, ya que en ésta se pueden encontrar las claves para formular nuestros modelos de desarrollo beneficiando a nuestra región. Pensar en modelos de desarrollo que tengan como base la industrialización es no entender el mundo y su dinámica; sería como pedir a los grandes estados capitalistas que detuvieran su historia y con ella los beneficios que ha traído a sus sociedades.

¹ *“Cumbre para la Tierra. Programa 21. Programa de acción de las Naciones Unidas de Río.”* Texto definitivo de los acuerdos logrados por los Gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), que se llevó a cabo del 3 al 14 de Junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Págs. 326

La conservación y la optimización de los recursos naturales, junto con una nueva idiosincrasia pueden ser la llave para solucionar los problemas que ha causado el sistema industrial: la pobreza, la falta de alimentos, el desgaste de la tierra por los plaguicidas, los sistemas de explotación excesiva de los recursos naturales, son problemas que podrían solucionarse gracias a las nuevas técnicas de desarrollo sustentable o ecotécnicas. Hay que tener muy en cuenta los problemas de monopolización del conocimiento y los recursos bioestratégicos, ya que los intereses de las jerarquías provocan la monopolización de los recursos que han sido el sostén de las sociedades no incorporadas al sistema de desarrollo capitalista; semillas, agua, bosques etc. Por otra parte la gestión sustentable de estas riquezas puede ser la vía de solución a los problemas de desarrollo de nuestras sociedades y su preservación un aporte muy significativo a la sociedad global, dado que las relaciones mundiales nos obligan a entender el desarrollo ya no desde la óptica industrial y si de un respeto sobre la naturaleza y sus recursos de los que dependemos y dar soluciones a los problemas de superexplotación y contaminación ambientales que hoy en día no solo son locales o regionales sino globales.

En este sentido es importante empezar a documentar historiográficamente los problemas ocasionados al ambiente durante la era industrial, ya que esto nos puede servir para replantear los modelos de desarrollo, viendo en retrospectiva histórica los daños ocasionados al ambiente por las técnicas y los formas clásicas de desarrollo, basadas en la industrialización, instrumentadas en la región producto de una forma de entender el mundo y como hacer de este un mejor lugar para vivir.

El desarrollo de una historia ambiental latinoamericana que parta de un análisis sistémico ecológico es fundamental para el enriquecimiento del debate contemporáneo en materia de gestión y desarrollo ambiental. Este debate en torno a las implicaciones de la era industrial en las sociedades contemporáneas ha sido estudiado desde diversas ramas del conocimiento, antropología ecológica, derecho ecológico, economía ecológica, economía política, ecología, biología, historia, sociología etc. Un elemento importante que no podemos dejar de lado es que en el debate parece unificarse metodológica y teóricamente en un conjunto de categorías desarrolladas por la ecología funcional dando la base para el desarrollo de las ciencias ambientales.

Las distintas etapas de la evolución de la historia humana han estado íntimamente ligadas a distintos patrones de consumo energético que han alterado los ecosistemas. Todos los seres vivos en la tierra, seres humanos incluidos, forman parte de complejas redes de interdependencia entre las diferentes especies de plantas y animales que constituyen una cadena evolutiva.

Cuando aparecieron los primeros seres humanos funcionaban prácticamente como herbívoros, pero también eran carnívoros, recogían animales muertos y practicaban un poco la caza. Su número estaba condicionado por la capacidad de los ecosistemas locales para mantenerlos en número y especie. Hoy, pese al desarrollo científico-tecnológico, el desarrollo de la sociedad sigue estando condicionado a los límites impuestos por el medio ambiente.

En este sentido la historia humana y de las sociedades es: la historia de cómo éstas han solucionado obstáculos impuestos por el medio ambiente aprovechando la energía disponible en la naturaleza. Vencer estas limitantes ha tenido un impacto para el medio ambiente.

Los primeros pasos, en esta constante transformación de los ecosistemas, marcaron la expansión de los seres humanos por todo el mundo y la adopción de técnicas que les permitieron dominar los ecosistemas terrestres; uno de los ejemplos más claros es la domesticación del fuego que permitió la expansión social a nuevos hábitats. Esto dependió de una serie de factores como el aumento en el tamaño del cerebro: la capacidad de desarrollar un lenguaje más complejo, la cooperación social y el desarrollo de diversas tecnologías muy simples en un primer momento que les permitieron adaptarse a las condiciones impuestas por diversos hábitats. En las primeras etapas las personas vivían de la recolección y la caza lo cual implicaba un impacto limitado sobre los ecosistemas.

En esta primera etapa de la evolución social la energía utilizada para desarrollar los trabajos de recolección y caza se limitaba a la energía humana y no era diversificada como en las etapas posteriores.

La primera gran transición de la historia humana fue la adopción de la agricultura y el auge de las comunidades sedentarias. Esta vía permitió alimentar a un número mayor de seres humanos aunque limitado por los fenómenos naturales y los cambios climáticos.

El crecimiento de las poblaciones humanas no decreció con el paso del tiempo, al contrario fue en aumento, la forma en que estas primeras sociedades lograron vencer los condicionamientos ecológicos fue con la adopción de la agricultura, este no fue un proceso súbito pero el resultado final fue la alteración o destrucción de los ecosistemas naturales, ya que toda actividad agrícola supone la creación de un medio ambiente artificial para el cultivo de plantas seleccionadas y cuidar de los animales domésticos.

El desarrollo de la agricultura por parte de las sociedades marcó un punto de ruptura y abandono de una forma de vida que prevaleció durante dos millones de años aproximadamente. Esta transición solucionó de alguna manera el problema de cómo alimentar a un número de personas cada vez mayor ocasionando un crecimiento demográfico todavía más intenso. La adopción de la agricultura resultó ser un medio efectivo para mantener a un número mayor de personas poniendo más tierra en producción y métodos de cultivo más intensivos pero también significó la ruptura de los primeros ecosistemas.

La adopción de las técnicas agrícolas fue determinante para la aparición de los centros urbanos. A medida que se necesitó más tierra para cultivar alimentos, se fueron destruyendo más ecosistemas naturales. La creciente demanda de recursos provocada por el crecimiento de las cifras demográficas no sólo supuso tensiones para el medio ambiente, también forzó el desarrollo de técnicas más complejas que requerían más esfuerzo para obtener la energía o recursos suficientes. La adopción de la agricultura requirió más trabajo como sembrar, regar y cosechar. La domesticación de animales que es parte de la era agrícola requirió actividades como guardarlos, ordeñarlos, pastorearlos.

La adopción de nuevas técnicas y de procesos de producción más complejos ocasionaron la tala constante de bosques y la devastación cada vez mayor de ecosistemas debido a la necesidad de vestir y alimentar a los seres humanos.

Desde la perspectiva neoclásica, de la economía y de la historia, la creciente habilidad de las sociedades humanas para controlar y modificar el medio ambiente con el fin de satisfacer sus necesidades, apoyándose en la invención de nuevas técnicas y de procesos de producción más complejos, haciendo gala de grandes dosis de ingenio y de una gran capacidad para responder a los retos para encontrar soluciones a los problemas se entendió como progreso. Desde una perspectiva ecológica, por el contrario, este proceso parece una

sucesión de formas cada vez más complejas y perjudiciales para el medio ambiente de satisfacer las mismas necesidades básicas de los seres humanos.

La segunda gran transición de la historia humana se basó en el uso de fuentes de energía basadas en los combustibles fósiles. Esta marcó un salto masivo en el proceso de utilización de una cantidad mayor de los recursos de la Tierra para mantener a muchas más personas.

Todas las formas de energía usadas hasta esta transición eran renovables: la madera, la fuerza humana, la hidráulica y la eólica. La madera era el combustible más importante y su creciente demanda provocó el clareo masivo de bosques en todo el mundo. Hasta la gran transición energética que inicia en Inglaterra hace doscientos años todas las sociedades padecieron una grave escasez de energía que limitó las actividades que podían realizar.

Hasta la transición energética basada en los combustibles fósiles la principal fuente de energía fueron los seres humanos que durante miles de años aportaron con su trabajo el excedente que se requería para la construcción, la agricultura y otras actividades. El uso de animales también fue recurrente para el desarrollo de trabajo, incluso ya iniciada la industrialización se utilizaban de manera recurrente. Combinados de muy diversas formas, seres humanos, animales, agua y viento proporcionaron la mayor parte de la energía mundial hasta bien entrado el siglo XIX.

Un hecho que es importante resaltar es que los historiadores y economistas han centrado sus investigaciones en los cambios tecnológicos producidos en la industria y en la adopción de nuevos procesos industriales dejando de lado el vínculo que éstos tienen con las fuentes energéticas. Uno de los ejemplos que pueden ilustrar este hecho es el caso mexicano ya que al no contar con grandes yacimientos de carbón mineral para el abastecimiento de la industria ferrocarrilera se talaron grandes cantidades de árboles para producir carbón vegetal el cual dió la base energética para alimentar la industria.

Al proceso de tránsito de una sociedad preindustrial a otra industrial se le ha llamado desarrollo. Al igual que el progreso el desarrollo ha sido aclamado no sólo como deseable sino como inevitable para poder mantener a un mayor número de personas y poder satisfacer el aparente insaciable de niveles materiales más altos.

El progreso y el desarrollo desde una perspectiva ecología equivalen a una oleada de destrucción que se extendió por todo el mundo. La colonización de América Latina es un ejemplo muy claro ya que las culturas que enarbolaron esta forma de entender el mundo

devastaron grandes zonas naturales para utilizar los recursos que en ellas se encontraban y como consecuencia se destruyeron las identidades locales las cuales mantenían una relación armónica con su medio. El desplazamiento de comunidades enteras por la voracidad de las élites en un principio europeas y posteriormente Latinoamericanas fue hecho en nombre del progreso y subsiguientemente en nombre del desarrollo; ésto ha sido una constantes hasta hoy en día.

En cada etapa evolutiva, la historia del ser humano está ligada a una forma de consumo energético. Las primeras sociedades humanas mantenían un consumo limitado de energía, se limitaba al consumo de fuentes locales. Posteriormente con el surgimiento de los estados nacionales el consumo aumentó de manera considerable y comenzó un consumo diversificado de las fuentes de energía que en su mayoría eran renovables. El agotamiento y las limitaciones de las fuentes de energía renovable provocaron un salto en el consumo de energéticos fósiles.

Los grupos humanos en una misma sociedad, tienen patrones de consumo diferentes. Dentro de un mismo territorio, como el Estado Nación, existen diversas formas de consumo energético. Estas formas que conviven dentro de un mismo espacio, no siempre son armónicas ya que los intereses por parte de las jerarquías por apropiarse de los recursos de estos grupos en nombre del progreso ocasionan conflictos sociales, políticos y ecológicos.

El Estado mexicano, tomando de ejemplo el petróleo, es un ejemplo claro en este sentido. El modelo de desarrollo basado en el petróleo ocasionó el desplazamiento de comunidades enteras y con ello una devastación de los recursos naturales en las zonas de explotación del energético. Otro ejemplo más lo representan los centros industriales que forman parte de un proyecto que implica una alta inversión energética ya que los procesos empleados para este estilo de desarrollo demandan gran cantidad de hidrocarburos transformándolos en energía eléctrica. Estos centros coexisten con comunidades indígenas y rurales las cuales consumen de forma armónica sus recursos y ofrecen otro estilo de bajo impacto energético.

El resultado de la relación, histórica evolutiva, entre dos culturas diametralmente distintas en sus estilos y patrones de consumo energético que conviven dentro de un mismo territorio es que una termina imponiendo su visión a la otra. La estructura que más energía logra aprovechar, no siempre de forma correcta, termina por imponer sus normas y patrones

de consumo a la otra. De esta forma las culturas que han justificado su evolución histórica en las ideas de progreso y desarrollo han impuesto de forma violenta y depredadora y han terminado por absorber a las otras al homogeneizar y destruir sus formas de aprovechamiento de la energía potencial en el medio.

La imagen que se tenía en el siglo diecinueve de cómo hacer del mundo un mejor lugar para vivir, fue de *"progreso"*, ésta requería de carbón, sin el cual es difícil entender la vasta empresa de expansión colonial. Este paradigma vio su fin en las nuevas tecnologías energéticas; con el consumo de materiales fósiles no renovables, el petróleo. La categoría de *"progreso"* dejó de ser utilizada por los teóricos, ya que las crisis recurrentes del sistema y las constantes guerras, junto a la innovación de tecnologías, orillaron a reformular el paradigma:

Después del año de 1945 la búsqueda de control de los recursos energéticos por parte de las naciones industrializadas, el proceso de reconstrucción de las naciones destruidas por la guerra y, en los países emergentes las guerras de liberación nacional, todo dentro del contexto de la guerra fría, dieron los elementos para dar paso a la categoría de *"desarrollo"*.

La categoría de desarrollo, igual que la de progreso son visiones o categorías históricas que se transforman según las necesidades de control energético de las naciones desarrolladas. Estas categorías evolucionan y se reinterpretan en función de intereses geopolíticos.

La categoría de progreso entró en crisis después de la Primera Guerra Mundial cuando el sistema experimentó sus fallas que desembocaron en la Segunda Guerra Mundial. al fin de ésta surgió la idea de desarrollo sustentada en el consumo del petróleo y en la industrialización. La idea de *"desarrollo"* es sucesora de la de progreso, y ha acompañado la propagación de la industrialización. Este proceso, a su vez, se ha alimentado del petróleo a lo largo del periodo nacionalista posterior a la Segunda Guerra Mundial. Esta visión sobre cómo crear condiciones favorables para todo el mundo empezó a ver sus límites en varios factores que la industrialización no pudo resolver y mostró las grandes contradicciones de la modernidad, en el sentido de que la industrialización provocó un gran deterioro ambiental y ecológico.

La idea de desarrollo estuvo marcada siempre por la idea de que productividad y eficiencia habían sido el éxito del industrialismo, pero lo que nunca se tomó en cuenta fue la creciente dependencia de consumo de energéticos fósiles y el consiguiente incremento de los problemas ecológicos.

Hoy el desarrollo no se puede entender en forma lineal ya que debe incluir con el desarrollo industrial y el político, el ecológico. El desarrollo hoy en día no debe entenderse como simple acumulación de capital, es un proceso más complejo que involucra distintos espacios dentro de la esfera de relaciones sociales (política, economía, cultura, relación con la naturaleza etc.).

El desarrollo de acuerdo con el tipo de consumo energético ha sido el eje rector del mundo moderno (mundo capitalista). Este "*ethos*" histórico no es exclusivo de alguna ideología ni de un modelo político, es una consecuencia histórica de las sociedades y por consiguiente se ha modificado según las necesidades de la industria.

Se han planteado distintas vías de desarrollo político y económico para alcanzar tan deseado fin. El mundo ha vivido distintos estadios de desarrollo, acompañados siempre por descubrimientos técnico-científicos vinculados con la energía que han sido un parteaguas para la producción. En ellos podemos ver el potencial revolucionario que surge con el capitalismo en la sociedad, y así observar diversas transformaciones: sociedades pre-capitalistas y capitalistas, sociedades modernas y tradicionales, sociedades agrícolas e industriales. Estos parteaguas no deben verse como el único factor que provoca estos cambios en las sociedades ya que van acompañados de cambios ideológicos, políticos y sociales que los anteceden, pero sí pueden verse como catalizadores.

El desarrollo de los países latinoamericanos, durante el periodo de guerra, estuvo dirigido hacia una política de industrialización y de alto consumo energético que fue llamada modelo de sustitución de importaciones. Durante el periodo de guerra, las naciones latinoamericanas lograron importantes avances en el campo de la industrialización, puesto que durante el periodo de guerra la economía norteamericana había desplazado al capital europeo de su radio de influencia natural. Es importante advertir que el crecimiento latinoamericano en este periodo estuvo directamente relacionado con la política de guerra. América Latina se dedicó a sentar las bases para formar una incipiente industrialización

dedicada a satisfacer las necesidades de un mercado interno que, gracias al aumento demográfico del Tercer Mundo era posible.

Algo que hay que tener en cuenta para ver por qué el desarrollo latinoamericano, basado en la industrialización, nunca logró sus objetivos, fue el factor de desarrollo técnico científico.

El progreso y el desarrollo desde distintas interpretaciones y aplicaciones han tenido como motor la ciencia y la técnica.

Las mutaciones técnicas proporcionaron la capacidad de generar excedente en la agricultura, este excedente energético servirá como vehículo a la ciudad para aumentar en número y en complejidad, debido a las dinámicas de autoorganización del sistema.

Las revoluciones técnico-científicas son procesos complejos. Es una totalidad que abarca e integra revoluciones sectoriales en la agricultura, la demografía, el transporte, el comercio, la industria, la ciencia, la cultura, la opinión pública, la política, la guerra, el estado, el derecho.

El desarrollo mundial basó su desenvolvimiento en el consumo de energéticos fósiles, está no fue una transformación súbita y de fondo, fue un proceso largo y doloroso que transformó el mundo en todo sentido.

Los principales indicadores son el súbito y agudo ascenso de las principales dimensiones económicas: productividad, producción, en una serie de industrias y servicios estratégicos; paso a la producción en masa; renovación completa de actividades industriales; ruptura de los límites a la capacidad productiva, para la multiplicación constante e ilimitada de personas, bienes, servicios, riqueza, empleos; por ende, afirmación de la preponderancia de la industria en el conjunto de la economía. Se van dando las condiciones y rasgos del llamado despegue hacia el crecimiento autosostenido. Estos indicadores, entendidos en un lenguaje energético, marcan puntos fundamentales para observar cómo el consumo de energía fue en crecimiento constante.

La mayor producción y la multiplicación constante operaron como base del crecimiento autosostenido donde no se entienden ni existían límites para la expansión del modelo, un planeta que mantendría eternamente sus recursos por los siglos de los siglos.

La revolución técnica en el agro fue un detonador que permitió desde estos momentos que el desarrollo de la ciencia y la técnica ocuparan un lugar central

Podemos afirmar que la revolución técnica en el agro fue condición de la industrial, puesto que del campo se extrajo el excedente energético. En este sentido la agricultura prepararía el terreno para el surgimiento de las sociedades industriales

La relación entre ciencia-tecnología y revolución industrial fue un elemento significativo, sin el no podríamos entender la relación entre desarrollo técnico-científico e incremento total de energía. Es importante aclarar que la industrialización y el desarrollo de la ciencia y la técnica en este primer momento no estaban directamente relacionados, y muchas innovaciones técnicas ocurrieron antes de ser utilizadas a escala industrial.

El sistema científico, su desarrollo y complejidad, está en un constante proceso de continuidad: las innovaciones técnicas de la revolución industrial se hicieron realmente a sí mismas. Estos procesos no son lineales ni mecánicos y responde a una dinámica autoorganizativa que determina estocásticamente la evolución de la ciencia y la técnica hacia el aumento en el consumo energético.

En este sentido podemos afirmar que: el consumo energético además de incrementarse se vuelve más complejo según las necesidades de consumo y expansión de la sociedad, al incorporar nuevas energías, este es el caso en la segunda revolución con el petróleo.

La segunda revolución industrial como la primera, tuvo como característica general una expansión notable en el consumo total de energéticos, teniendo como variable el consumo de nuevos materiales fósiles: el petróleo; sin dejar de utilizar el carbón. En el sistema, sus relaciones se tornaron más complejas.

La segunda revolución contiene nuevas relaciones. El carácter empírico de la técnica queda rebasado por el enfoque programático del sistema científico, que permitirá pensar en términos de aumento en la producción. Ciencia y técnica progresan rápidamente, sufren profundas transformaciones, aumentan sus interrelaciones y las ejercen sobre los procesos productivos. Una de las características más importantes es la influencia que logra tener sobre los países que debido al desarrollo de su base industrial les permite adoptar nuevos modelos de consumo energético basado en el petróleo y la electricidad.

Esta internacionalización del paradigma se da en forma después del último cuarto del siglo, su influencia abarca hasta la segunda guerra mundial, donde la tercera revolución empieza a tomar forma: el paradigma técnico-científico basado en el incremento de consumo energético necesitaba una plataforma que lo impulsara; la ciencia y la técnica.

El sistema científico vinculado cada vez más al entramado técnico en la segunda revolución, genera una interacción que provoca un desarrollo notable en las instituciones educativas orientadas al desarrollo de la producción. En muchos casos orientadas por intereses del estado o de empresas privadas que invierten en investigación, empezándose así a formar y a complejizar el sistema técnico científico.

La educación fue un detonador del sistema. El sistema educativo ha estado directamente relacionado al Estado, esta relación es importante tenerla en mente. El Estado actuó como director del sistema productivo social. El avance científico no habría llegado a ser igualmente efectivo y actuante en los principales aspectos y consecuencia de la segunda revolución, si no hubiera estado acompañado por cambios de actitudes, concepciones y prácticas fundamentales en y hacia la organización socioeconómica y política, y sobretodo en cuanto al papel del estado, sus intervenciones, su sector público. La segunda revolución es a la vez concomitante, premisa, causa concurrente, componente y resultado, del avance en el micro intervencionismo y dirigismo. Este dirigismo actuó sobre el sistema educativo en todos sus niveles.

En la década de los años setenta del siglo XX se dió otro paso en el mundo, el surgimiento de la Revolución informática y de libre flujo de información. Este abrió un nuevo horizonte para el desarrollo político, económico, y social: fue el parteaguas que marcó el fin de los regímenes socialistas provocando la extinción de un modelo de desarrollo político alternativo al liberal. Este avance de la comunicación de masas fue la piedra angular del nuevo capitalismo. El sistema vivió un nuevo fenómeno de expansión ideológica. Así, el capitalismo irradiaría su influencia a todo el mundo.

El desarrollo de la revolución genética en los últimos veinte años ha abierto un gran debate y toma gran importancia como paradigma global, ya que dentro del discurso positivista de la ciencia abre un sinnúmero de posibilidades para el desarrollo de nuestras sociedades, sobre todo, porque la concentración de recursos bio-estratégicos en América Latina es la más grande en todo el globo. La mayor cantidad y diversidad de germoplasma o biodiversidad está concentrada en las selvas húmedo-tropicales, las cuales están repartidas por todo el globo consecuencia de los movimientos tectónicos en diferentes eras geológicas. Diversas investigaciones estiman que: el 60% de estos espacios húmedo-tropicales está concentrado en América latina; los arrecifes coralinos y las zonas de

manglares están consideradas dentro de las estimaciones totales de riqueza biológica del mundo. Los cálculos engloban riquezas marinas y terrestres las cuales son la materia prima de la revolución genética; el oro verde del siglo XXI.

Retomando algunos datos estadísticos: **Brasil** ocupa el primer lugar en biodiversidad con un total de 30 especies repartidas: aves, mamíferos, reptiles, anfibios, y plantas superiores. Es el segundo lugar en endemismos con un total de 18 especies. Ocupa el primer lugar mundial en combinación de especies endémicas y biodiversidad con un total de 48 especies. **Colombia**, es el segundo país en concentración de diversidad biológica con un total de 26 especies repartidas entre: aves, plantas superiores, y mamíferos. Ocupa el quinto lugar de concentración endémica con un total de 10 especies repartidas de la misma forma. Colombia es el tercer lugar mundial en la combinación de endemismos y diversidad biológica, solo atrás de Brasil e Indonesia, con un total de 36 especies. **México** ocupa el quinto lugar en diversidad biológica con un total de 8 especies repartidas: reptiles, mamíferos, y plantas superiores. Ocupa el séptimo lugar en endemismos con un total de 7 especies repartidas: mamíferos y reptiles, ubicándose en quinto lugar mundial con un total de 15 especies. En estos datos no incluimos ni cuantificamos las zonas de manglares y arrecifes coralinos en los cuales México ocupa el sexto y el veintiuno lugar respectivamente en concentración de estos recursos.²

Ya que la diversidad biológica es un elemento fundamental para la vida y el desarrollo de cualquier sistema incluido el nuestro. Es necesario empezar a entender que el desarrollo debe enfocarse hacia la eficiencia energética, puesto que la devastación ecológica y del medio ambiente, junto con la pobreza extrema nos lleva a una alarmante situación, trae como consecuencia la necesidad de encontrar vías alternativas al desarrollo que actualmente rige el mundo.

Los planteamientos, formulados a través de muchos años de esfuerzo, de cómo alcanzar el desarrollo no deben ver en los procesos de industrialización arcaicos ni en la maquila la vía para alcanzar tan deseado fin y sí en el estudio de las posibilidades que abre la ciencia

² “En cuanto a la biodiversidad, México es uno de los cinco países de megadiversidad, ya que cuenta entre un 60 y 70 % de la diversidad del planeta, gracias al encuentro de las biorregiones neoárticas y neotropicales en nuestro país, cuya riqueza climática se ve diversificada aún más por el eje neovolcánico, que atraviesa la República en la parte central. No obstante, 92 familias, 949 especies de hongos y fanerógamas, además de 1,420 especies de vertebrados son considerados endémicos, raras o en peligro de extinción.” Ver. Úrsula Oswald Spring. “Fuenteovejuna o caos ecológico” Pág. 18.

frontal de bajo impacto energético. El desarrollo debe plantearse en el marco de la comprensión termodinámica del sistema biosocial (eficiencia energética) y de protección a la biodiversidad. Estos elementos nos dan la posibilidad de proponer un parteaguas teórico a lo ya formulado y ver en las nuevas propuestas basadas en la eficiencia energética la vía para proponer formas más eficientes y así atender los problemas globales y del desarrollo de nuestras sociedades .

El desarrollo de nuevas técnicas de domesticación como la ingeniería genética, están reconfigurando las políticas de desarrollo en el mundo. El paradigma biotecnológico está dirigido a la venta de los recursos bióticos de las sociedades latinoamericanas, ya que estos recursos son el oro verde del desarrollo contemporáneo, y fungirán como materia prima de la nueva matriz operativa del sistema de producción y consumo de energía.

La comprensión del funcionamiento integral de los sistemas y recursos bióticos, es de vital importancia, ya que en su funcionamiento se encuentran las formas de biorremediación, alimentación y desarrollo de bajo impacto energético, y si lográramos desarrollar las técnicas de bajo impacto, ya no necesitaríamos de grandes máquinas para sostenernos sino simplemente un trabajo de inteligencia para solucionar los problemas inmediatos y futuros. La devastación del planeta, provocada por la mano del hombre, es algo alarmante y no debe verse en forma aislada de los problemas que traerá para el desarrollo en épocas futuras.

Los cambios de clima no son fenómenos locales sino globales y afectan significativamente al mundo. El cambio climático, la deforestación, la contaminación, la reducción de diversidad biológica y biosocial, deben considerarse de vital importancia ya que el hombre es parte del *"bioma"*, que de seguir esta dinámica de explotación podría marcar el fin de la sociedad global y del hombre como especie.

Esta preocupación global por los efectos colaterales de la era industrial como lo son el calentamiento progresivo del planeta, la reducción de diversidad biológica en forma alarmante, la contaminación de suelos, aguas y otros problemas, se globalizó durante los años setenta y ochenta consecuencia también de la crisis energética del petróleo.

En este período se realizaron encuentros políticos, sociales, y se iniciaron investigaciones sobre el impacto de la era industrial sobre el bioma y las consecuencias

para los diversos sistemas biológicos, incluido el hombre y el sistema biosocial, que conviven en un entramado complejo evolutivo; la Tierra.

En la noción de “*desarrollo*” han participado fundamentalmente economistas, sociólogos, antropólogos. Sin embargo de unos años a esta parte en la discusión del “*desarrollo*” han participado ambientalistas, ecólogos e historiadores. En la exposición de este trabajo utilizaré ampliamente el texto de *Adams* como un influyente ejemplo de lo que la antropología ha aportado al tema. Para otros capítulos utilizaré textos de ambientalistas como *Alejandro Nadal*, *Jeremy Rifkin*, *Enrique Leff* y *Patricia Romero Lankao*.

El tema del desarrollo ha sido sin duda un ejemplo de lo que los estudios de área, como los Estudios Latinoamericanos, de carácter interdisciplinarios han realizado. Empero pese a esto se advierte una notable carencia de análisis sobre las implicaciones que los modelos de desarrollo han provocado al medio ambiente.

Los objetivos que pretendo alcanzar con mi investigación apoyándome en el método comparativo son: **A)** Analizar de forma general el paradigma de desarrollo y su relación con los energéticos. Basándome en el paradigma *Adamsiano*, **B)** Analizar las dos primeras revoluciones técnico científicas y su relación con la diversificación y el creciente consumo energético basado en los combustibles fósiles. **C)** Analizar Tercera Revolución técnico-científica como autoorganización de la energía: 1) relación entre revoluciones técnico-científicas y agotamiento de los recursos bióticos o fósiles, 2) el impacto ambiental; aumento de la entropía del sistema. 3) nuevas formas de manipulación energética (hidrógeno-biotecnologías) y su alto costo energético. **D)** La evolución del sistema de desarrollo científico-tecnológico en México. **E)** Conclusiones.

Capítulo I
El Desarrollo y los Energéticos.

1.1. El desarrollo y los energéticos.

El estudio del desarrollo y de cómo la sociedad puede tener acceso a él, ha estado en el centro del debate contemporáneo. Éste surge una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial y se ha abordado desde muchos puntos de vista a partir de la posguerra. En esos momentos Europa tenía la necesidad de reconstruir los estados existentes. Esta necesidad junto al insuficiente desarrollo en los países de economías emergentes o periféricas ocasionó que se plantearan distintas propuestas de cómo entender el fenómeno y la forma de solucionarlo. Diferentes corrientes teóricas explicaron las relaciones de dependencia económica y tecnológica entre los países desarrollados y no desarrollados, cómo se dan y cuál es la influencia que ejercen los primeros en los segundos. En estas relaciones de dependencia económica y tecnológica podemos encontrar las claves más importantes para entender la forma en que se ha intentado explicar, desde distintas ópticas por qué las sociedades Latinoamericanas y del Tercer Mundo no han logrado alcanzar los niveles óptimos de desarrollo, ni resolver las contradicciones que surgen en su interior (pobreza, analfabetismo, servicios de salud insuficientes, libertad de expresión, deterioro del medio ambiente, etc.)

Es importante contextualizar brevemente por qué se adoptó la categoría de desarrollo. Antes de que el mundo académico y político empezara a utilizar la categoría de desarrollo, la visión de *“progreso”* era el paradigma “que movía el mundo”- en esta visión basaron su expansión las potencias coloniales. La categoría de *“progreso”* dejó de ser utilizada por los teóricos, ya que las crisis recurrentes del sistema y las constantes guerras, junto a la innovación de tecnologías, orillaron a reformular el paradigma: *“La imagen que se tenía en el siglo diecinueve de cómo hacer del mundo un mejor lugar para vivir, era la de “progreso”. Esta era una idea alimentada por el carbón, que resultaba muy adecuada para la vasta empresa de expansión colonial”*³. Este paradigma vio su fin en las nuevas tecnologías *“energéticas”*; con el consumo de materiales fósiles no renovables; el petróleo.

La búsqueda de control de los recursos energéticos por parte de las naciones industrializadas, el proceso de reconstrucción de las naciones destruidas por la guerra y, en

³ Adams N. Richard *“El octavo día.”* Pág. 343.

los países emergentes las guerras de liberación nacional, todo dentro del contexto de la guerra fría, darían los elementos para dar paso a la categoría de “*desarrollo*”.

Es necesario mencionar que la categoría de desarrollo, igual que la de progreso son visiones o categorías históricas que se transforman según las necesidades de control de las naciones desarrolladas. Estas categorías evolucionan y se reinterpretan en función de intereses geopolíticos.

El debate entre las distintas formas de entender el desarrollo político se dió en diferentes etapas. Durante las décadas de los años cincuenta y los años setenta, una generación entera de jóvenes intelectuales centraron sus investigaciones en los países de Asia y África iniciándose así la discusión⁴. Surgieron un sinnúmero de corrientes teóricas que basaban sus planteamientos en propuestas paralelas que marcaban un mismo objetivo: la industrialización. Estas corrientes realizaron investigaciones y plantearon hipótesis en función de los distintos aspectos de la modernización, la industrialización, la expansión de los medios masivos de comunicación, la educación etc. Otra corriente centró su investigación en la “*democratización y en la movilidad política*”⁵.

Muchos investigadores se centraron en el análisis de los factores económicos del desarrollo tomando como base la experiencia occidental, y la trasladaron a los países del Tercer Mundo, vía la industrialización, poniendo énfasis en la transferencia de tecnología. En un principio el gran esfuerzo teórico por dar explicación a los fenómenos que se presentaban en las naciones “no desarrolladas” fundamentaba su marco teórico, en conceptos heredados de la Ilustración y la teoría social del siglo XIX y principios del XX. Estas conclusiones se sustentaron en autores como *Karl Marx*, *Max Weber*, *Emile Durkeim*. Estas visiones habían dado sustento teórico a la categoría de “*Progreso*”, que basaba su existencia en el paradigma de la “*Modernidad*”. Desde esta óptica se explicó por qué las naciones europeas habían alcanzado óptimos niveles de desarrollo material.

Esto llevó a que los estudiosos creyeran que la expansión del saber, junto a un desarrollo tecnológico y un desarrollo pleno de valores democráticos y liberales, serían los mecanismos para que las naciones “no desarrolladas” alcanzaran niveles óptimos de desarrollo.⁶

⁴ Almond A. Gabriel “*Una disciplina segmentada*” Pág. 297.

⁵ *Ibidem*. Pág. 298.

⁶ *Ibidem*. Pág. 298-299.

En las teorías del desarrollo, se pueden apreciar distintas interpretaciones sobre los procesos de transformación de las naciones no desarrolladas, como lo aclara *Almond*: “entre los teóricos sociales y políticos que contribuyeron con esta bibliografía, se encontraban optimistas Condorcet lo mismo que escépticos Voltaire. Algunos estaban convencidos, (...) de que todas las cosas buenas vienen juntas y que la ciencia, la tecnología, la industria, y la democracia conforman un proceso integral”. Otros como *Huntington* “Anticipaban desequilibrios, deterioro, rompimiento, y un lento y penoso proceso de avance”. Otra corriente importante en los estudios sobre el desarrollo fue la que basó su investigación en un planteamiento *weberiano* que hizo hincapié en los factores psicológicos, religiosos y morales que intervenían en los procesos de industrialización.

También aparecieron autores que centraban sus propuestas en teorías lineales como la de la “*Modernización*”. A mediados de los sesenta, surgió una teoría divergente, la teoría social crítica, que planteaba que las propuestas de las ciencias sociales y los estudios de política comparativa, eran los sustentos del imperialismo y neocolonialismo norteamericano. Dentro este espectro teórico podemos ubicar la escuela de la “*dependencia*”.

1.2. Evolución o desarrollo de las sociedades contemporáneas

Una de las diferencias más importantes en el aspecto sociológico es la de las fuentes de energía empleadas para el trabajo. En las sociedades agrarias, los hombres y los animales eran las dos fuentes principales de energía⁷

Las necesidades energéticas de la industrialización se dejaron sentir con mayor fuerza en la crisis de los años ochenta. Esta orilló a la discusión de los especialistas en el tema, nació un nuevo discurso de desarrollo, ya no basado en la superexplotación sino en la

⁷ *Gerhard E. Lenski* en su estudio “*Poder y Privilegio. Teoría de la estratificación social*” escribe que: en los Estados Unidos, en 1850, el 65 % de la energía empleada en las actividades laborales la proporcionaban hombres y animales, a pesar del hecho de que la industrialización estaba en proceso. El otro 28 % lo proveía la antigua tríada formada por el viento, el agua y la madera y solo el 7 % era proporcionada por las fuentes de energía más nuevas; el carbón. Un siglo después el cuadro se modificó de manera radical. Todas las fuerzas tradicionales combinadas: hombres, animales, viento, agua y madera proporcionaban sólo el 1.6 % de la energía que se utilizaba en el trabajo. Todo el resto lo proporcionaban las formas más nuevas, los combustibles fósiles y la energía hidroeléctrica. En realidad, el 65 % de la energía procedía del petróleo, el gas natural y la energía hidroeléctrica, que eran casi desconocidas un siglo antes, no solo cambiaron las fuentes de energía sino que también se multiplicaron las cantidades consumidas. Ver Pág. 310

sustentabilidad de los recursos naturales. Esta propuesta deja muy claro la nueva orientación del desarrollo, puesto que, la visión que existía al finalizar la Segunda Guerra Mundial era en favor de la industrialización que, junto al petróleo, dio forma y vida a lo que se llamó desarrollo sostenido.

Este debate contemporáneo, como todos los demás está influido por circunstancias históricas y por nuevos descubrimientos científicos como el proceso entrópico o pérdida de la energía que pone a debate la teoría energética y otras. Dado que el desgaste terrestre se ha acelerado, producto del exceso de *consumo de energías no humanas* que por su mal manejo, ha provocado grandes daños al planeta, se ha planteado un nuevo paradigma de desarrollo donde la relación del hombre con la naturaleza debe ser redefinida ya no bajo la lógica del control y la superexplotación de la naturaleza. Para el desarrollo de estas ideas he elegido a *R. N Adams*, quien basa su análisis en la disipación de la energía y la ley del flujo máximo de energía desarrollada por *Lotka* que intenta explicar la tendencia hacia la complejidad consecuencia del incremento del flujo total de energía que atraviesa el sistema.

Existen otros valiosos trabajos sobre el tema como el desarrollado por *J. O'Connor* que no se analizarán, aunque se basen en el paradigma de entropía, puesto que pertenecen a corrientes distintas de interpretación como el mismo *O'Connor* lo plantea en su prefacio: *“Trato de mantenerme a buena distancia de las falsas pretensiones científicas del “materialismo dialéctico” estalinista, por un lado, y del caos del relativismo posmoderno”*⁸, y buscan responder distintas preguntas. *O'Connor* enfoca su análisis partiendo de la economía política y la repartición de los recursos. *Adams* intenta responder a preguntas causales que nos permitan comprender cual será el destino del bioma debido a la dinámica de consumo energético, y que la repartición aunque sea equitativa no disminuye el desgaste del medio biótico.

Analizaré la postura de *Adams* con respecto a las etapas del desarrollo en el mundo que se encuentran en su libro *“El Octavo Día”* en el apartado *“Poscriptum el desarrollo y la evolución social contemporánea”*.

Adams, en su apartado sobre *“el desarrollo y la evolución social contemporánea”* empieza hablándonos del principio rector del siglo XIX que fue la visión de progreso que estuvo alimentada por el inicio de consumo de materiales fósiles. En esta noción de carbón

⁸ O'Connor, James *“Ensayos sobre materialismo ecológico”* Ed. XXI 1998. Pág. 9.

y vapor, se basaron las relaciones de producción. La categoría de progreso vio sus límites después de la Primera Guerra Mundial cuando el sistema experimentó una crisis muy profunda en el periodo entre guerras. En este contexto surgió la idea de desarrollo sustentada en el consumo del petróleo y en la industrialización al respecto Adams escribe: ***“la idea de “desarrollo” es sucesora de la de progreso, y ha acompañado la propagación de la industrialización. Este proceso, a su vez, se ha alimentado del petróleo a lo largo del periodo nacionalista posterior a la Segunda Guerra Mundial”***⁹. Esta visión sobre cómo crear condiciones favorables para todo el mundo empezó a ver sus límites en varios factores que la industrialización no pudo resolver y mostró las grandes contradicciones de la modernidad, en el sentido de que la industrialización provocó un gran deterioro ambiental y ecológico.

Adams, en su texto cita cinco puntos que retoma de otro autor, *Marshall Wolfe*, quien escribió en cinco puntos el fracaso del desarrollo: Primero, los beneficios de un crecimiento relativo del ingreso nacional no suelen ser evidentes. Segundo, la industrialización y la modernización han destruido los sistemas de identidad existentes, pero no han sido capaces de producir alguna nueva identidad coherente. Tercero, la economía y la política internacionales se han vuelto crecientemente inestables, y experimentan crisis cada vez más graves de deuda y balanza de pagos, penetraciones transnacionales, toma del poder por parte de los militares y formas de planeación que han caído en el descrédito. Cuarto, la explosión demográfica ha devastado los recursos naturales y ha creado aglomeraciones humanas nunca antes vistas. Finalmente, a medida que los países industrializados caen en la estagflación, van perdiendo su pausabilidad como modelos.

A mediados de los años cincuentas, los países de Europa, devastados por la guerra y Japón derrotado mostraron síntomas de recuperación real. En esos momentos, en el mundo, el mito del “know-how” había tomado mucha fuerza: ***“El mito de “know-how”, el capital y el deseo de levantarse por cuenta propia era todo lo que se requería para que cualquier nación alcanzara el maravilloso nivel de los Estados Unidos”***¹⁰. Los parámetros de desarrollo y subdesarrollo estaba en función de la productividad nacional que significaba crecimiento económico, esto visto, claro está, desde el “sistema económico total”, visión

⁹ *Ibidem* Pág. 343.

¹⁰ *Ibidem*. Pág. 344.

que ha estado siempre acompañada de una manera tecnocrática de plantear las vías del desarrollo. En este caso Adams sustenta su argumentación basándose en Easterlin: *“El fundamento de este crecimiento de la productividad ha sido la innovación tecnológica ...Específicamente, el uso de métodos que implican la mecanización y el empleo de altos insumos de energía por trabajador”*¹¹, consumo enfocado a la superexplotación de los recursos no renovables que se basaban en técnicas modernas, existiendo un claro cambio de lo que fue el consumo de energía premoderno que se basaba en consumo de energías que resultaban menos eficientes.

En este modelo apoyado por la técnica y la ciencia occidental, Occidente planteó su expansión vía la industrialización y la tecnología, así los países pobres disfrutarían de las bondades de occidente. Pero los datos del Banco Mundial, en los que, se apoya Adams, muestran con claridad que esta relación que se produjo desde los inicios del sistema es contradictoria, puesto que se da una relación dialéctica *“Las exportaciones de los países en desarrollo se ven directamente afectadas por el crecimiento de los países industriales”*¹².

Según Adams las visiones de progreso y desarrollo se han caracterizado por dos distintas etapas de consumo de energía:

*“Es difícil, eludir que la conclusión de que la idea del “desarrollo, como antes la de “progreso”, se ha encaminado por su propia naturaleza, a promover el consumo de energía, primero en casa y luego en el exterior” recreando un discurso en el cual los distintos espectros ideológicos han basado su modelo “mejorar la calidad de vida”, de “crear empleos”, de “ofrecer trabajo a la gente”, de “de aprovechar nuestras capacidades”, de la “modernización” o el “acceso a los beneficios de la civilización.”*¹³.

Este tipo de objetivos planteados por las élites gobernantes han llevado a que las sociedades se vuelvan aún más dependientes de las fuentes de energía no humana, propuestas que en un principio aumentaron el empleo, pero que tuvieron su límite puesto que los empleos basados en estas características que postulaba el paradigma de la modernidad decrecieron.

¹¹ *Ibidem.* Pág. 344.

¹² *Ibidem.* Pág. 345.

¹³ *Ibidem.* Pág. 345.

La idea de desarrollo estuvo marcada siempre por la idea de que productividad y eficiencia habían sido el éxito del industrialismo, pero lo que nunca se tomó en cuenta fue la creciente dependencia de consumo de energéticos fósiles. Así, *Adams* cuestiona el problema que ocasiona este consumo adictivo, además del inminente agotamiento junto a los desastres ecológicos provocados por esta etapa de evolución de las sociedades. No se ha cuestionado el agotamiento en sí mismo de los productos energéticos, sino una nueva forma de aprovechamiento de esta energía que *Adams* denomina “*Eficiencia energética*”. De tal manera que el propio *Adams* nos da una de las claves más importantes que sostuvieron la idea de desarrollo “el creciente nivel de producción y consumo de energía”.

Para él, el más agudo problema que tiene el discurso del desarrollo basado en la industrialización y el consumo de energías fósiles, es cómo logrará mantenerse a flote debido a lo costoso de esta forma de entender el mundo: no obstante la filosofía prevaleciente del desarrollo no consideraba que la eficiencia energética fuese el mayor problema. A mediados de los años setenta los altos precios de los energéticos llamaron la atención de los países mas industrializados:

“A mediados de la década de 1970, la imposición de controles por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y la elevación desmesurada de los precios de la energía llamaron poderosamente la atención hacia el hecho de que el incremento del consumo de energía, tan aceptado durante tanto tiempo, no sólo acarrea severos problemas ecológicos y económicos, sino que también redundaba en una tremenda ineficiencia.”¹⁴

En este periodo surgieron nuevas propuestas sobre desarrollo con distintos calificativos “*participativo*” “*endógeno*” o de “*raíces populares*”. Como consecuencia el mundo se ha modificado en gran medida después de la crisis energética pero desgraciadamente los problemas ecológicos y de conservación de la energía no han tenido solución debido a las fuertes raíces conservadoras, lo cual constituye una nueva contradicción de las sociedades modernas. Esto se debe al modelo evolutivo que surgió en Inglaterra y que fue ejemplo para todo el mundo durante los momentos en los discursos positivistas de progreso y desarrollo industrializador eran los paradigmas sobre los cuales se construía el mundo moderno.

¹⁴ *Ibidem*. Pág. 346.

Es importante revisar dos últimos postulados de *Adams* que, en mi opinión explican cuál ha sido el rumbo de las sociedades modernas y proporcionan elementos para que, más adelante, se formulen las políticas de desarrollo posterior de la Segunda Guerra Mundial. *Adams* ubica el proceso de desarrollo dentro de un *continuum* entre las primeras domesticaciones de plantas y animales hasta la época industrial que se caracteriza por ser una “versión de alta energía”:

“comenzó con la domesticación, cuando algunos seres humanos trataron por primera vez de conseguir que ciertas planta, animales y otros seres humanos trabajaran un poco más en su beneficio. La energía no humana en expansión introducida por la industrialización hizo de la domesticación un mito llamado “progreso” y, posteriormente, “desarrollo””¹⁵.

Para concluir este apartado, me parece importante que las sociedades contemporáneas presten atención a los nuevos paradigmas, puesto que en estos momentos de crisis global es de orden primario replantear las relaciones en el globo.

1.3. Puntualizaciones sobre la evolución del sistema de producción.

El desarrollo no se puede entender en forma lineal ya que, en ciertas sociedades, donde ha existido un desarrollo industrial no ha habido un desarrollo político o a la inversa. Hoy en día la categoría debe ser replanteada, debido a que la categoría ha perdido todo valor positivo producto de sus mismas contradicciones (crisis recurrentes, devastación ecológica, etc.). Hoy se debe incluir con el desarrollo industrial y el político, el ecológico.

El desarrollo no debería entenderse como simple acumulación de capital, es un proceso más complejo que involucra distintos espacios dentro de la esfera de relaciones sociales (política, economía, cultura, relación con la naturaleza etc.). Sin embargo si podemos estar de acuerdo, en que el desarrollo de la sociedad se mide en función de los niveles de vida que tienen los pueblos (educación, vivienda, salud, libertad de expresión y participación, y derecho a la conservación de la naturaleza etc.)

¹⁵ *Ibidem*. Pág. 355.

El desarrollo ha sido el eje rector del mundo moderno (mundo capitalista). Este “ethos” histórico no es exclusivo de alguna ideología ni de un modelo político, es una consecuencia histórica de las sociedades y por consiguiente puede modificarse según las necesidades.

Se han planteado distintas vías de desarrollo político y económico para alcanzar tan deseado fin. El mundo ha vivido distintos estadios de desarrollo, acompañados siempre por descubrimientos técnico- científicos de gran importancia, que han sido un parteaguas. En ellos podemos ver el potencial revolucionario que surge con el capitalismo en la sociedad, y así observar diversas transformaciones: sociedades pre-capitalistas y capitalistas, sociedades modernas y tradicionales, sociedades agrícolas e industriales. Estos parteaguas no deben verse como el único factor que provoca estos cambios en las sociedades ya que van acompañados de cambios ideológicos, políticos y sociales que los anteceden, pero sí pueden verse como catalizadores.

1.4. El desarrollo de posguerra, en un mundo bipolar.

Es importante realizar una breve revisión histórica de las distintas etapas del desarrollo, de la posguerra hasta la crisis de los energéticos, para observar cómo la categoría de desarrollo sostenido fue el eje rector de la industrialización hasta que, a principios de los años ochenta, cedió su lugar a la noción de desarrollo sustentable..

Finalizada la Segunda Guerra Mundial, el conflicto ideológico entre capitalismo y el socialismo y la lucha de éstos por ganar influencia en los países emergentes, fue la lógica política que caracterizó este periodo. En este momento de la historia se enfrentaron dos sistemas tecnocráticos de producción con una clara diferencia de orientación de sus fuerzas productivas. Una ponía énfasis en el desarrollo de la sociedad a partir de un estado burocrático autoritario planificador, mientras que la otra lo hacía a partir de las fuerzas del mercado. La confrontación entre estas dos potencias, dos visiones del mundo y de la sociedad, provocó, una lucha para alcanzar el control geopolítico.

El área de influencia natural de los Estados Unidos se caracterizó por el ascenso al poder de los militares, justificando su accionar con la doctrina de la seguridad nacional y el avance del comunismo.

Un hecho que se puede observar en distintas interpretaciones sobre las repercusiones que tuvo la Segunda Guerra fue que Europa dejó de ser la potencia hegemónica. Este lugar lo ocupó la dinámica industria norteamericana.

Finalizada la guerra, los daños materiales y humanos habían sido muy altos. La antigua Europa había quedado destruida en casi todos los sentidos. Por estas causas, son comprensibles los niveles de crecimiento experimentados por algunos países al terminar la guerra como Japón Italia y Alemania. La guerra afectó a la estructura de producción en todas sus partes: *“Desde el punto de vista de la economía política, aun serían mayores los daños ocasionados por la destrucción de las vías de comunicación. (...) La falta de hombres, máquinas y medios de comunicación provocó un retroceso en la producción agrícola”*¹⁶. En estas carencias estructurales producto de la guerra, Estados Unidos vio la posibilidad de expandir su control en una gran parte de la vieja Europa devastada por la guerra.

Es importante dar un ejemplo para observar las grandes ganancias que trajo la guerra para los Estados Unidos: *“La producción industrial de los Estados Unidos en el mismo periodo, 1938-46, se había triplicado con creces, cubriendo más de la mitad del volumen de la producción mundial”*¹⁷. Pero el fenómeno ocasionado por la guerra no repercutiría nada más en el aumento de la producción industrial de los Estados Unidos.

La aguda crisis de Europa generó las posibilidades para la independencia de los países que todavía, a principios del siglo XX, seguían bajo la férula de las potencias europeas. Este fue el caso de la India: *“en 1941, Gran Bretaña había tenido que prometer la independencia a la India para el periodo de posguerra a fin de impedir el paso del subcontinente al campo de las potencias del eje; en 1947 esto se hizo realidad...”*¹⁸ en este sentido el mundo experimentó un reacomodo en el equilibrio de poderes. Europa intentó penosamente mantener estas guerras que, en lugar de traerle beneficios, desgastaba en todos los sentidos, incluyendo el moral, su poder de influencia geopolítica. Esta pérdida de control estaba directamente relacionada con el apoyo que las nuevas potencias habían dado a las colonias: *“Los Estados Unidos aún más que la Unión Soviética- habían abanderado, por su parte, la liberación con respecto al dominio europeo de las colonias*

¹⁶ Wolfgang Benz. Herman Graml. *“II. Europa después de la segunda guerra mundial”* siglo XXI Pág. 13.

¹⁷ *Ibidem*. Pág. 14.

¹⁸ *Ibidem*. Pág. 14.

de África y Asia."¹⁹. Este reacomodo político significó una de las etapas más críticas de la humanidad en todos los sentidos.

La gran destrucción ocasionada por la guerra, según *Benz* y *Graml* ocasionó que se mejorara la producción, *"permitiendo por otra parte una implantación más rápida de las innovaciones tecnológicas de lo que hubiera sido posible en circunstancias normales."*²⁰. Así, podemos observar una vez más que el desarrollo siempre se ha basado en la mejora de los medios de producción puesto que esto implica un aumento en la capacidad industrial.

Sin lugar a dudas, el hecho más significativo de este periodo fue la división entre dos modelos ideológicos distintos en confrontación, encabezados por los Estados Unidos y la Unión Soviética:

*"lo único que estaba claro era que los Estados Unidos, debido a su tremendo progreso económico y su monopolio en el ámbito de las armas nucleares, habría de tener un papel rector; la Unión Soviética, por el poderío militar adquirido en la guerra, se afirmaría en una posición autónoma (...) El futuro de Europa dependía así del desarrollo de la relaciones soviéticas-norteamericanas.."*²¹

Teniendo esto como consecuencia que en el mundo se dieran fenómenos políticos de muy variadas formas. En el caso de América Latina, surgieron regímenes militares que se extendieron por todo el continente, cada uno con sus características muy particulares. Hasta ahora el modelo de desarrollo ha puesto énfasis en los resultados, pero no ha ponderado el impacto que este desarrollo tiene en el uso de los recursos naturales.

1.5. El periodo de guerra fría y su repercusión en el mundo.

La reestructuración de la Europa de posguerra se extendió hasta 1948. Cuando finalizó la guerra, empezó a surgir la preocupación al interno de las dos nuevas potencias. Entre 1943-1944 los dirigentes soviéticos encabezados por Stalin vieron en la expansión del capitalismo por parte de Europa, junto a las corrientes antisoviéticas, un factor de riesgo para el modelo de desarrollo soviético. En el caso norteamericano:

¹⁹ *Ibidem.* Pág. 15.

²⁰ *Ibidem.* Pág. 15.

²¹ *Ibidem.* Pág. 16- 17.

*“entre los dirigentes norteamericanos se impuso entre 1945 y 1946 la idea de que el comunismo soviético –al igual que el fascismo– era de índole expansiva y –como aquel lo hiciera con la crisis económica mundial– trataría de aprovechar la precaria situación económica de Europa para extender su área de influencia...”*²²

En este contexto, surgiría un sinnúmero de alianzas encabezadas por las dos potencias en distintos sentidos, intentando llegar al mismo fin. En el sentido de confrontación bipolar surgió la Doctrina Truman, en la cual se basaba el plan Marshall, que se enfocaría de distintas formas según las necesidades de los Estados Unidos.

Durante esa etapa, el mundo estuvo sujeto a las políticas expansionistas de las dos potencias nucleares. En Europa el plan Marshall logró establecer la ayuda necesaria para reestablecer la capacidad de consumo y producción de Europa²³, así surgieron distintos tratados como la *“Organización del Tratado del Atlántico norte”*, y el tratado de Bruselas. El desarrollo de Europa en este periodo bipolar estuvo basado en el fomento a la industria por parte de los dos modelos en pugna.²⁴

En América Latina, el fenómeno global tomó otro tipo de características directamente relacionadas con los intereses de control por parte de los Estados Unidos en su área de influencia natural, como ellos lo entenderían.

El desarrollo de los países latinoamericanos, durante el periodo de guerra, estuvo dirigido hacia una política de industrialización que fue llamada modelo de sustitución de importaciones. Durante el periodo de guerra, las naciones latinoamericanas lograron importantes avances en el campo de la industrialización, puesto que durante el periodo de guerra la economía norteamericana había desplazado al capital europeo de su radio de influencia natural. Es importante advertir que el crecimiento latinoamericano en este periodo estuvo directamente relacionado con la política de guerra. Los Estados Unidos tuvieron que enfocar su industria hacia este sector, ocasionando que América Latina se dedicara a sentar las bases para formar una incipiente industrialización dedicada a satisfacer

²² *Ibidem* Pág. 19.

²³ *Ibidem* capítulo 1

²⁴ *Ibidem*. capítulo 1

las necesidades de un mercado interno que, gracias al aumento demográfico del Tercer Mundo era posible.

Durante la guerra, las naciones latinoamericanas habían logrado constituir un sector industrial:

“la continuación del proceso industrializador favorecido por la crisis y todavía mas por la guerra. Se ha visto ya que la naciones grandes y medias, y aun algunas de las menores de Latinoamérica llegaban a la hora de la paz con un sector industrial a la vez vertiginosamente expandido y muy frágil, ya que esa expansión se había dado bajo la protección del aislamiento de guerra, que permitió prosperar con un nivel tecnológico muy bajo.”²⁵

Pero, terminada la guerra, la correlación de fuerzas dio un giro que modificó de nueva cuenta las relaciones internacionales que América Latina había logrado establecer durante la guerra, ya que, el hecho de que hubiese acabado el periodo de reconstrucción de las economías europeas no bastaba para generar el dinamismo que el sistema necesitaba para que no se suscitara otra crisis económica.

El dinamismo con el que crecía Europa, terminado el periodo de reconstrucción orilló a los países latinoamericanos a ocupar el lugar que tenían dentro del mercado de producción global, que era la importación de productos pertenecientes al sector primario exportador (materias primas), pues como lo explica *Tulio Halperin Donghi*: ***“la industrialización había sido una solución de emergencia impuesta por las perturbaciones introducidas en el comercio mundial por la crisis y el aislamiento de guerra”***(Pág. 433). De tal forma que el desarrollo de América Latina tuvo que volver a sufrir una reorientación dando prioridad a la explotación del sector primario exportador que, según una de las diversas posturas dentro de la teoría del desarrollo, sentaría las bases para poder generar el deseado despegue hacia una economía madura y diversificada.

Un elemento que no puede dejarse de lado es el papel que tendría el Estado en América Latina, puesto que, éste durante un largo periodo, estaría encargado de controlar la economía y el desarrollo industrial. El Estado adoptaría un papel muy importante dentro del desarrollo de las sociedades latinoamericanas porque enarbolaba una postura, que ponía énfasis en que el proceso de industrialización y que debería impulsarse vía el Estado, a

²⁵ Donghi Halperin Tulio. *“Historia contemporánea de América latina”* Pág. 432-433.

partir de una alianza de todos los sectores que conformaban el proceso industrial. Esta visión era clara en el sentido de que el pacto social sentaría las bases de la industrialización tan deseada por las élites latinoamericanas:

“ La presencia de una solución alternativa que goza de apoyos internos y externos nada desdeñables (...) el proyecto industrializador solo es viable en un marco de un conjunto mas amplio de soluciones político-sociales (...) Así la industrialización debe avanzar manteniendo el entendimiento con la clase obrera industrial (lo que requiere moderar la explotación de la fuerza de trabajo, frente tradicional de acumulación e inversión en etapas de industrialización incipiente) pero también con las clases populares urbanas en cuanto consumidoras, que hace a su vez necesaria la protección de sus ingresos reales y la ampliación de sus fuentes de trabajo mas allá de lo que el crecimiento industrial puede asegurar por sí solo; estos objetivos se cubrirían en parte por la iniciativa del Estado, que no se limitaría por cierto a atenderlos, sino extendería sus actividades a campos muy variados de previsión y servicio social con vistas a mantener la lealtad de las mayorías electorales, ella misma imprescindible para asegurar la continuidad del proyecto industrializador”²⁶

En esta larga cita podemos apreciar la orientación que tuvo el Estado latinoamericano que, durante este periodo, adoptó una economía mixta de producción enfocada a desarrollar la industria, basándose en una alianza estratégica entre el Estado y los sectores populares. En este sentido surgieron propuestas teóricas de cómo lograr desarrollar la base industrial que necesitaba la región.

Algo que hay que tener en cuenta para ver por qué el desarrollo latinoamericano, basado en la industrialización, nunca logró sus objetivos, fue el factor de desarrollo técnico científico. Como lo explica *Tulio Halperin Donghi*, las presiones sobre las cuales se intentaba sentar el proyecto absorberían los esfuerzos, dejando a un lado la actualización tecnológica, que todos habían convenido, y que sería la única vía que aseguraría el desarrollo a largo plazo. Pero el desarrollo tecnológico no bastaría para sentar las bases del desarrollo, para esto se necesitaba una serie de medidas que acompañaran este proceso, como lo era la creación de vías de comunicación, fuentes de energía. Estas circunstancias dejaron ver que la posición de Latinoamérica era mucho menos favorable en la coyuntura de posguerra.

²⁶ *Ibidem*. Pág. 434-435.

En este contexto surge la necesidad de empezar a teorizar sobre las relaciones de dependencia en las cuales se encuentra la región. Este esfuerzo de entender la evolución de las relaciones después de la posguerra fue encabezado por la comisión económica para América Latina: *“un grupo se había fijado por tarea crear una conciencia colectiva de los problemas económicos que afrontaba Latinoamérica, mediante un análisis persuasivo de los mecanismos que lo perpetuaban, y a la vez hacerlos voceros de esa nueva conciencia...”*²⁷. Esta propuesta estaba enfocada a lograr que los países latinoamericanos alcanzaran una madurez económica poniendo énfasis en un sinnúmero de medidas que darían el orden necesario para lograr el propósito desarrollista encabezado por *Prebich*.

En forma muy general, éstas podrían ser las características dentro de las cuales se desarrolló América Latina después de la guerra.

Es importante mencionar que esta relación se modificó después del triunfo de la Revolución cubana, que marcó el rumbo de las relaciones por parte de los Estados Unidos hacia América Latina, dado que la preocupación de la potencia, por la influencia comunista en su área natural era inminente con la llegada del movimiento revolucionario del 26 de julio, encabezada por los hermanos *Castro Ruz* y *Ernesto Guevara “el Che”*. En este contexto surgió un retroceso en el desarrollo político de la región hacia la democracia. La ideología marxista había avanzado claramente con el triunfo cubano y la llegada al poder por parte de la Unidad Popular encabezada por *Salvador Allende*, en Chile. En este sentido, cabe mencionar que los países que decidieron fijar una línea de desarrollo autónomo después de la Revolución cubana fueron castigados con la bota del poder militar. La propuesta, que surgió en los Estados Unidos, para lograr frenar la influencia de la Revolución cubana fue impulsada por *Kennedy* con el nombre de *“Alianza para el Progreso”* y consistía en tomar distintas medidas, como la transformación del campo: de un campo para el consumo a uno de exportación

Cabe mencionar también el consenso existente después de la gran depresión en cuanto el Estado y su participación dentro de la economía y el desarrollo. En América Latina, el Estado cumplió una función muy clara como rector de las políticas de desarrollo.

²⁷ *Ibidem*. Pág. 437.

La década de los setenta estuvo caracterizada por varios factores, entre otros, el asenso al poder por parte de regímenes militares según las conveniencias de las potencias hegemónicas y la crisis petrolera que daría surgimiento a la OPEP. En este periodo se dió otro paso en el mundo, el surgimiento de la Revolución informática y de libre flujo de información abrió un nuevo horizonte para el desarrollo político: fue el parteaguas que marcó el principio del fin de los regímenes socialistas que culminaría con la caída del muro y la entrada de la Perestroika a la Unión Soviética, provocando así una reacción en cadena que se extendería por todos los satélites que se encontraban bajo la férula soviética, y provocando la extinción de un modelo de desarrollo político alternativo al liberal. Este avance de la comunicación de masas fue la piedra angular del nuevo capitalismo. El sistema vivió un nuevo fenómeno de expansión ideológica. Así, el capitalismo irradiaría su influencia a todo el mundo.

1.6. Crisis petrolera - reorientación del desarrollo

Para concluir, he decidido enfocar esta última parte a las relaciones políticas que guardaron los países desarrollados con los llamados en vías de desarrollo después. De la crisis de los energéticos que se extendería durante toda la década de los setentas.

En esta década se dieron dos grandes crisis energéticas debido al embargo impuesto por los países productores de la OPEP a las naciones industriales por el apoyo brindado a Israel. Este embargo petrolero llevó a que las relaciones norte - sur dieran un giro que no sería definitivo: ***“las dos crisis petrolíferas se consideraron como trastornos mayores por las principales economías mundiales, y los estados petrolíferos creyeron poseer un arma destinada a durar tanto tiempo como la dependencia de la viejas potencias industriales de su oro negro”***²⁸. En este contexto los mayores beneficios de esta decisión, tomada por los países productores benefició directamente a Estados Unidos ya que en el periodo al cual nos referimos, era el principal exportador en el mundo, que debido a la crisis reorientó su política energética convirtiendo sus yacimientos en reservas estratégicas. Sin embargo, las consecuencias para otros países desarrollados fueron realmente preocupantes: ***“ A la inversa, Europa y Japón, al importar la totalidad de una fuente de energía que es***

²⁸Bessis Sophie *“Occidente y los otros”* Pág. 134.

*prácticamente exclusiva, se vieron afectados duramente por los aumentos de precio, que aceleraron la debilitación de su economía en la segunda mitad de los años setentas*²⁹. Europa y Japón tuvieron que replantear su política energética al darse cuenta de la gran dependencia generada por los hidrocarburos, tuvieron que echar mano de la energía nuclear.

En momentos, la crisis repercutió en todos los sentidos: desde las diferencias entre los países petroleros subdesarrollados y los subdesarrollados sin este recurso estratégico para el capitalismo de acero, hasta las relaciones entre los centros hegemónicos. Un ejemplo muy claro lo encontramos en esta cita:

*“Las crisis petrolíferas, por tanto, tuvieron fuertes consecuencias en las dos grandes partes del mundo. En el sur se produjo una distancia cada vez mayor entre los Estados opulentos y los países incapaces de afrontar los aumentos en el precio del petróleo. En el norte se reforzaron la influencia y el poder americanos en detrimento de sus aliados-competidores europeos y japoneses”*³⁰.

Estas consecuencias no fueron las únicas.

En el terreno financiero la opulencia petrolera y las rentas que ésta generaba llevaron a un replanteamiento radical en los préstamos otorgados a las naciones en vías de desarrollo: *“en pocos años se pasó de un sistema basado en la ayuda a uno basado en el crédito, preludio a su vez de la economía de la deuda de la que los países del sur, en conjunto, no han salido todavía.”*³¹. Estas han sido de manera muy general las políticas que han caracterizado los últimos veinte años sobre las relaciones entre los países desarrollados y los no desarrollados.

Algo que también hay que tomar muy en cuenta es el papel que adquiere el Estado dentro del capitalismo ya que éste: liberal, regulado o absolutista, es una consecuencia de las relaciones sociales y de producción capitalista. La visión sobre el Estado, ha sido siempre contradictoria porque en ciertos momentos se ha visto como agente modernizador y en otros como obstáculo para el desarrollo de las sociedades.

²⁹ *Ibidem* Pág. 135.

³⁰ *Ibidem*. Pág. 135.

³¹ *Ibidem*. Pág. 137.

En el periodo que hemos ido analizando el Estado es un elemento que merece un apartado específico, que pueda mostrar a rasgos muy generales el papel que tuvo después de la guerra hasta los años ochenta donde sufrió un desmantelamiento. Durante este periodo debido a la gran depresión y la Segunda Guerra, el Estado fue una constante en los distintos modelos de desarrollo:

“Las democracias occidentales, en estos momentos Keynesianas, que nacionalizan una parte de su economía tras la crisis de los años treinta y después de la Segunda Guerra mundial, tampoco critican el estatismo de sus discípulos, en el que ven, por su parte, un ~atajo~ que les permitirá alcanzar el objeto mas rápido...”³².

Así, en esta época, el Estado adquiere un estatus de planificador que goza de todo el consentimiento de los países desarrollados puesto que, a partir de éste y sus políticas nacionales, permitirían generar las posibilidades crediticias.

³² *Ibidem.* Pág. 127.

Capítulo II
Las revoluciones técnico científicas y el
diversificado y creciente consumo
energético.

2.1. Las revoluciones técnico científicas y el diversificado y creciente consumo energético.

Una característica de la etapa actual de desarrollo es el énfasis en las cuestiones energéticas. Este momento histórico tiene como característica un cambio en la dependencia energética de las sociedades, *“La revolución industrial desplazó la dependencia energética mundial de las fuentes humana, animal, eólica e hidráulica hacia la de los combustibles fósiles”*³³. En este sentido analizaremos de forma general la evolución del consumo Energético y su relación con el subsistema técnico científico sin perder de vista las diversas interrelaciones que se dan en el total del sistema.

El progreso y el desarrollo desde distintas interpretaciones y aplicaciones han tenido como motor la ciencia y la técnica; partiendo de esta premisa intentaremos revisar la historia de las revoluciones técnico científicas y sus distintas etapas desde una óptica energética como Manuel Cazadero escribe *“la revolución Industrial es, además de otras cosas una revolución energética”*³⁴. Retomaré el paradigma *Adamciano* (por su autor *Richard Newbold Adams*) para analizar las distintas etapas energéticas y formular un primer intento descriptivo de lo que entiendo por un enfoque energético de las revoluciones técnico científicas y sus distintas etapas de expansión. Este paradigma afirma que existe una relación entre evolución y consumo energético y a partir de observar la relación entre sociedad y energía es posible explicar la dinámica general de la evolución social e incremento energético y sus implicaciones ecológicas.

Como se ha señalado por diversos autores el desarrollo de la técnica está directamente relacionado con la noción de naturaleza; en este sentido el paradigma *Adamciano* está presente como eje de nuestra argumentación en lo sucesivo.

Es importante aclarar, así sea brevemente, algunas nociones teóricas para realizar el análisis propuesto. *T. S. Kuhn*, y *Marcos Kaplan*, dan la pauta para plantear en forma breve las revoluciones técnico científicas como un sistema de redes que está en constante cambio y responde a distintos paradigmas en momentos determinados de la historia.

Para iniciar se retoma lo que *Kuhn* entiende por paradigmas: *“Considero a éstos como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo,*

³³ R. N. Adams. *“El octavo día. La evolución social como Autoorganización de la energía”* UAM Pág. 294.

³⁴ Cazadero, Manuel. *“Las revoluciones industriales.”* FCE. Pág. 66.

*proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica.*³⁵ Este planteamiento, estático, lo complementa con la dimensión temporal: *“lo que significa pensar científicamente en una época en la que los cánones del pensamiento científico eran muy diferentes a los actuales.”*³⁶ Con estos dos planteamientos iniciales justificamos nuestra visión sobre la evolución de la ciencia y la técnica; proceso que va de la mano con la constante transformación energética. Sin embargo, debe añadirse a las cuestiones epistemológicas la dimensión social ya que aquellas y ésta son complementarias. *“Ciencia y tecnología, economía, sociedad, Estado y derecho y sus múltiples interrelaciones, son parte de una constelación problemática de muy alta significación.”*³⁷ Tomando en cuenta esta gran constelación de factores y su interrelación hemos decidido adoptar como eje de análisis el incremento del consumo energético, y como a partir de este enfoque, se pueden describir como un proceso continuo y que tiende a incrementar y a complejizar las relaciones sociales.

2.2. Primera revolución industrial

Para emprender nuestro análisis de las distintas etapas del incremento en el consumo y producción energética, es necesario observar la pauta que provocó la Revolución Industrial en Inglaterra, y las distintas vías que a partir de ese momento adoptaron los países de capitalismo tardío para el desarrollo de sus sociedades.

La Revolución industrial que surgió en el siglo XVIII en Inglaterra, junto a la Revolución liberal Francesa inspiraron los paradigmas de libertad individual y la democracia como *“ethos”* de una sociedad moderna sin contradicciones; estas ideas tendrían como eje rector al individuo y su voluntad creadora en el mundo. Ambas fueron las bases ideológicas que permitieron la expansión del sistema de consumo energético.

El desarrollo industrial generó muchos cambios en la forma en que las sociedades y el hombre se relacionaron entre sí y con su entorno.

El surgimiento de esta forma moderna de entender el mundo causó una transformación sin precedentes, los valores de la sociedad tradicional se trastocaron definitivamente

³⁵ Kuhn, T. S. *“La estructura de las revoluciones científicas”* FCE Pág. 13.

³⁶ *Ibidem.* Pág. 10.

³⁷ Kaplan, Marcos. *“Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* UNAM Pág. 11.

debido al revolucionario sistema de consumo energético envolviendo al mundo en una etapa de “consumo permanente”.

Es importante puntualizar que nuestro análisis supone que el subsistema técnico científico tiene como detonador del incremento el consumo de energía, ya que está directamente relacionado con el aprovechamiento de los recursos electricidad, petróleo de los que dependen las sociedades modernas.

Asimismo es importante dejar claro que:

“El mismo nombre de revolución industrial refleja su impacto relativamente tardío sobre Europa. La cosa existía en Inglaterra antes que el nombre. Hacia 1820, los socialistas Ingleses y Franceses - que formaban un grupo sin precedentes- lo inventaron probablemente por analogía con la revolución política de Francia. (...) Significa que un día entre 1780 y 1790, y por primera vez en la historia humana se liberó de sus cadenas al poder productivo de las sociedades humanas, (...) Ninguna sociedad anterior había sido capaz de romper los muros que una estructura social preindustrial, una ciencia y una técnica defectuosas, el paro, el hambre y la muerte imponían periódicamente a la producción.”³⁸.

Las mutaciones técnicas proporcionaron la capacidad de generar excedente en la agricultura, este excedente energético servirá como vehículo a la ciudad para aumentar en número y en complejidad, debido a las dinámicas de autoorganización del sistema.

Mientras en Inglaterra surgió la revolución industrial en Francia encontramos “*el correlato político*” que enmarca un proceso global que demuestra la no linealidad de los procesos históricos como Kaplan lo describe “*La denominación polisémica, abarca contenidos y significados diversos. (...) la revolución industrial nunca llega a ser un fenómeno netamente definible, sino mas bien una combinación de problemas y procesos usados, en un espacio y tiempo dados*”³⁹.

La revolución industrial es un proceso complejo, “*Es una totalidad que abarca e integra revoluciones sectoriales en la agricultura, la demografía, el transporte, el comercio, la industria, la ciencia, la cultura, la opinión pública, la política, la guerra, el estado, el derecho*”⁴⁰, siguiendo el planteamiento de Kaplan, la revolución francesa y la

³⁸ Hobswam, E. “*Las Revoluciones Burguesas*” Tomo 1. Ed. Quinto Sol Pág. 58-59.

³⁹ Op. Cit. “*Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales.*” Pág. 71.

⁴⁰ *Ibidem.* Pág. 71.

revolución industrial están íntimamente ligados, éstas son producto de un mundo caracterizado por una constelación de problemas y procesos respecto a los cuales aquéllas son a la vez reflejos, productos, factores, e intentos de solución. La revolución industrial fue una consecuencia de las necesidades que demandaba una sociedad en expansión, tomando en cuenta que la expansión social traería como consecuencia un incremento considerable en el consumo energético social.

El marco socioeconómico cultural y político, es fundamental para entender en que contexto global de expansión se encontraba la sociedad. Las características específicas que se combinaron en Inglaterra iniciaron el proceso de las sociedades de alto consumo energético:

a) Cuestión agraria: relaciones entre propietarios y cultivadores de la tierra, y entre productividad y población, y soluciones nacionales específicas.
b) Cuestión demográfica: expansión por aumento de nacimientos respecto a defunciones, excedente poblacional, ruptura del equilibrio precario entre subsistencia y habitantes.
c) Vasto despliegue del comercio vinculado a la explotación colonial, y avance del dominio europeo sobre el resto del mundo.
d) Florecimiento de la manufactura, en vías de transformarse en gran industria
e) Aplicación de la ciencia y la técnica en la producción, y aumento de su influencia en la cultura, la sociedad y la política
f) Contradicciones y conflictos entre aristocracia y burguesías.
g) Clima de fermentación social, cultural e ideológica, política, y demandas de renovación y reforma, bajo presiones internas y externas (rebelión colonial, rivalidad internacional)
h) Demandas de modernización del Estado, en cuanto a los principios y prácticas de libertad política, de conciencia y unidad nacionales, y de eficacia aplicada al crecimiento y la modernización, a la competencia y supremacía internacionales.”

(Fuente Marcos Kaplan, *“Ciencia, Estado y Derecho en la primeras revoluciones industriales”* Pág. 72.)

En estos puntos desarrollados por Kaplan podemos observar el crecimiento de la sociedad en complejidad y consumo energético.

Debido a que nuestro interés está enfocado a la revolución industrial, el caso inglés lo estudiaremos en forma ya que es una **“ruptura histórica”** en las sociedades.

El desarrollo mundial basó su desenvolvimiento en el consumo de energéticos fósiles, está no fue una transformación súbita y de fondo, fue un proceso largo y doloroso que transformó el mundo en todo sentido.

Los principales indicadores como los nombra Kaplan:

“se refieren a un súbito y agudo ascenso de las principales dimensiones económicas: productividad, producción, en una serie de industrias y servicios estratégicos (transporte); paso a la producción en

*masa; renovación completa de actividades industriales; ruptura de los límites a la capacidad productiva, para la multiplicación constante e ilimitada de personas, bienes, servicios, riqueza, empleos; por ende, afirmación de la preponderancia de la industria en el conjunto de la economía. Se van dando las condiciones y rasgos del llamado “despegue hacia el crecimiento autosostenido”.*⁴¹

Estos indicadores, entendidos en un lenguaje energético, marcan puntos fundamentales para observar cómo el consumo de energía fue en crecimiento constante.

La mayor producción y la multiplicación constante operaron como base del *“crecimiento autosostenido”*; hablan de una visión del mundo, donde no existían límites para la expansión del modelo, un planeta que mantendría eternamente sus recursos por los siglos de los siglos a los hijos de dios y que permitiría la voraz e infatigable explotación sobre el bioma.

La revolución industrial es un largo proceso histórico, inicia en Inglaterra a mediados del siglo XVII y es una combinación de circunstancias específicas en Inglaterra. *“Claro que la revolución industrial no fue un episodio con principio y fin. Preguntar cuando se completó es absurdo pues su esencia era que, en adelante, nuevos cambios revolucionarios constituyeran su norma”*⁴² El previo enriquecimiento de la nación inglesa paralelo al reajuste político secular, la revolución demográfica, la solución al problema del agro y el papel de los hombres nuevos son algunas de circunstancias específicas.

Inglaterra gozaba de condiciones generales favorables: las minas de hierro y carbón, el capital general, los mercados, el sistema financiero, la banca, las relaciones ciencia-técnica-empresa productiva, la disponibilidad de mano de obra, la existencia de una industria motriz (textiles) y de una cadena de innovaciones técnicas entrelazadas con aquella (textil, bienes de capital, máquina de vapor, metalurgia y siderurgia, ferrocarril, transporte fluvial y marítimo) sentaron las bases de expansión del modelo de consumo energético. En esto pueden observarse, de forma general, las diversas mutaciones en el conjunto de la sociedad Inglesa.

En el agro surgieron factores determinantes y estos permitieron que se diera tan singular proceso en Inglaterra, *“La formación de un capital industrial depende entonces del crecimiento de la producción agrícola (...) Además de la revolución agrícola, la*

⁴¹ *Ibidem.* Pág. 72-73.

⁴² *Op. Cit.* *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo 2 Pág. 60.

*revolución comercial, la revolución técnica, la revolución de los transportes se convierten en otros tantos preámbulos de la revolución industrial*⁴³ pero más allá de las mutaciones técnicas que se dieron posteriormente en el agro, estas influyeron en las enclosures⁴⁴: *“las enclosures fueron el golpe de gracia para la estructura entera de la sociedad campesina inglesa encarnada en la aldea tradicional”*⁴⁵ sin duda fue uno de los detonadores que permitió generar un excedente y adoptar el modelo industrial en la ciudad.

La revolución técnica en el agro impulsó un sistema novedoso que permitió la disponibilidad de alimentos para la sociedad inglesa *“Fue aquella una época de perfeccionamiento de las técnicas agrícolas: incremento del uso de fertilizantes, nuevos cultivos, rotación de cultivos... Los nuevos métodos no podían aplicarse a los campos sujetos a las reglas de la explotación comunal; los gastos que exigían resultaban más penosos para el agricultor de escasos, o hasta medianos recursos”*⁴⁶ las nuevas técnicas implementadas lograron superar la productividad, esto permitió que se dispusiera de suficiente excedente energético para seguir reproduciendo el sistema.

La revolución técnica en el agro fue un detonador que permitió desde estos momentos que el desarrollo de la ciencia y la técnica ocuparan un lugar central:

*“en última instancia, el gran excedente esencial para el desarrollo de la moderna sociedad industrial, había de lograrse principalmente por medio de la revolución técnica, es decir, aumentando la productividad y extendiendo el área cultivada, a través de una agricultura capitalista. Solo así podía la agricultura producir no solo el excedente de alimentos necesarios para las ciudades (...) sino también el trabajo para la industria.”*⁴⁷

En estas dos herramientas se basó el modelo de reproducción, ya que como mecanismo detonador permitió que existiera un excedente energético el cual aprovechar.

⁴³ Peyrefitte, Alain. *“Milagros Económicos”* Ed. Andrés Bello Pág. 136.

⁴⁴ Cercamientos de tierras comunales que inician en el siglo XVIII en Inglaterra. La gran mayoría de los autores que hacen referencia a la categoría la relacionan con la destrucción definitiva de la comunidad campesina y al surgimiento de la explotación moderna del campo.

⁴⁵ Moore, Barrington Jr. *“Los orígenes sociales de la dictadura y de la democracia.”* Península Pág. 28.

⁴⁶ *Ibidem.* Pág. 29.

⁴⁷ Hobsbawm. E. *“En torno a los orígenes de la revolución industrial”* Siglo XXI cuarta edición 1975 Pág. 41

Podemos afirmar que la revolución técnica en el agro fue condición de la industrial, puesto que del campo se extrajo el excedente energético. En este sentido la agricultura prepararía el terreno para el surgimiento de las sociedades industriales,

“La agricultura estaba preparada, pues, para cumplir sus tres funciones fundamentales en una era de industrialización: aumentar la producción y la productividad para alimentar a una población no agraria en rápido y creciente aumento; proporcionar un basto y ascendente cupo de potenciales reclutas para las ciudades y las industrias, y suministrar un mecanismo para la acumulación de capital utilizable por los sectores más modernos de la economía.”⁴⁸

El desarrollo en el agro permitió que Inglaterra tomara la batuta internacional de intercambio comercial durante ese periodo histórico:

“en Inglaterra se advertían desde tiempo atrás signos de la revolución agrícola; estos signos se multiplicaron a partir de mediados del siglo XVII. También se registró un marcado aumento en el cultivo de especies nuevas y poco comunes como el maíz, las papas y el tabaco. Estas especies pueden ser consideradas como propias de la revolución agrícola.”⁴⁹

La agricultura británica se vuelve la más productiva del mundo, revolución agraria es condición de la industrial; alimenta una población no agrícola con medios de subsistencia más baratos esto permitió generar un mercado interno, basado en el consumo de productos agrícolas que permitieron a la población no agrícola desarrollara funciones dentro de la manufactura de productos fabricados en los talleres de alfareros, herreros, etc.

Otro rasgo importante fue la cantidad de reservas de carbón y hierro que le permitieron a Inglaterra tener suficientes energéticos; sin los cuales las máquinas no podrían funcionar. Gran Bretaña, además, de condiciones generales dispone de reservas de energéticos (carbón y hierro). Los energéticos fueron de vital importancia para el despegue industrial de Inglaterra. Más adelante analizaré el consumo total de carbón en esta época, ya que fué la base energética del sistema.

El ejemplo más claro de cómo la aplicación de una innovación genera expansión en todos los niveles del sistema *“Una sola innovación técnica –la sustitución de cierto tipos*

⁴⁸ Op. Cit. *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo I. Pág. 64-65.

⁴⁹ Op. Cit. *“En torno a los orígenes de la revolución industrial.”* Pág. 41.

de cultivos por la patata- había hecho posible un aumento de población, pues una hectárea de tierra dedicada a la patata podía alimentar a muchas más personas que otra dedicada a pastos u otros productos”⁵⁰

La relación entre ciencia-tecnología y revolución industrial fue un elemento significativo, sin el no podríamos entender la relación entre desarrollo técnico-científico e incremento total de energía. Es importante aclarar que la industrialización y el desarrollo de la ciencia y la técnica en este primer momento no estaban directamente relacionados, y muchas innovaciones técnicas ocurrieron antes de ser utilizadas a escala industrial.

Es importante resaltar la actitud en la sociedad inglesa hacia la ciencia y la técnica, en estos momentos la apertura que existía en todos los sectores era sorprendente *“Semiindustrializada antes de 1760, Gran Bretaña es reservorio de especialidades en textiles y metales, y es en la sociedad donde se va difundiendo un interés general por la técnica y la ciencia”⁵¹*, sin embargo la relación entre ciencia y técnica en estos momentos todavía no está directamente relacionado con el desarrollo de la industria.

La revolución industrial tuvo en los artesanos y en los pequeños empresarios el primer motor de aplicación técnica en la producción:

“debe tenerse en cuenta la actitud de la sociedad británica para resolver dificultades técnicas (...) ellos no disponen de conocimientos propiamente científicos como parte de su acervo personal, pero si del empirismo de trabajadores manuales con la práctica cotidiana de su oficio, para la concepción y la ejecución de nuevas técnicas”⁵²

Es importante observar este primer momento en donde la ciencia y la técnica no conforman todavía un sistema y su desarrollo es todavía paralelo.

La apertura social existente y la relación entre sectores dió inicio al desarrollo embrionario del sistema científico: esta relación se desplegará con toda su fuerza durante la mitad del siglo XIX en adelante.

El sistema científico, su desarrollo y complejidad, está en un constante proceso de continuidad: *“las innovaciones técnicas de la revolución industrial se hicieron realmente*

⁵⁰ Hobswam E. *“Las revoluciones burguesas”* Tomo 2. Ed. Quinto Sol Pág. 294-295

⁵¹ *Op. Cit. “Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* Pág. 78.

⁵² *Ibidem.* Pág. 78

*a si mismas.*⁵³ Estos procesos no son lineales ni mecánicos y responde a una dinámica autoorganizativa que determina estocásticamente la evolución de la ciencia y la técnica.

Los desarrollos técnicos científicos de la primera revolución industrial pueden ordenarse de la siguiente forma:

"Desarrollos técnicos.	Desarrollos científicos.
a) Recursos energéticos: carbón mineral; paso de la energía hidráulica de los molinos a las máquinas de vapor (1712, 1769, 1787), cada vez más potentes y móviles .Su aplicación a fábricas, minas, barcos, ferrocarriles	a) Desarrollo de las principales ramas científicas que llegan al presente. En especial las siguientes:
b) Materiales: hierro: fusión al choque (1735); acero (1750); hierro pudelado y laminado (1783). Trabajo del metal. Paso a siderurgia en expansión constante, cualitativa y cuantitativa.	b) Calculo, inventado por Newton y Leibnitz, y desarrollado por Bernouillis, Euler, Lagrange, para uso en las matemáticas mismas, en la física y la astronomía.
c) Máquinas-herramientas (1772-1799)	c) Invención y difusión de la física Newtoniana. Desarrollo de otras ramas de la física: electricidad y magnetismo, y bases para los avances tecnológicos en comunicaciones y en otros campos de utilización. Teorías de la radiación electromagnética, de calor y termodinámica, ley de conservación de la energía. Mecánica estadística. Desarrollo de la química. Tabla de elementos químicos. Desarrollo de la espectroscopia como instrumento de análisis químico. Desarrollo de la química orgánica.
d) Máquinas-textiles: Kay (1773), Hargreaves (1776), Arkwright (1767), Crompton (1782), Cartwright (1789)	d) Progreso de la astronomía, teoría y observaciones (astrofotografía).
e) Construcción: puentes (1772), pilares (1780), armazones (17786).	e) Geología y paleontología modernas.
f) Transportes marítimos: a vapor, 1736-1772; en hierro, 1787.	f) Embriología.
g) Transportes terrestres: Cugnot (1769),	g) Medicina: vacuna antivariólica. Gérmenes y

⁵³ Op. Cit. "Las Revoluciones Burguesas." Tomo I. Pág. 63.

Trwithick, locomotoras (1792); ferrocarril.	virus patógenos. Pasteurización de alimentos, cirugía antiséptica. Anestesia. Desarrollo de medicamentos a partir de avances de la química y la farmacia.
h) Invención de gran número de máquinas agrícolas, con el enorme aumento consiguiente en productividad.	h) Nuevas fuentes de energía, y su aplicación al transporte, las comunicaciones y la industria.”
i) Dominio del fenómeno viviente: progresos de la agronomía, tecnologías agropecuarias, la selección de especies, la medicina, la cirugía, el dominio del dolor por los anestésicos, el conocimiento y la explotación de los microorganismos (Pasteur).	
j) Estructuración del tiempo: reloj mecánico, cronómetro.	

(Fuente Marcos Kaplan, *“Ciencia, Estado y Derecho en la primeras revoluciones industriales”* Pág. 82-83.)

En estos puntos podemos observar en forma muy general el entramado técnico-científico, con el paso del tiempo se volverá más complejo. Este desarrollo en la ciencia y en la técnica modificó el sistema en todos sus niveles, generando un modelo cada vez más interconectado y más complejo que dará pie a la próxima revolución industrial.

2.3. El gran salto: sustitución energética; era del carbón.

Partiremos de una premisa teórica que damos por cierta:

“No hay duda de que, en efecto, el incremento del consumo de energía es la característica más importante de la evolución humana en general y a largo plazo. Todos los demás rasgos – como, por ejemplo, el perfeccionamiento de la adaptación, un mejor control sobre el ambiente, la mayor complejidad cultural y la diversificación de la cultura, una menor diversidad social, una mejor comprensión de la naturaleza, una población en expansión, la creciente degradación de ambiente humano, un aumento de la conciencia humanitaria, (...) – siendo muy importantes, no son sino consecuencia del incremento de energía, y ello puede comprobarse.”⁵⁴

⁵⁴ Op. Cit. *“El octavo día. La evolución social como Autoorganización de la energía”* Pág. 291.

Esta premisa teórica nos permite analizar el proceso de incremento energético basado en el consumo de materiales fósiles no renovables, que inicia con la primera revolución industrial. Este proceso hubiese sido inimaginable sin un excedente energético, consecuencia de la revolución en el agro y el desarrollo de la ciencia y la técnica, enfocados a la producción y consumo energético en masa.

En palabras de Manuel Cazadero:

*“Toda sociedad requiere una base energética. En las comunidades primitivas, ésta, generalmente, es proporcionada por el aporte muscular de los individuos que la integran. Tratándose de sociedades más complejas, usualmente esa energía se enriquece con la extraída de animales domesticados, del viento (...) Posteriormente, tal como hemos tenido ocasión de comprobar al examinar el proceso industrializador (...) la PRI (Primera Revolución Industrial) tuvo como condición necesaria una enorme ampliación de la base energética del aparato productivo mediante el uso de combustibles fósiles, principalmente carbón mineral.”*⁵⁵

Como nuestra cita lo indica: el carbón mineral fue el cimiento energético de la primera revolución industrial.

El carbón sirvió de combustible a la máquina de vapor gran símbolo de la revolución industrial *“Técnicamente, el ferrocarril es el hijo de la mina, y especialmente de las minas de carbón del norte de Inglaterra.”*⁵⁶ Este producto mineral es utilizado por diversas culturas, pero no, fue hasta el siglo XVIII cuando la industria se desarrolla, *“La producción industrial alcanzaba cifras astronómicas: en la década de 1840- 1850 fueron extraídos del interior de la tierra unos 640 millones de toneladas”*⁵⁷ Debido al desarrollo de la revolución industrial y gracias a la nueva fuente de energía, la industria y el comercio se expandieron en forma acelerada, iniciando una etapa en el consumo energético, que con el paso del tiempo mostrara sus límites y tensiones dentro del sistema.

El consumo energético es la constante evolutiva de las sociedades. Este planteamiento lo podemos demostrar después de comparar varios estudios, aunque el interés de éstos no se centre en la energía, es claro que existe un consenso en distintas interpretaciones de la historia: uno de los elementos que aceleró el desarrollo del modelo evolutivo, fue el

⁵⁵ Op. Cit. *“Las revoluciones industriales.”* Pág. 171.

⁵⁶ Op. Cit. *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo I. Pág. 87.

⁵⁷ Op. Cit. *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo 2. Pág. 526.

ingrediente energético: *“no obstante ser el siglo XIX y no el XVIII el que debe denominarse como el siglo del carbón”*⁵⁸, debido al despliegue energético en aquella época, el consumo se expandió a sendas inimaginables provocando serias crisis ecológicas, las cuales están siendo determinantes en el desarrollo de nuestras sociedades.

Por razones pedagógicas integramos dos tablas estadísticas elaboradas por *Manuel Cazadero* y *R. N. Adams* para comparar como el incremento energético es más que evidente:

Consumo de energía en el Reino Unido, 1800-1970	
Año	Consumo de energía (toneladas de equivalente de carbón per capita)
1800	.68
1850	1.67
1900	3.99
1910	4.16
1938	4.14
1950	4.46
1960	5.06
1970	5.91

(Fuente: R. N. Adams. *“El octavo día. La evolución social como autoorganización de la energía.”* Pág. 269.)

Producción de carbón mineral en Inglaterra 1700-1829 (millones de t)				
Año	1700	1750	1800	1829
Producción	2.5	4.75	10	16

Producción carbonífera en varios países, 1860- 1900 (millones de t)				
Periodo	Reino Unido	Francia	Alemania	E. Unidos
1860-1864	84.9	9.8	15.4	16.7
1880-1884	156.4	19.3	51.3	88.7
1900-1904	226.8	31.8	110.7	281.0

(Fuente: Cazadero Manuel. *“Las Revoluciones Industriales.”* Págs. 22-66)

El carbón fue la fuente de energía más utilizada por la sociedad inglesa, y su consumo es sin duda un indicador de la expansión industrial, *“El carbón tenía la ventaja de ser no sólo*

⁵⁸ Ashton, T. H. *“La revolución industrial.”* FCE Pág. 50.

*la mayor fuente de poderío industrial del siglo XIX, sino también el más importante combustible doméstico”*⁵⁹

Es importante dejar claro que el consumo de energéticos como el carbón nunca se abandona pero:

*“La expansión de los cimientos energéticos, del desarrollo, energético del desarrollo económico de los países industriales queda revelada en las cifras de la producción de carbón. (...) Los cambios en la correlación de fuerzas en el concierto de las naciones se reflejaba en el terreno de la energía”*⁶⁰.

En este sentido podemos afirmar que: el consumo energético además de incrementar se vuelve más complejo según las necesidades de consumo y expansión de la sociedad, al incorporar nuevas energías, este es el caso en la segunda revolución con el petróleo.

Es clara la ruptura que provoca el desarrollo industrial. La era de consumo energético basado en la fuerza animal y humana habían dejado de lado para dar paso al hombre confiado en la idea de progreso, ciencia y tecnología darían los elementos para elevar los niveles de vida de los ciudadanos:

*“Incluso Emerson, que tanto criticó los valores de la sociedad norteamericana, se preguntaba en su ensayo *Progress of Culture* (El progreso de la cultura): “¿Quién hay que desee vivir en la edad de piedra, de bronce, la de hierro o la lacustre? ¿Quién hay que no prefiera vivir en la edad del acero, del oro, del carbón, del petróleo, del algodón, del vapor, de la electricidad y del espectroscopio?”. A lo largo de todo el siglo XIX- e incluso hasta bien entrado el XX-, y de un confín a otro de la nación, los editores de los periódicos rivalizaban entre si en sus cantos de las glorias del progreso, sobre todo del progreso industrial y tecnológico”*⁶¹

Como medios para lograr mejores condiciones de vida.

⁵⁹ Op. Cit. *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo I. Pág. 86.

⁶⁰ Op. Cit. *“Las revoluciones industriales.”* Pág. 171.

⁶¹ Nisbet, Robert. *“Historia de la idea de progreso”* Gedisa. Pág.288

2.4. La Segunda Revolución Industrial. Era del petróleo y la electricidad”.

La segunda revolución industrial como la primera, tuvo como característica general una expansión notable en el consumo total de energéticos, teniendo como variable el consumo de nuevos materiales fósiles: el petróleo; sin dejar de utilizar el carbón.

En el sistema, sus relaciones se tomaron más complejas. A continuación describiré de forma general las diferencias entre la primera y la segunda revolución industrial.

La segunda revolución empieza a vislumbrarse:

“Hacia el ultimo cuarto del siglo XIX el capitalismo de los países centrales y luego sus periferias mundiales, van entrando en una segunda revolución industrial y Científica-Tecnológica, Es dificultoso precisar exactamente en el tiempo (y en el espacio) sus comienzos y los perfiles que va adquiriendo. Se trata de una Segunda revolución, más veloz, totalizadora e impactante que la primera, en si misma y en sus múltiples repercusiones (sectoriales, nacionales, regionales y mundiales).”⁶²

El desarrollo de la relación ciencia y tecnología se vuelve más estrecha y más compleja.

Debido a la dificultad para precisar en tiempo y en espacio como lo diría *Kaplan* damos por hecho que: desarrollos e innovaciones técnicas surgen en distintos campos, en la química, en la ingeniería y que su desarrollo se da en distintos espacios físicos, esto es lo que va volviendo el sistema más complejo, la interrelación entre los procesos no permite dar datos exactos de cómo y en que momento surge una innovación técnico científica.

La Segunda Revolución contiene nuevas relaciones. El carácter empírico de la técnica queda rebasado por el enfoque programático del sistema científico, que permitirá pensar en términos de aumento en la producción. Ciencia y técnica progresan rápidamente, sufren profundas transformaciones, aumentan sus interrelaciones y las ejercen sobre los procesos productivos. Una de las características más importantes es la influencia que logra tener sobre los países que debido al desarrollo de su base industrial les permite adoptar nuevos modelos de consumo energético basado en el petróleo y la electricidad.

Esta internacionalización del paradigma se da en forma después del último cuarto del siglo, su influencia abarca hasta la segunda guerra mundial, donde la tercera revolución

⁶² Op. Cit. *“Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* Pág. 147.

empieza a tomar forma: el paradigma técnico-científico basado en el incremento de consumo energético necesitaba una plataforma que lo impulsara; la ciencia y la técnica.

Es importante dejar clara la diferencia de los dos procesos que el mismo Kaplan retoma de Geoffrey Barraclough:

“Fue mucho más profundamente científica, mucho menos dependiente de las “invenciones” de “hombres prácticos con poco si algún adiestramiento científico. Estuvo preocupada no tanto por mejorar y aumentar los productos existentes como en introducir otros nuevos. Fue mucho más rápida en su impacto, mucho más prodigiosa en sus resultados, mucho más revolucionaria en sus efectos sobre las vidas y visiones. Y finalmente, [...] la era del carbón y del hierro fue sucedida, después de 1870, por la era del acero y la electricidad, del petróleo y los químicos. [...] el principal factor diferenciador, que separa la nueva era de la vieja, fue el impacto del avance científico y tecnológico sobre la sociedad, tanto nacional como internacional.”⁶³

El sistema científico vinculado cada vez más al entramado técnico en la segunda revolución, genera una interacción que provoca un desarrollo notable en las instituciones educativas orientadas al desarrollo de la producción. En muchos casos orientadas por intereses del estado o de empresas privadas que invierten en investigación, empezándose así a formar y a complejizar el sistema técnico científico:

“Con la segunda revolución, las interacciones entre la técnica y la ciencia, y de ambas con las principales instancias de las sociedades desarrolladas, aumentan en número y en intensidad, en complejidad y dinamismo. El continuo pura-ciencia aplicada-tecnologías (ciencias de las técnicas)-técnicas, en que los diversos términos se entrelazan, se traslapan, interactúan de modo multívoco, tiende cada vez más a constituirse y funcionar como sistema, a su vez subsistema dentro de la sociedad global.”⁶⁴

Dentro del sistema científico se entrelaza el subsistema educativo desplegándose con gran fuerza y sirviendo de detonador del incremento del consumo total de energía

Es impotente describir de forma general y breve la educación como detonador del sistema.

⁶³ *Ibidem*. Pág. 149.

⁶⁴ *Ibidem*. Pág. 150

El sistema educativo en este periodo estuvo directamente relacionado al Estado, esta relación es importante tenerla en mente. El Estado actuó como director del sistema productivo social:

*“El avance científico no habría llegado a ser igualmente efectivo y actuante en los principales aspectos y consecuencia de la segunda revolución, si no hubiera estado acompañado por cambios de actitudes, concepciones y prácticas fundamentales en y hacia la organización socioeconómica y política, y sobretodo en cuanto al papel del estado, sus intervenciones, su sector público. La segunda revolución es, a la vez, concomitante, premisa, causa concurrente, componente y resultado, del avance en el mero intervencionismo y dirigismo”*⁶⁵

Este dirigismo actuó sobre el sistema educativo en todos sus niveles.

La relación entre educación y estado encierra una dinámica compleja de interacción:

“si por una parte los avances y cambios científicos y tecnológicos de la segunda revolución impactan –como ya se vio antes– de modo directo en el Estado y el derecho, y lo transforman de diferentes maneras, a la inversa aquellos actúan directamente sobre la ciencia y la tecnología. Ello se manifiesta y ejemplifica adecuadamente en lo que se refiere a la educación, y a la emergencia de la política Científica contemporánea.

*La educación, actúa a este respecto de manera a la vez indirecta y directa”*⁶⁶

En esta estrecha relación, el sistema educativo crece en forma exponencial irradiando todos los sectores sociales de los países industriales.

2.5. Avances técnico-científicos: un sistema complejo.

Ya en la primera revolución, la ciencia está en constante desarrollo y avance. En todos los espectros sociales goza de mucha aceptación, en este momento la óptica sobre el desarrollo científico es: que la mayoría de los principales descubrimientos científicos han sido hechos, solo queda por contribuir pequeños detalles, esta visión de la ciencia entra en crisis a finales del siglo XIX y principios del XX, por descubrimientos revolucionarios, en la física,

⁶⁵ *Ibidem.* Pág. 208

⁶⁶ *Ibidem.* Pág. 235

la biología, las matemáticas, la astronomía, la geología. En este momento empieza un nuevo periodo de ciencia extraordinaria que marcará el desarrollo de nuevas ciencias y técnicas.

El desarrollo de la ciencia y la técnica es perceptible con el transcurso del tiempo, puesto que muchas innovaciones se gestan en una etapa posterior o en el límite cronológico de la siguiente etapa: *“En conjunto, las ciencias físicas no fueron revolucionadas. Es decir, permanecieron sustancialmente dentro de los términos de referencia establecidos por Newton, bien continuando líneas de investigación ya seguidas en el siglo XVIII, bien extendiendo los antiguos descubrimientos.”*⁶⁷. En este sentido el newtonianismo se desplegó con gran fuerza siendo base del pensamiento unitario desde donde se desarrollarían distintas teorías.

A continuación citaremos en extenso El trabajo de Kaplan:

“Entre ellos destacan: el avance en los estudios de los pesos atómicos, que integran la teoría newtoniana de movimiento y masa con las ideas de Lavoisier sobre los elementos químicos; la tabla periódica de elementos de Dimítri Mendeleiev (1869); los avances en la termodinámica.

La teoría clásica del calor y la termodinámica es desarrollada por Sadi Carnot, J. P. Joule, William Thompson (Lord Kelvin), Rudolf Clausius, (...) Sus contribuciones demuestran la relación entre el calor y otras formas de energía, y formulan la ley de la conservación de la energía. La primera ley de la termodinámica postula que el sonido, la luz el calor, la electricidad, el magnetismo, el movimiento de la materia misma, son medibles todos en términos de energía, cuya cantidad es constante en el universo como un todo. La segunda ley, que abarca los conceptos de entropía y de “muerte del calor”, sostiene que, en una fecha muy distante, la energía dejará de ser disponible para nuevos usos. Sus fuentes se mueven constantemente hacia un estado de equilibrio agotado y tibio; los átomos tienden a un estado cada vez más desordenado (L. Boltzmann)”.⁶⁸

Otros trabajos son también muy importantes en el despliegue de la electricidad como energético en emergencia. Los trabajos de Maxwell

“tanto teórico (...) como empírico, (...) da sustento matemático riguroso a una estructura de síntesis en la cual el electromagnetismo puede interrelacionarse estrechamente con los patrones

⁶⁷Op. Cit. *“Las Revoluciones Burguesas.”* Tomo 2. 497-498.

⁶⁸Op. Cit. *“Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* Pág. 152-153.

*corrientes de la mecánica y la termodinámica. A partir de estos y otros avances en relación a la electricidad se darán algunos de los mayores avances teóricos y prácticos del inmediato futuro*⁶⁹.

Los paradigmas herederos de la mecánica clásica elaborada por Newton a principios del Siglo pasado se ven limitados por los nuevos enfoques físicos que terminan por impactar en las diversas ramas de la ciencia.

La revolución en la física provocada por los trabajos de Konrad Röntgen (1895), donde la indestructibilidad del átomo se pone en duda por los descubrimientos de los rayos X y la radiactividad del electrón, da un nuevo marco donde se desarrollarán las nuevas teorías elaboradas en una nueva visión del mundo:

*“Estos descubrimientos, inexplicables por las teorías clásicas, desencadenaban trabajos experimentales y teóricos que transforman el discurso científico sobre materia y energía. El descubrimiento del núcleo atómico (1911) y de numerosas partículas subatómicas, además del electrón, abre un ancho campo a la nueva física. La naturaleza de la desintegración del átomo se vuelve tema central. Se descubre que los átomos cambian, no solo por decadencia radioactiva, sino por fisión y fusión nucleares, con la liberación de grandes cantidades de energía.”*⁷⁰

En este caldo de ideas y de experimentación en laboratorios surgen las nuevas nociones del mundo, donde la teoría de los “*quanta*” y la “*relatividad*” toman fuerza para desplegar su influencia durante todo el siglo XX.

Esta visión subatómica del mundo requiere dejar a un lado la visión clásica, así inicia una nueva etapa del pensamiento científico, la explicación de la estructura atómica requiere el abandono de las viejas nociones de naturaleza, tiempo, materia y energía, a favor de la teoría de los *quantos* y de la teoría de la relatividad, la primera desarrollada por varios científicos en las tres primeras décadas del siglo XX, la segunda por *Albert Einstein*. Los trabajos de *Einstein* fueron determinantes para el desarrollo de la tercera revolución.

La nueva física permitió el desarrollo de la *mecánica cuántica* que aborda los problemas sobre la materia y la energía en un nivel subatómico y atómico. El desarrollo de la teoría de los “*quanta*” marca un nuevo planteamiento el cual la física clásica no puede resolver. Posteriormente científicos como *Niels Bohr*, *Einstein* y otros dan grandes aportes al estudio

⁶⁹ *Op. Cit. “Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* Pág. 153.

⁷⁰ *Ibidem.* Pág. 153.

de la mecánica cuántica. Posteriormente *Einstein* elabora importantes textos en los cuales introduce la teoría de los quanta a la física.

El desarrollo de la teoría de los *quanta* en la física introducida por *Einstein* dará sustento a la teoría de la relatividad y abrirá nuevas nociones sobre nuestra forma de entender el espacio.

La química que ya en el siglo XVIII tiende a lo cuantitativo y lo experimental como método de análisis, en el XIX surge la teoría atómica como visión moderna, la nueva visión tiene en la tabla periódica y en *Mendeleev* su principal precursor, en esta nueva etapa se desarrollan estudios de química orgánica e inorgánica, se establece que estas dos formas de materia están compuestas por los mismos átomos.

La influencia de la física es notable, gracias a esta se desarrolla la síntesis de sustancias:

*“la nueva física del siglo XX, sobre todo la mecánica cuántica, revolucionan no solo la propia disciplina sino también la química y otros campos. El conocimiento de la estructura de la materia capacita a los químicos para sintetizar una amplia variedad de sustancias, especialmente sustancias orgánicas complejas con papeles importantes en los procesos de la vida o con aplicaciones tecnológicas”*⁷¹.

Se desarrollan las matemáticas, la astronomía, la geología y la biología, a ésta última la describiremos en el siguiente capítulo debido a que será parte medular de nuestro estudio: *“El ejemplo de la investigación biológica, abriéndole el camino a la ingeniería genética, es quizás el que mejor ilustra las tendencias de la evolución de complejo técnico contemporáneo.”*⁷²

La complejidad creciente del sistema en su conjunto y el incremento de consumo energético en esta etapa es evidente. La base energética se vuelve más compleja y nuevos energéticos entran al sistema de consumo en masa reordenándose de nueva cuenta el sistema productivo y de consumo.

Es casi imposible separar el factor energético del desarrollo de la técnica. En este subtema abordaremos el desarrollo de la energía como: evolución de las técnicas de aprovechamiento y desarrollo productivo

⁷¹ *Ibidem*. Pág. 156.

⁷² Daumas, Maurice. *“Las grandes etapas del progreso técnico”* FCE pp. 148.

La energía eléctrica que en el siglo XVII es campo de estudio, para el siglo XIX es centro de interés debido a sus múltiples aplicaciones prácticas en la producción. En 1800 *Volta* desarrolla el primer generador de electricidad dinámica. Gracias al generador creado por *Volta* se desarrolla la electrolisis, la galvanoplastia, el telégrafo eléctrico y posteriormente el teléfono.

El primer generador da las bases para las siguientes innovaciones, el francés *Gaston Plante* desarrolla los acumuladores. *Gramme* un obrero de origen belga desarrolla en 1869 el dinamo.

El desarrollo del dinamo fue primordial para que la electricidad empezará a gozar de aceptación:

“Su máquina solo comenzó a conquistar la industria el día en que se pudo transportar la energía. Al poner a punto el alternador, aportaba un comienzo de solución: la corriente alterna, gracias a las altas tensiones que exigen poco cobre, puede ser fácilmente conducida a distancia. Los transformadores permiten pasar sin dificultad de las altas tensiones que el transporte exige a las bajas tensiones que se emplean corrientemente para la distribución y utilización de la energía eléctrica, y su aparición comporta un paso decisivo.”⁷³

Con el desarrollo de la turbina hidráulica y el alternador *Deprez* de origen francés resuelve el problema del transporte de la energía eléctrica a distancia.

El desarrollo de la electricidad logra que a finales del XIX esta comience a competir con la máquina de vapor como generadora de energía puesto que tiene serias ventajas.

La electricidad marcó la desconcentración de la industria ya que renueva las capacidades industriales. Debido a su amplia aceptación:

“A partir de 1900, (...) va teniendo una creciente participación en la actividad y la existencia de los países industriales, sobre todo en Estados Unidos, o que se proponen llegar a serlo como la Unión Soviética, y los países llamados del “Tercer Mundo”. Llega a convertirse en uno de los indicadores generales más significativos del grado de desarrollo o subdesarrollo de los países y de la especie humana y el mundo en su conjunto”⁷⁴

⁷³ Op. Cit. *“Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales”* Pág. 160-161.

⁷⁴ *Ibidem*. Pág. 165.

La energía eléctrica será un factor que permitirá la expansión de las grandes ciudades industriales.

El petróleo fue fundamental como base energética en la segunda revolución industrial. El petróleo marcará un verdadero proceso de expansión energética el cual está terminando de forma sangrienta, el control del energético es fundamental dentro del modelo de desarrollo, esto lo vuelve un elemento estratégico (el caso más reciente es la invasión de Estados Unidos a Medio Oriente.).

El petróleo conocido desde la antigüedad ya tenía varios usos en siglo XVII, pero es hasta mediados del XIX donde toma un gran impulso.

El petróleo como base energética social desplazó al carbón, esta transformación determinó que el consumo se desplazara de forma radical iniciándose la expansión del modelo industrial como modelo de desarrollo, *“En esta gran metamorfosis de la base energética el petróleo y el gas desplazaron al carbón, de manera que si este proporcionaba el 95% del total en el consumo mundial de energía en 1910, en 1978 solo abastecía el 25%.”*⁷⁵ Es importante dejar claro como: el petróleo permitirá el desarrollo de nuevas formas productivas y de consumo.

En la explotación del petróleo basaron sus modelos de desarrollo las naciones industriales, el incremento del consumo es una característica que inicia en las sociedades industriales desplegándose a la América Latina después de la segunda guerra. Si observamos en cifras el fenómeno quedará claro que la expansión energética es: una característica de las sociedades industriales y de otras estructuras organizativas en el tiempo.

La explotación industrial del petróleo inicia con la excavación del primer pozo en Estados Unidos, el 29 de agosto de 1859, con la perforación de un pozo petrolero por Edwin Drake, en Titusville, Pennsylvania (Estados Unidos), comienzo que asegura a Estados Unidos un Gran Avance técnico y estratégico en el mundo, este hecho marcó la hegemonía estadounidense.

El desarrollo de la industria petrolera en Estados Unidos y su hegemonía hoy todavía son indudables. En este contexto surgen compañías como *Standard Oil*.

⁷⁵ Op. Cit. *“Las revoluciones industriales.”* Pág. 172.

El petróleo como energético y los procesos técnicos en constante desarrollo marcan un nuevo patrón de desarrollo-acumulación y queda clara la relación entre incremento energético, desarrollo técnico científico y acumulación: *“de esta manera, el vínculo entre consumo energía y el avance científico-tecnológico que subyace en el incremento económico está fuera de toda duda”*⁷⁶. El crecimiento económico ha estado tazado siempre en términos energéticos y en la capacidad social para consumir.

A continuación daremos una tabla estadística del consumo energético donde queda clara la tendencia y la relación directa que hoy existe entre energía, ciencia-tecnología y desarrollo.

"Distribución de las fuentes de la oferta energética en los principales países capitalista, 1925, 1950 y 1965"									
País o región	Combustibles sólidos			Combustibles líquidos			Gas natural		
	1925	1950	1965	1925	1950	1965	1925	1950	1965
Estados Unidos	74.2	42.3	24.3	19.2	37.7	42.9	6.2	18.9	31.5
Europa Occidental	96.0	83.8	47.1	3.2	13.5	47.1	—	0.2	2.5
Japón	92.4	83.2	36.6	4.4	6.1	58.4	0.1	0.2	1.4

(Fuente: Cazadero Manuel *"Las Revoluciones Industriales."*)

El cuadro comparativo muestra que la tendencia es al abandono del carbón como base energética, no se deja por completo, contribuyendo a la complejidad del sistema de consumo energético.

En las dos primeras revoluciones el incremento energético y la complejidad del sistema son incuestionables.

⁷⁶ *Ibidem*. Pág.173.

Capítulo III
Tercera revolución industrial como
organización de la energía.

3.1. Tercera revolución industrial como autoorganización de la energía.

Para lograr describir de forma general la dinámica evolutiva de lo que hemos llamado, desde distintas ramas del conocimiento, Tercera Revolución Industrial-técnico-científica tendremos que formular respuestas a cuestionamientos como: ¿Cuáles son las causas que la originan? y ¿Qué relación mantiene con la dinámica general de autoorganización del sistema⁷⁷?, serán preguntas que tendremos que responder para explicar, el ¿porqué? De su autoorganización, y su despliegue, que se da con mayor fuerza después de finalizar la Segunda Guerra mundial.

El carbón, el petróleo y la electricidad son, sin duda, los símbolos de la ciencia, el progreso y el desarrollo basados en la superexplotación del bioma. Esta visión evolutiva se fundamenta en la expansión sin límites del hombre, consumidor potencial de energía disponible, sobre la naturaleza; esta relación ha generando una de las etapas más críticas de la historia evolutiva del sistema en su conjunto, ocasionando consecuencias desastrosas e irreversibles para todos los subsistemas bióticos y biosociales.⁷⁸ Esta relación de explotación desmedida es consecuencia de un sin número de causas las cuales interactúan determinando el proceso evolutivo. Para lograr aproximarnos de forma correcta a las posibles causas por las cuales evolucionó el sistema técnico científico, lo analizaremos como parte de un proceso continuo en el consumo de energías no humanas.

Haremos nuestras las palabras que retoma *Adams de Bateson*:

⁷⁷ La unidad fundamental de análisis de la ecología son los *sistemas* o *ecosistemas*. (...) Se entiende por *ecosistema* a todas las complejas interrelaciones entre individuos y poblaciones que se dan en un ámbito determinado. Los ecosistemas han sido objeto de distintos abordajes por parte de los ecólogos. En un primer momento se estudiaron las estrategias de sobrevivencia, en especial las de reproducción de las especies, las cuales se compararon entre sí y fueron descritas a partir de funciones matemáticas. Después fueron estudiadas las cadenas de alimentación entre las especies, así como las pautas de adaptación de determinadas especies a las condiciones biológicas y físicas de su ambiente. La ecología se ocupó después por el intercambio de materia y energía entre el ambiente y las especies vivas en el establecidas. Finalmente se ha buscado analizar y representar la totalidad de las relaciones entre todos los organismos (biocenosis) establecidos en un lugar. Lo que condujo a la caracterización de las condiciones bióticas locales (tipos de vegetación, por ejemplo), organización (biotopo) y relaciones bióticas de un ambiente, bases todas para la delimitación de biogeogenosis o unidades espaciales ecológicas. Ver. Patricia Lankao. Pág. 15.

⁷⁸ Hablamos de historia evolutiva del sistema y de sistemas bio-sociales puesto que el enfoque adoptado en este trabajo una visión holística y no antropocéntrica de la historia; en este sentido hablar de la extinción social, de la mujer y el hombre es insignificativa con relación al sistema en su conjunto del cual dependen estos.

“Obtenemos una explicación, en su forma más simple, cuando descubrimos que un conjunto de acontecimientos se conforma a un patrón previamente existente dentro de un modelo mental. En ese caso decimos que el modelo se adecua a los acontecimientos. Cuando percibimos sucesos respecto de los cuales carecemos de modelo, podemos encontrar una explicación por cualquiera de las dos vías siguientes: identificando un modelo que les sea adecuado, o construyendo uno y verificándolo después si se aplica o no a acontecimientos ulteriores (Beateson 1979).”⁷⁹

Las explicaciones que se han desarrollado, desde distintas visiones teóricas, de las causas que dan origen a la tercera revolución, no han tomado en cuenta la dinámica general de autoorganización de la energía y como esta se expresa en el subsistema técnico científico, sin embargo proporcionan datos y reflexiones que son importantes en una visión sistémica del modelo en su conjunto. En este sentido decidí aventurarme en una explicación basada en la relación que guardan los sistemas ecológicos, su dinámica al interior y como determinan el resultado. En esta revisión incluiremos nociones que nos podrían parecer desconectadas del sistema como: *umbrales ecológicos*⁸⁰, *capacidad de carga* y como se interrelacionan con éste, detonando técnicas substitutas, que permiten aprovechar nuevas formas de manipulación energética.

El intercambio de materia, energía e información de los sistemas vivos como un todo, es ya aceptada por distintas disciplinas como la ecología, la física, la biología, y la antropología⁸¹. En este sentido, el desarrollo de técnicas y modelos de explotación energética no responden a la creatividad individual, responden a necesidades colectivas de expansión social sobre el medio natural, extrayendo de éste suficiente excedente energético que permita mantener la expansión del sistema. Estas expansiones son consecuencia de un sin número de factores que interactúan en un mismo espacio temporal y físico: la expansión demográfica o crecimiento poblacional, el agotamiento de recursos naturales y otros factores que determinan el cambio en la mentalidad de las poblaciones consecuencia de la forma de consumir energía. La interacción de estos factores provoca un nuevo estado de expansión de la energía total consumida por los sistemas biosociales.

⁷⁹ Op. Cit. “Adams. R” Pág. 31

⁸⁰ La noción de umbral es elaborada por las ciencias naturales para describir el momento y el punto en que el sistema es sometido a perturbaciones, y ya no puede amortiguarlas, se reestructura y puede pasar a un nuevo estado.

⁸¹ La sociedad es un sistema vivo ya que mantiene un intercambio constante de materia energía e información con distintos sistemas bióticos que están interconectados con el sistema en su conjunto.

Es importante dejar claro que debido a la no linealidad y a la multicausalidad de los procesos socio-evolutivos, describirlos cronológicamente no explicaría en forma clara el proceso y encerraría muchas omisiones de carácter reflexivo, que en estos momentos limite su discusión es de vital importancia para el sistema en su conjunto.

Cierto tipo de innovaciones técnico-científicas aparecen en estadios anteriores de la historia y toman fuerza en la actualidad, consecuencia de las necesidades de consumo energético. Sería imposible entender la evolución al estado actual que guarda el sistema técnico-científico sino describimos la relación que existe entre: la crisis energética y el desarrollo de técnicas que basan su funcionamiento en conocimientos herederos de la propagación de las ondas por el espacio, (satélites, celulares) y ésto que relación puede tener con los procesos de irreversibilidad del sistema como: la contaminación, las demandas de los grupos ecologistas, los monopolios de recursos estratégicos, y muchos más problemas que están relacionados entre si, y han dado cauce al mundo que se expresa en forma tan compleja.

Debido a la complejidad del sistema creo que un enfoque de análisis energético de autoorganización de los procesos biosociales es el más indicado para nuestro objetivo, ya que si optamos por una revisión cronológica-lineal daríamos descripciones fragmentadas y estériles como forma crítica de la realidad, en este sentido utilizaremos el paradigma energético como modelo de análisis de autoorganización de la energía, ya que, como se desarrolló en el capítulo anterior existe una relación marcada que se puede observar, en los datos, entre consumo total de energía y Revoluciones Industriales expresándose en el sistema biosocial con la evolución de complejos vehículos de supervivencia que guardan relación con el sistema y su explotación; el Estado, la educación, el ejército, los organismos financieros y otros ejemplos.⁸²

⁸² Retomando la argumentación adamociana los vehículos de supervivencia son: " un conjunto de relaciones sociales construidas y sostenidas colectivamente por los seres humanos individuales como extensiones de sus propias habilidades psicológicas y conductuales adaptativas (véase también Slobodkin 1968; Slobodkin y Rapoport 1974). Esas relaciones implican la restricción, el encauzamiento y la regulación [triggering] del comportamiento de los demás individuos, reorientándolos a realizar tareas favorables para su propia supervivencia. Una organización social es una extensión y un producto de los individuos que la integran, y las orientaciones y las directrices a las que se atiene están necesariamente informadas por los intereses y habilidades de esos miembros individuales. La autoorganización individual desempeña tareas que rebasan la capacidad de cada individuo, debido a que desencadenan nuevos flujos. Sin embargo, es preferible utilizar el termino vehículo porque, aun cuando la organización social refleja presumiblemente los modelos mentales de los individuos, asume formas y direcciones propias que no necesariamente se ajustan a los intereses de sus fundadores." Ver. Pág. 221.

Analizaré esta etapa de forma diferente que las anteriores revoluciones⁸³, sin perder nuestro enfoque adoptado, el energético, ni nuestro objetivo que es: el subsistema técnico científico y de qué forma se autoorganiza como canal detonador del consumo de energía; y su función hoy día de vehículo de supervivencia global. La Tercera Revolución, como las anteriores, no es un hecho mecánico-lineal; responde a causas complejas de autoorganización del sistema, y requiere ser analizada en su particularidad, como la etapa de mayor expansión en el consumo energético del sistema biosocial.

Para lograr analizar la tercera revolución como un proceso de autoorganización de la energía he dividido la exposición del trabajo de la siguiente forma: A) Marco teórico. El cual me permita analizar el subsistema técnico científico como autoorganización de la energía. B) La complejidad creciente y el proceso de entropía consecuencia de las primeras revoluciones industriales. C) Particularidades de la tercera revolución industrial en el subsistema técnico científico y sus repercusión en la autoorganización social. D) Evolución en las técnicas de consumo energético y su repercusiones próximas la biotecnología. E) tendencias del consumo total de energía en el mundo. Basándome en este orden de ideas desarrollaré mi exposición que servirá de base para el estudio de caso final.

3.2. Relación entre energía, tecnología y evolución de los sistemas.

Para lograr explicar la tercera revolución técnico científica como un proceso energético es importante dar algunas referencias teóricas y comparativas que sirvan de modelo para nuestro objetivo. En este sentido retomaré el debate formulado, en sus inicios, por la física de no-equilibrio y los sistemas dinámicos inestables, en estos principios basaremos el desarrollo de nuestras ideas.

Para iniciar expondré ideas de *Ilya Prigogine*:

“El desarrollo espectacular de la física de no- equilibrio y de la dinámica de los sistemas dinámicos inestables, asociados a la idea de caos, nos obliga a revisar la noción de tiempo tal como se formula desde Galileo.

⁸³ El análisis de las primeras dos revoluciones se basó en la relación entre el consumo total de energía y las revoluciones técnicas. Ver. Capítulo 2

*En efecto, en el curso de los últimos decenios nació una nueva ciencia: la física de los procesos de no-equilibrio. Esta ciencia condujo a conceptos nuevos como la autoorganización y las estructuras disipativas, hoy ampliamente utilizados en ámbitos que van de la cosmología a la ecología y las ciencias sociales, pasando por la química y la biología.*⁸⁴

En este planteamiento la noción sobre la naturaleza es reformulada. Parte de la inserción de la flecha del tiempo, en los procesos evolutivos irreversibles, ya que, según *Prigogine* sin la coherencia de los procesos irreversibles de no-equilibrio sería inconcebible la aparición de vida en la tierra y en ésta incluidos los seres humanos, donde el tiempo deja su principio fenomenológico y juega en contrapunto al octavo día de la creación, donde la vida va en contra del equilibrio termodinámico, al cual tiende la expansión del universo.

Para *Prigogine* el siglo XIX encierra un doble legado:

*“En efecto, el siglo XIX nos entregó un doble legado: por una parte las leyes de Newton, que como vimos corresponden a un universo estático, y por otra una descripción evolutiva asociada con la entropía (...) El aumento de la entropía indica entonces la dirección del futuro, en el nivel de un sistema local o del universo en su conjunto.(...) Pero, curiosamente, esta flecha del tiempo no desempeña papel alguno en la formulación de las leyes fundamentales de la física newtoniana. El siglo XIX nos legó entonces dos visiones conflictivas de naturaleza.”*⁸⁵

Los procesos sociales se desenvuelven como procesos no lineales que tienden a la entropía debido a estas características que guardan analizaremos los principios generales de la entropía y su aplicabilidad para describir la evolución de la ciencia y la tecnología en esta etapa que puede caracterizarse por sus altos niveles de consumo energético.

La entropía como elemento descriptivo es introducida por la termodinámica, ciencia de los procesos irreversibles, es utilizada por *Clausius* para diferenciar los procesos irreversibles, donde la entropía aumenta y en los procesos reversibles es constante asociándolos al segundo principio de la termodinámica:

“La entropía es el elemento esencial introducido por la termodinámica, ciencia de los procesos irreversibles, es decir orientados en el tiempo. (...) La naturaleza nos presenta a la vez procesos

⁸⁴ *Prigogine, Ilya. (segunda edición 2001). “El fin de las certidumbres” España. Taurus-Ciencias. Pág. 9.*

⁸⁵ *Ibidem* Pág. 24-25.

*irreversibles y procesos reversibles, pero los primeros son la regla y los segundos la excepción. Los procesos macroscópicos, como las relaciones químicas y fenómenos de traslado, son irreversibles. La irradiación solar resulta de procesos nucleares irreversibles. Ninguna descripción de la ecosfera sería posible sin los innumerables procesos irreversibles que en ella se producen*⁸⁶.

Los sistemas biosociales forman parte de los procesos irreversibles del sistema, debido al intercambio de materia y energía que se da en su interior está sujeto a la dinámica de la entropía; de igual forma que otros sistemas bióticos.

Siguiendo el debate, que posteriormente influirá las ciencias sociales, retomamos la explicación que *Prigogine* da desde la física sobre la dinámica de la entropía y su aplicabilidad a los sistemas abiertos, donde retoma los dos principios formulados desde la noción termodinámica de los procesos irreversibles:

*“Recordaremos su enunciación de los dos principios de la termodinámica: ~ La energía del universo es constante. La entropía del universo crece hacia un máximo ~. Contrariamente a la energía que se conserva, la entropía permite establecer una distinción entre los procesos reversibles donde la entropía permanece constante, y los procesos irreversibles, que producen entropía.”*⁸⁷

Esta visión sobre la aplicabilidad de la termodinámica para el análisis de los fenómenos vivos como parte de un sistema abierto, puesto que existe intercambio de materia y energía, es planteado en un primer momento, en la antropología por *Lesly White* que esboza un primer análisis de la relación que existe entre los sistemas sociales y las leyes de la termodinámica.

La aproximación propuesta por *White* la retomaremos no en su totalidad, ya que, la visión que tiene sobre lo ambiental, como constante, no toma en cuenta que el ambiente esta sujeto a factores de aumento de entropía debido al intercambio que mantiene con las especies que dependen de él. En esta constante argumenta el grado de desarrollo cultural es proporcional al consumo de energía total per cápita *“La afirmación general de que siendo constante el factor ambiental, el grado de desarrollo cultural es proporcional a la cantidad de energía aprovechada anualmente per capita, resulta por lo tanto atinada y*

⁸⁶ *Ibidem*. Pág. 24-25.

⁸⁷ *Ibidem*. Pág. 25.

*esclarecedora*⁸⁸ Esta visión responde a un momento donde el paradigma industrial funcionaba como modelo de desarrollo global y la naturaleza es entendida como inagotable.

Debido que nuestro marco de análisis contempla estudios de ecología desde una óptica *lotkiana* la cual entiende al ambiente como parte del ecosistema o sistema⁸⁹ que está sometido a constantes perturbaciones como: la contaminación del suelo, las emisiones de mayores cantidades de CO₂ en el ambiente, como medio de extracción de excedente energético no es constante, responde a una interpretación del ambiente como sistemas aislados y por consiguiente su energía es constante.

Las ideas que retomaré de *White* son las que desarrolla sobre la relación que guarda el subsistema técnico científico, la cultura y energía teniendo en cuenta que la cultura más que crecer y desarrollarse, como asegura *White*, tiende a la complejidad y pone en evidencia las desastrosas consecuencias del consumo total de energía teniendo en el subsistema técnico científico un vehículo de supervivencia:

“Poseemos ahora una clave para comprender el crecimiento y desarrollo de la cultura: la tecnología. Un ser humano es cuerpo material; la especie, un sistema material. El planeta que habitamos es un cuerpo material; el cosmos, un sistema material. La tecnología es el medio mecánico de articulación que une estos dos sistemas materiales, hombre y cosmos. Pero se trata de sistemas dinámicos, no estáticos. Todas las cosas –el cosmos, el hombre, la cultura– pueden ser descritas en términos de materia y energía”⁹⁰

Este planteamiento que formula *White* es sin duda innovador, sin embargo prevalece una noción tecnocrática de la cultura debido que entiende que mientras es mayor el consumo de energía la cultura tiende la crecimiento y la desarrolló desde una óptica lineal del sistema.

⁸⁸ WHITE, Leslie A. (1982). *“La ciencia de la cultura. Un estudio sobre el hombre y la civilización”* España. Paidós Básica. Pág. 348.

⁸⁹ Alfred J. Lotka (1880-1949), fue entrenado como fisicoquímico, pero sus amplios intereses en química, física, biología y economía lo llevaron a una síntesis de todas estas áreas junto con la termodinámica en su libro de 1925, *Elements of Physical Biology* (Lotka, 1956 [1925]). Lotka fue el primero en intentar hacer una integración de los sistemas económicos y ecológicos en términos matemáticos y cuantitativos. El visualizó el mundo de los componentes bióticos y abióticos interactuando como un sistema en el que todo estaba unido a todo lo demás y que nada podría ser comprendido si no se comprendía el sistema como un todo. También remarcó la importancia de estudiar los sistemas desde un punto de vista energético. El trabajo de Lotka fue muy amplio y aunque el proceso de reconocimiento sobre su trabajo fue lento, eventualmente llegó a influir en ecologistas importantes (como E. P. Odum y H. T. Odum) Ver. Constanza, R. Pág. 336.

⁹⁰ *Op. cit.* “White L.” Pág. 340

Retomaré la argumentación que da sobre la relación que existe entre la Segunda ley de la termodinámica y el sistema:

“La segunda ley de la termodinámica nos dice que el cosmos, como un todo, se disgrega estructuralmente y se extingue dinámicamente; la materia se pone cada vez menos organizada y la energía más uniformemente difundida. Pero en un minúsculo sector del cosmos, a saber, en los sistemas materiales vivientes, el sentido del proceso cósmico aparece invertido: la organización de y la concentración de energía se hacen cada vez mas elevadas. La vida es un proceso de construcción, estructuración. Pero para poder ir en contra de la corriente cósmica, los organismos biológicos deben extraer energía libre de sistemas no vivientes, capturarla y ponerla a trabajar en la tarea de mantener el proceso vital. Toda vida es una lucha por obtener energía libre. La evolución biológica es sencillamente una expresión del proceso termodinámico que corre en sentido opuesto a aquel especificado por la segunda ley para el cosmos como un todo”⁹¹

En este proceso energético del cual el hombre depende es un punto de partida para analizar la evolución de la ciencia y la tecnología como un medio de conexión el cual sostiene la extracción del excedente energético para mantener la cultura. Sin embargo los planteamientos de *White* deben ser revisados desde una óptica que tome en cuenta los procesos de irreversibilidad y entropía como elemento de análisis en la antropología.

La tecnología cumple su función como medio de producción y consumo de energía y puede ser puesta al servicio del hombre:

“Con ayuda de instrumentos tecnológicos la energía es dominada y puesta a trabajar. (...) Pero “ el modo en que es puesta a trabajar ” introduce otro factor aparte la energía. La energía, en si misma, carece de significado. Para que tenga sentido en los sistemas culturales, la energía debe ser encauzada, dirigida y gobernada. Ello es, naturalmente, llevado acabo con ayuda de medios tecnológicos, por medio de herramientas de una u otra clase.”⁹²

Pero la cantidad de energía que es puesta al servicio del hombre está determinada por factores ecológicos que *White* no toma en cuenta.

⁹¹ *Ibidem*. Pág. 340.

⁹² *Ibidem*. Pág. 341.

Estos factores ecológicos fueron desarrollados en otras ramas de la ciencia como en la ecología, y la economía posteriormente donde marcan que la energía disponible dentro de un sistema cerrado disminuye⁹³.

*“Un sistema físico –el universo en este caso– es abierto cuando cambia materia y energía con su medio; aislado, cuando no intercambia materia ni energía, y autocontenido, cuando intercambia energía pero no materia. (...) Si la tierra toda se concibe como sistema, se encontrara que no es ni abierta, como sus ecosistemas y sistemas socioeconómicos, ni cerrada; es autocontenida, pues intercambia energía con su entorno, pero no materia.”*⁹⁴ Si la tierra es entendida como sistema. En su interior se autoorganizan sistemas ecológicos y económicos los cuales son abiertos. Estos sistemas abiertos mantienen un intercambio de materia energía e información y están sujetos a perturbaciones. Estas perturbaciones pueden verse como detonantes de nuevas relaciones dentro del sistema incluyendo a la ciencia y la tecnología.

Cuando los sistemas abiertos son sometidos a perturbaciones las cuales no pueden amortiguar tienden a modificar el sistema parcial o totalmente:

*“Los sistemas o ecosistemas son abiertos; mantienen diversos intercambios de materiales, energía e información, no solo en su interior sino también con su entorno o ambiente, que de igual modo se puede definir como sistema o conjunto de sistemas. Estos últimos se hayan sujetos a perturbaciones endógenas (cambios en los parámetros que determinan las relaciones dentro del sistema) y exógenos (modificaciones en las condiciones del entorno). (...). Cuando las alteraciones superan cierto umbral de estabilidad y el sistema no puede amortiguarlas o incorporarlas, se ponen en acción mecanismos que obedecen a una dinámica propia, relacionada a la historia del sistema”*⁹⁵.

En este sentido debido a los umbrales ecológicos, que son producto de relaciones endógenas y exógenas en el interior del sistema, reorganizan la forma de consumir energía

⁹³ En el año de 1971 dos libros determinantes fueron publicados por dos autores que no se conocían entre sí, uno era un notable ecologista y otro un notable economista. Los libros fueron muy diferentes y en muchos otros sentidos, pero ambos libros trataron sobre energía, entropía, potencia, sistemas y sociedad, y de ambos se puede decir que han hecho la mayor contribución al escenario de la economía ecológica. Uno fue el libro de Howard T. Odum, *Environment, Power and Society* y el otro fue de Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*. Ver. Constanza. R. Pág. 359.

⁹⁴ Romero Lankao, Patricia. (2001). *“Política ambiental mexicana. Distancias entre objetivos y logros.”* México. UAM-Xochimilco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. Pág. 16-20.

⁹⁵ *Ibidem*. Pág. 16.

repercutiendo directamente en las técnicas de aprovechamiento como herramientas que permiten utilizar energía disponible en el sistema.

Estos umbrales que son rebasados por la interacción de distintas causas: el incremento poblacional y la necesidad de recursos energéticos que esta necesita para mantenerse, la disponibilidad del medio biótico para mantener la reproducción al ritmo del crecimiento poblacional y las técnicas de baja eficiencia energética para aprovechar la energía disponible en el medio. La interacción de estas causas deviene en nuevo estadio de evolución en el sistema social orillándolo a encontrar fuentes disponibles de energía para mantener las necesidades de consumo.

La relación directa entre evolución del sistema técnico científico y perturbaciones ambientales o umbrales ecológicos es desarrollada por *Jeremy Rifkin*. Desarrolla una explicación multicausal, donde toma muy en cuenta que la evolución en las técnicas se ha basado en las necesidades energéticas del sistema social; después de agotar con los recursos energéticos o para lograr una mayor flexibilidad como lo es el caso del petróleo.

La categoría de entropía es utilizada por *Rifkin* para describir la transición de un régimen energético a otro:

“La Europa medieval había confiado durante mucho tiempo en la madera como principal fuente de energética. (...) . Hacia el siglo XIV Europa se enfrentaba a un problema de entropía (...) La población consumía los recursos energéticos en menos tiempo del que necesitaba la naturaleza para reponerlos. La creciente deforestación y la erosión del suelo provocaron una crisis energética. (...) El agotamiento de la madera constituía un serio problema para la sociedad de la baja Edad Media, como hoy lo es el agotamiento del petróleo para nosotros. Igual que el petróleo, la madera era un recurso energético extraordinariamente versátil, que se podía aplicar a mil y una funciones distintas. (...) Momford resume la extraordinaria importancia que tenía la madera como régimen energético de la vida medieval diciendo que ~ como materia prima, como herramienta, como máquina, como utensilio y como servicio público, como combustible y como producto acabado, la madera era el recurso industrial dominante ~”⁹⁶

Siguiendo nuestra argumentación, entendemos que la tecnología es un medio mecánico sobre el cual las biosociedades han logrado extraer el suficiente excedente energético y que

⁹⁶RIFKIN, Jeremy. (2002). “La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la Tierra.” Barcelona. Paidós. Pág. 87–89.

por consiguiente toda revolución energética es una revolución tecnológica. Esta analogía esta basada en la relación que existe entre agotamiento del flujo de materia disponible y el incremento en el consumo, deviniendo en la adopción de técnicas substitutas que en el caso del carbón y del petróleo al contrario de la madera son de más difícil acceso en su extracción, la naturaleza impone dificultades las cuales son resueltas con medios técnico-científicos esto tiene consecuencias directas en la innovación de herramientas y técnicas que afectan todos los niveles del sistema:

“La extracción del carbón no estaba exenta de dificultades. Una vez agotados los recursos más próximos a la superficie y fácilmente accesibles, los mineros se vieron obligados a descender a mayor profundidad bajo tierra. A partir de una cierta profundidad se alcanzaron las capas freáticas y el drenaje se convirtió en un serio obstáculo para sacar el carbón a la superficie. Thomas Savery patento la primera bomba de vapor, una herramienta que permitía a los mineros bombear el agua a la superficie y extraer carbón de capas mas profundas”⁹⁷

La extracción de carbón marcó el inicio de la era de los combustibles fósiles y el maquinismo como medio de expansión sobre los recursos y su proceso de transformación consumo y entropía.

Las características físicas del carbón son distintas a las de la madera estas características físicas aunadas a las dificultades impuestas por el medio ocasionó que se desarrollara una forma alternativa de transporte aprovechando el energético disponible:

“ El carbón también era mucho más pesado que la madera. No era fácil moverlo con carros tirados por caballos y carretas sin pavimentar. El peso de los carros convertía el transporte en una tarea casi imposible, sobre todo cuando el tiempo era lluvioso y las carreteras estaban embarradas y llenas de surcos. Por otro lado, los tiros de caballos de carga resultaban cada vez mas caros. La creciente escasez de tierras cultivables hacia que fuera demasiado caro malgastar el precioso suelo para pasto de los caballos. La respuesta al problema del transporte llegó con la locomotora de vapor montada sobre rieles de hierro.”⁹⁸

⁹⁷ *Ibidem*. Págs. 89-90.

⁹⁸ *Ibidem*. Pág. 90.

En este sentido la explicación que daremos sobre el desarrollo de nuevas técnicas será el mismo que *Rifkin*. Esta explicación demuestra que la evolución técnica esta directamente relacionada a factores ambientales, los cuales imponen dificultades de supervivencia. La máquina de vapor no fue pensada a priori a los problemas impuestos por el ambiente. Bajo este enfoque creemos igual que *Rifkin* que: la innovación es consecuencia de la necesidad. Este nuevo régimen energético modificó de forma irreversible el sistema y su organización detonó nuevos flujos energéticos que determinaron la mentalidad de la sociedad de alto consumo energético.

En este sentido la transformación y el aprovechamiento de recursos energéticos deviene en un complejo sistema autoorganizado y determinado por la dinámica de la energía, reorganizando la estructura biosocial en todos sus niveles; tendiendo a desarrollar complejos vehículos de supervivencia que encierran dinámicas complejas, jerarquizadas y centralizadas.

El análisis de la tercera revolución está enmarcado en estas nociones que retomamos de diversos autores. Basaremos nuestra explicación como fenómeno ulterior. Debido a la complejidad de ésta la describiremos dentro de un proceso en el que está involucrado el sistema en su conjunto, debido al intercambio de energía que en el se da en su interior, para esto tendremos que recordar que debido a la naturaleza autoorganizativa del sistema, es necesario encontrar las causas que la llevaron ha desplegarse con fuerza respondiendo a las necesidades de las jerarquías organizadas en distintos vehículos de supervivencia: Monarquías, Clero, Estados Nación o Monopolios.

3.3. La complejidad creciente y el proceso de entropía consecuencia de las primeras revoluciones industriales.

El impacto ecológico sobre el sistema consecuencia de las dos primeras revoluciones, no era estudiado hasta pocos años atrás. Como hemos venido planteando nuestro estudio considera que la sociedad humana está determinada por los límites naturales de la energía (energía disponible y no disponible).

Siguiendo nuestra argumentación basada en las leyes de la termodinámica analizaremos el proceso de complejidad y entropía como parte de la dinámica de autoorganización del sistema biosocial.

La complejidad es parte de la dinámica evolutiva. Es consecuencia del incremento del flujo de energía requerida por el sistema para su funcionamiento. Esta tendencia ha ocasionado que los distintos vehículos de supervivencia como el Estado, el derecho, la ciencia y la tecnología tiendan a desarrollar sistemas más complejos.

La complejidad es una categoría que nos ayuda a describir la dinámica de un sinnúmero de partes del sistema: el derecho, la técnica, y otras partes que han evolucionado, sin embargo la descripción del total del sistema y su tendencia a la complejidad no es nuestro fin. Simplemente describiremos de forma general la tendencia a lo complejo en una parte del sistema, la técnica como en un proceso de interacción ha generado el aumento de el proceso entropico entendido éste como la energía que ya no es posible emplear para generar trabajo sin perder de vista como el incremento poblacional y otros factores van determinando el proceso.

El motor de combustión interna permitió viajar en forma más rápida, así como abrir nuevas rutas comerciales, como consecuencia se intensificó más intercambio de productos; modificando la mentalidad y la conducta de los individuos y las sociedades. Los modelos de producción fordista introdujeron formas más complejas de producción. El desarrollo de los sistemas de comunicación satelital permitieron un notable intercambio de información, generando redes cada día más complejas así podríamos poner un sinnúmero de ejemplos los cuales podríamos utilizar.

Basándonos en la argumentación de Rifkin el desarrollo de las técnicas es consecuencia de una interacción de distintas partes del sistema y están determinadas por la escasez de los recursos disponibles, pero no sólo la escasez de una fuente de energía es la última causa.

Esto lo podemos observar en el consumo de carbón como energético disponible. La transición al petróleo como fuente de energía se debe a su flexibilidad; de la misma forma que de la madera se podían obtener zapatos, muebles, leña, herramientas y un sinnúmero de productos, el petróleo presentaba estas características:

“El petróleo es una de las sustancias más versátiles que se pueden encontrar en la naturaleza. Un barril de petróleo puede producir gasolina suficiente para conducir 320 kilómetros con un coche de

tamaño mediano (...) suficiente gas licuado para llenar 12 bombas (0,4 litros) para uso domestico, de camping o de taller; casi 70 kilovatios-hora en una central eléctrica (...) asfalto para elaborar unos 4 litros de alquitrán; cerca de dos kilos de lápices de carboncillo, cera 170 velas de cumpleaños, o 27 lápices de cera [y] lubricantes para elaborar más de un litro de aceite de motor”⁹⁹

El desarrollo basado en el petróleo dió a los Estados Unidos la base energética para lograr ser la primera potencia industrial durante el siglo XX.

La transición al consumo de energías fósiles reordenó en forma radical la estructura social y el orden geopolítico global:

“En el siglo XX, Estados Unidos se convirtió en la principal potencia industrial en gran medida gracias a sus ricos depósitos de petróleo. De modo parecido, el éxito de Inglaterra al comienzo de la Revolución Industrial era en gran medida atribuible a los importantes depósitos nacionales de carbón que tenía a su disposición. (...) Pero la saga del petróleo también tiene que ver con el levantamiento progresivo de un régimen energético enormemente complejo”¹⁰⁰

Este nuevo régimen energético determinó la hegemonía de pocos y la subordinación de gran parte de los individuos que hoy habitamos el planeta.

La complejidad asociada al incremento de energía total consumida por el sistema creó un régimen más centralizado y jerarquizado. La madera es un recurso al cual tienen acceso grandes sectores de la población para distintos usos. Una de las determinantes de la jerarquización social es que los recursos fósiles como el petróleo está irregularmente distribuido y la madera se encontraba en casi todo el mundo.

El desarrollo del motor de combustión interna marco un nuevo fenómeno de movilidad y de comunicación. El desarrollo del telégrafo que permitiría dar un primer paso en la velocidad de las comunicaciones fue determinante para lograr operar la extensa red de ferrocarriles que marco el transporte a gran escala de productos antes locales.

El desarrollo de la industria automotriz marco un impulso vertiginoso al incremento de energía requerida por el parque vehicular que iba en considerable aumento consecuencia de la nueva organización de la producción iniciada por Henry Ford.

⁹⁹ *Ibidem.* Pág. 86.

¹⁰⁰ *Ibidem.* Pág. 91-92.

El complejo sistema sostenido por el petróleo modificó de manera irreversible muchas partes que integran el sistema en un nivel biosocial

*“La revolución del transporte vino de la mano de la revolución de las comunicaciones. El telégrafo hizo posible por primera vez que los seres humanos se comunicaran de forma instantánea a través de grandes distancias geográficas. Los ferrocarriles fueron los primeros en beneficiarse del telégrafo, que servía para dirigir el tráfico, controlar los envíos y coordinar los derechos de preferencia de trenes que venían en direcciones distintas por la misma vía (...) Además de proporcionar el nuevo modelo organizativo para el mundo de los negocios, el ferrocarril y el telégrafo aportaron también la infraestructura básica para el advenimiento del moderno sistema industrial”*¹⁰¹

El consumo de combustibles fósiles repercutió en la industria que debido a la flexibilidad del sistema energético no estaría sujeto ni a periodos estacionales ni tampoco límites geográficos como los ríos.

El cambio afectó al sistema en su conjunto. La necesidad de tierras para el cultivo llevó a deforestar grandes zonas de bosque del cual dependían un sinnúmero de especies bióticas.

El desarrollo económico está directamente relacionado a la explotación del medio natural:

*“A lo largo de su desarrollo económico, la humanidad se ha visto obligada una y otra vez a cambiar los recursos en los recursos en los que basaba su subsistencia, así como los métodos empleados para explotarlos. Lentamente se ha ido comprometiendo con técnicas cada vez más sofisticadas de procesamiento y producción, a medida que iba pasando de recursos más fácilmente explotables a otros que lo eran menos (...) Visto dentro de un contexto ecológico más amplio, el desarrollo económico consiste en el desarrollo de formas más intensivas de explotación del medio natural”*¹⁰²

La energía transformada en trabajo siempre implica costos en sentido energético. Las sociedades humanas requieren energía disponible para su desarrollo, la cual se obtiene en forma de madera, carbón o petróleo. Las formas para obtener energía disponible se han modificado significativamente consecuencia de la disponibilidad de los recursos, las formas implican costos:

¹⁰¹ *Ibidem*. Pág. 108.

¹⁰² *Ibidem*. Pág. 90-91.

*“Obtener energía siempre supone un coste: éste puede ser muy bajo como en el caso de recoger madera, o muy alto como en la explotación del petróleo en el mar que requiere un gran aporte energético para construir instalaciones y plataformas de perforación. (...) El nivel de la tecnología usada por la industria se ha vuelto más complejo que nunca a medida que se han ido explotando yacimientos nuevos y más difíciles...”*¹⁰³

Basándonos en el principio *Loktiano* el incremento del consumo de un remanente energético o el incremento de consumo energético tiende a la complejidad; aumento poblacional, creación de ciudades etc.

La historia de la especie humana (mujer y hombre) está directamente relacionada al desarrollo de técnicas que permitan aprovechar y transformar la energía que está contenida dentro del sistema, estas técnicas han ido evolucionando consecuencia de varios factores que interactúan entre sí. Estos factores son multicausales como la expansión poblacional, el impacto de la transformación del medio y otros. En este sentido el consumo energético nos ayuda explicar, claro está, desde un enfoque ecológico la evolución a niveles más ineficientes de consumo energético y a una estructura frágil y compleja de difícil acceso como la de las técnicas modernas:

*“Los diez mil años de historia humana han contemplado un cambio enorme en el patrón de consumo energético, desde las mínimas demandas de los grupos dedicados a la recolección y la caza hasta los niveles americanos modernos. Para obtener esa energía, la tendencia ha sido avanzar hacia métodos cada vez más sofisticados y tecnológicamente más complejos, desde recoger madera y usar a los seres humanos y los animales, hasta simples máquinas movidas por el agua o el viento, profundas minas de carbón, profundos pozos (especialmente los del mar), producción de electricidad y energía nuclear”*¹⁰⁴

Esta complejidad del sistema está directamente relacionada con el aumento de la entropía que se expresa en distintas formas como la contaminación de los suelos, el calentamiento progresivo y otros factores que analizaremos.

¹⁰³ Ponting, Clive. (1992). *“Historia verde del Mundo.”* Barcelona, España. Paidós. Pág. 362.

¹⁰⁴ *Ibidem.* Pág. 395.

La contaminación de los mares, los ríos, el aire, los suelos, la extinción de miles de especies bióticas, la degradación de los niveles de vida de las poblaciones humanas debido a la contaminación generada por pesticidas son algunos problemas que pueden abordarse desde la noción de entropía. La entropía en palabras de *Odum* es:

*“, siendo entropía, en términos de la cantidad de energía no recuperable, una medida del desorden en un sistema termodinámico cerrado. Así, aun cuando la energía no se crea ni se destruye, al utilizarse se degrada (se transforma) en una forma que no se puede recuperar (calor disipado).”*¹⁰⁵

Esta transformación de la energía podemos observarla en distintos niveles del sistema.

La pérdida de nutrientes del suelo es consecuencia por métodos de agricultura de baja eficiencia energética. Esta forma de generar excedente, el cual es requerido para alimentar a las grandes masas sociales, tiene distintos impactos ecológicos:

*“En todo el mundo, la agricultura moderna ha provocado una fuerte erosión del suelo a consecuencia de la deforestación, la roturación de herbazales y el cultivo en laderas. Estas acciones se han agudizado con la introducción de abundantes monocultivos y con el exceso apacamiento. Dependiendo de la geografía de la zona afectada, la erosión, del suelo ha desencadenado tormentas de polvo, inundaciones, pérdida de fertilidad e incluso abandono del cultivo.”*¹⁰⁶

Esta ineficiente forma de producción de cultivos basada en el súper rendimiento a costa de grandes cantidades de derivados del petróleo los cuales se utilizan en forma de fertilizantes, pesticidas, ha marcado el empobrecimiento de los sectores rurales y una factura ambiental la cuál es uno de los grandes retos de la humanidad.

El proceso de clareo de espacios verdes los cuales son necesarios para la agricultura a implicado en América latina un deterioro profundo de nuestros recursos naturales:

“El clareo de bosques, a gran escala, particularmente en zonas tropicales, también puede alterar el clima de una zona, provocando a su vez una mayor degradación medioambiental. Cuando se elimina la capa vegetal, la energía solar, en lugar de ser absorbida parcialmente por los árboles, se

¹⁰⁵Odum, Eugene P. (décima novena reimpresión 1997). *“Ecología: El vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales.”* México. Editorial CECSA. Pág. 80.

¹⁰⁶Op. cit. *“Historia Verde del Mundo”* Pág. 349.

refleja en el suelo desnudo, aumentando las temperaturas, secando el suelo, formando polvo en la atmósfera y contribuyendo a impedir la formación de nubes.”¹⁰⁷

Esta forma de agricultura redundante en una tremenda ineficiencia energética ya que la forma en que es ocupada y explotada la tierra no toma en cuenta los procesos de irreversibilidad de un recurso no renovable.

La extinción de las especies es parte del complejo sistema de consumo de energía renovable y no renovable, es una de las tantas facturas que las biosociedades tendrán que asumir junto con otros problemas que afectarán directamente a las próximas generaciones las cuales dispondrán de menores recursos.

Las emisiones de CO₂ es otro correlato que acompaña la era industrial. Estas constantes emisiones de gas carbónico han producido cambios en el clima generando más calentamiento del planeta. Los países desarrollados son los responsables de casi la cuarta parte de emisión de gases a la atmósfera:

“El calentamiento global constituye el pasivo de balance de la era industrial. A lo largo de los últimos centenares de años, y sobre todo en el siglo XX, los seres humanos han quemado enormes cantidades de ~ sol almacenado ~ en forma de carbón, petróleo, y gas natural para producir la energía que ha hecho posible el modelo de vida industrial. Este gasto energético se ha acumulado en la atmósfera de la tierra y a de tener efectos adversos sobre el clima del planeta y sobre el funcionamiento de sus diversos ecosistemas”¹⁰⁸

El calentamiento progresivo del planeta ha desencadenado procesos irreversibles los cuales no sólo atentan con el futuro de la especie humana sino la del sistema en su conjunto.

Las consecuencias del calentamiento progresivo del planeta son alarmantes. Uno de los tantos casos que podríamos mencionar es el deshielo del glaciar *Mendenhall* que según datos de especialistas está por desaparecer al final del siglo XXI:

“El alcance y la dimensión de los cambios que van a producirse resultan abrumadores. Pensemos por ejemplo en el glaciar Mendenhall, situado en el sudeste de Alaska. Este privilegiado enclave

¹⁰⁷ *Ibidem*. Pág. 348.

¹⁰⁸ *Op. cit.* “La economía del Hidrógeno” Pág. 164 –165.

natural, situado cerca de Juneau, (...) es uno de los más visitados del mundo. Según los climatólogos, el glaciar está comenzando a retroceder. En verano de 2000 se había retirado más de 100 metros, y había dejado descubiertas tierras que llevaban siglos cubiertas por el hielo. Durante los últimos setenta años el glaciar ha retrocedido un kilómetro. Keith Echelmeyer, un geólogo que ha estado estudiando el cambiante paisaje de los glaciares de Alaska, afirma que si se mantiene el ritmo de deshielo actual, el Mendenhall podría desaparecer antes del final del siglo XXI”¹⁰⁹

Debido a la interconexión de las partes del sistema los cambios afectan otras partes o ecosistemas.

El sistema biosocial será también influido directamente en este correlato de procesos que se llaman vida. Los ejemplos que muestran como el deshielo de los polos, consecuencia del calentamiento de la Tierra, ocasionará un proceso irreversible que afectará al subsistema biosocial:

“Los que saldrán peor parados serían los países insulares (...) La mitad de la humanidad vive en zonas costeras, por lo que buena parte de la población es vulnerable a la subida de los niveles del mar. (...) Donde más se dejará sentir los efectos del calentamiento global será en la producción agrícola. (...) En los trópicos y en el hemisferio sur, donde los cultivos se hallan ya al límite de su tolerancia al calor, los efectos del calentamiento global se dejarían sentir antes y serían más pronunciados y duraderos. Los países en vías de desarrollo del hemisferio sur, presionados por el crecimiento demográfico, van a tener cada vez más problemas para alimentar a su propia población y, más aún, para generar excedentes que enviar a los mercados mundiales”¹¹⁰

Este será uno de los tantos problemas que tendrán que solucionar los países Latinoamericanos a mediano plazo.

La historia de la evolución de las ciudades y de las diversas particularidades que en este complejo sistema se dan en cuanto a formas autoorganizativas no es el fin es un recurso al cual he recurrido para argumentar una estructura de alta entropía. El fenómeno lo abordaré en forma muy general dando los elementos que, desde mi óptica, son los más significativos para observar su vínculo con la energía

Las ciudades tal como las conocemos hoy día son producto de un proceso evolutivo complejo. El surgimiento de las ciudades está registrado en una fase temprana de la historia

¹⁰⁹ *Ibidem.* Pág. 169.

¹¹⁰ *Ibidem.* Pág. 174.

de las sociedades sedentarias. Las primeras ciudades cumplían funciones distintas a las actuales y su aparición estaba muy ligada a la adopción de la agricultura como nuevo modelo de reproducción social, su función principal fue como centros ceremoniales y de redistribución de los recursos donde residían las jerarquías sociales gobernantes sacerdotes guerreros:

*“La adopción de la agricultura tuvo como consecuencia inevitable la aparición de una forma de vida sedentaria. (...) Unos cuantos miles de años después de dar este paso crucial, habían aparecido ciudades como Urk, Ur y Lagash en Mesopotámia, (...) Las primeras ciudades eran básicamente centros ceremoniales dominados por sus funciones de culto, pero tenían también una importante función administrativa. Algunas ciudades (como Teotihuacán, Monte Alban y las ciudades Mayas de Centroamérica) tenían complejos trazados que reflejaban símbolos religiosos de orden divino o estaban orientadas hacia posiciones astronómicas significativas”*¹¹¹

Este control jerarquizado de los alimentos es uno de los primeros momentos de control por parte de las jerarquías de los recursos energéticos que son de vital importancia tanto para los individuos o las colectividades; en estos principios basaron su desarrollo como estructura. La ciudad extrae el excedente acumulado del campo para mantener su funcionamiento. Este excedente energético extraído del campo es consecuencia de la jerarquización de la energía y la forma en que es distribuida.

El surgimiento de ciudades no es una particularidad cultural sino responde a ciertos momentos de autoorganización de la energía y dentro de la cultura es un proceso el cual se dió en un principio en espacios y tiempo totalmente diferentes.

La organización en ciudades modernas o industriales marcó un cambio significativo en los casi todos los niveles de la organización social. *“Uno de los grandes cambios en la forma de vida de las personas se ha debido al crecimiento de las ciudades en los doscientos últimos años”*¹¹². Hay que tener en cuenta que la mayoría de la población no dejo de ser rural hasta hace muy poco tiempo. La primera zona europea que se urbanizó fue Holanda en el siglo XVI.

En 1800 la población mundial era mayoritariamente rural esta relación no se modificó significativamente hasta hace poco tiempo. Los primeros centros urbanos densamente

¹¹¹ *Op. cit. “Historia Verde del Mundo”* Pág. 398.

¹¹² *Ibidem.* Pág. 397.

poblados se asentaron en Europa y Norteamérica marcando así una nueva distribución poblacional y nuevas y particulares formas de relación entre individuos y sociedades:

*“En 1800 la población mundial aún era mayoritariamente rural; solo alrededor del dos y medio por ciento vivía en ciudades. (...) A partir de 1800, Europa y Norteamérica asistieron a una revolución en la forma de vida de las personas. (...) Hacia 1900 alrededor de una de cada diez personas de la población mundial vivía en ciudades (porcentaje cuatro veces superior al de un siglo antes) , y dos tercios de ellas estaban en Europa Norteamérica y Australia.”*¹¹³

El transporte, las comunicaciones, la industria y los nuevos sectores sociales que surgieron en el seno de las ciudades marcaron un nuevo periodo en la historia humana.

La relación directa que existe entre la industria y la energía fue marcada desde el surgimiento de las primeras industrias que basaban su producción en energías renovables como el viento o la corriente de los ríos o la madera. Las primeras industrias se asentaron cerca de las corrientes de los ríos los cuales impulsaron los molinos que producían el trabajo necesario para la producción de telas o procesos de limpia de granos entre otros.

Estas primeras industrias estaban determinadas por límites impuestos por la naturaleza, la corriente de los ríos no era siempre la misma dependía de la época estacional. El trabajo en invierno era casi inexistente en las industrias consecuencia de ríos congelados. Esta relación que controlaba la producción a partir de los límites de energía aprovechable fue substituido por nuevas formas de producción de energía la cual determinó el asentamiento de las nuevas zonas industriales basadas en el consumo de materiales fósiles. Si en un principio las industrias se ubicaron en las riberas, la nueva industria se asentó cerca de los depósitos de carbón *“Nuevos pueblos industriales se desarrollaron por todo el continente europeo, pero particularmente cerca de los yacimientos de carbón que constituían la principal fuente de energía para la industrialización”*¹¹⁴ la transformación de la industria al consumo de petróleo debido a su flexibilidad como fuente de energía marcó una nueva y más fácil forma de distribución debido a sus características físicas.

En este fugaz proceso evolutivo en el incremento del total de energía dentro del sistema encierra muchas interrelaciones y procesos dentro del sistema biosocial que son muy

¹¹³ *Ibidem.* Pág. 405-406.

¹¹⁴ *Ibidem.* Pág. 406-407.

importantes los cuales hemos dejado a un lado debido a que problematizarlos en este momento detendría el interés objetivo marcado dentro de nuestro estudio.

La relación entre complejidad, entropía y desarrollo de técnicas apropiadas o inapropiadas de consumo y producción de energía es clara teniendo en cuenta la influencia del mundo físico.

3.4. La tercera revolución industrial.

La innovación de una o varias técnicas no es suficiente para marcar un punto de ruptura hacia nuevas formas de consumo de energía masificada. Una revolución industrial implica un cambio generalizado en los patrones de producción y consumo de energía, es una forma masificada de régimen de consumo energético, este proceso está acompañado de un sinnúmero de correlatos políticos, económicos y sociales los cuales se entrelazan para darle vida al complejo sistema social. La tercera revolución técnico-científica es una mutación general del sistema de consumo y producción de la energía, lo afecta en todos sus niveles en el Estado, el derecho, la economía, y la política

Esta parte la apoyaremos en los estudios de *Marcos Kaplan* y *Jeremy Rifkin* que explican en forma muy precisa, desde distintas ópticas, las múltiples relaciones y la complejidad de la tercera revolución. Abordaremos de forma general las implicaciones dentro de la organización social, en un contexto sistémico, en el cual las partes están interconectadas.

El desarrollo de nuevas formas de producción y transformación de la energía en sus diversas etapas evolutivas no un proceso lineal ni mecánico sino que procesos estocásticos complejos de corta o larga duración en este sentido el despliegue de nuevas tecnologías asociadas a la Tercera revolución no lineal y se ubicarán en distintos escenarios políticos, económicos y temporales.

El periodo en el cual ubicar la tercera revolución es un punto en el cual no existe acuerdo

*“El fechado de la revolución científica es en gran medida una cuestión de gusto. Algunos preferirían retroceder a las primeras industrias químicas o mecánicas a gran escala, unos 60 años atrás”.
Otros, C. P. Snow, pondrían la fecha mucho más tarde, -unos 30 ó 40 años atrás- y como definición*

gruesa, tomarían el tiempo en que se hizo el primer uso industrial de las partículas atómicas [...]. la sociedad industrial de la electrónica, la energía atómica, la automatización, es en aspectos cardinales diferente en especie de cualquiera otra que la precedió, y cambiará el mundo mucho más."¹¹⁵

La ubicación exacta es un hecho, no es de importancia debido que el periodo de transición en todo proceso es difuso y abarca periodos donde también están relacionados los otros dos procesos en este sentido ubicaremos su despliegue durante la segunda guerra mundial y la primera fase de posguerra.

El desarrollo de técnicas más complejas de consumo energético no implica un avance lineal de la cultura humana hacia el progreso, implica múltiples interrelaciones no lineales, que interactúan en diversas formas planteando nuevos retos para las sociedades. Esta complejidad se expresa en un sentido físico-técnico concreto. El agotamiento del petróleo, la contaminación consecuencia del consumo de energías fósiles, el perfeccionamiento de mecanismos de comunicación, los procesos de desarrollo de nuevos materiales, la energía nuclear, la biotecnología y nano-tecnología son procesos que se expanden en un espacio temporal que hoy en día se está reestructurando en el Estado, el derecho, la economía etc.

Para lograr englobar este complejo proceso y lograr explicar su dinámica general estudiaremos la crisis energética como un punto de inflexión o umbral y desarrollo de nuevas tecnologías que le permiten al sistema recomponerse y evolucionar a un estado más complejo. Este punto de inflexión lo ubicaré a finales de los cincuentas y durante la década de los sesenta consecuencia de un sinnúmero de perfeccionamientos de las técnicas, problemas ecológicos, agotamiento de la base energética, las convulsiones sociales están íntimamente relacionadas con la nueva etapa de la Tercera Revolución. Intentaré dar los elementos para entender la recomposición del sistema al desarrollo de la ingeniería genética y el hidrógeno como elementos sustanciales del sistema de producción y consumo de energía social por venir.

¹¹⁵ Kaplan, Marcos (Primera reimpresión 2000). "Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución". México: UNAM Instituto de Investigaciones jurídicas, Pág. 19.

3.5. La autoorganización social y sus particularidades.

Existen varias particularidades dentro de la autoorganización social en este periodo que están directamente relacionadas con la evolución de la Tercera Revolución. Es un cambio científico y tecnológico sin precedentes, representa un conjunto de investigaciones científicas de innovaciones técnicas que toman forma dentro de un sistema productivo que tiene plena vigencia. Las nuevas técnicas de domesticación de la energía más representativas de este periodo de tiempo las estudiaremos en forma particular en otro apartado en este momento sólo nombraremos las más representativas como: la energía nuclear, la electrónica, la biotecnología, la información, y las comunicaciones, que utilizaremos en nuestro estudio de caso como indicadores donde observaremos los impactos y efectos en México.

Una de las características más importantes dentro de la autoorganización social fue el vínculo directo entre ciencia-tecnología y desarrollo. El desarrollo de ciencia y tecnología fue factor estratégico para las naciones ya industrializadas y la montaña en el zapato para las naciones africanas latinoamericanas y asiáticas.

Durante la primera etapa del despliegue industrial basado en petróleo el crecimiento del consumo fue de forma sostenida, este nivel de consumo encontró su límite en varios factores que se interrelacionaron marcando un replanteamiento en las políticas energéticas; a este periodo se le conoce como "*la crisis energética*". Las propuestas que surgieron dieron soluciones engañosas como el capitalismo verde o el desarrollo sustentable.

En esta etapa se observa un crecimiento del sector industrial en todos los países del mundo incluidos los mal llamados países periféricos. La base energética constante, el petróleo, fue determinante en el dinamismo sin precedentes, en la producción industrial.

El desarrollo del sector industrial fue impresionante en comparación a otros sectores productivos, las estimaciones de crecimiento que estudia Manuel Cazadero son valiosas puesto que nos permite comparar e imaginar en números por unidad el crecimiento del sector industrial y sus múltiples impactos sobre el medio ambiente y sus habitantes.

Los datos que nos proporciona *Cazadero* son importantes puesto que nos muestran la expansión del sistema:

*“la economía mundial creció en esos años de manera que en 1970 se producían 270 unidades por cada 100 producidas en 1950, esto es, casi se triplicó el producto del mundo. (...) Norteamérica aumentó su producción a más del doble al pasar de 100 a 210 en esos 20 años, (...) Europa tuvo un incremento todavía mayor, al subir de 100 a 250, si bien es preciso tener presente que los europeos partieron de niveles inferiores a los norteamericanos (...) América Latina tuvo una trayectoria similar a la de las regiones desarrolladas de la economía mundial, ya que su producto creció de 100 unidades a 250”*¹¹⁶

La expansión del sector industrial significó una “*época dorada*” en palabras de Cazadero donde el aumento de la riqueza era constante en las economías insertas en la base energética del petróleo.

Esta noción de incremento de la riqueza expresado en la producción de la industria es incorrecto partiendo de un enfoque energético de análisis, ya que si aplicamos el desarrollo de las ideas que contemplan el factor de entropía en aumento tendremos una aproximación como la desarrollada por Rifkin “*La economía capitalista está empapada de los conceptos propios de la antigua física basada en la mecánica newtoniana*”¹¹⁷ la noción clásica de la economía entiende el desarrollo de ésta como reacción de las acciones mecánicamente establecidas en el sistema y esto es más claro cuando observamos las tesis de consumo y demanda y el ajuste mecánico del costo agregado al producto. Si la demanda por parte de los consumidores aumenta el costo se elevará mecánicamente, si el precio del producto se incrementa demasiado el consumo disminuirá y esto marcará que mecánicamente el precio descienda para reactivar la demanda del producto. Esta lógica mecanicista se observa en el aprovechamiento de los recursos naturales como base de cualquier forma de evolución cultural. “*La misma lógica se aplicaba al aprovechamiento de los recursos naturales. Si estos se vuelven escasos, el precio subirá, lo cual animará a los productores a usar nuevas tecnologías para encontrar otras reservas más difíciles de hallar, o buscar alternativas a estos recursos*”¹¹⁸ en esta lógica los recursos son vistos como inagotables y siempre disponibles, no sujetos a la dinámica de la entropía.

El proceso industrial implica forzosamente la transformación de los recursos naturales a objetos con un valor temporal agregado. El incremento de la base industrial del mundo en

¹¹⁶ Cazadero, Manuel (Primera reimpresión 1997). “Las revoluciones industriales.” México: FCE, Pág. 191.

¹¹⁷ Op. cit. “La economía del Hidrógeno” Pág. 71.

¹¹⁸ *Ibidem.* Pág. 72.

el periodo 1950-1970 es espectacularmente destructivo, si es analizado bajo un enfoque clásico diríamos que el mundo era más rico que doscientos años antes. Pero si aplicamos un enfoque termodinámico el resultado y el enfoque nos dirá que hoy tenemos un planeta mas empobrecido por causa de la dinámica de la entropía:

“A pesar de todas nuestras ideas de progreso económico, el balance siempre terminará en números rojos, pues incluso los bienes y productos que generamos terminaran formando parte de la corriente general de la entropía. Es decir, que al final todas las civilizaciones terminan inevitablemente por absorber más orden de su entorno del que son capaces de crear y dejan a la Tierra más pobre de lo que era antes”¹¹⁹.

Estamos claros que la evolución de un sistema tiene varias implicaciones y no es consecuencia de un solo factor que lo determine, al contrario, el proceso evolutivo está lleno de múltiples interconexiones que están en constante cambio según las necesidades del sistema económico de consumo y producción.

Los cambios científicos tecnológicos y productivos son hoy más rápidos que nunca en la historia de la humanidad. Esta mutación general del sistema inicia claramente en los centros desarrollados, su influencia será determinante también dentro de las economías subdesarrolladas o periféricas, esta vertiginosa mutación tecnológica se ubica claramente en un proceso de reestructuración de la industria y el comercio el cual adquiere un dinamismo impresionante.

La inversión en investigación es la repuesta por parte de las jerarquías organizadas en naciones y mega empresas privadas a la competencia por parte de otras jerarquías. El desarrollo en ciencia y tecnología requiere cada día de más recursos e inversión en los países industrializados y uno de los elementos claves.

La relación directa entre ciencia, laboratorio y producción, es la característica más significativa de la tercera revolución llamada Revolución de la Inteligencia:

“Bien llamada Revolución de la Inteligencia, la Tercera Revolución requiere, incorpora y suscita una inversión fuerte y masiva en materia gris; modificaciones en las relaciones del instrumental tecnológico y del aparato/proceso científico con la producción económica, la estructura y los

¹¹⁹ *Ibidem.* Pág. 72.

*cambios sociales, la cultura y la ideología, la política y el Estado, el derecho, la relaciones internacionales”*¹²⁰

Esta fuerte inversión en materia gris implica un fuerte gasto de capital económico. El incremento de los cuadros científicos es impresionante con relación a otras épocas de la historia. El presupuesto se ha incrementado en forma clara después de la década del cuarenta:

*“Un 85 % de todos los científicos que han vivido en el planeta están vivos hoy, (...) Si la tasa de progreso científico desde Newton continuara por 200 años más, serían científicos todas las personas del planeta, el ganado y los perros. (...) Desde 1939 se gasta en ciencia el triple de dinero y esfuerzos dedicados para tal fin (...) los gastos gubernamentales de algunos países en investigación fundamental, en la década de 1950 y en la primera parte de la de los 60, se duplicaron cada 5 años.”*¹²¹

Consecuencia de la mayor inversión en materia de ciencia y tecnología el número de trabajos de investigación y publicaciones.

El desarrollo y la adopción de técnicas más complejas implicó una inversión en todos los sentidos:

*“La megaciencia se da en escalas económicas, y plantea necesidades y requerimientos que exceden la capacidad tanto financiera como tecnológica y de recursos humanos incluso de potencias y países altamente desarrollados se vuelve ineludible sustituir los proyectos individuales por los grupales; compartir equipos; organizar esfuerzos multidisciplinarios y multinacionales con la coparticipación de científicos con diferentes especializaciones y orígenes nacionales”*¹²²

Esta nueva etapa de ciencia global estará en constante movimiento, desarrollando nuevas técnicas aplicadas al consumo.

La concentración de capital en cada vez menos manos es producto de la estructura vertical y jerarquizada apoyada en el paradigma productivo basado en el desarrollo de nuevas tecnologías. Este paradigma tecnológico productivo en el cual las naciones

¹²⁰ *Op. cit.* “Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución”. Pág. 20.

¹²¹ *Ibidem.* Pág. 11-12.

¹²² *Ibidem.* Pág. 13.

desarrolladas y las mega empresas que tienen origen en éstos promueven y desarrollan políticas no importando el impacto en el medio ambiente y las modificaciones irreversibles en éste. La importancia reside simplemente en la acumulación.

El rumbo de las innovaciones adquiere un carácter estratégico impulsado por motivaciones como rentabilidad económica, poder político y militar. El patrón de acumulación estará directamente relacionado con el “*paradigma técnico-productivo*” que marca un nuevo modelo de acumulación basado en el desarrollo de nuevas tecnologías que son protegidas por marcos jurídicos los cuales se adecuan a los intereses de las jerarquías siendo las patentes el más claro ejemplo del patrón técnico-productivo:

“ La organización lucrativa de la producción, la distribución y la comercialización, es montada y perfeccionada a través del recurso sistemático al desarrollo científico y técnico. La investigación se vuelve una forma de inversión, y esta se vuelve un prerrequisito de aquélla. El conocimiento se capitaliza y es puesto al servicio de la acumulación, (...) Investigación, descubrimiento, innovación, pertenecen, o pasan tarde o temprano a pertenecer, a la gran empresa privada. Se las promueve y usa con el punto de vista primordial o exclusivo del beneficio particular. Son colocadas bajo la protección de las patentes y del secreto, utilizadas en la competencia y en todas las formas de la guerra industrial.”¹²³

El impacto directo en la organización laboral fue determinante para conformar el mundo que hoy vivimos. La influencia dinámica del proceso tecnológico productivo es clara en el empleo consecuencia de la mecanización en un principio y posteriormente la robotización fueron reestructuraciones obligadas dentro de las empresas. Estos cambios en las técnicas productivas marcaron uno de los problemas más agudos del sistema que es el desempleo. Esta profunda transformación afecta directamente las relaciones dentro de los países de consumo estructural restringido o periféricos o subdesarrollados. Esta reestructuración de las economías industrializadas acentúan la brecha en cuanto a calidad de vida dentro de los países como el nuestro. El desarrollo de computadoras fue uno de los puntos de reestructuración consecuencia de la crisis energética:

¹²³ *Ibidem*. Pág. 107.

“El desempleo comienza por afectar a trabajadores manuales “de cuello azul”, poco o nada calificados pero, con la aceleración del cambio tecnológico, se va extendiendo también a los trabajadores de “cuello blanco” del terciario, a profesionales y a cuadros de las nuevas clases medias. (...) En la indagación y el debate al respecto, se sostiene que la incorporación en fábricas y oficinas de la computadora, la automatización y el robot, de equipos cada vez más sofisticados, baratos y productivos, en el corto plazo destruye empleos, produce y mantiene la desocupación, amplifica tensiones en el mercado de trabajo y en la sociedad”¹²⁴

La transnacionalización e intercambio global es una de las características tempranas que se acentúa en esta etapa del sistema. El desarrollo de las técnicas que permiten desplazar tanto recursos humanos como datos e información dentro de todo el globo. La globalización como se nombra o conoce a la dinámica expansiva y unidireccional del sistema. Esta dinámica global de intercambio desigual tiene repercusiones directas en los países periféricos acentuando la brecha dentro de los beneficios materiales de las sociedades industriales generado a partir de la monopolización de los recursos naturales y los medios técnicos para transformarlos en trabajo.

3.6. Crisis energética: optimización del sistema de consumo.

Hablamos de crisis energética ya que nos permite una descripción integral del problema. Los estudios realizados desde la economía clásica no contemplan los problemas medioambientales los cuales son parte del problema de la crisis que se expresa en forma compleja y no sólo económica y tecnológica de la producción. Una crisis energética es más que la falta de capacidad de producción y consumo de las biosociedades. Es un proceso largo y depende mucho de la capacidad de carga del sistema en su conjunto. Una crisis energética no sólo afecta el sistema biosocial sino afecta directa e indirectamente ecosistemas los cuales tienen una relación directa

Este periodo es muy importante para nuestro estudio, ya que en éste se gestó el tema central de nuestra investigación. El desarrollo de técnicas genéticas, el gran problema de la renovabilidad de los recursos y los grandes daños provocados por el desarrollo industrial.

¹²⁴ *Ibidem.* Pág. 109-110.

El hablar de crisis energética nos implica una dificultad metodológica concreta ya que no se expresa en un solo momento temporal concreto y se gesta dentro de un proceso histórico dinámico y no es posible describirla en forma segmentada analizando las multicausalidad del fenómeno y darle mayor peso al agotamiento del petróleo o al proceso de extinción de ecosistemas completos o de la contaminación del agua.

3.7. El calentamiento global

El primer estudio sobre el calentamiento global fue publicado en el año de 1957 por *Roger Revelle* y *Hans Suess* investigadores del Scripps de Oceanografía, de California. Su estudio advertía que las actividades agrícolas e industriales estaban ocasionando un peligroso incremento en los niveles de CO₂ en la atmósfera. Esta acumulación de CO₂ en la atmósfera ocasionaría consecuencias impredecibles para la tierra.

Consecuencia de la crisis de los combustibles fósiles y los daños ocasionados al medio ambiente el debate tomó fuerza en los años ochenta. Científicos de los más diversos campos comenzaron a realizar estudios sobre los efectos colaterales del calentamiento progresivo del planeta. En este contexto Naciones Unidas formó un grupo multidisciplinario que contó con la participación de un gran número de científicos de todo el mundo. Después de una década de trabajos el panel intergubernamental sobre Cambio Climático emitió en 2001 un informe de consenso donde se advertía las posibles consecuencias del calentamiento del bioma.

El documento elaborado afirma que la temperatura media global de la superficie del planeta aumento en forma alarmante 0,6 +- 0,2 °C durante el siglo XX, ese informe prevé que el calentamiento aumentara entre 1,4 y 5,8 °C antes del 2100. El incremento de la temperatura en el planeta durante la era industrial según el informe podría ser el mayor de los últimos mil años.

Los efectos sobre la biosfera serán cualitativos y según el estudio el aumento de las temperaturas creará un desajuste entre ecosistemas y clima teniendo como causa que el ecosistema se vuelva más vulnerable a las enfermedades, plagas y agresiones.

El cambio climático y sus efectos nocivos sobre el bioma es parte de lo que *Jeremy Rifkin* ha llamado factura ambiental la cual tarde o temprano tendremos que pagar ya no como individuos si no como especie en su conjunto.

3.8. Campana de Hubbert fin de la era del petróleo.

M. King Hubbert fue un geofísico que trabajó para la compañía Shell Oil. En 1956 publicó un importante estudio donde predecía el auge y la caída de la producción de petróleo en los Estados Unidos. Su estudio sobre la producción petrolera de los 48 "Estados contiguos" es el modelo metodológico en los cuales se basarían estudios posteriores.

El estudio de *Hubbert* estimó que la producción en Estados Unidos tocaría techo entre 1965 y 1970, esta predicción fue tomada muy a la ligera por las compañías petroleras. La predicción de *Hubbert* demostró en 1970 ser cierta, marcando la nueva dinámica geopolítica global, ya que los Estados Unidos fueron desplazados como primer productor mundial, teniendo que convertir en reservas todos sus yacimientos petroleros.

La tesis de *Hubbert* es simple, esta basada en la cantidad y el ritmo de producción en el pasado, la producción de petróleo comienza en cero se incrementa y llega a su punto máximo cuando se han explotado la mitad de las reservas totales recuperables, y luego cayendo, siguiendo una curva clásica en forma de campana.

La extracción de petróleo comienza lentamente y luego se acelera con rapidez a medida que se localizan yacimientos importantes. Una vez que los principales yacimientos han sido encontrados y explotados, la producción empieza a perder impulso. Los yacimientos pequeños son de difícil acceso se necesitan técnicas más complejas de extracción siendo más cara su explotación. Al mismo tiempo, y a medida que se agotan los yacimientos principales, se hace cada vez más difícil sacar a la superficie el petróleo restante. La combinación del descenso en el ritmo de los descubrimientos y en la tasa de extracción de petróleo de los yacimientos existentes hace que finalmente la producción toque techo iniciando el declive.

Un aspecto importante del estudio de *Hubbert* es la estimación de los años que le quedan al sistema basado en el petróleo y el futuro que le espera a nuestras sociedades que depende de él como la mayor fuente de energía:

*“ Hubbert observo que se habían necesitado ciento diez años –desde 1859 hasta 1969- para producir 227.000 millones de barriles de crudo barato. La mitad de este petróleo fue extraída en los primeros cien años. Para la segunda mitad, en cambio, hicieron falta menos de diez años, entre 1959 y 1969. Usando el mismo modelo, Hubbert estimo en 1971 que el 80% central de la producción global de petróleo en un periodo de entre 58 y 64 años, menos tiempo del que dura una vida humana”*¹²⁵

En los últimos años se han realizado diversos estudios basados en *Hubbert* que pretenden estimar los recursos globales de petróleo y la duración de estos. Existe un fuerte debate entre los especialistas de cuanto tiempo falta para que la producción empiece a disminuir de forma alarmante. Basados en modelos matemáticos y en el conjunto de datos los geólogos de la Universidad de Oxford, *Colin J. Cambell* y *Jean H. Laherrere* estiman que la producción global tocara techo en el 2010. El caso del petróleo ilustra de forma clara la recomposición geopolítica del globo. Las crisis de 1973 y 1979 han sido los más grandes trastornos de las economías industriales.

La fuerza industrial basada en petróleo disminuyó notablemente, los países más poderosos del mundo tuvieron que modificar sus políticas energéticas. Los Estados Unidos convirtieron sus yacimientos en reservas, y fueron los grandes beneficiarios de la crisis del 1973. Su influencia bélica los posicionó dentro de Oriente medio controlando su producción. La explotación se volvió más costosa pero gracias a la mecánica de operación del sistema capitalista de producción y consumo, el alza de los precios volvió rentable la explotación.

Para Japón y Europa las cosas fueron muy distintas que para los Estados Unidos. Europa y Japón modificaron sus políticas cuando se dieron cuenta de lo dependientes que eran. Muy fuerte era su dependencia con respecto al energético. Estas dos regiones económicas basaron su estrategia al consumo de energía nuclear para reducir su dependencia de hidrocarburos.

La masificación y la reestructuración de los nuevos sistemas técnicos fue una causa que estuvo determinada por los umbrales energéticos consecuencia de la era de los combustibles fósiles. La necesidad de calcular el consumo mínimo de energía en todos los

¹²⁵ *Op. cit.* “La economía del Hidrógeno” Pág. 41.

procesos económico productivos del sistema capitalista de producción siendo éste ordenado y regulado por la cibernética. En este contexto es mucho más claro entender porque Japón siguió un ritmo de crecimiento económico gracias a su ventaja en el campo de la microelectrónica.

3.9. Evolución en ciencias y técnicas: Los ordenadores.

El desarrollo de técnicas más sofisticadas y complejas como los sistemas de comunicación e información, basados en la micro electrónica, que se ha desarrollado en este periodo marcan el despliegue de una nueva etapa de desarrollo técnico científico, y su aplicación responden a la necesidad de controlar y explotar “*el fenómeno viviente*” que es el principio de la acumulación temporal de riqueza material como base del funcionamiento del sistema jerarquizado de consumo energético.

Las técnicas basadas en la computación y en los sistemas, optimizaron y robotizaron la producción, generando una nueva recomposición productiva dentro del mundo. Se generaron nuevos mercados laborales. La comunicación del comercio se agilizó a un ritmo más acelerado gracias a la adopción de las computadoras, y este hecho determinó el proceso técnico científico que se abre ante nuestros ojos.

El desarrollo de nuevas técnicas de control sobre la naturaleza como la ingeniería genética no serían posibles sin la evolución de las computadoras como herramientas para ordenar y procesar grandes cantidades de información. La enumeración puntual y exacta de toda su historia nos llevaría mucho tiempo y requeriría de un estudio de caso por consiguiente daremos una descripción general y esquemática de su evolución y desarrollo apoyándome en los estudios realizados por *Marcos Kaplan* y *Tom Forester* resaltando lo que desde mi punto de vista es más significativo.

El desarrollo de las computadoras no es de ninguna forma un proceso lineal, es parte de un proceso complejo en el cual interactúan diversas técnicas y ciencias para lograr un resultado final. El desarrollo de las computadoras sería inimaginable sin la interacción de distintas ramas del conocimiento como la física, las matemáticas, la química y otras ciencias y técnicas, ya que cada una ha logrado solucionar problemas específicos para el desarrollo de los ordenadores.

Este acelerado desarrollo de las computadoras inicia en Inglaterra en 1812 con la máquina programadora de *Charles Babbage* que es considerada la primera computadora moderna. El siguiente paso fue la máquina estadística con carta perforada y técnica de relevos electromagnéticos de *Hollerith* en 1885. Ha principios del Siglo XX en 1930 *Vannevar Bush* diseña una computadora mecánica a la cual suceden otros modelos durante la década siguiente; en este tiempo se desarrollan otros inventos sin los cuales sería imposible el desarrollo de las computadoras modernas como: la radio durante la Primera Guerra Mundial, la televisión, el primer tubo de cámara y primer tubo receptor.

La computadora universal es desarrollada por *Howard Aiken* y construida por la **IBM** en 1941 *La Harvard Mark*. La primera computadora electrónica digital es la *Colossus* que fue construida en 1943 en el centro secreto de codificación de la Gran Bretaña, el *Bletchley Park* en *Hertfordshire* que tendría como objetivo descifrar los mensajes alemanes durante la Segunda Guerra Mundial.

Sin embargo la gran salto basado en la electrónica como recurso se dio hasta 1946 con el desarrollo de la *ENIAC* “*La primera computadora electrónica digital de propósitos múltiples es la ENIAC (Electronic Numerical Integrator and calculator), de 1946, completada en ese año en la Universidad de Pennsylvania, que significa una ruptura tecnológica con el recurso de la electrónica*”¹²⁶. A estas primeras máquinas se les da el nombre de computadoras de primera generación las cuales fueron substituidas en poco tiempo por las computadoras transistorizadas a finales de los años 50 y comienzos de la década de 1960, estos nuevos aparatos recibieron el nombre de máquinas de segunda generación.

Las máquinas de segunda generación pueden cumplir un millón de operaciones por segundo, esta capacidad se logra gracias al desarrollo de los transistores que desplazan a los tubos de vacío permitiendo la miniaturización de las computadoras. El desarrollo de los transistores es fundamental para desarrollo de las computadoras que se basan en el desarrollo de la microelectrónica:

“ En realidad, la revolución microelectrónica comenzó más o menos al mismo tiempo en que fue develada la ENAC, aunque nadie se percató de ello en ese momento y fueron tres los movimientos clave que la impulsaron: el transistor, el proceso planar y el circuito integrado.

¹²⁶ *Op. cit.* “Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución”. Pág. 50.

*En 1947, (...) científicos que trabajaban en investigación de telecomunicaciones (...) descubrieron por primera vez el efecto transistor. Mientras buscaban interruptores y amplificadores que remplazaran los relés mecánicos y las válvulas que tantos problemas le ocasionaban a la ENAC (...) dieron con el transistor de contacto puntual, una pequeña pieza de germanio "cableada" que funcionaba como un sencillo, aunque débil, amplificador. Su sucesor, el transistor de unión, estaba también hecho de germanio, aunque posteriormente fue sustituido por cristales de silicio, el principal ingrediente de la arena de playa"*¹²⁷

En 1951 surge la primera computadora de segunda generación, completamente transistorizada la *UNIVAC* (Universal Automatic Computer) capaz de manejar datos alfabéticos y numéricos. El mismo año las empresas *Texas Instrument* y *Fairchild* realizan el primer circuito integrado:

*"El siguiente gran paso se dió cuando se inventó el circuito integrado, acreditado generalmente a Jack Kilby de la Texas Instruments y a Robert N. Noyce, entonces de la Fairchild. Gracias a este proceso, pronto se hizo evidente que aquellos circuitos completos que tenían muchos transistores podían ser incorporados en un solo chip de silicio."*¹²⁸

Ya para 1969 el uso de los circuitos integrados alcanza un estadio comercial y comienza el desarrollarse el "*Silicon Valley*" como polo de desarrollo de la informática en Estados Unidos.

En la década de 1970 se logra perfeccionar el microchip de silicón dando origen al desarrollo de las primera computadora personal: La *Apple II* fue la primera computadora personal aceptada en el mercado, diseñada por *Steven Jobs* y *Estephen Wozniac* :

*"En Abril de 1977 la Apple exhibió por primera vez la Apple II en una feria de computadoras en San Francisco. Las ventas subsecuentes se dispararon y para fines de 1977 la Apple había vendido computadoras por valor de 2.5 millones de dólares. La Apple II no solo constituyó un gran éxito técnico, sino que se convirtió en la máquina que creó un enorme mercado para las computadoras personales"*¹²⁹ .

¹²⁷ Forester, Tom. (1992). "Sociedad de alta tecnología" México. Ed. Siglo XXI. Pág. 34.

¹²⁸ *Ibidem*. Pág. 35.

¹²⁹ *Ibidem*. Pág. 160.

La computadora personal es una revolución tecnológica en todos los sentidos ya que se vuelve una herramienta común en menos de una década. El desarrollo de la computadora personal está asociado a la tercera generación de computadoras, que tiene como característica la integración cada vez mayor de circuitos en una misma superficie de silicio y el aumento de la velocidad de cálculo y el desarrollo de comunicación entre computadoras; así como el acercamiento entre las máquinas y el hombre.

De forma muy esquemática podemos decir que las computadoras de primera generación estaban basadas en válvulas, las segunda en transistores, la tercera en circuitos integrados, la cuarta en chips y la actual, la Quinta Generación, está basada en todas las tecnologías de punta, la quinta conjunta todas las tecnologías de punta en la fabricación de chips, memorias, CAD, procesamiento paralelo, software, sistemas de visualización y reconocimiento del habla.

La evolución de las computadoras es impresionante, hoy ya podemos hablar del desarrollo de máquinas de quinta generación ya que en la década de los 80 y en lo que va de la de 1990 se ha entrado en la fase de las llamadas computadoras de Quinta Generación, máquinas especializadas en tratamiento del conocimiento, y es el inicio de la posible tendencia de las computadoras a rivalizar con los seres humanos en todas las tareas intelectuales. Este proyecto es desarrollado por los japoneses que a principios de 1981 lo anunciaron.

Respecto al proyecto de quinta generación escribe *Tom Forester*:

“Japón ha hecho planes para producir hacia 1991 la primera generación de lo que llama sistemas de procesamiento de la información del conocimiento (...) En particular estas máquinas, estas máquinas serían capaces de efectuar una traducción automática del lenguaje, la preparación de documentos por mecanógrafos mecánicos activados por la voz, una asesoría profesional experta y la toma de decisiones basadas en la inferencia lógica”¹³⁰.

Para finalizar retomaremos el esquema que *Kaplan* formula de las distintas computadoras que han sido desarrolladas.

¹³⁰ *Ibidem*. Pág. 60.

1. *Computadora personal*, es pequeña, diseñada para un solo usuario, basada en un microprocesador que permite colocar toda una unidad central de procesamiento en un solo chip. Tiene un tablero para la entrada de datos, un monitor para el despliegue de la información, y un dispositivo de almacenamiento para retener datos. En sus variedades más avanzadas, la distinción entre la computadora personal y las *workstations* tiende a borrarse.

2. *La workstation* es una computadora poderosa, de usuario único con microprocesador más poderoso y monitor de más alta calidad que la computadora personal. En capacidad de computación, se ubica entre la computadora personal y la *minicomputadora*, con fronteras borrosas en ambos extremos. En la mayoría de los casos es computadora de un solo usuario, pero puede usarse como sistema separado, o ligarse entre si para formar una red local. Es usada en aplicaciones de ingeniería, como CAD/CAM (diseño y fabricación asistidos por computadora), desktop publishing (sistemas de archivo gráfico para producción de documentos impresos de alta calidad), desarrollo de programas, y otros tipos de una calidad relativamente alta de capacidades gráficas.

3. *La minicomputadora* es de tamaño y capacidad medios, y de usuarios múltiples, capaz de dar servicio de 10 a 200 usuarios simultáneamente. La *minicomputadora* se va distinguiendo por su tamaño, capacidad, precio. Responden a las necesidades locales en oficinas, laboratorios, fábricas. Contribuyen simultáneamente a reducir el efecto centralizador de la información pesada.

4. *La mainframe* es una computadora de poder y costos altos y de usuarios múltiples, capaz de dar servicio simultaneo a varios centenares de usuarios.

5. *La supercomputadora* es extremadamente rápida, puede realizar cientos de millones de instrucciones por segundo; y resulta altamente costosa. Se le emplea para aplicaciones especializadas que requieren inmensas cantidades de cálculos matemáticos, predicciones climáticas, gráficos animados, cálculos de dinámica de fluidos, investigación nuclear, investigación genética, exploración petrolera. La principal diferencia entre una supercomputadora y una *mainframe* es que la primera canaliza toda su capacidad para la ejecución de pocos programas tan rápido como sea posible, mientras que la *mainframe* usa capacidad para ejecutar muchos programas concurrentemente.

El desarrollo y evolución de las computadoras modificó de forma radical muchas partes de la estructura social. La capacidad de producción se acelera consecuencia de la

introducción de computadoras en las fábricas. El comercio se aceleró y se logró controlar de forma más precisa los envíos de productos, se logró reducir los costos en el consumo energético.

El precisar todos los aspectos y cambios que surgieron después del desarrollo de los ordenadores no es el interés de este trabajo, por esto, sólo puntualicé de forma muy general los cambios tecnológicos dejando de lado los efectos que el desarrollo de las computadoras ocasionó dentro de los sectores sociales. El tránsito de una sociedad industrial a una sociedad informatizada, repercutió en todos los sectores de la producción como la agricultura y la industria, el desarrollo de las computadoras logró impulsar de nueva cuenta la producción en estos sectores.

3.10. Paralelismo: Cibernética y Genética.

Analizaremos de forma más profunda la evolución de las ciencias y técnicas de la información y la genética, ya que son parte significativa de la “*matriz operativa*” de la era de la biotecnología y juegan un papel cada día más importante dentro de esta nueva era tecnológica.

El desarrollo de las ciencias de la información y la genética son piezas fundamentales en la dinámica del sistema. Es un campo netamente dinámico y complejo que constituye una revolución dentro de la tercera revolución industrial.

El dinamismo está integrado en una gran constelación de factores, componentes, procesos, implicaciones y consecuencias que influyen seriamente en la vida de los individuos y las sociedades.

La teoría de la información parte y se desarrolla a partir de la Ingeniería de control, rama de la ingeniería que trata del ajuste de aparatos y sistemas, con o sin operador humano. Abarca por ello el tema de la automatización, entendida como, primero, el control automático de la fabricación de un producto a través de una serie de fases sucesivas; y luego el control de máquinas por máquinas con reducción del trabajo humano al mínimo.

La teoría de la información tomó fuerza en la segunda guerra mundial. Los grandes cúmulos de información que tenían que ser ordenados y procesados llevaron al gobierno de los Estados Unidos de América a reunir un grupo de científicos los cuales solucionaran el

problema. El resultado de la necesidad de organizar los grandes cúmulos de información se llamó investigación de operaciones, la cual dió origen a lo que hoy conocemos como cibernética *“A la empresa se le llamo ~ investigación de operaciones ~; de el salió una nueva forma de organización, a la que se llamó cibernética, que proporcionó los principios operativos de la revolución de los ordenadores”*¹³¹

La teoría de la información es planteada esencialmente en lenguaje matemático, sirve para explicar la forma en que se transmite información. El significado es entendido como la capacidad de codificar, transmitir y decodificar un mensaje seleccionado dentro de un conjunto de mensajes posibles con el que el sistema de comunicación pretende tratar. La forma en que la información se organiza a partir de la libertad de elección entre todos los mensajes posibles. El nombre matemático o numérico que se le da a la escala es en bits¹³²

Un elemento importante que estudia las ciencias de la información es el *ruido* como cualquier perturbación en los sistemas de comunicación. El *ruido* es generado por componentes defectuosos, errores de codificación o interferencias externas, el ruido es cualquier perturbación o azar. El ruido no puede ser eliminado pero puede disminuirse en cierto grado.

Un hecho que es importante destacar debido a nuestro enfoque energético es que de igual manera que el estudio de la termodinámica, el estudio de la información parten de la expresión matemática del azar en un sistema en el cual existe intercambio de materia energía e información. Al respecto *Kaplan* escribe:

*“ La expresión matemática del contenido de información se parece a la expresión de entropía en la Termodinámica, es decir la cantidad que especifica la dimensión del desorden o azar en un sistema portador de energía o información. En la teoría de la información, la entropía representa el “ruido” o los errores accidentales que ocurren en la transmisión de señales o mensajes. Cuando mayor sea la información en un mensaje, más bajo es su azar o “ruidosidad”, y por ende más pequeña su entropía”*¹³³

¹³¹ Rifkin, Jeremy. (1999). “El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz.” Barcelona. Crítica-Maracambo. Pág. 174.

¹³² Abreviatura de binary digits. Un *bit* equivale a la elección entre dos opciones igualmente posibles. Las situaciones varían, según que diferentes opciones sean o no igualmente posibles.

¹³³ *Op. cit.* “Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución”. Pág. 48.

La cibernética ciencia de la “organización efectiva” estará estrechamente ligada con las ciencias de la comunicación. La cibernética fue popularizada por *Norbert Wiener* y *Arturo Rosenbluth* en 1947. Cibernética viene de la palabra griega “*Kybernetes*” que significa timonel, el estudio de la información está basado en el principio de retroacción.

Al respecto *Kaplan* escribe:

*“La cibernética (del griego Kybernetes, timonel), palabra utilizada por Platón en su discusión del arte de gobernar, retomada en 1834 por Ampere en una clasificación de las ciencias, emerge durante la segunda guerra mundial ante problemas técnicos que implican el uso de servomecanismos. (...) es definida como ciencia general de los sistemas independientes de la naturaleza física de los órganos que lo constituyen, y por lo tanto ciencia del control y la comunicación en el animal y la máquina como sistemas que se regulan por sí mismos.”*¹³⁴

Estos principios parten de la comparación entre el funcionamiento de las máquinas como los organismos vivos.

Rifkin escribe:

*“~ Cibernética ~ viene de la palabra griega Kybernetes, que significa ~ timonel ~. Es una teoría general que quiere explicar como se mantienen los fenómenos a lo largo del tiempo por sí mismos. La cibernética reduce la actividad a dos ingredientes esenciales, la información y la retroalimentación, y sostiene que todo proceso puede entenderse como una amplificación de ambos.”*¹³⁵

El concepto de retroacción o retroalimentación es entendida como la capacidad del sistema para adaptarse y autorregularse. Este concepto puede trasladarse a la ecología desde la categoría de umbral.¹³⁶

La teoría cibernética toma como el “timón” que regula los procesos es la retroalimentación. El ejemplo más claro de retroacción o retroalimentación lo encontramos en palabras de *Rifkin* cuando explica como funciona una máquina que se autorregula:

¹³⁴ *Ibidem*. Pág. 49

¹³⁵ *Op. cit.* “El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz.” Pág. 174.

¹³⁶ El umbral es: un periodo de autorregulación de un ecosistema o sistema, debido a las consecuencias externas provenientes del medio ambiente o consecuencia de la relación impuesta por el hombre a la naturaleza; contaminación y deforestación por mencionar algunos ejemplos.

“Quien haya ajustado un termostato sabe como funciona la retroalimentación. El termostato vigila la temperatura de la habitación. Si se enfría y desciende por debajo de la marca del controlador, enciende el calentador hasta que la temperatura es otra vez la de la marca. El termostato lo apaga entonces, hasta que la temperatura baja de nuevo y se necesita más calor.”¹³⁷

La cibernética es la ciencia que estudia los procesos de autorregulación en las máquinas. En el proceso de autorregulación está contenida la información la cual forma parte nodal o indisoluble del proceso. *“La cibernética es la teoría de cómo las máquinas se regulan así mismas en un entorno cambiante. Pero más que eso, es la teoría que explica como una máquina actúa con un propósito”¹³⁸*. La cibernética ha revolucionado la manera de ordenar y procesar la información; ha cambiado nuestra visión de mundo y ha dotado a las ciencias de un nuevo paradigma positivista de la información, donde la noción de eternidad se expresa en la información genética.

En este sentido es importante entender que existe un desarrollo casi paralelo entre las computadoras y la genética

“ En 1953, siete años después de que unos ingenieros pusieran en marcha el primer ordenador que funcionó en la Universidad de Pennsylvania en Filadelfia – el Computador e Integrador Electrónico, o ENIAC-, James Watson y Francis Crick anunciaron que habían descubierto la doble hélice del ADN,”¹³⁹

Retomando la argumentación de Rifkin:

“Tan importante como el descubrimiento fue el lenguaje que emplearon para describirlo. Con metáforas y expresiones tomadas del nuevo campo de la cibernética y de las ciencias de la información, aun en ciernes, hablaron de la naturaleza helicoidal de los genes como un código, programado con una información química que había que descifrar.”¹⁴⁰

¹³⁷ *Ibidem.* Pág. 175.

¹³⁸ *Ibidem.* Pág. 175.

¹³⁹ *Ibidem.* Pág. 174.

¹⁴⁰ *Ibidem.* Pág. 174.

En este sentido el nuevo lenguaje cibernético posibilita la interacción de las ciencias de la información y de la vida creando un nuevo tejido que permite la conjunción entre computadoras y genes surgiendo así una nueva y poderosa revolución técnica:

“Joseph Weizenbaum, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, pionero en la informática, comenta que, desde su comienzo mismo, el ordenador y su lenguaje aportaron a la revolución de la genética, respectivamente, una metáfora global y la explicación apropiada para comprender el funcionamiento de los procesos biológicos. (...) Hoy medio siglo después, la teoría de la información es un instrumento para el desciframiento, organización y comprensión del cada vez más complejo mundo de la biología molecular y de la ingeniería genética.”¹⁴¹

Partiendo de las analogías formuladas por Rifkin en su libro “El siglo de la biotecnología” el desarrollo de los ordenadores y la cibernética es para el nuevo capitalismo biotecnológico lo que fue la imprenta para el capitalismo industrial ya que dota a éste de una capacidad inimaginable para ordenar y secuenciar una cantidad impresionante de datos los cuales están contenidos en las diversas estructuras genéticas de plantas, animales, bacterias y seres humanos.

Desde los años cincuenta la terminología de la teoría cibernética ha influido directamente en la biología ya que ésta ha adoptado muchas de las categorías que surgieron de la ingeniería de control. La biología ha encontrado en las categorías desarrolladas en la ingeniería formas más precisas para dar explicaciones al fenómeno viviente y su funcionamiento como un sistema complejo, ya que cada día más biólogos ocupan el lenguaje desarrollado en la cibernética y en las teorías de la información para describir los procesos biológicos.

La unificación de la ingeniería y la biología fue el sueño de Wiener y hoy ya es un hecho consumado, los biólogos han adoptado la visión que explica a los organismos vivos como sistemas de información en este sentido la siguiente cita extraída del texto de Rifkin ilustra de forma más clara esta idea

“ Wiener soñaba con unificar la ingeniería con la biología y parece que en ambos campos muchos estuvieron dispuestos a compartir su visión. Torpe y Zangwill evaluaron (...) el impacto que la teoría de la información había ejercido en el campo de la biología hacia principios de los años setenta y

¹⁴¹ *Ibidem.* Pág. 174.

*llegaron a la conclusión de que las ciencias de la vida ya habían sucumbido los supuestos operativos de los cibernéticos. (...) Según Torpe y Zangwill, los científicos de ambos campos estaban encontrando por entonces un terreno común bajo la bandera de la cibernética de Norbert Wiener*¹⁴²

Uno de los ejemplos más importantes que documenta *Rifkin* sobre esta influencia del lenguaje cibernético dentro de la biología moderna es la que el biólogo francés *Pierre Grassé* ha expuesto ya que contrario a lo que otros biólogos de corte neodarwinistas como *James Watson* y *Francis Crick* creen respecto al ADN, como el único responsable de la creación, *Grassé* da una importancia vital a los procesos externos o del ambiente como factores que determinan el proceso de la vida, dando una noción más profunda de la retroalimentación en el proceso evolutivo:

*“el biólogo francés Pierre Grassé ha expuesto detalladamente la nueva forma de conceptualizar la naturaleza basada en el lenguaje de la cibernética. Grassé empieza poniendo la vida, en general, en un marco cibernético. Según Grassé, el código representa la inteligencia de la especie. Está dispuesto a conceder que el ADN es ~...el depositario y distribuidor de la información~, pero al contrario que James Watson, Francis Crick y muchos neodarwinistas no cree que sea el ~ único creador ~. (...) concluye que el organismo vivo, como el ordenador, tiene que ~ ser programado y alimentado con información externa para que aparezcan novedades ~. El cuadro que esboza es un modelo cibernético de la vida; el proceso circular en el cual los genes, el organismo y el entorno se alimentan y retroalimentan de información sin cesar, con lo que el organismo puede regularse por sí mismo en respuesta a unos estímulos externos cambiantes. La visión más expandida de Grassé de la relación cibernética entre los genes, el organismo y el entorno está muy lejos del simple reduccionismo genético de Watson, Crick y otros biólogos moleculares anteriores que, aunque utilizan el lenguaje de la cibernética y de la teoría de la información para explicar los fenómenos biológicos, siguen viendo el gen como la molécula ~ maestra ~ que pone en movimiento el proceso orgánico”*¹⁴³

El lenguaje común adoptado por las ciencias de la información y la biología es un hecho el cual se expresa en el desarrollo de tecnologías aplicadas como las biotecnologías. En este sentido es prudente finalizar este apartado con la siguiente cita extraída del texto de *Rifkin* ya que la cibernética y la teoría de la información como lenguaje común de las ciencias

¹⁴² *Ibidem*. Pág. 178.

¹⁴³ *Ibidem*. Pág. 181.

informáticas y de la vida proporciona la forma de comunicación que se requiere para la manipulación del vasto flujo de datos geonómicos en el venidero siglo de la biotecnología:

“ La toma, grabación, gestión y utilización de la información geonómica requerirá una estrecha cooperación entre las ciencias de la vida y de la información, y la educación interdisciplinaria de los investigadores en los campos relacionados de la física, las matemáticas, la ingeniería, la informática, la química, y la biología molecular. El Proyecto Genoma Humano ha acelerado la confluencia de la informática y la genética. Secuenciar y analizar los tres mil millones de pares de bases no sería posible sin la ayuda de la informáticos y de unas técnicas de cálculo cada vez más depuradas. ”¹⁴⁴

3.11. La genética.

Antes de seguir con el desarrollo de nuestro trabajo es importante describir de forma general el desenvolvimiento de la genética como base científica en la cual se apoyan las biotecnologías. La genética como estudio científico de la herencia, se da en las décadas recientes, pero como ya hemos escrito con anterioridad el desarrollo y la evolución de una técnica o de una ciencia no es producto de un hecho aislado y lineal, es un proceso complejo el cual está determinado por un sinnúmero de factores que determinan los procesos técnico-científicos.

Sin el desarrollo del microscopio óptico que muestra la célula como unidad básica de la vida y la evolución de éste que permite el desarrollo del microscopio electrónico que revela sus elementos constitutivos junto al desarrollo de los rayos X y la cristalografía¹⁴⁵ que ayudan a establecer la estructura molecular del ADN sin olvidar el desarrollo de la cibernética que permite el proceso y el cálculo de las estructuras moleculares:

“A principios de siglo, en los albores de la cristalografía, los cálculos necesarios para la determinación de estructuras pequeñas se podía hacer “a mano”, aunque con crecientes dificultades a medida que aumentaba el número de átomos de la molécula. (...) Pronto se hizo

¹⁴⁴ *Ibidem*. Pág. 181.

¹⁴⁵ La cristalografía de rayos X es un método físico para determinar estructuras moleculares, que utiliza los datos provenientes de la interacción de una radiación de longitud de onda muy corta y cristales. Los estudios de cristalografía de rayos X son inaugurados antes de la Primera Guerra Mundial por Max von Laue en Alemania y W. H. Y W. L. Bragg en Inglaterra y son aplicadas por Maurice Wilkins y Rosalind Franklin para dilucidar la estructura del DNA.

evidente que la cantidad de información y de operaciones constituían un obstáculo infranqueable para el ataque de moléculas grandes. (...) La invención de la computadora significó una revolución en la química estructural porque el cálculo matemático de las síntesis de Fourier dejó de ser un obstáculo operacional. Las máquinas permitían almacenar y manipular grandes cantidades de información con gran rapidez”¹⁴⁶

La genética es el resultado de un sinnúmero de datos acumulados en el tiempo. El redescubrimiento de las leyes de la herencia de *Mendel* provocó gran interés por el estudio de la herencia. *Walter Flemming*, estudió los cromosomas como portadores estructurales de las características hereditarias en 1880 y con anterioridad ya en 1869 *Federico Miescher* había descubierto ácidos nucleicos en el núcleo celular sin concluir la conexión con la herencia ni con los cromosomas. En 1907 *Thomas Hunt Morgan* confirma las leyes de *Mendel* y descubre que algunas características hereditarias tienen lazos entre si y actúan como si los genes, unidades de la herencia, se alinearan en largas filas y en 1911 demuestra que los genes alineados en los cromosomas son los agentes de la herencia.

El desarrollo de la Genética es acompañado de otros, entre los años 1909 y 1929, en la química. *Phoebus Aaron Theodor Levene* descubre dos tipos de ácidos nucleicos, el ácido deoxirribonucleico mejor conocido como DNA y el ácido ribonucleico RNA y en los treinta esta química es explorada por *Alexander Todd*.

En 1951, los científicos *Linus Pauling* y *B.B. Corney* determinan que la estructura de la molécula de una clase de proteínas es una hélice o espiral de tres dimensiones, pero no es hasta 1953 que los estudios, de *Watson* y *Crick*, lo demuestran recibiendo el Nobel algunos años después por su trabajo:

“En 1953, Watson y Crick publicaron un trabajo en el que proponían un modelo del ácido desoxirribonucleico; hubo modelos previos que explicaban esa estructura, sin embargo, no cubrían todos los elementos de la sustancia; el modelo propuesto por ambos investigadores fue más completo y ha sido la base de la experimentación que ha dado origen al avance espectacular de las ciencias biológicas y medicas con sus logros y sus consecuencias, algunas previsibles y otras no tanto”¹⁴⁷

¹⁴⁶ Goldstein, Daniel J. (1989). “Biotecnología, universidad y política” México. Ed. Siglo XXI. Pág. 90.

¹⁴⁷ Gascón, Patricia. Coordinadora. (2003). “La revolución genómica.” México. UAM-Xochimilco. Pág. 29.

Es importante recalcar la multidisciplinariedad de la ciencias ya en este momento porque en un trabajo de estas características implica el dismantelamiento de las barreras conceptuales como *Kaplan* lo ilustra:

*“La Química y la Física de los organismos vivos van desembocando en el descubrimiento por James Watson y Francis Crick, de la estructura molecular de las sustancias químicas que rigen la réplica genética. El dismantelamiento de viejas barreras conceptuales y departamentales se evidencia precisamente en la confluencia entre Ciencias Físicas y Químicas y Ciencias de la Vida”*¹⁴⁸

En este sentido el trabajo que les valió el premio Nobel dejó claro la capacidad del ADN para replicarse (autorreproducirse) y que en él se encontraban los planos para la construcción y el control de todos los componentes de los organismos vivos, desde la célula hasta organismos más complejos incluido el hombre.

El trabajo desarrollado por *Watson* y *Crick* es un hecho paradigmático puesto que inaugura un nuevo paradigma científico y da las pautas para continuar las líneas de investigación abiertas por la biología molecular que según *Daniel Goldstein* en una disciplina estratégica para el desarrollo de las biotecnologías:

“La biología molecular es una disciplina estratégica que tiene por objetivo determinar la arquitectura de las macromoléculas de origen biológico y establecer como sus arquitecturas atómicas condicionan su funcionamiento. Conocer la relación entre la estructura y la función de las macromoléculas informativas y catalíticas tiene importancia biotecnológica porque permite el diseño y la producción de proteínas y ácidos nucleicos específicamente modificados según las necesidades tecnológicas de las industrias farmacéutica y química. (...) Los métodos utilizados para determinar la estructura tridimensional de los ácidos nucleicos y las proteínas, y sus complejos supramoleculares, son la cristalografía de rayos X y la resonancia magnética nuclear de alta resolución. (...) Esta morfología molecular con resolución atómica, que define sin ambigüedad las posiciones de cada uno de los miles o de las decenas de miles de átomos que componen estas estructuras, es indispensable para comprender los mecanismos químicos y físicos mediante los cuales funcionan, y poder modificarlos a voluntad. (...) La biología molecular estructural es el área de las ciencias biológicas que está más cercana a la física experimental y necesita instrumentación sofisticada y gran capacidad de computación. Los investigadores que trabajan en esta disciplina

¹⁴⁸ *Op. Cit.* “Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución”. Pág. 86.

tienen una exquisita formación en matemática, física, química, bioquímica y computación. Estas características diferencian netamente la biología molecular estructural del resto de las ciencias biológicas."¹⁴⁹

El problema que planteó el nuevo paradigma fue: descubrir el mecanismo específico mediante el cual la información contenida en el ADN era decodificada, transportada fuera del núcleo celular donde se hallaba y utilizada para la síntesis de las proteínas que constituyen la estructura de los organismos y así lograr desentrañar el código de la vida. Entre 1955 y 1970 el problema quedó esencialmente resuelto. el primer gran salto que se dio fue en París cuando un grupo de investigadores, *Jacques Monod*, *Francis Jacob* y *André Lwoff* lograron explicar como un gen determina la constitución de una sola proteína.

En 1956 el español *Severo Ochoa* y el estadounidense *Artur Kornber* sintetizan a partir de nucleidos el ADN y el ARN. Ese mismo año el rumano *George Emile Palade* demuestra que la producción de enzimas se da en los ribosomas.

En 1961 los trabajos del equipo francés logró explicar los mecanismos de la síntesis de proteínas, descubriendo como en cada gen individual tiene un "represor" (enzima) que tiene una función reguladora en la síntesis. El mismo año, *Marshall W. Nirenberg*, del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos logró desentrañar el código genético y demostrar su universalidad.

En 1963, *Merrifield* inventa la primera máquina sintetizadora, una máquina capaz de "escribir la vida". Se trata de un dispositivo que permite sintetizar las proteínas. En 1965, los estadounidenses, *F. Sanger* y *P. Edman* desarrollan el primer secuenciador, una máquina que le permite a los biólogos leer el texto del código genético. A principios de los años setenta un equipo de investigadores en el laboratorio de *Har Gobind Khorana*, de la universidad de Wisconsin en Estados Unidos encontró una enzima ADN ligasa producida por *E.coli* podía juntar aleatoriamente los extremos de trozos de ADN completamente separados. En ese mismo periodo los microbiólogos estadounidenses, *Daniel Mathans* Y *Hamilton Othanel Smit*, desarrollaron enzimas de restricción capaces de cortar la cadena de ADN de una forma específica.

¹⁴⁹ *Op. Cit.* "Biotecnología, universidad y política." Pág. 67.

Los años setenta son muy importantes ya que en esta época la pregunta a responder ya no era cómo se traducía la información del ADN en proteínas, la nueva interrogante era como un segmento de ADN de un organismo podía ser recortado y vuelto a empalmar con el ADN de otro organismo. El primer paso fue dado en 1973 cuando los científicos *A. C. Y. Chang* y *Stanley Cohen* en la escuela de medicina de la Universidad de Stanford y paralelamente *Herbert Boyer* y *Robert Helling*, en la Escuela de Medicina de la Universidad de San Francisco informaron acerca de la unión de moléculas de ADN biológicamente funcionales de dos organismos diferentes. El resultado fue una molécula de ADN compuesta a la cual le dieron el nombre de “quimera”. El ADN quimérico pasó a llamarse ADN recombinante y el proceso de división, fusión y replicación, es conocido hoy como “Ingeniería Genética” un logro que sin duda marcaría la nueva era biotecnológica que según lo documentado por *Rifkin* rivaliza con el control del fuego:

“Los biólogos Stanley Cohen de la Universidad de Stanford, y Herbert Boyer, de la Universidad de California, consiguieron en 1973 un logro en el mundo de la materia viva que algunos analistas biotécnicos creen tiene una importancia que rivaliza con la del control del fuego. Ambos comunicaron que habían tomado dos organismos no emparentados, que no podían aparearse en la naturaleza, aislando un fragmento de ADN de cada uno de ellos y recombinando esos dos fragmentos de material genético. El ADN recombinante, el fruto de casi treinta años de investigaciones culminadas por una serie de rápidos a finales de los años sesenta y en los setenta, es una especie de máquina de coser biológica que sirve para hacer una sola urdimbre genética a partir de organismos que no tienen relación entre sí.”¹⁵⁰

Estas técnicas se difundieron rápidamente, los científicos comenzaron a desarrollar procedimientos para aislar y clonar genes individuales y así lograr transferir de forma rutinaria genes humanos a organismos simples como levaduras y bacterias, convirtiéndolos en “fábricas biológicas” útiles para la producción de valiosas proteínas comerciales como la insulina. Esta técnica moderna ha logrado una rápida aplicación industrial y comercial abriendo la puerta a lo que muchos catalogan como “Biotecnología de tercera generación” Antes de terminar esta parte de nuestro trabajo es importante dar una descripción general de cómo funciona el ADN para comprender como funciona y opera la estructura.

¹⁵⁰ *Op. cit.* “El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz.” Pág. 28

El ADN es un compuesto formado por fósforo en forma de ácido fosfórico, un azúcar, la desoxirribosa y cuatro bases nitrogenadas: timina, adenina, citosina y guanina. La estructura química de estas sustancias se ordena en dos cadenas unidas por puentes de hidrógeno, las bases se complementan por pares, así la timina va con la adenina y la citosina con la guanina. La estructura helicoidal de ADN le permite realizar dos funciones: la replicación y la propagación a través del ARN de las proteínas responsables de las funciones celulares; el ARN, a diferencia del ADN tiene ribosa en lugar de desoxirribosa y el uracilo ocupa el lugar de la timina, además presenta una sola cadena y tiene tres estructuras que responden a funciones distintas: ARN mensajero, ARN ribosomal y ARN de transferencia.¹⁵¹

El desarrollo de la genética moderna es un proceso histórico de larga duración el cual es muestra clara de la interacción de diversas disciplinas que se desarrollaron de forma separada en sus inicios y hoy en día se complementan para dar soluciones y respuestas y aplicaciones industriales. Un hecho importante es el surgimiento de un nuevo paradigma científico tecnológico: la biotecnología; la cual está en pleno desarrollo gracias al gran avance de los últimos años de las ciencias genómicas

3.12. Las Biotecnologías y su evolución.

Existen estudios que argumentan que la civilización ha utilizado las biotecnologías desde las primeras sociedades sedentarias. La manipulación del medioambiente, la producción de pan, los productos lácteos y las bebidas alcohólicas, son algunos de los ejemplos que dan los especialistas en el tema. Aceptando este argumento podríamos decir que los seres humanos han desarrollado las biotécnicas desde hace miles de años y que cada cultura tiene y ha desarrollado diversas biotecnologías ***“En realidad la biotecnología es bastante antigua. El término, en sentido amplio, refiere cualquier tecnología que use organismos para fabricar o modificar productos que mejoren plantas o animales, o para desarrollar microorganismos para usos específicos”***¹⁵²

¹⁵¹ Para una explicación más precisa del funcionamiento del ADN y el ARN ver Goldstein, Daniel. Pág. 70-88.

¹⁵² Aboites, Jaime. Dutrénit, Gabriela. Coordinadores. (2003) “Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas.” México. UAM-Xochimilco. Grupo editorial Miguel Ángel Porrúa. Pág. 502.

Siguiendo el argumento que hemos aceptado desarrollaremos de forma breve las etapas por las cuales han transitado las biotecnologías, para después analizar en forma más profunda la última etapa que los especialistas llaman Biotecnología de tercera generación. Basándonos en el trabajo de *Pablo Bifani* el cual argumenta que hay cuatro etapas dentro del desarrollo de las biotecnologías explicaremos las tres primeras para después retomar el trabajo de *Rifkin* y de otros autores para ahondar en el tema.

Bifani nos dice que la historia de la biotecnología puede dividirse en cuatro periodos. El primero corresponde a la era de las primeras sociedades sedentarias *“En esta época, la biotecnología se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales y sus cruza y a la fermentación como un proceso para preservar y enriquecer el contenido proteínico de los alimentos”*¹⁵³. Esta primera etapa se extiende hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza por la aplicación artesanal de una experiencia resultante de una práctica diaria.

La segunda era biotecnológica comienza con el desarrollo de la microbiología y la identificación de los microorganismos gracias al trabajo de *Pasteur* dotando de un carácter científico en su acepción moderna a la biotecnología. Esta etapa se caracteriza por el aprovechamiento de los microorganismos para elaborar productos de interés para la sociedad:

*“La segunda era biotecnológica comienza con la identificación, por Pasteur, de los microorganismos como causa de la fermentación y el siguiente descubrimiento por parte de Buchner de la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcares en alcohol. Estos desarrollos dieron gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimenticia y al desarrollo industrial de productos como las levaduras, los ácidos cítricos y lácticos y, finalmente, al desarrollo de una industria química”*¹⁵⁴

La tercera etapa tiene características en sentidos opuestos como *Bifani* lo explica:

“La tercera época en la historia de la biotecnología se caracteriza por desarrollos en cierto sentido opuestos, ya que por un lado la expansión vertiginosa de la industria petroquímica tiende a

¹⁵³ Banco Interamericano de Desarrollo.(1988). *“Progreso Económico y Social en América Latina: informe 1988. Tema especial: Ciencia y Tecnología.”* New York. Biblioteca Banco Interamericano de Desarrollo. Pág. 208.

¹⁵⁴ *Ibidem*. Pág. 208.

desplazar los procesos biotecnológicos de fermentación, pero por otro, el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1928, sentaría las bases para la producción en gran escala de antibióticos, a partir de los años cuarenta. Un segundo desarrollo importante de esa época es el comienzo, en la década de los años treinta, la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de los Estados Unidos ("corn belt"), con espectaculares incrementos de producción por hectárea, iniciándose así el camino hacia la "revolución verde" que alcanzaría su apogeo 30 años más tarde"¹⁵⁵

El desarrollo de las modernas técnicas genéticas sería imposible sin el desarrollo y la interacción de una gran gama de técnicas y ciencias que se han desarrollado en largos periodos temporales, adquiriendo así un carácter multidisciplinario.

Pero aunque podamos aceptar y hacer nuestra la tesis que proponen los especialistas sobre la larga trayectoria de la biotecnología como un elemento el cual se encuentra en la sociedad desde las primeras poblaciones cazadoras recolectoras, las técnicas modernas de manipulación ya no se dan en un nivel de selección de especies y cruza de éstas, sino van directamente a la manipulación genética de éstas rompiendo las barreras impuestas naturalmente por millones de años de evolución de la vida en la tierra.

La última etapa inicia con el descubrimiento de la doble estructura axial de *Crick* y *Watson* y se consolida sin duda con la técnica de recombinación genética, éste es el hecho más significativo de estas técnicas modernas al respecto *Rifkin* escribe:

"El proceso de ADN recombinante es la herramienta más impresionante hasta la fecha del arsenal biotécnico. (...) Para empezar, se separan las moléculas de ADN de una fuente, por ejemplo un ser humano, con un escalpelo químico, una enzima de restricción como se llama. Una vez se ha troceado el ADN, se separa un pequeño segmento de material genético, de un gen, quizás, o unos pocos. A continuación se corta con la enzima de restricción un segmento del cuerpo de un plásmido, una corta longitud de ADN que hay en las bacterias. Tanto el fragmento de ADN humano como el cuerpo del plásmido desarrollan unos "extremos pegajosos" a causa del proceso de corte. Los extremos de los dos segmentos de ADN se enganchan entonces entre sí, y se forma un todo genético compuesto por material de las dos fuentes originales. Finalmente el plásmido se usa como vector, es decir, como vehículo que mueve el ADN a una célula hospedadora, por lo general una bacteria. Al

¹⁵⁵ *Ibidem*. Pág. 208

absorber el plásmido la bacteria procede a duplicarlo indefinidamente; genera copias idénticas de la nueva quimera. A esto se le llama ADN clonado.”¹⁵⁶

Retomando la metáfora empleada por Rifkin que dice que en la forma en la que hemos manipulado plásticos y metales hoy estamos fabricando materiales vivos.

El desarrollo de estas complejas técnicas ha dotado a las industrias biotecnológicas de una gran capacidad productiva en casi todas las áreas de la industria y se ha conseguido dar impulso a sectores tradicionales. En este sentido la biotecnología no solo crea nuevos productos y materias primas, sino dota de nuevos procesos para la producción de bienes y servicios tradicionales.

A continuación daremos algunos ejemplos de nuevos productos desarrollados gracias a las técnicas basadas en las biociencias que han impactado de forma crucial todos los aspectos de la esfera social y se espera que lo sigan haciendo cada día de forma más radical.

En la minería la biotecnología ya tiene una aplicación tanto en la extracción de metales como en la de hidrocarburos mediante métodos que se han denominado “precolación bacteriana”. Actualmente, más del 10 % de la extracción de cobre en los Estados Unidos se obtiene de esta forma. Los expertos en el tema argumentan que esta manera de extracción reduce drásticamente el consumo de energía, permite una mayor recuperación del producto, requiere de poca inversión de capital y puede ser aplicado en pequeña escala al respecto Rifkin escribe:

“Ya en los años ochenta se realizaron pruebas con organismos que consumen metales (...) Una empresa comunicó que había tenido éxito en insuflar cierta bacteria en ~ minas de cobre con una ley baja, donde producían una enzima que se alimenta de las sales del mineral y dejan una forma casi pura de cobre ~. Para las minas con una ley baja, difíciles de explotar con las técnicas mineras tradicionales, los microorganismos proporcionarán un método más económico de extracción y procesado. Los científicos, por ejemplo, están usando ahora agentes microbianos para degradar los minerales donde está atrapado el oro antes de su extracción química, incrementando la tasa de recuperación. (...) La investigación está examinando el diseño de unos microorganismos que consuman el gas metano de las minas y eliminen así una de las mayores causas de explosiones en ellas”¹⁵⁷

¹⁵⁶ *Op. cit.* “El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz.” Pág. 28-29.

¹⁵⁷ *Ibidem.* Pág. 32.

Estos nuevos organismos también se utilizarán para suplir las tradicionales formas de extracción de petróleo y permitirán recuperar tanto el que está impregnado en las rocas como el que su viscosidad es tal que no es posible su bombeo.

En el sector energético existen ya alternativas desarrolladas para sustituir al petróleo como materia prima. Las empresas productoras de energía están desarrollando y experimentando a partir de recursos renovables para sustituir al carbón, al petróleo y al gas natural. Los científicos están mejorando vía la biotecnología los cultivos de caña de azúcar y de cereales como el maíz con los cuales ya se produce etanol. El caso Brasileño es un ejemplo de esto:

*“Éste es el caso del proyecto gasohol, que ha permitido que millones de automóviles en Brasil circulen empleando etanol en vez de gasolina. El etanol es elaborado por microorganismos que fermentan los azúcares provenientes del almidón, del azúcar de caña, de la celulosa o de la hemicelulosa: todos ellos resultado de la fotosíntesis, proceso que permite capturar CO₂ y producir oxígeno. Se trata en este caso de un sistema sustentable, ya que el CO₂ producido por la actividad industrial y automotriz es capturado por la fotosíntesis que, además provee de los azúcares para la fermentación.”*¹⁵⁸

En la industria química se están desarrollando una gran cantidad de nuevos materiales para todo tipo de usos, desde la producción de plásticos biodegradables que sustituirán lo que son elaborados a partir del petróleo, la firma británica “ICI” ha desarrollado cepas de bacterias capaces de producir plásticos con propiedades sorprendentes como grados de elasticidad variable y la capacidad de ser en un 100 % biodegradable. Otro ejemplo es la planta productora de plástico de *Monsanto*. El desarrollo de esta fábrica de plástico biodegradable fue posible gracias a la investigación del Dr. *Chris Sommerville* director de biología vegetal de la *Institución Carnegie* de Washington que logró insertar un gen generador de plástico en una planta de mostaza convirtiéndola en una fábrica de plástico. El desarrollo de nuevos materiales es hoy una realidad. En la industria bélica se están desarrollando desde armas biológicas de destrucción masiva hasta chalecos antibala a partir de genes extraídos de arañas productoras de seda.

¹⁵⁸ *Op. Cit.* “La revolución genómica.” Pág. 18.

La industria biotecnológica está influyendo en todos los sectores productivos. Las empresas madereras están también insertándose en este nuevo campo. Están invirtiendo en estudios los cuales les permitan encontrar los genes que se puedan insertar en los árboles para acelerar su crecimiento y la producción de celulosa. La empresa biotecnológica *Calgene* ya logró aislar un gen de la enzima que controla la formación de celulosa.

La biotecnología se está aplicando a la industria marina. Existe un gran número de proyectos desarrollándose. La investigación marina se está enfocando a la producción de peces a la carta basada en ingeniería genética al respecto *Rifkin* escribe:

“investigadores experimentan con la creación de un salmón estéril que no tenga el instinto suicida de desovar y se quede en el mar abierto para que ahí lo pesquen. En su largo viaje río arriba de vuelta a donde nació, el salmón deja de comer y pierde peso. Los científicos esperan romper el ciclo reproductivo obligando a los huevos de salmón a que dupliquen los cromosomas, lo que produce peces estériles. Unos científicos de la universidad de Michigan dicen que con la ruptura del ciclo de desove del salmón chinook pueden crear salmones cuyo peso será de más de treinta kilos, mientras un pez que vuelve a desovar pesa menos de ocho”¹⁵⁹

En la agricultura se ve a la bioingeniería como sustituta parcial de la agricultura basada en fertilizantes extraídos del petróleo. Los científicos están desarrollando nuevos cultivos comestibles que puedan tomar el nitrógeno del aire y no tengan que depender de fertilizantes petroquímicos. Se están realizando experimentos acerca de la transferencia de caracteres genéticos deseables de una especie a otra para mejorar el valor nutritivo de las plantas y aumentar su producción y rendimiento. Se está experimentando con genes que tiene resistencia a herbicidas que previenen contagios de virus y plagas y tengan la capacidad de adaptarse a terrenos salados o secos y así aumentar el flujo de productos agrícolas al mercado al respecto *Rifkin* escribe:

“Los primeros cultivos comerciales comestibles fruto del empalme génico se plantaron en 1996. Más de tres cuartas parte de la cosecha de algodón de Alabama habían sido sometidas a la ingeniería genética para matar insectos. En 1997 los agricultores plantaron soja transformada mediante ingeniería genética en más de 3 millones de hectáreas y maíz tratado también así en alrededor de un millón y medio de hectáreas en Estados Unidos. Las empresas químicas y agrícolas esperan ver que

¹⁵⁹ *Op. cit.* “El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz.” Pág. 37.

una mayoría de tierra de labranza se dedique a los cultivos derivados de las técnicas del empalme génico en los próximos cinco años.”¹⁶⁰

En la agricultura la biotecnología es ya una realidad. El desarrollo de semillas genéticamente modificadas y su introducción al mercado ha causado gran polémica por su novedad, su potencial y los riesgos e incertidumbres que conlleva. Las semillas transgénicas se caracterizan por incorporar genes, intra o interespecíficos, a sus cromosomas, por medio de técnicas especializadas de ingeniería genética, logrando con ello que las plantas a las que dan origen desarrollen propiedades que les confieren ventajas productivas como resistencia a insecticidas, herbicidas y cierto tipo de virus. Se han desarrollado semillas de maíz transgénicas las cuales producen su propio insecticida, son conocidas como semillas Bt; estas semillas fueron desarrolladas por *Monsantos*.

Pero el desarrollo de nuevas variedades de semillas no es lo único que ha impactado el sector agrícola. Otro ejemplo es el cultivo en interiores que hoy es una realidad, el cultivo de tejidos es ampliamente utilizado para la producción de plantas ornamentales en los países industriales y tiene un enorme potencial para el cultivo de plantas tropicales como la yuca, la paya, el plátano y muchas otras.

Al respecto de esta técnica de cultivo tisular *Rifkin* escribe:

“Varias empresas biotécnicas trabajan en el nuevo campo de la investigación del cultivo tisular; su propósito es trasladar a interiores en el siglo que viene una gran parte de la producción agrícola. A finales de los años ochenta una firma biotécnica estadounidense, Escagenetics, de San Carlos, California, que hoy ya no existe, anuncio que había logrado producir vainilla a partir de cultivos de células vegetales en el laboratorio. (...) Ahora gracias a las nuevas técnicas del empalme génico los investigadores pueden producir volúmenes comerciales de vainilla en cubas de laboratorio. (...) También se han desarrollado vesículas de naranja y de limón a partir de un cultivo tisular, y algunos analistas industriales creen que no está lejos el día en que el zumo de naranja se ~ cultive ~ en cubas y, por lo tanto, dejen de ser necesarios los huertos de naranjos”¹⁶¹

En la ganadería el desarrollo de las biotecnologías también es ya un hecho, cada día salen al mercado nuevos productos desarrollados vía la ingeniería genética. Se están

¹⁶⁰ *Ibidem*. Pág. 33.

¹⁶¹ *Ibidem*. Pág. 34.

creando animales los cuales aumentarían el flujo de alimentos al mercado. En la Universidad de Adelaida en Australia se creó una nueva raza de cerdos modificados que rinden 30 % más y pueden llevarse al mercado siete semanas antes. La *Australian Commonwealth Scientific and Industrial Organization* ha producido con ingeniería genética una oveja que crece tres veces más de prisa que las normales, hoy están experimentando con genes para que la lana crezca más rápido. La Universidad de Wisconsin ha desarrollado pavas cluecas las cuales no tienen el instinto empollador al respecto *Rifkin* escribe:

*“Las cluecas ponen de un cuarto a un tercio de huevos menos que las que no lo son. Como el 20 por 100, en una granja media, son cluecas, los investigadores ansiaban cortar el ~ instinto empollador ~, ya que empollar perturba la producción y cuesta a los productores mucho dinero. Bloqueando el gen que produce la hormona prolactina, los biólogos pudieron limitar el instinto natural de empollar de las pavas. La nueva raza creada mediante la ingeniería genética ya no exhibe el instinto maternal, pero produce más huevos.”*¹⁶²

El desarrollo de medicamentos como la insulina o la hormona del crecimiento son una realidad desde los años setenta. Hoy se está desarrollando una nueva medicina basada en la crianza de animales genéticamente modificados la “farmadería”. Los científicos estarán desarrollando animales los cuales funcionen como biofactorías de productos farmacéuticos, medicinas y órganos humanos. Estas nuevas técnicas de farmadería hicieron posible el nacimiento del primer clon animal un hito en el desarrollo de la genética, la famosa oveja *Dolly*.

Los desarrollos en la farmadería son impresionantes al respecto *Rifkin* escribe:

“En Abril de 1996 Genzyme Transgenics anunció el nacimiento de Grace, una cabra transgénica lleva un gen productor de BR-96, anticuerpo monoclonal (...) el objetivo era que generase fármacos anticancerígenos conjugados. (...) Genzyme está preparando además el ensayo de una cabra transgénica que productora de antitrombina, un fármaco anticoagulante. Empresas como Genzyme esperan producir fármacos a la mitad de costo valiéndose de los animales transgénicos de la farmadería como fábricas químicas (...) El gerente de Genzyme señala que su nueva planta, que ha costado 10 millones de dólares y donde fabrican medicinas para la enfermedad de Gaucher, podría ser substituida en un futuro próximo por un rebaño de sólo doce cabras. (...) En Boulder, Colorado,

¹⁶² *Ibidem*. Pág. 35.

*Somatogen ha creado unos cerdos transgenicos que producen hemoglobina humana. (...) Los clones de animales se usarán para recolectar órganos que se transplantarán a seres humanos. El poder producir copias exactas de animales garantizará el tipo de control de calidad bioindustrial necesario para que los genotrasplantes sean un negocio importante en siglo de la biotecnología. Compañías biotécnicas como Nextram y Alexion están insertando genes humanos en las líneas germinales de embriones de animales que hagan sus órganos más compatibles con el genoma humano y menos probable que sean rechazados.*¹⁶³

Con las técnicas de manipulación genética y clonación los científicos lograrán producir animales según las necesidades que imponga el mercado tanto para la producción de carne sin grasa como producir órganos en masa más compatibles con el genoma humano.

El desarrollo de productos genéticamente modificados es una realidad en los países industriales, y parece que, hoy la producción de nuevos productos solo está limitada por la imaginación de los científicos, los cuales están modificando la vida en todos los sentidos.

El desarrollo del proyecto Genoma Humano es un hecho el cual merece la atención de nuestro trabajo ya que puede ser la conjunción de muchos de los desarrollos científicos tecnológicos de la era de la biotecnología.

El proyecto del Genoma Humano comenzó a finales de la década de los ochenta por iniciativa del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América. El objetivo inicial era conocer los efectos genotípicos y metabólicos consecuencia de las radiaciones provocadas por la bomba atómica. El proyecto comenzó formalmente en 1990 con apoyo del Instituto Nacional de Salud y el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Su objetivo inicial era identificar todos los genes humanos, se intentaba definir cuantos genes tiene el hombre y como con la información contenida en los genes funciona el organismo humano.

En el proyecto Genoma humano participaron desde el inicio diferentes países en su mayoría los miembros del G-8, el proyecto internacional de secuenciación del genoma agrupó a científicos de 16 centros de investigación en Alemania, Brasil, China, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido. El proyecto involucró tanto instituciones públicas como privadas de los países involucrados en él.

¹⁶³ *Ibidem*. Pág. 35-36.

Los grupos de investigadores que participaron en el proyecto plantearon la importancia de secuenciar primero organismos menos complejos ya que a partir del estudio de organismos como: bacterias, hongos, insectos, mamíferos como el ratón era posible hacer inferencias funcionales considerando la homología que existe entre los genes humanos y los de otras especies. El estudio comparado de los genomas puede dar distintas pistas de cómo funcionan ciertos genes y como se pueden asociar a ciertas enfermedades humanas.

Uno de los retos más grandes para lograr secuenciar el genoma fue el desarrollo de las herramientas metodológicas, la respuesta la dieron las ciencias de la información desarrollando nuevos métodos de informática y de bioinformática. El desarrollo de las nuevas técnicas basadas en los ordenadores permitieron secuenciar los pares de genes de forma más rápida y el proyecto que se planteó en 15 años, se realizó mucho más rápido.

El proyecto se encaminó a generar diversos mapas genéticos de nuestro genoma, en eso consiste el Proyecto Genoma Humano, en dividir los cromosomas en trozos cada vez más pequeños que puedan ser estudiados y secuenciados en el laboratorio. Después de secuenciar se tuvieron que diseñar estrategias para lograr armar el rompecabezas más grande del mundo. El ubicar la localización exacta de cada gen humano y lograr secuenciar 3000 millones de pares de base nitrogenadas de nuestro genoma fue un reto en el cual hubieron que participar varias naciones durante más de una década.

El desarrollo del Proyecto del Genoma humano tuvo dos objetivos principales: la secuenciación del genoma y la elaboración de mapas genéticos. El tamaño de nuestro genoma, junto al nivel tecnológico de la década de los noventa explica la necesidad de dividir y repartir el trabajo entre los distintos centros de investigación que participaron en el proyecto. Los 23 pares de cromosomas fueron divididos entre los centros de investigación participantes.

La forma en que se logran ordenar los distintos fragmentos de ADN es tiéndolos ya que el ADN se encuentra compactado en distintas regiones de cada cromosoma, cada una de ellas se tiñe de manera diferente que va de más claro a más oscuro, logrando así un patrón de bandeado que caracterice cada uno de los cromosomas humanos. Gracias a estas técnicas se logró reconocer los cromosomas y poderlos organizar y secuenciar para formar mapas llamados: citogénicos.

Los mecanismos de recombinación de ADN ayudaron a generar mapas genéticos de nuestro genoma. Cada una de nuestras células porta una carga cromosómica, en un cierto momento de la división celular, las células germinales o gametos hay intercambio de información entre los cromosomas de origen paterno y los de origen materno, este intercambio a nivel celular es conocido como recombinación.

Los científicos descubrieron que la recombinación esta relacionada con la distancia entre dos segmentos de ADN, entre más cercanos son menos posibilidades de recombinación presentan, menos posibilidades de recombinarse. Partiendo de está información se puede medir la frecuencia con la que dos segmentos cromosómicos se recombinan lo cuales evidencian la relación directa la distancia que existe entre ellos, este conocimiento fue utilizado para construir los mapas genómicos.

El lograr generar los mapas genéticos ayudó a delimitar los segmentos cromosómicos con precisión y lograr ordenarlos. Para lograr ordenar los millones de datos que arrojaba la secuenciación de los genes se desarrollaron estrategias informáticas desarrollándose programas o software específicos para lograr ordenarlos.

Todas estas estrategias sirvieron para ubicar donde se encontraban los cromosomas, definir una región pequeña al interior del mismo e identificar un gen particular.

¿Pero para que sirve todo esto? ¿Para que sirve conocer la secuencia de los 3000 millones de pares de bases nitrogenadas que constituyen el genoma?. Los genes son la causa directa de muchas enfermedades como la fibrosis quística, la anemia de células falciformes que regulan nuestra propensión al cáncer, ataques al corazón, Alzheimer o la trisomía 21 mejor conocido como mongolismo. El conocer más sobre las enfermedades genéticas del hombre ayudará a desarrollar nuevos fármacos. El conocimiento genético basado en el genoma humano puede llevar a una nueva visión eugenésica del mundo y crear un nuevo racismo genético como lo documenta *Rifkin*.¹⁶⁴

El conocimiento genético nos sitúa en una etapa en la cual se discutirán nuevos valores éticos y sin duda marcará nuevas formas de entender la vida y la relación que el hombre tiene con su medio ambiente y cuales han sido las causas de muchas enfermedades provocadas por un medio ambiente contaminado o desgastado por la época industrial.

¹⁶⁴ El desarrollo de estas ideas esta contenido en el capítulo N° 5 "*Sociología de los genes*" del libro "*El siglo de la biotecnología*" de *Jeremy Rifkin* Pág 145-167.

3.13. La economía basada en el hidrógeno.

Esta parte de nuestro trabajo dedicado a la Tercera Revolución técnico- científica, analizará de forma breve la naciente economía del hidrógeno.

Basándome en el texto *“La economía del hidrógeno”* escrito por *Jermy Rifkin* desarrollaré de forma muy general esta idea sin dejar de lado lo que hasta este momento he aprendido en torno a la evolución del sistema técnico-científico. Antes de iniciar quisiera retomar algunos argumentos que nos permitirán contextualizar un poco el porque el surgimiento de una economía basada en el hidrógeno como motor del mundo.

Uno de los elementos que nos permiten entender por que los países más industrializados estén desarrollando tecnologías energéticas basadas en el hidrógeno es que: las fuentes energéticas basadas en los combustibles fósiles, principalmente el petróleo, están llegando al límite; ya que este es un recurso energético no renovable.

En los últimos años se han realizado diversos estudios basados en La Campana de *Hubbert* que pretenden estimar los recursos globales de petróleo y la duración de estos. Generándose un fuerte debate de cuanto tiempo falta para que la producción empiece a disminuir de forma alarmante. Basados en modelos matemáticos y en el conjunto de datos, los geólogos estiman que la producción global tocará techo en el 2010. El caso del petróleo ilustra de forma clara la recomposición geopolítica del globo. Las crisis de 1973 y 1979 han sido los más grandes trastornos de las economías industriales.

Otro elemento importante es: el calentamiento del planeta y las crisis ecológicas que son consecuencia de la era industrial basada en la quema y transformación de los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo. Este elemento no ha sido una de las principales características por la que hoy las economías industriales estén invirtiendo grandes cantidades de dinero a proyectos científico-tecnológicos para desarrollar una economía basada en el hidrógeno pero se ha convertido en un recurso retórico de las empresas extractoras de la *“sangre de la tierra”*

“En un discurso realizado ante el Comité Científico de la Casa de los Representantes de Estados Unidos, en abril de 2001, el directivo de Texaco Frank Ingriselli estableció un paralelismo entre los grandes cambios que están teniendo lugar en la economía global y en la sociedad con el nacimiento de la era del hidrógeno. Observó que ~ el ecologismo, la innovación y las fuerzas del mercado están

*marcando el futuro de nuestra industria y nos impulsan inexorablemente hacia la energía del hidrógeno ~ y advirtió que ~ aquellos que no den este paso, se arrepentirán ~*¹⁶⁵

Es importante aclarar que la transformación de la base energética que mueve al mundo solo puede ser llevada a cabo por los países más desarrollados ya que son los únicos que cuentan con la base y estructura científico-tecnológica para desarrollar nuevos aparatos y técnicas que permitan utilizar hidrógeno como fuente de energía, y seguir manteniendo la dinámica de dependencia de las naciones subdesarrolladas.

Como ya hemos dicho con anterioridad el desarrollo de una técnica no es un hecho lineal y el que empiece a ser utilizada y desarrollada para fines industriales puede tardar grandes periodos de tiempo: es el caso del hidrógeno.

El hidrógeno fue descubierto por el científico británico *Henry Cavendish* en 1776 pero no fue hasta 1785 que el químico francés *Antoine Laurent Lavoisier* que consiguió repetir con éxito el experimento de *Cavendish* le dio el nombre. El experimento constaba de obtener agua a partir de la mezcla de oxígeno e hidrógeno,

*“Henry Cavendish (...) informó de un experimento en el que había obtenido agua a partir de la combinación de oxígeno e hidrógeno, con la ayuda de una chispa eléctrica. Como estos elementos todavía no tenían nombre, los llamó ~ aire sustentador de la vida ~ y ~ aire inflamable ~ (...) El químico francés Antoine Laurent Lavoisier consiguió repetir con éxito el experimento (...) y dio el nombre de Oxígeno al ~ aire sustentador de la vida ~ y el de hidrógeno al ~aire inflamable~.”*¹⁶⁶

El primer uso práctico del hidrógeno fue militar. El químico francés *Guyton de Norveau* sugirió después de la toma de la Bastilla que el hidrógeno podría producirse en grandes cantidades para utilizarse en globos de reconocimiento militar y así el primer generador de hidrógeno fue construido en un campamento militar en las afueras de París en 1794.

El uso comercial del hidrógeno no se dio hasta la 1920, la primera compañía en hacerlo fue la canadiense *Electrolyser Corporation Limited* que hoy es uno de los principales productores de plantas generadoras de hidrógeno por electrólisis en el mundo.

¹⁶⁵ *Op. cit.* “La economía del Hidrógeno” Pág. 218.

¹⁶⁶ *Ibidem.* Pág. 219.

El primer científico importante que vió en el hidrógeno un potencial energético en el futuro fue *John Burden Sanderson*, en 1923, que más tarde sería uno de los genetistas más reconocidos en el mundo, en un principio sus tesis fueron vistas con escepticismo en la academia, hoy son modelo de como se aprovechará y explotará el hidrógeno.

El hidrógeno comenzó a ser utilizado como combustible para la aviación en los años veinte y treinta por los alemanes que lo utilizaron como combustible para los dirigibles. En los treinta y cuarenta fue utilizado por los ingleses y alemanes como combustible experimental para automóviles, camiones, locomotoras e incluso para submarinos y torpedos.

Sin embargo el potencial del hidrógeno como energético fue ignorado hasta la primera crisis energética:

*“Hasta la crisis del petróleo de 1973, los científicos, los ingenieros y los líderes políticos no decidieron dar una segunda oportunidad al hidrógeno como forma genérica de energía. (...) En los años siguientes, el gobierno de los Estados Unidos y otros países empezaron a invertir pequeñas cantidades de dinero público en investigaciones relacionadas con el hidrógeno. El programa estadounidense nunca supero los 24 millones de dólares. La Comunidad Económica Europea destinó entre 72 y 84 millones de dólares a la investigación sobre el hidrógeno en los años setenta”*¹⁶⁷

Sin embargo cuando los precios del petróleo se estabilizaron las investigaciones volvieron a diluirse.

En los años setenta la *General Motors* fue la primera compañía en utilizar la expresión “*economía del hidrógeno*” cuando sus ingenieros vieron en el hidrógeno el posible combustible del futuro.

El interés volvió en los años noventa después de la publicación de una serie de artículos e informes los cuales advertían sobre las consecuencias de la era industrial sobre el planeta y la biosfera. El interés por desarrollar una economía basada en el hidrógeno se está dando solo en los países industriales lo cual indica que más que el interés de una economía ecológica es el interés de algunas compañías las cuales ven en el hidrógeno la oportunidad de seguir controlando los mercados mundiales de la energía y el transporte.

¹⁶⁷ *Ibidem*. Pág. 222.

Los países más industrializados, las compañías petroleras y la industria del automóvil están invirtiendo grandes cantidades de dinero al desarrollo de tecnologías basadas en hidrógeno. Según datos extraídos del texto *"La economía del hidrógeno"* de Rifkin Japón destino 2000 millones de dólares a un plan de treinta años con el objetivo de promover la energía basada en hidrógeno y en las calles de Geel, Bélgica en 1994 empezaron a circular la primera flota de autobuses de hidrógeno mientras el grupo *Royal Dutch/Shell* en 1998 dio sus primeros pasos en la era del hidrógeno con la creación de un equipo que investigue y explore proyectos comerciales creando la *"división del hidrógeno"*.

En 1999 se dió un paso paradigmático, en febrero, de ese año el gobierno de Islandia anunció un ambicioso plan para convertir a dicho país en la primera economía basada en el hidrógeno:

*"El responsable de implementar el plan sería un consorcio en el que participan tres compañías transnacionales –Royal Dutch/Shell Group, Daimler-Chrysler y Norsk Hydro- y seis socios islandeses – la Planta Geotérmica de Reykjanes, la Compañía Eléctrica Municipal de Reykjavik, una compañía de fertilizantes, la Universidad de Islandia, el Instituto de Investigación de Islandia y la New Business Venture Fund -. Los socios islandeses controlan el 51,01 % de la sociedad."*¹⁶⁸

Este plan propone convertir a Islandia en el primer productor de hidrógeno mundial. En Hawai se ha puesto en marcha un proyecto similar el cual tiene la esperanza en conseguir la autonomía energética aprovechando la abundante energía geotérmica y solar para transformarla en hidrógeno.

Hoy en día parece que el mundo se está encarrilando hacia una economía basada en el hidrógeno y esto lo demuestran las fuertes inversiones que están realizando los gobiernos y las compañías más poderosas del mundo. Ya en 1997 *Daimler-Benz* puso en marcha un proyecto de 350 millones de dólares para desarrollar motores de hidrógeno al cual se sumo la *Ford* la cual permitió aumentar la inversión a 1000 millones de dólares.

Las compañías Japonesas y *General Motors* están en el mismo camino:

"Toyota espera tener en la calle los primeros coches con pilas de combustible antes que termine la década. General Motors ha prometido tenerlos preparados para el año 2010. Nissan, Honda y

¹⁶⁸ *Ibidem.* Pág. 223.

*Mitsubishi han anunciado también planes para producir coches de este tipo y, entre las tres, han comprometido otros 1.000 millones de dólares en el proyecto*¹⁶⁹

El 12 de enero de 1999, Alemania abrió en Hamburgo la primera planta comercial de combustible de hidrógeno en Europa empezando así la carrera por controlar las técnicas basadas en el combustible que se presenta como la base energética del futuro próximo.

Existe aun un fuerte debate sobre como lograr encaminar el mundo hacia una economía basada en el hidrógeno, hoy todavía no se han resuelto muchos problemas técnicos, pero el interés económico de las compañías y los países industriales harán todo lo posible para lograrlo, es inminente el agotamiento de los recursos fósiles en los cuales se basa la economía mundial y el control de los mercados económicos no les deja otra salida.

¹⁶⁹ *Ibidem*. Pág. 251.

Capítulo IV
La evolución del sistema de desarrollo
científico-tecnológico en México

4.1. La evolución del sistema de desarrollo científico-tecnológico en México.

El último capítulo lo dedicaré a la evolución del sistema de desarrollo científico-tecnológico en México, el cual describiremos de forma general y esquemática en tres periodos: A) el periodo de sustitución de importaciones 1950-1970. B) después de 1970 con la creación del CONACYT hasta 1990. C) después de 1990 hasta 1994 y la aplicación de proyectos y programas científicos dedicados al desarrollo del paradigma biotecnológico y la UNAM como punta de lanza.

4.2. La sustitución de importaciones.

El desarrollo siempre se ha entendido en forma mecánica y lineal. De forma muy esquemática podríamos decir que: el desarrollo consiste en una serie de etapas por las cuales deben transitar los países. Esta visión fue aceptada mecánicamente por las élites latinoamericanas y México no fue la excepción.¹⁷⁰

Después de la década de los treinta los gobiernos latinoamericanos pusieron en marcha distintas políticas para lograr la industrialización. Estos mecanismos consistieron principalmente en crear barreras arancelarias y establecer cuotas de importación. Este tipo de políticas se utilizaron para reducir la importación de cierto tipo de productos favoreciendo la importación de tecnología. La principal tesis del modelo de industrialización por sustitución de importaciones era: la protección del mercado interno permitirá fomentar el desarrollo industrial nacional.

Al respecto en el primer periodo *Nadal* escribe:

“...la sustitución de importaciones se apoyó de manera esencial en el sistema de protección a la industria. Es necesario enfatizar el hecho de que la iniciación del proceso de crecimiento “hacia adentro” no responde a una decisión orientadora por parte del Estado, sino que constituye una respuesta natural a los problemas planteados por la crisis económica mundial y la consecuente contracción de la demanda externa. (...) La utilización de los aranceles, del “permiso previo a la

¹⁷⁰ Esta argumentación se basa en el texto de A. Nadal. (1977) *“Instrumentos de política científica y tecnológica en México.”* El colegio de México, México. En primer lugar, en los orígenes de la política científica influye de manera notable la concepción lineal y diacrónica del proceso de desarrollo económico-social (se considera a la ciencia como un insumo que permitirá acelerar el paso de una etapa a otra en el proceso de del “desarrollo”). Ver Págs. 11-12.

importación” y los precios oficiales con fines proteccionistas, orientados a fomentar una industrialización rápida, no parecen predominar sino hasta mediados el decenio de 1940. En 1947 se redefinió el arancel en términos de tasas ad valorem y precios oficiales sobre los cuales se apliquen estas tasas. Además, se establecieron los “permisos previos a la importación” que en realidad constituyen un control cuantitativo a las importaciones. Es posible afirmar que desde ese año ambos instrumentos constituyen el medio más importante de protección para substituir importaciones (en particular el segundo que llega a constituirse en el principal instrumento de la política proteccionista)”¹⁷¹

Las primeras etapas del modelo de industrialización basado en la sustitución de importaciones se caracterizaron por darle importancia a la producción de bienes no durables y de fácil manufactura especialmente en sectores tradicionales.

Un hecho importante en México es que la ciencia y la tecnología durante la etapa de sustitución de importaciones caminaron en forma separada, en este sentido mientras se importaban bienes de capital la ciencia no contaba con políticas de desarrollo concretas.

En una segunda etapa que va de los años cincuenta a inicios de los setenta se dió un proceso más profundo de sustitución de bienes intermedios y el desarrollo de la industria química y bienes durables como electrodomésticos y automóviles encaminados a satisfacer la demanda de la población de los centros urbanos. Dado que la importación de bienes de capital condujo a desequilibrios en la balanza de pagos el gobierno recurrió a fomentar la inversión de tecnología extranjera para aumentar la capacidad de producción del país.

El desarrollo industrial en México se completa en estas décadas con el desarrollo de empresas públicas en sectores de interés nacional, como la agricultura y la energía, en este periodo el Estado realiza importantes inversiones en el sector energético a través de sus empresas eléctrica y petrolera, al mismo tiempo que controla la producción de insumos agrícolas.

Un elemento importante del enfoque distorsionado del proceso de industrialización en México es el acuerdo que se establece en 1965 entre el gobierno mexicano y el norteamericano que permite a las empresas manufactureras de la frontera norte importar insumos libres de impuestos, con la única condicionante de que los productos finales se

¹⁷¹ *Ibidem*. Pág. 215.

exportaran, iniciando de esta forma la industria maquiladora comenzando a funcionar el Programa Nacional Fronterizo.¹⁷²

En el inicio de la década de los setenta se implementaron diferentes medidas y se crearon instrumentos que originaron un sector industrial heterogéneo en el que las subsidiarias de las empresas transnacionales recibían su tecnología directamente de las casas matriz. El resto de la industria nacional, pública y privada, trato de modernizarse mediante la compra de tecnología mediante la generación de contratos y licenciamientos de asistencia técnica y consultoría.

En este periodo se intentaron crear instrumentos que permitieran generar un desarrollo industrial en el país. Según el texto de Nadal los instrumentos no fueron selectivos y siempre estuvieron mal coordinados y funcionaban *ex post*, o sea una vez que la empresa había tomado las decisiones tecnológicas, por lo que, a excepción del Registro Nacional de Transferencia de Tecnología, tuvieron un impacto reducido.

En el texto en el cual he basado el desarrollo de estas ideas Alejandro Nadal analiza con profundidad los instrumentos más significativos de las políticas científico tecnológicas implementadas durante el primer periodo que hemos intentado esquematizar.

A continuación enumeraré los principales instrumentos que se intentaron aplicar para desarrollar una política científico-tecnológica en México que están contenidos en el capítulo cuarto del texto al que se hace referencia:

Fomento científico y tecnológico
1. Propiedad industrial (patentes)
2. INFOTEC
3. Tratado fiscal a gasto relacionado
4. Sistemas de nominas

¹⁷² C.f. A. Nadal "Instrumentos de política científica y tecnológica en México." Págs. 286-290

Promoción industrial
1. Aranceles y permisos previos de importación
2. Programas de fabricación
3. Estímulos fiscales
4. Fideicomisos
5. Certificado de devolución de impuestos para exportadores
6. Centros de capacitación de mano de obra

Control del sector privado y sector público
1. Registro nacional de transferencia de tecnología
2. Comisión y registro nacional de inversiones extranjeras
3. Comisión petroquímica mexicana
4. Comité de importaciones del sector público

Financiamiento del gasto público
1. Ley de impuestos sobre la renta
2. ley de impuestos sobre ingresos mercantiles
3. Cargas sociales

Legislación laboral
1. Ley federal del trabajo

Un elemento importante son las instituciones como NAFIN y Banco de México que impulsaron programas de modernización mediante la creación de los siguientes instrumentos de financiamiento: Fondo Nacional de Equipamiento Industrial (Fonei), Fondo Nacional de Fomento Industrial (Fomin), Fondo de Garantía y Fomento de la Industria Mediana y Pequeña (Fogain), Fondo de Fomento de las Exportaciones de Productos Manufacturados (Fomex), Fondo Nacional de Estudios de Prevención (Fonep), Fideicomiso para el Estudio y Fomento de Parques y Ciudades Industriales.

Estos podrían ser en términos generales los rasgos más distintivos del impulso científico tecnológico de la primera etapa de nuestro estudio.

4.3. 1970 la institucionalización de la ciencia y la tecnología: creación del CONACYT.

Esta etapa todavía está considerada dentro del periodo de sustitución de importaciones, pero ya es contemplada como la última, ya que después de 1982 se decide terminar con el modelo de industrialización por sustitución de importaciones.¹⁷³

Durante esta última etapa del modelo de industrialización por sustitución de importaciones se da la institucionalización de la política científica y tecnológica en México y en la mayor parte de los países de América Latina en este sentido se puede hablar de una estrategia regional “... , *la creación del CONACYT no fue un hecho aislado sino una acción más en la estructuración institucional de la ciencia y la tecnología que se venía dando en Latinoamérica. Uruguay en 1961, Chile y Venezuela, Perú y Colombia en 1968. Argentina en 1969 y México en 1970.*”¹⁷⁴

Entre los autores que hemos revisado para el desarrollo de este capítulo se coincide que organismos internacionales como la ONU, la OEA y el BID tuvieron un papel crucial en

¹⁷³ Este argumento se basa en el texto de Alma Rocha y Roberto E. López Martínez. (2003). “*Política en ciencia y tecnología en México: un análisis retrospectivo.*”, en Jaime Aboites y Gabriela Dutrénit, coordinadores. UAM-X México. Los autores argumentan que se decide terminar con el modelo de sustitución de importaciones que lleva aparejada la protección del mercado interno como medio para inducir el desarrollo industrial nacional. Considerando las evidencias de que México había alcanzado un escaso desarrollo tecnológico, se resuelve que la inserción del país en un conjunto de tratados internacionales motivará a las empresas a modernizarse mediante la competencia internacional.

¹⁷⁴ Aréchiga, José Uriel. (1988). “*La transferencia de tecnología y el atraso tecnológico.*” México. UAM. Pág. 124.

este proceso, que consistió en crear instituciones encargadas de elaborar planes y programas de desarrollo científico tecnológico.¹⁷⁵

Esta noción viene de una idea generalizada en el mundo, que se gestó después de la segunda guerra mundial, ya que los países más desarrollados donde se origina el Estado puede definir objetivos y metas por alcanzar asignando al esfuerzo científico y tecnológico un papel concreto que desempeñar. En este sentido la inversión en el aparato científico tecnológico fue un eje para el desarrollo.

A. Nadal escribe en su libro que en este periodo la mayor parte de los países reconocen la necesidad de definir una política estatal que tenga como objetivo regular, orientar y fomentar la actividad científica-tecnológica, y marca dos antecedentes que influyeron dentro de la concepción dominante de la política científica y tecnológica en el mundo.

Con respecto al primer antecedente Nadal escribe:

“El primero se consolida a partir de la segunda guerra mundial y parte del supuesto de que la investigación científica y tecnológica (y la utilización de conocimientos generados a través de ella) constituyen una actividad social que puede ser una política de Estado. En efecto, la idea de que la ciencia puede ser utilizada para metas muy específicas probablemente nació durante los conflictos mundiales de este siglo. En los principales países participantes en esas conflagraciones surgieron instituciones encargadas de formular una política científica capaz de reclutar a las poderosas fuerzas de la ciencia y la tecnología para el esfuerzo bélico: (...) Así se origina la idea de que el Estado puede definir objetivos y metas por alcanzar asignando al esfuerzo científico y tecnológico (efectivo o potencial) un papel concreto que desempeñar. Este fue el supuesto central que recogieron las primeras reuniones de carácter internacional sobre el tema (tales como la

¹⁷⁵ A. Nadal escribe que a partir de decenio de 1960 se intensificó la realización de estudios sobre el desarrollo científico-tecnológico y las posibilidades de su aplicación a la solución de los problemas de los países de menor desarrollo relativo. En su texto se refiere a dos enfoques distintos de cómo alcanzar un nivel óptimo de desarrollo científico, el de la UNESCO y el de la UNACAST (Comité Asesor de Naciones Unidas para la Aplicación de Ciencia y Tecnología al Desarrollo). Explica que el enfoque de la UNESCO parte de que se tienen que asignar más recursos financieros y materiales para la investigación científica y el de la UNACAST parte de la utilización del acervo de conocimientos científicos un medio para solucionar los problemas de los países con menor desarrollo (alimentación, vivienda, salud, etcétera). Nadal critica los dos enfoques ya que no tocan el problema de vinculación entre la demanda y la oferta de conocimientos científicos que se ignoraba o tocaba de forma incidental y argumenta que el defecto principal de los enfoques es el de ignorar que una política para el desarrollo científico y tecnológico requiere de instrumentos para ponerse en práctica. Sobre el primero argumenta que: adolece de un simplismo exagerado y sobre el segundo argumenta que: el binomio ciencia-tecnología es visto como una variable independiente la cual podía ser programada como un insumo autónomo para el esfuerzo por el desarrollo económico social. En este sentido cuestiona que los trabajos sobre política científica y tecnológica quedan reducidos al diseño de metodologías para la elaboración de planes.

conferencia de Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología de 1963) y el famoso proyecto de los “grupos piloto” de la OCDE en 1968. La idea fue recogida más tarde por la mayoría de los países subdesarrollados”¹⁷⁶

Respecto al segundo antecedente *Nadal* escribe:

*“El segundo antecedente surge de la concepción de que la ciencia y la tecnología constituyen variables independientes de ser utilizadas o “aplicadas” al esfuerzo del desarrollo. Este supuesto está presente a lo largo de la evolución que ha experimentado la política científica en los países subdesarrollados. En esta evolución se pueden distinguir dos etapas: en la primera, la política científica se limita a fomentar la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, concentrándose en la formación de recursos humanos, canalización de mayores cantidades de fondos y mejoramiento de la infraestructura del sistema científico tecnológico. En esta etapa influyen de manera notable los conceptos de la División de Asuntos Científicos de la UNESCO que fomentó la creación de organismos especialmente avocados a la formulación de la política sobre la investigación científica. En la segunda etapa se toma conciencia de la necesidad de vincular el esfuerzo científico con los grandes “problemas nacionales” y se busca integrar la generación de conocimientos con su utilización. Aquí se manifiesta mayor preocupación por la importación indiscriminada de tecnologías no adecuadas (surgen numerosos organismos para controlar la transferencia internacional de tecnología) y por vincular el esfuerzo científico con problemas tales como salud, alimentación, vivienda, educación, etc. (aparecen los primeros planes de ciencia y tecnología con sus programas indicativos). En esta etapa tuvieron importancia decisiva el Plan de Acción Mundial para la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología de las Naciones Unidas y los estudios sobre la transferencia internacional tecnología realizados entre 1968-1972 por diversas instituciones”*¹⁷⁷

Nadal comenta que esta idea no sólo es de los países subdesarrollados porque en los Estados Unidos se financiaron proyectos como el RANN (Research Applied to National Needs) de la National Science Fundation.

Este fenómeno global de desarrollo influyó directamente en México creándose el CONACYT. Esta tendencia de una mayor injerencia del Estado en la orientación de las actividades de investigación no se había experimentado, de forma planificada, en nuestro país pero tampoco estuvo ausente ya que desde 1935 se creó el Consejo Nacional de la

¹⁷⁶ *Op. Cit.* “Instrumentos de política científica y tecnológica en México.” Pág. 9.

¹⁷⁷ *Ibidem.* Pág. 10.

Educación Superior que se transformo en 1942 en la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica y se modifico de nueva cuenta en 1950 en el Instituto Nacional de la Investigación Científica que es el antecedente inmediato del CONACYT. Entre 1969 y 1970 por iniciativa de varios representantes de centros de investigación y enseñanza superior así como Instituto Nacional de la Investigación Científica se llevó a cabo un estudio sobre el desarrollo científico-tecnológico en México y las políticas científicas. La conclusión más importante del estudio fue la que se refería a la necesidad de crear un organismo de formular y ejecutar esa política. Así, en 1971 se creó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.¹⁷⁸

La creación del CONACYT permitió impulsar la investigación enfocada al desarrollo dando impulso a la creación de infraestructura, principalmente de laboratorios en las universidades, así como el apoyo a la formación de recursos humanos en el extranjero. En la primera administración del consejo, 1970-1973, sus principales funciones fueron: fortalecer la infraestructura científica y tecnológica, buscar alternativas para solucionar los problemas nacionales, estudiar el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, y realizar estudios sobre el marco de referencia del CONACYT.

Posteriormente el Consejo realizó las tareas de planeación a gran escala que dió como resultado el primer programa de investigación que se conoce como Plan Nacional Indicativo de Ciencia y Tecnología. La propuesta del CONACYT para una estrategia de desarrollo científico y tecnológico representó sin lugar a duda el esfuerzo más importante por establecer un marco de referencia global a la política científica y tecnológica en el país. El principal resultado de dicho trabajo fue desarrollar una serie de áreas prioritarias que incluían prácticamente todos los sectores industriales del país. El plan indicativo no

¹⁷⁸ C.f. el texto "La transferencia de tecnología y el atraso tecnológico." de José Uriel Aréchiga que analiza las acciones tendientes a resolver el atraso tecnológico y las consecuencias de la transferencia de tecnología, corrieron a cargo del Estado y de sus organismos especializados, más que de la comunidad científica o el incipiente sistema nacional de ciencia y tecnología, de esta manera las iniciativas surgen dentro del Estado, o bien en los organismos internacionales conformados con representantes de los Estados Nacionales, más que en las preocupaciones de los investigadores. En particular para el caso México, las acciones oficiales en torno a la problemática compleja, parecen haber tenido su origen en la junta de presidentes, realizada en Punta del Este el 14 de abril de 1967 a la que acudió el presidente Gustavo Díaz Ordaz que implicó reflexiones profundas sobre la situación del desarrollo científico tecnológico aunque ya para esos momentos estuvieran funcionando tanto el Instituto de Investigaciones Tecnológicas y el Instituto Mexicano del Petróleo. Ese mismo mes se llevó a cabo en Oaxtepec, Morelos, la primera reunión sobre Ciencia y Tecnología en el desarrollo nacional convocada por el Centro Nacional de Productividad, formándose un grupo de trabajo con el rector de la UNAM, el director del IPN y el vocal ejecutivo de INIC.

fue puesto en marcha debido al cambio de gobierno sin embargo desarrolló una gran cantidad de instrumentos que influyeron en el comportamiento tecnológico de las empresas.¹⁷⁹

En 1978-1982 se desarrolló un nuevo programa Nacional de ciencia y tecnología, este plan fue diseñado por los miembros más distinguidos de la comunidad científica nacional convocados por la Presidencia de la Republica. El documento presentado era una recopilación de los proyectos de investigación científica que llevaban a cabo diferentes centros de investigación y universidades públicas, el documento no contemplaba acciones para fomentar las actividades tecnológicas del país. El plan incluyó un programa de formación de recursos humanos siendo hasta hoy una de las actividades más importantes del CONACYT. Es en este periodo es cuando los recursos destinados a la ciencia y la tecnología alcanzan su máximo nivel creándose centros regionales de investigación.

Un hecho importante durante la década de los setenta es la creación de los programas dirigidos a los sectores más importantes del desarrollo nacional.¹⁸⁰

Durante la década de los ochenta el panorama para la ciencia y la tecnología cambió. El país tomo un nuevo rumbo con la incorporación de México al GATT y junto al inicio de las negociaciones del TLC con Estados Unidos y Canadá provocó una reorientación de la política económica del país.

En 1982 se da una drástica reducción del presupuesto asignado a la investigación y el desarrollo desmantelando algunos de los instrumentos más importantes como el Registro Nacional de Transferencia Tecnológica, creándose en 1983 un reglamento que condenaba el paternalismo estatal en materia de decisiones tecnológicas que dió fin al instrumento.¹⁸¹

En 1984 se publica un programa de grandes alcances que se le dio el nombre de Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Científico (PRONDETYC) que incluyó, además de los

¹⁷⁹ A. Nadal desarrolla un cuadro comparativo sobre recursos asignados a la ciencia y la tecnología basado en el plan del 1976-1982 para un análisis más detallado ver Pág. 36.

¹⁸⁰ En 1971 se creó el Programa Nacional de Alimentación al que siguieron en 1974 el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Minerales, el Programa Nacional de Meteorología, el Programa Nacional Indicativo de Ecología, el Programa Nacional de Salud. En 1975 se crearon el Programa Nacional de Ciencias Básicas y el Programa Nacional Indicativo de Ciencias y Técnicas de la Educación. En 1976 se constituyó el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología para el Sector Agropecuario y Forestal. Ver A. Nadal Pág. 128.

¹⁸¹ México estableció en 1972 la obligación de inscribir los contratos de comercialización de tecnología en un registro con el fin de eliminar algunos abusos como los pagos por concepto de regalías y asistencia técnica ya que durante los años sesenta se tomó conciencia de cómo en muchos de los pagos por tecnología importada ocultaban remesas de utilidades al exterior. Ver A. Nadal Pág. 123.

diagnósticos de diversos problemas de la investigación y del desarrollo sectorial, líneas de acción generales e incluso líneas de investigación prioritarias en ciencia.

El PRONDETYC fue el resultado de un proceso de consulta dado en el marco de del Foro de Consulta Popular para la Planeación Democrática del Desarrollo Tecnológico y Científico que se llevó a cabo en febrero de 1983 y que incluyó la participación de la comunidad científica y tecnológica, así como a los sectores productivos públicos, social y privado del país. Este programa establecía la necesidad de transformar los mecanismos de control de transferencia de tecnología del exterior y promover de forma más efectiva la vinculación entre los centros de investigación y desarrollo y el sector industrial del país. El programa establecía la necesidad de transformar los mecanismos de control de la transferencia de tecnología del exterior y promover los vínculos entre los centros de investigación y desarrollo y el sector industrial.

En este programa ya es claro el interés del gobierno mexicano por incorporar al país a los acuerdos comerciales internacionales puesto que dentro de sus intereses era lograr consolidar un marco jurídico adecuado para la propiedad industrial.

En el texto de *Alma Rocha* y *Roberto E. López* se esperaba que el programa le permitiera a la comunidad científica y tecnológica:

- Estar al tanto de las necesidades sociales y del sistema productivo de bienes y servicios, así como de los avances científicos y los desarrollos tecnológicos que tienen lugar dentro y fuera del país.
- Atender eficazmente la demanda de conocimientos científicos y tecnológicos exigidos por el crecimiento de los sectores productivos y por la competencia en los mercados internacionales.
- Aumentar gradualmente, sin pretender la autarquía, la autodeterminación tecnológica del país y llegar a ser el principal apoyo técnico en las decisiones tecnológicas del sistema productivo.
- Contar con una organización donde la investigación básica, la aplicada y el desarrollo tecnológico puedan crecer armónicamente y establecer relaciones de estímulo y apoyos mutuos.

- Crear centros de información técnica y de mercado especializados por rama productiva debidamente distribuidos en el territorio nacional.

En 1984 por parte de los programas de desarrollo industrial, se realizó un ejercicio de planeación a gran escala que dio como resultado el PRONAFICE (Programa Nacional para la Promoción de la Industria y Comercio Exterior). Sin duda uno de los aspectos más importantes de este programa era que señalaba la necesidad de poner en marcha un nuevo paradigma tecnológico basado en la promoción de la innovación, la difusión y la adaptación de nuevas tecnologías.

En este periodo como en todos se pretende erróneamente que la transferencia de tecnología del exterior sirva para fomentar el desarrollo endógeno de tecnología y para aumentar las capacidades nacionales de selección, asimilación, adaptación y negociación de tecnologías apropiadas a las condiciones sociales, económicas de México.

En este periodo se creó la Ley para coordinar y promover el desarrollo científico y tecnológico:

“La Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico de 1985, que se orientó “...al señalamiento de las bases y los elementos para la integración y el funcionamiento de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología dentro del Sistema Nacional de Planeación...” intentaba fundamentalmente hallar mecanismos de coordinación a nivel administrativo. Uno de ellos, quizá convertido en uno de los instrumentos de política científica más importantes hasta la fecha, es el Sistema Nacional de Investigadores, mediante el cual se concede a los investigadores estímulos económicos de acuerdo con su productividad, y que fue implementado con el fin de devolver la capacidad adquisitiva a los miembros de la comunidad científica”¹⁸²

4.4. 1990-1994: apertura comercial y la aplicación de proyectos y programas científico-tecnológicos dedicados al desarrollo.

Un elemento que no debemos perder de vista es el contexto internacional en el cual está inserto México en este periodo puesto que es un factor importante para analizar el rumbo

¹⁸² Op. Cit. *“Política en ciencia y tecnología en México: un análisis retrospectivo.”*, Pág. 113.

de las políticas de ciencia y tecnología aplicadas en nuestro país, al respecto Rosalba Casas escribe:

“Las tendencias actuales se inscriben en el marco de modificaciones importantes de la política económica del país, que responden a las tendencias de globalización y de la liberalización de los mercados, aspectos que han determinado un replanteamiento de las formas en que debe ser promovida la infraestructura científica tecnológica.

Estas nuevas orientaciones en el campo de la ciencia y la tecnología, se han plasmado en mecanismos de política, criterio de evaluación, incentivos para estrechar la vinculación entre el sector de educación superior y el sector industrial, así como con nuevas modalidades de financiamiento. (...) La definición de políticas de ciencia y tecnología se ha visto también modificada en su concepción por las iniciativas a nivel mundial para establecer zonas de libre comercio. El establecimiento de estas áreas implica en primer lugar la reducción de tarifas y un incremento en el comercio de productos terminados, que para el caso de la tecnología sería el comercio de paquetes tecnológicos y no la transferencia de tecnología per se.”¹⁸³

La apertura comercial que había iniciado en 1982 se acentuó en 1988. En este periodo México pasó de la sobreplaneación a la confianza en los mecanismos de mercado, quedando establecido que el papel del Estado debía reducirse a consolidar la estabilidad macroeconómica y proporcionar un régimen fiscal favorable para la innovación y la tecnología, esto está reflejado en el Programa Nacional de Modernización y Comercio Exterior:

“Esta actitud se refleja en el Programa Nacional de Modernización y Comercio Exterior (Pronamice, 1990-1994) que señala que la modernización tecnológica de la industria, el aumento de la productividad y la adopción de estándares de calidad solo podrían alcanzarse mediante la internacionalización de la industria mexicana y la promoción de las exportaciones.

En el Pronamice se indicaba de forma explícita que “... el sector industrial debía definir sus necesidades tecnológicas en función de las indicaciones del mercado...” y que por lo tanto la acción del gobierno debía limitarse a:”¹⁸⁴

¹⁸³Casas R. (1994). *“La Modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México”*, en R. Varela y L. Mayer (eds.), *Los grandes problemas de la ciencia y la tecnología*, UAM-UNAM. Págs. 187- 190.

¹⁸⁴ Op. cit. *“Política en ciencia y tecnología en México: un análisis retrospectivo.”*, Pág. 114.

- Promover encuentros institucionales, ferias y exposiciones nacionales e internacionales.
- Adecuar la regulación sobre transferencia de tecnología para eliminar controles excesivos.
- Promover programas de enlace y colaboración de las empresas con universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico.
- Impulsar la instalación de parques tecnológicos.
- Promover la creación de esquemas apropiados de financiamiento.
- Promover ante la Secretaria de Hacienda que se otorgara un tratamiento fiscal favorable y automático a los gastos de las empresas en mejoras tecnológicas y entrenamiento y capacitación de personal.
- Perfeccionar el marco jurídico de la propiedad industrial para que la protección que se ofrece en el país sea similar a la de los países industrializados.

El papel asignado al Estado reconocía que las empresas son las responsables de la modernización tecnológica ya que el conocimiento tecnológico genera riqueza y éste sólo beneficia a éstas. Se justifica que el Estado solo de financiamiento a la producción de conocimiento científico. Por ello el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica establece que los fondos públicos serian destinados a la investigación básica y no competitiva, pues la investigación competitiva debería ser financiada por las empresas, al respecto *Rosalba Casas* escribe:

“En este programa se adopta una tajante separación entre las políticas para la ciencia y las relacionadas con la tecnología. En relación a la primera, los criterios fundamentales son la promoción de la calidad con base en las normas internacionales, (...), que de acuerdo al Programa Nacional de Desarrollo 1989-1994, son las ciencias exactas y las ingenierías. La tecnología se propone elevar la capacidad tecnológica del país para atender a las demandas de bienestar de la población en áreas tales como prestación eficiente de los servicios sociales de salud, educación y los relacionados con la vivienda, la protección y el mejoramiento del ambiente y la seguridad frente a las catástrofes naturales.

En cuanto a las políticas de financiamiento también se establecen criterios diferenciados para la ciencia y la tecnología. La primera, en especial la básica, se financiara con fondos públicos sumados a recursos extrapresupuestales provenientes de fundaciones y organismos nacionales e

internacionales. El desarrollo tecnológico estará sustentado por fondos de empresas, grupos o cámaras industriales, venta de patentes, servicios y bienes al sector productivo (...) El sector público financiara aquellos proyectos de desarrollo tecnológico que no sean atractivos para el sector productivo por su baja rentabilidad, pero que ofrezcan contribuciones a objetivos de bienestar social.”¹⁸⁵

Rosalba Casas realiza un análisis muy puntual sobre los esfuerzos hechos en política científica-tecnológica en el país que antecedieron al documento del Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica encontrando los siguientes cambios.

“1) La omisión de planteamientos de política específicos respecto a las áreas o problemas que debe encarar el desarrollo científico y tecnológico. Se mencionan intereses muy generales del plan de desarrollo nacional, tales como el bienestar de la población y el medio ambiente, pero se deja, en el caso de la ciencia, la libertad a los investigadores de decidir sobre las orientaciones de sus actividades y en el caso de la tecnología el factor determinante serán las demandas originadas en el mercado. Cabe preguntarse si ante esta falta de estrategia el desarrollo científico y tecnológico lograra entonces contribuir a esos objetivos sociales.

2) El desarrollo tecnológico y sus aplicaciones se definen sobre la base de los criterios de rentabilidad económica y de competitividad, que no necesariamente se corresponde con la satisfacción de demandas sociales, ni tampoco con la preservación del medio ambiente. La incursión en el discurso oficial de la dimensión social y ambientalista, junto con los planteamientos de que la demanda de tecnología y su satisfacción dependerán del libre juego del mercado, generaran grandes interrogantes sobre la forma en que se correlacionará el desarrollo tecnológico con los objetivos generales de bienestar social.

3) El énfasis de la actual política económica del gobierno en el factor de competitividad, debido a la inserción de México en el mercado norteamericano, marca una limitante muy fuerte para el desarrollo científico y tecnológico acorde a objetivos de bienestar social y relevantes para el medio ambiente.

4) La política tecnológica introduce planteamientos de cambio entre los que resulta importante resaltar: aumento de flujos de inversión extranjera para producir tecnología avanzada; desincorporación de centros públicos de investigación con madurez; participación de empresarios en los órganos de gobierno en las universidades; modificación de la legislación en materia de marcas y patentes para asegurar la inversión extranjera; y modificación de las legislaciones universitarias que permitirán a los centros de desarrollo tecnológico vender bienes y servicios, así

¹⁸⁵ Op. cit. *“La Modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México”* Pág. 192.

*como patentes para incrementar sus recursos extrapresupuestales para investigación tecnológica.*¹⁸⁶

Esta nueva orientación de la ciencia y la tecnología se traducen en un conjunto de mecanismos y programas para conseguir sus objetivos.

A continuación enumeraré los principales programas de CONACYT durante el periodo 1988-1994 basándome en datos de *Rosalba Casas*.

Apoyo a la investigación científica.

- Financiamiento de proyectos de investigación.
- Fondo para el Fortalecimiento de la Infraestructura Científica y Tecnológica.
- Fondo para la Creación de Cátedras Patrimoniales de Excelencia.
- Fondos para retener y repatriar a investigadores mexicanos.
- Programa de Apoyos Puntuales.
- Programa de Fortalecimiento del Posgrado Nacional.
- Programa de Becas Nacionales y en el Extranjero.

Apoyo a las actividades tecnológicas.

- Fondo de investigación y desarrollo para la Modernización Tecnológica en México. (FIDETEC)
- Fondo para el Fortalecimiento de Capacidades Científicas y Tecnológicas Estratégicas. (FORCCYTEC)
- Programa de Enlace Academia-Industria. (PREAIN)
- Programa Nacional de Incubadoras de Empresas con Base Tecnológica.
- Formación de Recursos Humanos para la Modernización Tecnológica.
- Programa de Apoyos Especiales. (PAE)
- Registro CONACYT de Consultores.

¹⁸⁶ *Op. cit.* "La Modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México" Pág. 193.

Estas han sido las principales acciones encaminadas al desarrollo científico-tecnológico del país.

4.5. Las políticas para la biotecnológica: 1990-1994.

A continuación describiré de forma breve las políticas encaminadas al desarrollo del sector biotecnológico en el periodo 1990-1994 basándome en la investigación realizada por *Rosalba Casas*.

El fomento al desarrollo biotecnológico y las definiciones de las políticas para su desarrollo no han estado solo a cargo del CONACYT. Existen otras instancias las cuales han elaborado propuestas y mecanismos para su desarrollo, en su mayoría son centros de educación públicos y universidades.

En el Plan de Desarrollo Científico Tecnológico del periodo 1989-1994 la biotecnología no fue considerada de manera explícita en el texto, aunque se mencionó de forma general la importancia del desarrollo de la ciencia y la tecnología tanto para el “Acuerdo Nacional de Recuperación Económica con Estabilidad de Precios”, así como para el “Acuerdo Nacional para el Mejoramiento Productivo del Nivel de Vida”, tampoco fue incluida en el Programa de Ciencia y Modernización Tecnológica.¹⁸⁷

El CCC (Consejo Consultivo de Ciencias) es otro de los organismos encargados de asesorar al gobierno en materia de biotecnología. El CCC ha planteado diversas propuestas para el desarrollo en este campo.

La primera propuesta elaborada fue en 1990 en la que se planteaba una estrategia en dos niveles. El primero pretendía establecer proyectos de interés nacional de carácter multidisciplinario e interinstitucional en los que participaran grupos de investigadores de diversas entidades nacionales a aportar soluciones a las demandas de bienestar social en salud, alimentación y medio ambiente. El segundo se basaba en impulsar proyectos de desarrollo o innovación tecnológica realizados en centros e instituciones de investigación que fueran viables desde el punto de vista técnico y económico. En concreto se proponían 15 proyectos de investigación que serían financiados por el gobierno federal, los gobiernos

¹⁸⁷ C.f. con R. Casas Pág. 196

estatales, fondos internacionales y el sector privado y evaluados en la fase tecnológica por el Programa de Desarrollo Tecnológico de NAFIN.¹⁸⁸

En otro estudio realizado por el CCC, en este caso sobre ecología, se consideraba de manera implícita la importancia de la biotecnología por lo que se refiere al tratamiento de aguas residuales y otros desechos.¹⁸⁹

Otra de las instituciones la cual ha participado en la definición de la orientación de políticas para el desarrollo de la biotecnología es la Secretaría de Relaciones Exteriores, que junto a la UNAM y el PNUD, a través del Instituto de Biotecnología realizaron dos estudios para priorizar las áreas estratégicas para la cooperación internacional para México en Biotecnología Moderna.

El primer estudio realizado por la Secretaría de relaciones Exteriores y el PNUD se llamó Programa Nacional de Cooperación Técnica en Biotecnología y contó con la participación de diversos sectores como la CONCANIB, la CANACINTRA, la CTM, la CNC, la UNORCA y el sector biotecnológico nacional. El estudio consistió en la aplicación de una metodología que conciliara las necesidades de los agentes productivos con la capacidad biotecnológica y el potencial científico-tecnológico del país, fue un esfuerzo por considerar los problemas e intereses comunes de diferentes actores sociales y sus requerimientos tecnológicos relacionados con la biotecnología. El resultado del estudio fué la definición de una cartera de 72 proyectos biotecnológicos que podrían recibir apoyo de cooperación técnica internacional, bajo un esquema que enfatizaba el desarrollo de un proceso sistemático de innovaciones biotecnológicas hacia el sector productivo.¹⁹⁰

¹⁸⁸ R. Casas escribe que esta propuesta fue anterior a la definición de los mecanismos de política para la modernización tecnológica elaborada por el CONACYT y que la propuesta incluía recomendaciones para apoyar desarrollos biotecnológicos de distinto nivel de complejidad y se sustentaba en una combinación de biotecnologías de segunda y tercera generación que incluían campos como: biotecnología vegetal, producción de agroquímicos e inoculantes, trasplantes de embriones, fecundación in vitro, control biológico, biología molecular y celular diagnóstico y elaboración de vacunas, tratamiento de efluentes y reforestación de bosques.

¹⁸⁹ R. Casas argumenta que este trabajo es un primer diagnóstico, es muy general y no propone una estrategia detallada de investigación para el medio ambiente.

¹⁹⁰ Los proyectos se distribuyeron por sectores, 24 estuvieron en relación con el sector agrícola, 24 son industriales, 13 se relacionaron con el sector servicios, 3 con el área de salud y tres con el medio ambiente. Estos se sustentaban en diversos campos de la biotecnología: 5 relacionados al cultivo de tejidos, 27 a fermentaciones, 6 a la ingeniería genética, 6 a anticuerpos y 2 a ingeniería de cromosomas. Los proyectos se agruparon por la importancia de su impacto considerando 3 elementos: a) su incidencia en cadenas productivas de amplio impacto social. b) proyectos con incidencia en cadenas de impacto económico. c) proyectos que incidan en la generación de divisas.

El segundo estudio se propuso definir las áreas prioritarias para la biotecnología moderna para la cooperación técnica internacional en los sectores agropecuario, tratamiento de contaminación ambiental, industria y salud. Este estudio fue elaborado por biotecnólogos del Instituto de Biotecnología de la UNAM. Su metodología de estudio consistió en: A) definir el estado del arte de aplicaciones biotecnológicas a nivel mundial en cada uno de los sectores de interés. B) diagnosticar la situación nacional tomando en cuenta la existencia de grupos de trabajo. C) definición de estrategias para la priorización y selección de proyectos. D) definición de oportunidades de cooperación técnica internacional en líneas y proyectos de investigación prioritarios.

De forma muy esquemática estos podrían ser los principales proyectos para desarrollar una política biotecnológica en México.

Rosalba Casas desarrolla un análisis comparativo muy interesante el cual arroja los siguientes datos:

“Se observa que predominan las opiniones de los biotecnólogos, por sobre las de otros expertos. (...) Se observa también que no existe coincidencia en el enfoque que debe darse al desarrollo biotecnológico, (...) A esto habría que agregar las diferencias de concepciones prevalecientes de lo que debe ser la biotecnología en México, entre los diferentes grupos de biotecnólogos cercanos a la toma de decisiones. Por un lado tenemos a los proponentes de un desarrollo biotecnológico que fomente exclusivamente las investigaciones en el campo de las nuevas tecnologías, es decir que genere capacidad en biología molecular e ingeniería genética. Por el otro lado están los proponentes de un desarrollo biotecnológico sustentado en tecnologías de segunda y tercera generaciones, acorde con demandas socioeconómicas nacionales. (...) Además cabe hacer notar, que comparando los resultados de los estudios es notoria la diferencia en cuanto a las instituciones y centros de investigación propuestos para participar. En el primer caso mucho más orientado al CINVESTAV-DF, al CINVESTAV- Irapuato y a diversas instituciones en los estados y en el segundo caso mucho más centrado en el Instituto de Biotecnología y centros pertenecientes a la UNAM”¹⁹¹

En este sentido del total de instituciones y centros de investigación que recibieron apoyo en el periodo 1991-1992, 23 fueron apoyados para el CINVESTAV (D.F. e Irapuato) y 22

¹⁹¹ Op. cit. *“La Modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México”* Pág. 199-200.

para la UNAM y el resto se distribuyó entre 24 instituciones, destacando 19 universidades de los estados.¹⁹²

4.6. El Centro de Ciencias Genómicas de la UNAM antes CIFN.

El Centro de Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México representa un proyecto pionero, en nuestro país, del desarrollo del nuevo paradigma científico-tecnológico que está envolviendo al mundo, por este motivo decidí dedicarle esta parte del estudio.

El Centro de Ciencias Genómicas es el precedente actual del antes Centro de Investigación Sobre Fijación de Nitrógeno que fue creado en 1980. Sus instalaciones en Cuernavaca se inauguraron el 23 de marzo de 1981, siendo la primera entidad del Campus Morelos.

Según el documento: “Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación Sobre Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas”. Desde su creación el CIFN planteó un modelo de investigación que tomará como base la colaboración académica entre sus académicos y estudiantes alrededor de un sistema específico, con la intención de hacer contribuciones relevantes en distintas áreas de las ciencias y que los conocimientos generados tuvieran un potencial de aplicación:

“ se eligió la fijación biológica de nitrógeno (N), como sistema de la investigación en el CIFN; es decir la reducción del N atmosférico a amonio que es realizada por un selecto grupo de bacterias. Este proceso es responsable del principal aporte de N hacia la biosfera. El área de la fijación biológica de N es, en efecto, un área prioritaria de la biología que ha aportado avances importantes para el área específica y para la ciencia en general y tiene gran potencial para incidir en la agricultura sostenible”¹⁹³

Los principales logros en la investigación realizada en el CIFN son:

¹⁹² Los apoyos a proyectos de investigación por disciplina es notorio que en 1991, de 275 proyectos apoyados, 29 fueron destinados a la ingeniería genética y a la biología molecular, para 1992 una de las disciplinas que concentran los mayores apoyos es la biología 138 de un total de 540 proyectos apoyados, área donde se incluye la nueva biotecnología.

¹⁹³ *“Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación de Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas”* documento presentado del 4 de Junio de 2004 Pág. 1.

- El establecimiento de las condiciones metabólicas que caracterizan a *Rhizobium* tanto en vida libre como en simbiosis con la planta incluyendo la caracterización de un ciclo metabólico esencial en diferentes microorganismos.
- El descubrimiento y caracterización molecular de nuevas especies de microorganismos fijadores de nitrógeno.
- El establecimiento de algunas de las bases moleculares de la interacción bacteria-planta y la definición del genoma *Rhizobium* como un genoma complejo altamente dinámico.
- La definición de los mecanismos centrales de la dinámica del genoma.
- La definición de la función interactiva de los plásmidos de *Rhizobium*
- El establecimiento de nuevas estrategias para manipular los genomas bacterianos (diseño genómico natural)
- La obtención de la secuencia nucleotídica completa del genoma de *Rhizobium etli* y su anotación.
- El establecimiento de los puntos centrales del metabolismo de carbono y nitrógeno en plantas utilizando, entre otros, enfoques de transformación genética.
- La elaboración de modelos teóricos, basados en la genómica capaces de identificar elementos regulatorios y operones en genomas microbianos.
- La generación y el mantenimiento de RegulonDB, una base de datos de la regulación genética y la organización en operones de *E. Coli* que sustento la participación en la anotación del genoma *E. Coli*.

El trabajo del CIFN no sólo se ha dado en el área teórica y de manipulación genética. El Centro desarrolló para el área productiva biofertilizantes para cultivos de gramíneas y frijol, en el caso del biofertilizante para el frijol se obtuvo la patente de una cepa modificada.¹⁹⁴

¹⁹⁴ Este es un hecho importante ya que aquí se hace explícita la participación de las empresas privadas en un centro de investigación público. Según el documento "Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación Sobre Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas" la contribución al desarrollo de la agricultura destaca el establecimiento de dos convenios de transferencia de tecnología a la empresa Asesoría Integral Agropecuaria S.A. de C.V. de Cuautla, Morelos para la producción de biofertilizantes: uno con base en *Azospirillum* (bacteria asociativa fijadora de nitrógeno) para cultivos de gramíneas y otro con base en *Rhizobium etli* para cultivos de frijol. En relación con el biofertilizante para frijol, se obtuvo la

La investigación primaria del CINF ha sido publicada y citada en revistas de amplio reconocimiento internacional. La medida del factor de impacto de las revistas en las que se han publicado los artículos del CINF están en el rango de 3 a 5. El 5 % de la producción primaria se ha publicado en las revistas del máximo prestigio, con Factor de Impacto superior a 10.¹⁹⁵

Los investigadores del CINF han participado de manera comprometida en actividades docentes. La infraestructura del CINF provee una situación idónea para el proceso de enseñanza-aprendizaje, estrechando la relación entre la investigación y la docencia. Los investigadores fundadores del CINF tuvieron un papel fundamental en la creación y desarrollo de la licenciatura en Investigación Biomédica Básica, en el Instituto de Investigaciones Biomédicas. Desde su creación y hasta 1990, el CINF participó como sede de esa licenciatura, y continuó participando en el posgrado de ese programa hasta su reestructuración en 1996. El CINF ha concentrado su participación en docencia y formación de recursos humanos en el Doctorado de Ciencias Biomédicas, siendo una de las 7 entidades participantes junto con 5 institutos y una facultad de la UNAM. Además en el CINF se han dirigido 105 tesis, 48 de doctorado, 42 de maestría y 55 de licenciatura.

Un hecho que es muy importante es que las investigaciones del CINF son reconocidas a nivel internacional:

“La contribución del CINF a la ciencia fundamental y a su potencial en la agricultura es reconocida a nivel internacional y ha sido destacada por ejemplo en las siguientes publicaciones. El Dr. Francois Gros, quien fue Director del Instituto Pasteur y asesor científico de la presidencia de Francia, en el capítulo de su libro “L’ingenierie du vivant” donde describe la biotecnología en diferentes países, incluyendo México, se refiere específicamente al CINF como institución comentando que: “México dispone por ejemplo de un laboratorio a la altura de los mejores del mundo para la investigación en fijación microbiónica de N” (traducción del francés) y que este proyecto claramente va en la dirección para desarrollar una biotecnología independiente en nuestro

patente de una cepa homogenéticamente modificada de *Rhizobium etli*, con capacidad mejorada para la fijación de nitrógeno, para uso agrícola en cultivos de frijol.

¹⁹⁵ El número de citas en la literatura científica de los artículos del centro, hasta 2003, fue de 6175, lo que da un promedio de 24 citas por cada artículo. En el año 2000 el Institute for Scientific Information y Thomson Scientific, distinguió a 35 artículos de autores e instituciones mexicanas sobre 20 diferentes disciplinas como “Highly Cited Mexican Articles of the 1990s”, por haber sido citados más de 50 veces en la década pasada. Tres de estos “Highly Cited Mexican Articles of the 1990s” son producto del CINF. El Institute for Scientific Information ha documentado que, incluyendo todas las disciplinas, sólo un artículo (o menos) por cada 100 artículos publicados es citado más de 50 veces desde su publicación. Los investigadores del CINF han editado ocho libros, seis de ellos internacionales.

país. En el suplemento especial sobre Ciencia en América Latina que publicó la revista Nature (vol. 398, no. 6276, 1999), en el capítulo sobre la ciencia en México, la única institución que se destaca en un recuadro, que resume sus logros en la ciencia básica y aplicada a las agricultura, es el CIFN.”¹⁹⁶

Debido a que las investigaciones, del CIFN, en los últimos años han derivado hacia la docencia y la investigación científica de frontera en ciencias genómicas los miembros del CIFN propusieron cambiar de denominación a Centro de Ciencias Genómicas.¹⁹⁷

Este centro tiene como objetivos propuestos:

- Contribuir con el avance del conocimiento científico y tecnológico en Ciencias Genómicas.
- Formar licenciados expertos en el área siendo una de las entidades responsables de la Licenciatura en ciencias genómicas.
- Organizar la investigación y la docencia con base en principios de colaboración académica.
- Contribuir con el desarrollo de las Ciencias Genómicas en coordinación con otras entidades de la UNAM, del país y del extranjero.

A continuación citaremos en extenso la propuesta presentada en el documento “Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación Sobre Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas” para después dar en extenso los fundamentos que dan los investigadores del Centro.

“Se propone cambiar la denominación del CIFN a Centro de Ciencias Genómicas (CCG). La investigación realizada en el CIFN sobre los sistemas biológicos de fijación de N simbiótica o asociativa se ha enmarcado, fundamentalmente, en las biociencias moleculares y la biología teórica.

¹⁹⁶ *Op.cit. “Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación de Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas”* Pág. 4.

¹⁹⁷ La Comisión de Legislación Universitaria presidida por el Dr. Fernando Serrano Migallón acordó recomendar al Consejo Universitario que se aprobara la propuesta para cambiar la denominación del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas. Acuerdo CLU-40/04, firmado el 1 de octubre de 2004. De la misma forma la Comisión de Trabajo Académico presidida por el Dr. José Narro Robles recomendó la aprobación para el cambio de denominación. Acuerdo CTA-63/04 firmado el 21 de septiembre de 2004.

Dicha investigación ha derivado recientemente a la subdisciplina emergente que ahora se conoce como: Ciencias Genómicas.

Los académicos del CINF han demostrado su capacidad para abordar la investigación en un sistema específico y llevarla hasta niveles de frontera en el contexto internacional en distintas áreas tales como: biología teórica, ingeniería metabólica, ecología molecular, evolución y dinámica del genoma, entre otras. Desde hace algunos años los grupos de investigación del CINF han expandido sus intereses y visión científica para contribuir al desarrollo, en la UNAM y en el país, de un área estratégica donde confluyen varias disciplinas y que se considera un nuevo paradigma científico: las Ciencias Genómicas. Es importante destacar que el CINF ha realizado ya contribuciones en el campo de las Ciencias Genómicas, tanto en bacterias fijadoras de nitrógeno como en otros sistemas modelos bacterianos, y en plantas.

Los académicos y estudiantes del CINF proponen, sin abandonar la investigación sobre sistemas biológicos de fijación de N, ahora enmarcada en la genómica, incursionar en nuevas líneas de investigación sobre organismos modelo que resulten idóneos para resolver nuevos problemas de corte genómico. Estas líneas tomarán como sistemas de estudio, bacterias, organelos de organismos superiores, plantas y, se pretende asimismo, en colaboración con otras instituciones, el estudio de algunos aspectos de genomas animales incluyendo el humano.”¹⁹⁸

La propuesta esta fundamentada en el “advenimiento” de la genómica:

“Una de las fronteras más revolucionarias de las ciencias biológicas se basa en la comprensión de la totalidad de la información genética –genoma- de los organismos. Al conjunto de conocimientos necesarios para alcanzar tal integración se les ha denominado: Ciencias Genómicas.

La ciencia esta enfrentando un cambio de paradigma de la biología molecular, clásicamente centrado en el gene, a un nuevo nivel de integración centrado en el genoma. Los avances recientes en relación con la capacidad para obtener con alta eficiencia y precisión la secuencia de DNA (molécula en la que se encuentra codificada la información genética) así como su expresión a nivel de RNA (transcriptoma) y proteína (proteoma) aunada a la capacidad de interpretar dicha información por medio de herramientas de biología computacional (bioinformática) nos brinda la posibilidad de comprender la estructura genética completa de organismos específicos, su función y su regulación.

Además del aumento cuántico del conocimiento biológico que deriva de las Ciencias Genómicas, las repercusiones de este conocimiento en áreas relevantes de medicina, la agricultura, el medio ambiente y la industria, así como en aspectos legales y éticos, son de trascendencia fundamental

¹⁹⁸ Op.cit. “Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación de Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas” Pág. 6.

*para la sociedad. En este contexto las Ciencias Genómicas es un área estratégica en el mundo actual.*¹⁹⁹

El documento también describe los proyectos que se han desarrollado y se están desarrollando en Ciencias Genómicas. El documento puntualiza tres proyectos y explica cual ha sido su desarrollo. El primero habla sobre la primera secuenciación e interpretación de información genómica a gran escala en México, que fue la del plásmido simbiótico *Rhizobium etli* que tiene 371,255 pares de bases y es el simbiote natural del frijol, es capaz de fijar nitrógeno atmosférico cuando establece simbiosis con la leguminosa. Este microorganismo, cuya cepa se denominó: CFN42 ha sido el modelo sobre el cual el CIFN comenzó sus trabajos. Hoy gracias al trabajo de los investigadores se conoce que el *R. etli* posee un genoma complejo, compartimentalizado en diferentes replicones: un cromosoma y seis plásmidos o microcromosomas de gran tamaño. A uno de éstos se le ha denominado plásmido simbiótico ya que contiene la mayoría de los genes esenciales para que la bacteria establezca simbiosis con el frijol y fije nitrógeno.²⁰⁰

Gracias a la investigación y a la experiencia obtenida del proyecto de la secuenciación del plásmido simbiótico *R. etli* el CIFN recibió en el año 2000 apoyo del CONACYT para un segundo proyecto que se enmarcó en la primera convocatoria del organismo de áreas emergentes. El proyecto de Genómica de *Rhizobium* se propuso como objetivos: la secuencia total del genoma *R. etli*, la genómica funcional que se refiere al análisis de los mapas de expresión de los transcritos (transcriptoma) y proteínas (proteoma) de *Rhizobium* en diferentes condiciones, la evolución y dinámica del genoma y la bioinformática.²⁰¹

El proyecto de desarrollo de las ciencias genómicas en la UNAM inicia a principios del 2001 al conformarse, por iniciativa del Rector Dr. Juan Ramón de la Fuente, una comisión para elaborar un proyecto para el desarrollo de las ciencias genómicas en el Campus Morelos, la Comisión incluyó investigadores del CIFN (Georgina Hernández., Julio

¹⁹⁹ *Ibidem.* Pág. 7-8.

²⁰⁰ En 1991 los investigadores del CIFN reportaron el mapa físico del plásmido simbiótico de *R. etli*. Este y otros avances de la investigación sirvieron como base para plantear el proyecto para obtener la secuencia nucleotídica completa del plásmido simbiótico de la cepa tipo *R. etli*, el proyecto estuvo liderado por el Dr. Guillermo Dávila realizándose con medios muy limitados en cuanto a su infraestructura y equipo experimental y de cómputo. Ver Propuesta de Cambio Pág. 9.

²⁰¹ Los objetivos y metas del proyecto se cumplieron satisfactoriamente y es de destacarse que este ha sido el primer genoma, y hasta ahora el único, secuenciado en México por científicos y con recursos mexicanos. El proyecto estuvo a cargo de los Drs. Julio Collado, Guillermo Dávila, Jaime Mora, Rafael Palacios. Ver Propuesta de Cambio Pág. 10.

Collado y Rafael Palacios) y del Instituto de Biotecnología (F. Sánchez, F. Bolívar y X. Soberón). El proyecto se ha desarrollado acorde a las siguientes tres acciones: la creación de la Licenciatura en Ciencias Genómicas, la optimización de la bioinformática y el inicio y consolidación de proyectos detonadores de las ciencias genómicas.²⁰²

Para lograr desarrollar las Ciencias Genómicas en México se cuenta con la siguiente infraestructura tecnológica:

- Bioinformática. Se cuenta con el hardware y el software óptimos para realizar investigación en los distintos aspectos de que implican la Ciencias Genómicas.
- Secuenciación de DNA. Se cuenta con el equipo mayor de frontera para la secuenciación automatizada de DNA: 2 secuenciadores automatizados de 96 capilares, que funcionan óptimamente, siendo uno de ellos el primero en su tipo que funcione en Latinoamérica. La capacidad actual que proveen dichos equipos es de 390,000 bases de DNA secuenciadas por día.

²⁰²*Licenciatura en Ciencias Genómicas (LCG).* El cambio de paradigma que implica el advenimiento de las Ciencias Genómicas requiere estudiar la biología molecular desde un nuevo nivel integrativo y desde el punto de vista interdisciplinario entre la biología, las matemáticas y la computación. Un grupo de investigadores del CIFN, IBt y otras entidades universitarias, coordinadas por el Dr. D. Romero –actual coordinador de la LCG- trabajo desde 2001 en la elaboración y propuesta del plan de estudios de la LCG. El 20 de junio de 2003 el H. Consejo Universitario aprobó la creación de la LCG, primer licenciatura en campus universitarios foráneos. Las entidades responsables de la LCG son el CIFN y el IBt y las entidades asesoras son: los Institutos de Investigaciones Biomédicas, Fisiología Celular y Matemáticas, el Centro de Ciencias Físicas y la Facultad de Medicina. Los objetivos de la LCG son formar los profesionistas e investigadores que requerirá el país para aplicar las Ciencias Genómicas en diferentes áreas como las biociencias moleculares, medicina, agricultura, industria, antropología y bioética. La LCG incluye ejes temáticos sobre las biociencias moleculares, las matemáticas y la computación. Los cursos de la primera generación de la LCG –conformada por 28 alumnos- iniciaron en agosto de 2003, en las instalaciones construidas ex profeso en terrenos del CIFN.

Optimización de la bioinformática. La asombrosa cantidad de información que se genera en los proyectos genómicos, requiere de una infraestructura de computo robusta que permita desarrollar e implementar metodologías de bioinformática para organizar, decodificar, asignar funciones de diversa índole a segmentos de genoma, así como para, empleando técnicas de comparación, extraer nuevo conocimiento. Para el desarrollo de las Ciencias Genómicas se ha establecido en el Campus Morelos una estructura de bioinformática a la altura de las mejores universidades del mundo.

Proyectos genómicos detonadores. La comisión planteó iniciar y desarrollar cinco proyectos detonadores, liderados y con la participación principal de investigadores del CIFN e IBt pero, además, con la participación de investigadores de otras entidades de dentro y fuera de la UNAM. Por tanto, la ejecución de dichos proyectos contempla, de manera esencial, la colaboración académica a través de redes de interacción con enfoques multidisciplinarios. Los proyectos planteados son: 1) Genómica de *Rhizobium*, 2) Genómica funcional de frijol, 3) Bases de datos integrativas de genomas microbianos. 4) Ciencias genómicas para el estudio de bacterias de interés médico, industrial y agrícola y 5) Análisis de fosfoproteomas.” Propuesta de Cambio Pág. 10-11.

- Transcriptoma y Proteoma. Se cuenta con el equipo para el desarrollo de los proyectos sobre transcriptoma y proteoma que permiten obtener los mapas de expresión –a nivel de los transcritos y de las proteínas- del genoma de una célula en condición específica. En particular, la espectrometría de masas (MS) es una técnica clave para la investigación proteómica. El CIFN cuenta con dos tipos de espectrómetros de masas que poseen dos fuentes diferentes de ionización: uno de tipo MALDI-TOF y una trampa de iones LCQ. Esta infraestructura robusta y de frontera es de las pocas en Latinoamérica y la única en México.

Las investigaciones que se están desarrollando en el Centro de Ciencias Genómicas están organizadas en siete programas. 1) Programa de Dinámica Genómica, 2) Programa de Ecología Molecular, 3) Programa de Genómica Computacional, 4) Programa de Genómica Evolutiva, 5) Programa de Genómica Funcional de Eucariotes, 6) Programa de Genómica Funcional de Procariotes, 7) Programa de Ingeniería Genómica.

El Programa de Dinámica Genómica tiene como responsable al Dr. Rafael Palacios. Este programa tiene como antecedentes los estudios realizados en el CIFN sobre la dinámica del genoma bacteriano. Estos estudios han culminado con la propuesta de una estrategia novedosa para manipular el genoma bacteriano, denominada “diseño genómico natural”. Con base en la secuencia conocida de un genoma pueden predecirse los diferentes rearrreglos potenciales que dicho genoma puede generar. Se pueden diseñar caminos de rearrreglos consecutivos que lleven a estructuras genómicas alternativas y las cepas que presenten las estructuras genómicas deseadas pueden ser purificadas. Inicialmente se contempla aplicar estos enfoques a diferentes bacterias así como a organelos (mitocondrias y plásmidos) de organismos superiores. en un futuro cercano, y en colaboración con otras instituciones, se pretende estudiar la dinámica de células somáticas humanas. Lo anterior permitirá la realización futura de proyectos enfocados a la evolución genómica prospectiva.

El Programa de Ecología Molecular a cargo de la Dra. Esperanza Martínez-Romero está fundamentado en los estudios pioneros sobre el análisis, con técnicas moleculares, de la diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno y sobre las bases de la interacción bacteria-planta. Se ha participado en la producción de biofertilizantes. Un hallazgo importante fué encontrar que *Rhizobium etli* se asocia al maíz y promueve su crecimiento y se están

identificando los genes de esta bacteria que son inducidos por el maíz. Además de continuar estos estudios, se contempla avanzar hacia el uso de estrategias genómicas nuevas. Estas serán de gran utilidad para el análisis de endosimbiontes no cultivables de plantas e insectos y de comunidades bacterianas (que pueden participar en procesos de restauración ecológica) con enfoques metagenómicos. Asimismo, se está contemplando el estudio de la diversidad genómica de mitocondrias de poblaciones humanas.

El Programa de Genómica Computacional está a cargo del Dr. Julio Collado-Vides y se enfoca al estudio computacional de la regulación transcripcional en *E. Coli*. Es actualmente el Nodo Nacional de Bioinformática. Se mantiene y cura lo que podría llamarse “la piedra Roseta” de la regulación microbiana en forma de una base de datos: RegulonDB. Con esta base de datos se han generado métodos computacionales predictivos de los elementos que conforman la red de regulación transcripcional de la célula bacteriana, específicamente con enfoques topológicos, estadísticos, de dinámica booleana, y su validación con datos experimentales de la expresión global del genoma.

El Programa de Genómica Evolutiva que dirige el Dr. Guillermo Dávila tiene como antecedentes haber obtenido la secuencia completa de *Rhizobium etli*. Esto ha permitido desarrollar la infraestructura tecnológica que brinda la capacidad para secuenciar grandes moléculas de DNA en corto tiempo. el objetivo central de este programa es entender las bases moleculares del cambio evolutivo en los genomas de diferentes organismos.²⁰³

El Programa de Genómica Funcional de Eucariotes está a cargo de la Dra. Georgina Hernández este programa realiza estudios sobre los genes clave y la regulación de los circuitos metabólicos de plantas, específicamente las leguminosas en simbiosis con rhizobia. Se han utilizado varios enfoques de la biología vegetal, incluyendo la ingeniería genética. Los estudios actuales se centran en el frijol, la leguminosa que más se cultiva en el mundo para el consumo humano. En el marco de consorcio internacional Phaseomics, coordinado por investigadores del centro, se han iniciado proyectos sobre la genómica funcional de frijol orientados a conocer los mapas de expresión a nivel de RNA y las redes regulatorias globales del metabolismo.

²⁰³ Bajo la dirección del Dr. Dávila se logró obtener la estructura completa del primer genoma secuenciado en México, el genoma *Rhizobium etli* que contiene 6, 530,229 pares de bases. Es de destacarse que en Latinoamérica, con excepción de Brasil en donde se logró secuenciar el genoma del microorganismo *Xylella fastidiosa*, patógeno de plantas, la secuenciación del genoma *R. etli* representa un proyecto pionero y continúa siendo el único genoma secuenciado en México.

El Programa de Genómica Funcional de Procariotes que tiene como responsable al Dr. Jaime Mora, estudia el sistema biológico de fijación simbiótica de nitrógeno, en este programa se ha logrado determinar los esquemas metabólicos que son fundamentales en los procariotes, en particular en las rhisobiaceas que son bacterias que establecen simbiosis con las plantas leguminosas. El conocimiento generado ha permitido abrir nuevos horizontes hacia un área integrativa y novedosa de la biología que consiste en relacionar, en forma integral, la estructura del genoma así como su expresión y función en conjuntos de organismos tanto intra-especies como inter-especies.

El Dr. David Romero dirige el Programa de Ingeniería Genómica. Este programa está encargado de los estudios de las características estructurales y funcionales del genoma bacteriano, empleando a la bacteria *Rhizobium etli* como modelo experimental y otras bacterias como modelo virtual. Estos estudios se han concentrado hacia características constitutivas (como presencia de secuencias repetidas), dinámicas (como el estudio de los mecanismos de generación de rearrreglos por recombinación, o su conservación por conversión génica) y funcionales (estudiando las complejas redes que regulan la transferencia conjugativa, así como funciones específicas codificadas en elementos extracromosómicos). Se piensa que estas áreas se enriquecerán a futuro con la implementación de metodologías basadas en la “recombienería”, que permitirán la alteración programada de grandes segmentos de genomas microbianos.

A manera de Conclusión

A manera de Conclusión.

A) En este trabajo, basándome en la propuesta de *Adams*, intenté analizar de forma general su paradigma de desarrollo y su relación con los energéticos. Sin embargo, al finalizar la investigación encontré que el modelo empleado, que se sustenta en la idea de selección natural como él mismo *Adams* lo acepta, distorsionó la investigación al enmarcarla en una posible visión “socialdarwinista” que no se explicitó en el trabajo.

El “socialdarwinismo” o “prigoginismo-social” como corriente teórica es ampliamente criticada por otra línea de investigación que se autonombra “ecologismo igualitarista” o “ecologismo de los pobres”; de la cual soy partidario. En contraste con el ecologismo popular o con el ecologismo socialista, en definitiva con el ecologismo de los pobres, existe también un ecologismo social-darwinista que ha crecido en los últimos años, particularmente en Estados Unidos y en los países del norte de Europa un ecologismo tecnocrático, si se quiere una ingeniería internacional ecológica. El ecologismo de la Social-Democracia de los países del norte de Europa, Estados Unidos, el Banco Mundial y del World Resources Institute, están prontos a generar una especie de FMI de la Ecología que pueda recomendar “ajustes” ecológicos a todos los países. A unos les recomendará que sus vehículos tengan estándares de eficiencia más altos, a otros solamente les podrá recomendar que sus ciudadanos respiren menos para no contribuir a la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera. (Martínez Alier)

El “socialdarwinismo” fundamenta el desarrollo de sus ideas en la creencia del concepto de selección natural entre especies y la lucha por la existencia entre éstas y el consiguiente triunfo de las más adaptadas; propone esta idea para explicar las relaciones y evolución de los grupos humanos. En sentido contrario el “ecologismo igualitarista” marca que la evolución de la historia humana se entiende mejor como el resultado de una lucha entre pobres y ricos, cuya forma se reconfigura según los cambios en las relaciones de producción, y no como una evolución de organismos sociales o de grupos humanos que se adaptan a las condiciones ecológicas.

En este sentido creo que el principio fundamental de la antropología ecológica funcionalista que afirma que se puede comprender, hoy en día, a las sociedades humanas estudiando como éstas se “adaptan” al entorno natural en que viven, como si se tratara de

organismos biológicos, es errónea. Este tipo de enfoques nos encaminan a un “prigoginismo-social” el cual intenta explicar las relaciones sociales partiendo de la idea de autoorganización. Estas ideas, que se intentan trasladar al análisis social según la teoría de ecologismo igualitarista, son burdas analogías de las teorías de la física del no equilibrio.

El paradigma Adamciano que se sustenta en la ley de la evolución formulada por Lotka, entendida como ley del flujo máximo de energía, es inapropiada para explicar la evolución histórica de las sociedades humanas ya que los estudios que se basan en el análisis de los flujos de energía en las sociedades humanas han coincidido en que la humanidad, como especie, se caracteriza por la posibilidad de enormes diferencias intraespecíficas en el uso exosomático de energía. En este sentido el enfoque de “ecología igualitarista” entiende que la humanidad es una sola especie, y las luchas sociopolíticas no deben reducirse a una lucha por la existencia y a una selección natural. De este modo se desmarca de las tendencias que relacionan el análisis energético y el darwinismo social que hoy está en boga y toman la forma de “prigoginismo-social”.²⁰⁴

Considero que los marcos conceptuales bajo los que desarrollé mi investigación una vez terminada ésta son falaces²⁰⁵, pero no todo es desechable ya que la investigación me llevó a entender que es imprescindible para México y América Latina replantear los modelos de desarrollo basados en el intercambio desigual de materiales, donde se enmarcan los energéticos fósiles, debido al agotamiento de éstos y los estratégicos que son como elementos geopolíticos y ambientales para la región.²⁰⁶

Desde mediados de los años setenta del siglo pasado se pusieron de manifiesto los diferentes intereses y preocupaciones, de los países industrializados y los del Tercer

²⁰⁴ C.f. “*La Ecología y la Economía*” donde Martínez Alier desarrolla una crítica más puntual sobre el debate ecológico entre el “socialdarwinismo” o “prigoginismo-social” y el “ecologismo igualitarista” de Podolinsky y Naredo. Es importante destacar que el enfoque “ecológico igualitarista” está basado en la interdisciplina como modelo de explicación-aproximación y solución de los problemas ambientales. Otro autor que realiza una crítica interesante, aunque no desde el punto de vista ecológico sino desde el punto de vista político, es Pablo González Casanova a las teorías del “prigoginismo-social” en su texto “*Las Nuevas Ciencias y las Humanidades. De la academia a la política*” sin embargo la crítica de González Casanova desde mi particular punto de vista no es tan profunda como la de Martínez Alier ya que deja de lado las implicaciones que tiene para la democracia y la política los problemas ecológicos. Ver González Casanova Págs. 90 y 400.

²⁰⁵ “Como todo científico sabe, o debería saber, una falacia es un razonamiento válido (...) sin embargo resulta falso porque ha utilizado, voluntaria o involuntariamente, una premisa que no es verdadera” Víctor Manuel Toledo en “*Los biotecnólogos y el mito del científico objetivo*” La Jornada de en medio Pág. 3 a, 7 y 8 de abril 2005

²⁰⁶ C.f. Rincón Pérez, Mario. “*El comercio exterior colombiano: ¿una nueva vorágine? Aportación a la teoría del intercambio ecológicamente desigual*” en “*Ecología Política*” Número 27 Año 2004 Págs. 83-98.

Mundo, frente a la problemática ambiental. Los primeros, privilegian una perspectiva conservacionista de la naturaleza y una política remedial de los efectos contaminantes de los procesos productivos dentro de condiciones económicas, la racionalidad productiva, las prácticas de consumo y los patrones tecnológicos prevalecientes. Al mismo tiempo proponen el control demográfico y el freno al crecimiento económico frente a la imposibilidad de mantener indefinidamente las tendencias actuales del modelo de crecimiento dominante. Para los países subdesarrollados, en cambio, el medio ambiente aparece fundamentalmente como el potencial de un sistema de recursos que conduce a innovar procesos productivos capaces de balancear las condiciones ecológicas de producción de recursos con las fuerzas tecnológicas de su transformación en bienes de consumo, en un proceso sostenible a largo plazo. En esta perspectiva se abren las posibilidades para pensar e instrumentar nuevos estilos de desarrollo a partir de la especificidad ecológica, la pluralidad cultural y la capacidad tecnológica de los habitantes de las diferentes regiones, naciones, pueblos y comunidades. Así, la problemática ambiental para los países del Tercer Mundo presenta alternativas creativas de cambio en los patrones productivos, para la satisfacción de las necesidades fundamentales de la población y el mejoramiento de su calidad de vida.

En este debate contemporáneo surgieron nuevas visiones de cómo entender el desarrollo. Las crisis energéticas, ambientales y ecológicas llevaron a pensar que en los recursos naturales estaba la base que sostiene a la sociedad y, en consecuencia, no debían verse como instrumentos para la explotación sino de acumulación. El sentido de acumulación ya no puede considerarse en función del trabajo acumulado, sino en la conservación (no individual, sino global) de la mega diversidad biológica, ya que en ésta se pueden encontrar las claves para formular modelos de desarrollo beneficiando a nuestra región. Pensar hoy modelos de desarrollo que tengan como base la industrialización es no entender el mundo y su dinámica; sería como pedir a los grandes estados capitalistas que detuvieran su historia y con ella los beneficios que ha traído a sus sociedades.

Es importante tomar en cuenta que La Cumbre Para la Tierra, que se realizó en Río de Janeiro, dió un contenido de futuro a la política ambiental al transformarla, e instrumentarla, en un núcleo o nódulo aglutinador de un nuevo modelo de desarrollo y con

ello superar la percepción imperante del conservacionismo ya que no existía un discurso ambiental unificado.

B) Analicé las dos primeras revoluciones técnico científicas y su relación con la diversificación y el creciente consumo energético basado en los combustibles fósiles. Un hecho que es importante resaltar es que los historiadores y economistas han centrado sus investigaciones en los cambios tecnológicos producidos en la industria y en la adopción de nuevos procesos industriales dejando de lado el vínculo que éstos tienen con las fuentes energéticas.

En un inicio la Primera Revolución Industrial estuvo sustentada en materiales y energéticos renovables como la madera. El agotamiento de este recurso orilló a las industrias a adoptar el carbón mineral, como material energético, para lograr mantener el crecimiento industrial. En países donde el proceso industrial fue tardío y no existían suficientes reservas de este material fósil se utilizó madera para desarrollar la industria, talando de forma indiscriminada los bosques. Uno de los ejemplos que pueden ilustrar este hecho es el caso mexicano ya que al no contar con grandes yacimientos de carbón mineral para el abastecimiento de la industria ferrocarrilera se talaron grandes cantidades de árboles para producir carbón vegetal el cual dio la base energética para alimentar la industria. La primera Revolución Industrial tuvo como característica el uso de carbón para el despliegue de la industria mas no fue en todos los rubros. La generación de electricidad, que no fue masificada hasta las segunda Revolución Industrial, para mantener la producción industrial se sustentó en las plantas hidroeléctricas.

La sustitución de carbón mineral, por petróleo, marcó el inicio de una Segunda Revolución Industrial. Este cambio de material energético no se debió al agotamiento del carbón como recurso, como lo fue en la primera Revolución Industrial al darse la sustitución por el agotamiento de la madera. El reemplazo, de carbón por petróleo, se debió a la flexibilidad que la industria encontró en el Oro Negro. Este podía ser transformado industrialmente en un sinnúmero de materiales de consumo como plásticos aunado a su potencial energético.

El despliegue de la Segunda Revolución Industrial no significó que los países industriales abandonaran por completo el consumo de carbón, este es el caso de los Estados Unidos que hasta hoy en día sigue manteniendo la mayor parte su producción de energía

eléctrica en la extracción de las grandes reservas carboníferas que se encuentran en las montañas Rocallosas.

La segunda revolución industrial tiene como característica la introducción de nuevas tecnologías con las cuales se logró obtener más energía, como las plantas termonucleares, pero es indudable que su principal fuente de energía fue petróleo. Esta no solo basó su desarrollo en esta fuente energética pero si fue sido la principal ya que se ha obtenido de forma muy barata en las zonas más pobres del mundo. Un hecho que es importante destacar el uso masificado de la electricidad como elemento de la producción industrial es una característica de la Segunda Revolución Industrial.

Es importante dejar claro que hoy todavía existe un fuerte debate en torno a si ha habido una, dos, tres, o cuatro revoluciones industriales.

En las dos Revoluciones Industriales es incuestionable el incremento y la diversificación de las fuentes de energía. La Primera Revolución Industrial tiene como característica el uso del carbón y poca dependencia de los centros educativos para el desarrollo de nuevas técnicas de producción. La Segunda Revolución Industrial tiene como característica el uso del petróleo y una fuerte dependencia de los centros educativos para lograr mejoras en los modelos productivos.

El desarrollo de acuerdo con el tipo de consumo energético ha sido el eje rector del mundo moderno (mundo capitalista). Este "*ethos*" histórico no es exclusivo de alguna ideología ni de un modelo político, es una consecuencia histórica de las sociedades y por consiguiente se ha modificado según las necesidades de la industria.

Se han planteado distintas vías de desarrollo político y económico para alcanzar tan deseado fin. El mundo ha vivido distintos estadios de desarrollo, acompañados siempre por descubrimientos técnico-científicos vinculados con la energía que han sido un parteaguas para la producción. En ellos podemos ver el potencial revolucionario que surge con el capitalismo en la sociedad, y así observar diversas transformaciones: sociedades pre-capitalistas y capitalistas, sociedades modernas y tradicionales, sociedades agrícolas e industriales. Estos parteaguas no deben verse como el único factor que provoca estos cambios en las sociedades ya que van acompañados de cambios ideológicos, políticos y sociales que los anteceden, pero sí pueden verse como catalizadores

C) Analicé la Tercera Revolución técnico-científica como autoorganización de la energía y la relación entre revoluciones técnico-científicas y agotamiento de los recursos bióticos o fósiles y el impacto ambiental; aumento de la entropía del sistema que han llevado a nuevas formas de manipulación energética (hidrógeno-biotecnologías).

El despliegue de nuevas tecnologías se debe a la preocupación por parte de las Naciones Industriales por controlar los recursos naturales de los países pobres aunado a las crisis energéticas de los años setenta que mostraron la dependencia de éstas a los recursos petroleros y como un elemento a considerar las crisis ecológicas consecuencia de las dos revoluciones anteriores.

En la década de los años setenta del siglo XX se dió otro paso en el mundo, el surgimiento de la Revolución informática y de libre flujo de información. Este abrió un nuevo horizonte para el desarrollo político, económico, y social: fue el parteaguas que marcó el fin de los regímenes socialistas provocando la extinción de un modelo de desarrollo político alternativo al liberal. Este avance de la comunicación de masas fue la piedra angular del nuevo capitalismo. El sistema vivió un nuevo fenómeno de expansión ideológica. Así, el capitalismo irradiaría su influencia a todo el mundo.

El desarrollo de la revolución genética en los últimos veinte años ha abierto un gran debate y toma gran importancia como paradigma global, ya que dentro del discurso positivista de la ciencia abre un sinnúmero de posibilidades para el desarrollo de nuestras sociedades, sobre todo, porque la concentración de recursos bio-estratégicos en América Latina es la más grande en todo el globo. La mayor cantidad y diversidad de germoplasma o biodiversidad está concentrada en las selvas húmedo-tropicales, las cuáles están repartidas por todo el globo consecuencia de los movimientos tectónicos en diferentes eras geológicas. Diversas investigaciones estiman que: el 60% de estos espacios húmedo-tropicales está concentrado en América latina; los arrecifes coralinos y las zonas de manglares están consideradas dentro de las estimaciones totales de riqueza biológica del mundo. Los cálculos engloban riquezas marinas y terrestres las cuales son la materia prima de la revolución genética; el oro verde del siglo XXI.

Ya que la diversidad biológica es un elemento fundamental para la vida y el desarrollo de cualquier sistema incluido el nuestro. Es necesario empezar a entender que el desarrollo debe enfocarse hacia la eficiencia energética, puesto que la devastación ecológica y del

medio ambiente, junto con la pobreza extrema nos lleva a una alarmante situación, trae como consecuencia la necesidad de encontrar vías alternativas al desarrollo que actualmente rige el mundo.

Los planteamientos, formulados a través de muchos años de esfuerzo, de cómo alcanzar el desarrollo no deben ver en los procesos de industrialización arcaicos ni en la maquila la vía para alcanzar tan deseado fin y sí en el estudio de las posibilidades que abre la ciencia frontal de bajo impacto energético. El desarrollo debe plantearse en el marco de la comprensión termodinámica del sistema biosocial (eficiencia energética) y de protección a la biodiversidad. Estos elementos nos dan la posibilidad de proponer un parteaguas teórico a lo ya formulado y ver en las nuevas propuestas basadas en la eficiencia energética la vía para proponer formas más eficientes y así atender los problemas globales y del desarrollo de nuestras sociedades .

El desarrollo de nuevas técnicas de domesticación como la ingeniería genética, están reconfigurando las políticas de desarrollo en el mundo. El paradigma biotecnológico está dirigido a la venta de los recursos bióticos de las sociedades latinoamericanas, ya que estos recursos son el oro verde del desarrollo contemporáneo, y fungirán como materia prima de la nueva matriz operativa del sistema de producción y consumo de energía.

La comprensión del funcionamiento de los sistemas y recursos bióticos, es de vital importancia, ya que en su funcionamiento se encuentran las formas de biorremediación, alimentación y desarrollo de bajo impacto energético, y si lográramos desarrollar las técnicas de bajo impacto, ya no necesitaríamos de grandes máquinas para sostenernos sino simplemente un trabajo de inteligencia para solucionar los problemas inmediatos y futuros. La devastación del planeta, provocada por la mano del hombre industrial, es algo alarmante y no debe verse en forma aislada de los problemas que traerá para el desarrollo en épocas futuras.

La aplicación de la ley del flujo máximo de energía desarrollada por *Lotka* que intenta explicar la tendencia hacia la complejidad consecuencia del incremento del flujo total de energía que atraviesa el sistema es inapropiada para explicar las revoluciones técnico científicas y su tendencia a la complejidad. La complejidad aumenta no por el incremento del consumo energético o por la incorporación de nuevas fuentes de energía, el aumento de la complejidad se deben al agotamiento de los materiales empleados para la producción de

energía a los procesos técnicos-científicos y productivos. La complejidad, en la ciencia y la tecnología, incrementa por la escasez de los materiales energéticos que ya no están disponibles en el medio, orillando a las sociedades a desarrollar técnicas más complejas para mantener el flujo de energía y así sostener el sistema de consumo enajenado.

D) Por último analicé la evolución del sistema de desarrollo científico-tecnológico en México el cual es incipiente en todos los campos y no ha logrado ser la base que soporte las políticas de desarrollo Nacional de la misma forma que en los países industrializados. Esto ha llevado al país a mantener las mismas relaciones de dependencia a los centros de investigación de punta. Un punto que es importante revisar de forma profunda es si el desarrollo de las ciencias genómicas como la ingeniería genética están sirviendo realmente al país o a los intereses de los centros de desarrollo científico-tecnológico más desarrollados puesto que más allá de una investigación autónoma en el campo de la biotecnología los centros de estudio Nacionales están reproduciendo los intereses de las compañías trasnacionales y están dedicándose a ser maquiladores biotecnológicos de los intereses productivos y de investigación de las potencias tecnológicas trasnacionales. Además, de los problemas técnicos y ambientales que se afrontarán con el desarrollo de las biotecnologías México no tiene la capacidad real de desarrollar de forma autónoma una estructura científico tecnológico basada en estas nuevas técnicas que precisan una amplia inversión en cuadros calificados aunado a desarrollos científico tecnológicos los cuales no hemos procurado desarrollar; por mencionar un ejemplo la cristalografía de rayos X que requieren de tecnología nuclear la cual no esta desarrollada en México.

En este sentido el sistema científico tecnológico en México no ha funcionado para agregar valor a los materiales que se exportan, más que un modelo de desarrollo autónomo nos ha incorporado al metabolismo industrial de las potencias industriales²⁰⁷

Existen criticas bien fundamentadas sobre el desarrollo de las ciencias biotecnológicas por parte de autores como *Enrique Leff* y *Victor Manuel Toledo*. Ellos han analizado los posibles impactos que estas podrían tener en nuestra sociedad. Estos autores se inclinan por el desarrollo de modelos alternativos de ciencia y tecnología que tomen en cuenta los saberes locales. La postura que *Toledo* y *Leff* adoptan, como alternativa a la producción de semillas desarrolladas por los biotecnólogos, es la agroecología que es un enfoque de

²⁰⁷ C.f. Rincón Pérez, Mario. "*Ecología política*." Numero, 27. Pág. 83-98.

investigación interdisciplinario y participativo que logra resolver de forma eficiente y sin riesgos los problemas locales a los cuáles se enfrentan los campesinos.^{208 209}

Para México es fundamental desarrollar un sistema científico y educativo el cual tenga como objetivo resolver los daños ambientales que han sido provocados por los modelos de desarrollo basados en la explotación desmedida del medio ambiente. Este tendría que tomar muy en cuenta los saberes locales para lograr enfrentar los problemas de desarrollo así mismo tendría que partir de una amplia información sobre los grandes problemas que estaremos enfrentando a mediano plazo como: la escasez de agua, el agotamiento del petróleo, la deforestación y los problemas de desertificación que ésta trae para el país y empezar a discutir desde la interdisciplina un nuevo modelo de desarrollo que tenga como base de la discusión la factura ambiental que estaremos heredando a las próximas generaciones de mexicanos.

Para finalizar quisiera comentar, en la línea del debate actual, algunas cuestiones como: los lenguajes de valoración como los que utilizan *Jeremy Rifkin* o *Patricia Romero Lankao* que aunque pretendan ser enfoques críticos en el fondo contienen argumentos, “social-prigogistas” o “social-darwinistas”, los cuáles desde el punto de vista “político-ecológico-igualitarista” no solucionan los problemas causados, por el desarrollo industrial-capitalista, a los sectores más marginalizados de la sociedad y provocan distorsiones interpretativas al análisis, ya que aplican categorías las cuales desde mi punto de vista no han sido discutidas con profundidad en los espacios académicos de las naciones Latinoamericanas y pueden contener una carga ideológica que solo conviene a las potencias industriales.

Es imperativa la revisión de estas categorías puesto que ya se están utilizando en el análisis interdisciplinario para explicar los fenómenos sociales y ecológicos. Es importante para el desarrollo del pensamiento ambiental Latinoamericano revisar de forma crítica las categorías de entropía, sistemas complejos, autoorganización, autopoiesis, sistemas disipativos, etc. y ser revisadas desde distintas disciplinas y valorar críticamente si éstas logran aportar realmente algo significativo a nuestras sociedades y a la explicación de éstas o se insertan dentro del discurso de desarrollo que se conoce como “capitalismo verde” y

²⁰⁸ C.f. Leff, Enrique en Leff, Enrique, Ecurra, Ezequiel, Pisanty, Irene, Romero Lankao, Patricia, Compiladores. (2002). *“La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe.”* México. UAM, INE- SEMARNAT, PNUMA. Págs. 484-490.

²⁰⁹ C.f. Toledo Víctor Manuel *“Los biotecnólogos y el mito del científico objetivo.”* en la Jornada de en medio 7 y 8 de abril 2005.

no adoptarlas mecánicamente, como yo lo hice en mi investigación y lograr dar explicaciones críticas a los problemas socio-ambientales latinoamericanos y así revisar de forma profunda la tradición ideológica de la cual devienen todas estas ideas y ver en otros lenguajes de valoración como lo propone *Joan Martínez Alier* en su libro *“La ecología y la economía”* que es una historia de la economía ecológica y *J. M. Naredo* en su libro *“La economía en evolución”* donde se discute el concepto de “materia” y el de “materiales”, donde los autores adoptan una postura crítica contra la necesidad de recurrir a una ley de la entropía de la materia en el legítimo combate contra lo que *Georgescu-Roegen* llama el “dogma energético”²¹⁰ al cuál los modelos Adamsianos recurren para la explicación de la evolución social.

²¹⁰ “De hecho, medir las cosas en calorías no solo significa caer en el “dogma energético”, sino que elimina la diferencia en la valoración de los recursos energéticos renovables y los recursos no renovables.” Ver. *Martínez Alier* Pág. 180.

Bibliografía

Bibliografía.

- ABOITES, Jaime. DUTRÉNIT, Gabriela. Coordinadores. (2003) **"Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas."** México. UAM-Xochimilco. Grupo editorial Miguel Ángel Porrúa. Págs. 549.
- ADAMS, N., Richard (2001). **"El octavo día. La evolución social como autoorganización de la energía."** México: UAM-Iztapalapa. Págs.411.
- ALIER MARTÍNEZ, Joan. y SCHLÜPMANN, Klaus. (1997). **"La Ecología y la Economía."** Colombia. FCE. Págs. 367.
- ALMOND, Gabriel. (1999). **"Una disciplina segmentada. Escuelas y corrientes en las ciencias políticas."** México. FCE, Págs.448.
- ARÉCHIGA, José Uriel. (1988). **"La transferencia de tecnología y el atraso tecnológico."** México. UAM. Págs. 148.
- ASHTON, T. S (Decimocuarta reimpresión 2001). **"La revolución Industrial."** México: FCE, pp. 195
- Banco Interamericano de Desarrollo.(1988). **"Progreso Económico y Social en América Latina: informe 1988. Tema especial: Ciencia y Tecnología."** New York. Biblioteca Banco Interamericano de Desarrollo. Págs. 632.
- BENZ, Wolfgang y Hermann Graml (1992). **"El Siglo XX. II. Europa después de la segunda guerra mundial 1945-1982."** Tomo I, México: Siglo XXI, Págs. 300.
- BESSIS, Sophie (2002) **"Occidente y los otros: historia de una supremacía."** Alianza editorial Madrid, Págs.320.
- Breviarios de la Investigación. N°. 14. (1990). **"La Revolución de las Biotecnologías."**México. UAM-Xochmilco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. Págs. 87.
- CASAS, Rosalba CHAUVET, Michelle. RODRÍGUEZ, Dinah. Coordinadoras. (1992). **"La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas."** México. UNAM-UAM Págs. 424.
- CASAS, Rosalba. (1994). **"La Modernización de la ciencia y la tecnología y la política biotecnológica en México"**, en R. Varela y L. Mayer (eds.), *Los grandes problemas de la ciencia y la tecnología*, UAM-UNAM. Pág.

CAZADERO, Manuel (Primera reimpression 1997). "Las revoluciones industriales." México: FCE, Págs. 227.

"Cumbre para la Tierra. Programa 21. Programa de acción de las Naciones Unidas de Río." Texto definitivo de los acuerdos logrados por los Gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), que se llevó a cabo del 3 al 14 de Junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Págs. 326.

DAUMAS, Maurice, (Segunda reimpression 1996). "Las grandes etapas del progreso técnico." México: FCE, Págs. 151.

FORESTER, Tom. (1992). "Sociedad de alta tecnología" México. Ed. Siglo XXI. Págs. 366.

GASCÓN, Patricia. Coordinadora. (2003). "La revolución genómica." México. UAM-Xochimilco. Págs. 168.

GERHARD E. Lenski. (1ra. Reimpression 1993). "Poder y Privilegio. Teoría de la estratificación social." Barcelona, España. Ed. Paidós Básica Págs. 475.

GOLDSTEIN, Daniel J. (1989). "Biotecnología, universidad y política" México. Ed. Siglo XXI. Págs. 257.

GONZÁLEZ CASANOVA, Pablo. (2004) "Las Nuevas Ciencias y las Humanidades. De la Academia a la Política." España. Ed. Anthropos, UNAM Instituto de Investigaciones Sociales. Págs. 478.

HALPERIN DONGHI, Tulio (cuarta reimpression 2001). "Historia contemporánea de América latina." Alianza editorial Madrid, Págs. 748.

HOBSBAWM, Eric. (Cuarta edición 1975). "En torno a los orígenes de la revolución industrial." México: Ed. Siglo XXI. Págs. 114.

HOBSWAM. E. J. (Tomo 1). "Las Revoluciones Burguesas." México: Ediciones Quinto Sol. Págs. 11-261.

HOBSWAM. E. J. (Tomo 2). "Las Revoluciones Burguesas." México: Ediciones Quinto Sol. Págs. 265-568.

KAPLAN, Marcos (Primera reimpression 2000). "Ciencia, Estado y derecho en las primeras revoluciones industriales". México: UNAM Instituto de Investigaciones jurídicas, Págs. 246.

KAPLAN, Marcos (Primera reimpresión 2000). **"Ciencia, Estado y derecho en la tercera Revolución"**. México: UNAM Instituto de Investigaciones jurídicas, Págs. 238.

KUHN, T. S. (Decimoséptima reimpresión 2001). **"La estructura de las revoluciones científicas."** México: FCE, Págs. 319.

LEFF, Enrique. ESCURRA, Ezequiel. PISANTY, Irene. ROMERO LANKAO, Patricia. Compiladores. (2002). **"La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe."** México. UAM, INE- SEMARNAT, PNUMA. Págs. 578.

MOORE, Barrington Jr. (Cuarta impresión 2000). **"Los orígenes sociales de la dictadura y la democracia. El señor y el campesino en la formación del mundo moderno."** Barcelona: Ed. Península pp. 484.

MORALES NOVELO, Jorge A., RODRIGUEZ TAPIA, Lilia., Coordinadores. (2001) **"Economía para la protección ambiental ensayos teóricos y empíricos."** México. UAM-Azcapotzalco. Biblioteca de Ciencias Sociales y Humanidades. Serie Economía. Págs. 542.

NADAL, Alejandro. (1977) **"Instrumentos de política científica y tecnológica en México."** El colegio de México, México. Págs. 309.

NISBET, Robert. (Segunda edición 1991). **"Historia de la idea de progreso."** España: Gedisa. pp. 494.

O'CONNOR, James. (1998). **"Ensayos sobre materialismo ecológico."** Ed. XXI pp.345.

ODUM, Eugene P. (décima novena reimpresión 1997). **"Ecología: El vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales."** México. Editorial CECSA. Págs. 295.

PEYREFITTE, Alain. (1997). **"Milagros Económicos."** España: Ed. Andres Bello. pp. 256

PONTING, Clive. (1992). **"Historia verde del Mundo."** Barcelona, España. Paidós. Págs. 581.

PRIGOGINE, Ilya. (Segunda edición 2001). **"El fin de las certidumbres"** España. Taurus-Ciencias. Págs. 230.

"Propuesta de Cambio de Denominación del Centro de Investigación de Fijación de Nitrógeno a Centro de Ciencias Genómicas" Documento presentado del 4 de Junio de 2004. UNAM. Págs. 21.

RIFKIN, Jeremy. (1999). **"El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz."** Barcelona. Crítica-Maracambo. Págs.257.

- RIFKIN, Jeremy. (2002). "La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la Tierra." Barcelona. Paidós. Págs.324.
- RINCÓ PÉREZ, Mario. "El comercio exterior colombiano: ¿una nueva vorágine? Aportación a la teoría del intercambio ecológicamente desigual" en "Ecología Política" Icaria. Numero 27 Año 2004 Págs. 174.
- ROMERO LANKAO, Patricia. (2001). "Política ambiental mexicana. Distancias entre objetivos y logros." México. UAM-Xochimilco. División de Ciencias Sociales y Humanidades. Págs. 290.
- SPRING OSWALD, Úrsula. (1999). "Fuenteovejuna o caos ecológico" México. UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Colegio de Tlaxcala, A.C., Fundación Heinrich Böll. Págs. 340.
- TOLEDO, Víctor Manuel. "Los biotecnólogos y el mito del científico objetivo" La Jornada de en medio, 7 y 8 de abril 2005. Pág. 3 a
- WHITE, Leslie A. (1982). "La ciencia de la cultura. Un estudio sobre el hombre y la civilización" España. Paidós Básica. Págs. 408.