



Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad
- CTS

ISSN: 1668-0030

ISSN: 1850-0013

secretaria@revistacts.net

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Argentina

López Meraz, Raúl Alberto; López Meraz, Óscar Fernando

**Ciencia, tecnología y energías renovables: una
aproximación a sus concepciones y contradicciones**

Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad
- CTS, vol. 15, núm. 45, 2020, Octubre-, pp. 83-105

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92466105008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

**Ciencia, tecnología y energías renovables:
una aproximación a sus concepciones y contradicciones ***

**Ciência, tecnologia e energias renováveis:
uma aproximação às suas concepções e contradições**

***Science, Technology and Renewable Energies:
An Approximation to their Concepts and Contradictions***

Raúl Alberto López Meraz y Óscar Fernando López Meraz **

El artículo hace un breve recorrido histórico de las concepciones de ciencia, tecnología, macrociencia y tecnociencia para ubicar en cuál de ellas se encuentra la generación de energía por medios alternos. Además, muestra las formas de concebir el binomio ciencia-tecnología y su participación en las sociedades para presentar cómo la introducción de las energías renovables en los sistemas eléctricos mundiales intenta contribuir a la solución del incremento de la demanda energética. Sin embargo, aquí no sólo se cuestionan los supuestos beneficios ambientales, considerablemente mayores respecto a las tecnologías convencionales, sino que se reflexiona sobre la “bondad” de la ciencia y los riesgos no valorados por los diseñadores de los artefactos y por quien decide su aplicación en los grupos sociales. Por último, a partir de un caso mexicano, se analizan dos aspectos relevantes y poco considerados que pueden afectar con diferente intensidad a las sociedades donde estas formas de producción energética se implementan: el ciclo de vida de sistemas fotovoltaicos y aerogeneradores, y las repercusiones en el territorio.

83

Palabras clave: conflictos sociales; eficiencia; modernidad; sostenibilidad energética; tecnociencia

O artigo faz um breve percurso histórico das concepções de ciência, tecnologia, macrociência e

* Recepción del artículo: 19/04/2019. Entrega de la evaluación final: 06/08/2019.

** *Raúl Alberto López Meraz*: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, México. Correo electrónico: meraz_raul@hotmail.com. *Óscar Fernando López Meraz*: Facultad de Historia, Universidad Veracruzana, México. Correo electrónico: sthi2009@live.com.mx.

tecnociência para saber em qual delas se encontra a geração de energia por meios alternativos. Além disso, mostra as formas de conceber o binômio ciência-tecnologia e sua participação nas sociedades para apresentar como a introdução das energias renováveis nos sistemas eléctricos mundiais tenta contribuir para a solução do aumento da demanda energética. No entanto, aqui não apenas são questionados os supostos benefícios ambientais, consideravelmente maiores que as tecnologias convencionais, mas também se reflete sobre a “bondade” da ciência e os riscos não valorizados pelos designers das peças e por quem decide sua aplicação nos grupos sociais. Para se aproximar da realidade dessas formas de produção, são analisados, a partir de um caso mexicano, dois aspectos relevantes e pouco considerados que podem afetar com diferente intensidade as sociedades onde são implementados: o ciclo de vida de sistemas fotovoltaicos e aerogeradores, e as repercussões no território.

Palavras-chave: conflitos sociais; eficiência; modernidade; sustentabilidade energética; tecnociência

This paper gives a brief historical overview of the concepts of science, technology, macrosience and technoscience to set in which of them the generation of energy by alternative means should be placed. In addition, it shows ways of understanding the science-technology duality and its participation in societies to present how the introduction of renewable energies in the world's electrical systems intends to contribute towards solving the increase in energy demand. It not only discusses the supposed environmental benefits, which are considered greater than those of conventional technologies, but also the “goodness” of science and the risks not valued by designers of artefacts and the people who decide their implementation. Lastly, based on a Mexican case, it analyses two relevant and little considered aspects that can affect, with different grades of intensity, the societies in which these technologies are implemented: the life cycle of aerogenerators and photovoltaic systems, and the repercussions in the territory.

Keywords: social conflicts; efficiency; modernity; energy sustainability; technoscience

Introducción

La sociedad solicita de la ciencia y la tecnología, en forma creciente y en grandes proporciones, respuestas a los problemas de la calidad de vida. Esta necesidad fue encauzada en el pasado bajo el optimismo representado por el modelo lineal que partía del supuesto: “mayor ciencia y tecnología = mayor bienestar social”. Sin embargo, el siglo XX rompió con esta percepción al observar la falta de control de residuos contaminantes, el armamento militar, la guerra biológica y, claro, el impacto de la bomba atómica; el uso de la relación entre ciencia y tecnología se presentaría como el responsable de la destrucción masiva. De manera paralela, en 1929, en su “Dédalo o futuro de la ciencia”, John Haldane desarrolló otra perspectiva en la que cuestionaba si la ciencia debería estar irremediamente vinculada con las imágenes de la Primera Guerra Mundial donde la tecnología, con gases tóxicos y máquinas, quebrantaban a los hombres.

A la crítica señalada se le podría agregar la responsabilidad de la ciencia y la tecnología en el deterioro del medioambiente. Destaca, en este sentido, el llamamiento del grupo de trabajo de Mathis Wackernagel (2002), que ubicó a la década de 1980 como el momento donde se superó por primera vez la capacidad regenerativa de la Tierra. Por si fuera poco, el desarrollo técnico tampoco distribuyó equitativamente los resultados y las consecuencias (principalmente la aguda marginación económica) entre el Norte y el Sur. Posiblemente éste ha sido el factor determinante para la revisión del modelo técnico-científico desarrollado hasta los años 60 y 70.

Esta situación provocó una reflexión sobre el avance tecnológico y rompió con el carácter unidireccional al reconocer los diversos intereses, políticos y económicos, presentes en la generación y aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos, además de identificar a los diversos actores involucrados en ese proceso. Hoy las nuevas tecnologías deben evaluarse técnicamente en aspectos tan importantes como la eficiencia, la confiabilidad y la efectividad, pero también es necesario realizar un análisis del cómo y por qué afectan a la sociedad y entender su papel en el desarrollo tecno-científico y sus posibles riesgos.

El presente trabajo reflexiona sobre la importante relación entre la sociedad y uno de los sistemas técnicos más importantes, necesarios y demandados en la actualidad —la producción de energía eléctrica por medios renovables—, con la intención de demostrar la existencia de una nueva etapa de la macrociencia o, al menos, una de sus extensiones. A través del texto se desarrolla, en la primera sección, el contexto histórico del desarrollo científico y tecnológico en la Modernidad; la segunda parte plantea algunas concepciones sobre la ciencia y la tecnología; después se exponen algunos aspectos sociales y ambientales en los que intervienen las energías alternas; y, por último, se presentan las conclusiones más representativas de este esfuerzo.

1. Contexto histórico

La comprensión del devenir humano ha cambiado a lo largo de la historia. Mientras que en la tradición clásica (griegos y romanos) se pensó en un tiempo cíclico, la

cristiandad desarrolló otra idea completamente diferente: la linealidad. Especialmente durante la Edad Media, pensar en la existencia de un inicio y un final fue la posición hegemónica; la idea del progreso se fortaleció, pero vinculada a nociones religiosas. Posteriormente, la modernidad desacralizó el tiempo, pero lo colocó en un sentido teleológico idéntico. Sin duda, será la Ilustración, en el siglo XVIII, la que coloque en el centro del progreso —de la Modernidad misma— al conocimiento científico y tecnológico.

Esta posición intelectual buscaba separarse definitivamente del Antiguo Régimen, y poner cimientos filosóficos, políticos y económicos, principalmente, para la pujante sociedad capitalista. No por nada, Jacques Le Goff consideró el fin de la Edad Media hasta el siglo XVIII, cuando una forma de pensamiento, centrada en la Razón, difería por completo de los siglos donde la Iglesia —cristiana, católica y protestante después— se constituyó como la más importante de las instituciones. Tradicionalmente, se ha considerado el inicio de la Modernidad debido al debilitamiento del mundo medieval, con el Renacimiento, primero, y la Revolución Científica después. La innovación, desde entonces, ha sido una constante, y los cambios generados por ella se han manifestado en ámbitos como la política, la filosofía y la cultura.

Este nuevo sentido por experimentar llevó al hombre occidental a un cambio radical en la concepción del tiempo. A partir de ese momento, éste se acelera. Hartog (2007) afirma que el régimen de historicidad anterior al siglo XIX estuvo dominado por el pasado, mientras en el XX se produciría una interesante unión entre futurismo y presentismo. Razón y progreso parecieron traducirse en la bina ciencia y tecnología, ambas directamente relacionadas con el desarrollo económico y social, fundamentado en los principios de maximización de la eficiencia y de la innovación. No se trata, claro está, de afirmar que antes no hubo ciencia y tecnología, sino de un cambio radical en la conceptualización e instrumentalización de éstas, dirigidas principalmente a la celeridad de la producción y a lograr mejoras materiales, a partir de la construcción de una mejor y rápida comunicación, así como en la generación de mayores comodidades en la vida cotidiana.

Ante tal escenario, la modernización fue considerada como una fuerza positiva. A finales del siglo XX, en un texto coyuntural como el año de su publicación, en su *The end of history* (1989), Francis Fukuyama sostuvo que una sociedad tecnológica moderna basada en principios de libre-mercado capitalista, acompañados por instituciones parlamentarias representativas, significaba la victoria de un orden de cosas racional y la culminación del desarrollo histórico. Incluso, quienes no se mostraban tan optimistas con la Modernidad, como el historiador de orientación científico-social Jürgen Kocka, más conscientes de los aspectos destructivos de las sociedades modernas, manifestaban, no obstante, su confianza en el carácter positivo global de la modernización, donde la economía de mercado y una tecnología altamente desarrollada estarían acompañadas de instituciones políticas democráticas que garantizarían las libertades civiles, la justicia social y el pluralismo cultural (citado en Iggers, 2012: 167).

La concepción de progreso inaugurada por el cristianismo fue recuperada por el capitalismo. Si bien ambos proyectos se basaron en una visión de la historia

teleológica, la diferencia radicó en el medio para alcanzar el objetivo final. Para la Modernidad, sería a través de la industrialización y la “república democrática”. Si bien algunos pasos del ideal moderno se pueden ubicar en periodos anteriores, como el Renacimiento y la revolución copernicana (siglo XVI), lo cierto es que será la Ilustración la que presente con mayor claridad al conocimiento científico y el desarrollo de la tecnología, ambos elementos contruïdos como contrarios a una supuesta Edad Media “oscura” y retrasada, como esenciales para la consolidación de la Modernidad.

En el siglo XIX se dedicaron, en Occidente, muchos esfuerzos para poblar en el imaginario y en la realidad la importancia de los avances científicos y los escenarios que estaban generando y podrían construir. La centuria decimonónica sería donde la producción en serie se afianzaría. Ciencia, tecnología y producción estarían, al menos en el discurso, dirigidos al progreso social. El paradigma científico encontraría en el positivismo a uno de sus pilares más importantes, ofreciéndole parámetros metodológicos e ideológicos. Con ello existe la idea del progreso y prosperidad basada en el desarrollo tecnológico proyectando al conocimiento científico como el único cierto, objetivo, real y conmensurable.

El siglo XIX, no se debe olvidar, es el del Imperialismo desarrollado (“la fase superior del capitalismo”, para Lenin) por las potencias europeas en Asia y África, quienes como poseedores de capital y tecnología buscaban mano de obra barata (o esclava), materias primas y mercados. Tampoco debemos perder de vista que una de las “justificaciones” de la presencia violenta, armada y simbólica, de los occidentales fue “civilizar” a los pueblos “sometidos”, a quienes se les llevaría al progreso. El sector impulsor de esta forma de cooptar la riqueza sería la burguesía con el apoyo de los “modernos” Estados Nacionales. Sería esta nueva clase social la punta de lanza de un programa que modificaría profundamente al mundo.

87

El bélico siglo XX presenciara el punto más álgido de la explotación de la naturaleza, principal rival de la Modernidad. Además, el desarrollo de las dos guerras mundiales que se explican, entre otros factores, por la pugna del imperialismo entre las potencias “clásicas” (Gran Bretaña y Francia) y las “emergentes” (Alemania e Italia) llevará a la destrucción máxima conocida por el ser humano hasta entonces. Ferrocarriles y barcos de vapor, señales de la modernidad del siglo XIX, serían reemplazados por instrumentos de la muerte más directa. Los integrantes de la Escuela de Frankfurt, como Horkheimer y Adorno, serían unas de las voces más críticas del proyecto moderno por destructivo.

2. Ciencia, tecnología, macrociencia y tecnociencia

A lo largo de la historia han existido diferentes posturas sobre la cuantía de la ciencia y la tecnología. Probablemente Platón fue el primero en asignar al conocimiento teórico-racional un valor superior, y uno menor a la relación práctica-técnica; de forma similar, Aristóteles veía a la praxis sólo como un camino para satisfacer las necesidades humanas (Martín y González, 2002). En contraste, Bacon (siglo XVI) le asignó un estatus más significativo a la habilidad de transformar la materia por su aplicación directa al desarrollo social. Históricamente la ciencia y la tecnología han mantenido

cierta relación, generando al menos tres interpretaciones, a saber: el predominio de la ciencia sobre la tecnología (la tecnología como aplicación de los saberes), la que sostendría como origen de todo conocimiento a la habilidad práctica, y una que destaca la autonomía entre ellas.

Por otro lado, la ciencia mantuvo hasta el primer tercio del siglo XX su reputación de estar en la frontera de la sociedad con el único objetivo de la búsqueda de la verdad, tesis que cambió hacia finales de la Segunda Guerra Mundial (Nieto, 1995). Ejemplo del cambio serían las perspectivas de Lakatos, quien sostendría que la ciencia se fundamenta al dar explicación de los nuevos sucesos, y Laudan, al considerar que la meta de la ciencia debe ser la solución de los problemas.

La ciencia, básicamente centrada en la esfera académica, es diferente a la tecnología porque ésta construye productos y sistemas bajo un fin económico, porque, sin lugar a dudas, la técnica está en manos del capitalismo. Así, el factor determinante es el de la eficiencia, o más bien la maximización de la eficiencia, porque ésta genera la ganancia económica. De esta manera, el ingeniero llega a considerarse como el “héroe de la producción de la nueva riqueza” (Durán, 2011: 103).

En este periodo se presenta el punto de inflexión de la ciencia, al pasar de “pequeña” a la “macro” (*big science*). Dos fueron los principales promotores del cambio: los avances científicos-tecnológicos y la inyección de capital provenientes de los gobiernos en las investigaciones. Weinberg (1961) expuso que para considerar un proyecto como macrocientífico éste debe demandar un porcentaje representativo del PIB de un país, probablemente sea ésta la principal diferencia entre ciencia y macrociencia. El nacimiento de ésta produjo un cambio cualitativo: el uso exponencial de la informática. Así, la macrociencia es el inicio de la tecnociencia siendo la etapa donde ciencia y tecnología se asocian claramente. Sin embargo, esta nueva forma de ciencia no trajo consigo una revolución como la plantea Kuhn, sino más bien afectó tajantemente la práctica y la organización de la actividad científica. Incluso su evolución acelerada fue caracterizada por el economista De Solla Price (1986) a través de dos leyes matemáticas: la ley del crecimiento exponencial y la ley de saturación.

Es, sin lugar a dudas, el momento donde la ciencia, y sus actores, gozan de una situación de dominio, como lo expresa John Bernal (British Association, 1942): el gobierno dependía de la ciencia y no la ciencia del gobierno; sin embargo, debe limitar su creatividad a las necesidades del Estado. De este modo surge la política científica, cuyo mejor representante fue el Proyecto Manhattan que desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial la bomba atómica, adelantándose a los nazis, y cuyo principal líder fue el físico Oppenheimer. A partir de aquí la ciencia evoluciona en un ente dinámico, formado por acciones e instituciones encauzadas hacia metas específicas; es decir, se orienta con intereses, incluso deja de ser un fin para transformarse en un medio para otros propósitos, a saber: el perfeccionamiento militar y la mejora de los procesos industriales.

En suma, la ciencia en los últimos lustros está irremediablemente asociada con el capital inyectado por las empresas expansionistas. Claro ejemplo de esta influencia es el indicador de inversión privada-PIB, el cual ha aumentado de forma notable en la

República de Corea, China, Alemania, los Estados Unidos, Turquía y Polonia. Como se puede adivinar, el mayor cambio ha ocurrido en los Estados Unidos, donde en 1965 el gobierno financió el 60% de la ciencia por un 40% de las compañías, lo que cambiaría en 2015 cuando la participación privada llegaría al 70% (UNESCO, 2015: 13).

3. Concepciones de la ciencia y la tecnología

La Modernidad implica, además de lo ya mencionado, formas diferentes de pensar. Una de ellas es el positivismo, corriente hegemónica sobre la ciencia hasta mediados del siglo XX. Esta postura concibió como único conocimiento válido aquel donde se conjugará la experiencia y la gnosis empírica. Comte fue el “padre” del positivismo y consideró al desarrollo social dependiente del avance científico: de ahí su emblemático “orden y progreso”. Para llegar a este desarrollo, dice Comte, el proceso único es la evolución de tres etapas, donde la última, la positivista, corresponde a una ciencia —y por ende una sociedad— madura al permitir pronosticar los fenómenos a través de leyes naturales, obviamente, por medio de la observación y el pensamiento racional.

Otra posición fue la reduccionista, que postuló como real sólo a la materia y la energía. Así no resulta extraña la convicción de Steven Weinberg sobre la reducción de todas las ciencias a la física de partículas, aunque aceptó la ausencia de métodos matemáticos adecuados.¹ Popper, por su parte, pensó que las reducciones científicas no podían alcanzarse debido a la existencia de “sobrantes” inexplicables, pero aun así el reduccionismo metodológico aceptó como único procedimiento efectivo para todas las ciencias el método científico. Diferente fue la posición holista que se propuso estudiar “el todo” como un conjunto organizado de los componentes; de esta forma, éstos no tienen sentido sin la totalidad.

89

El determinismo no colocará la atención en la ciencia, como las posiciones anteriores, sino en la tecnología, al considerarla impulsora de las transformaciones sociales. Ejemplos como la brújula, la imprenta, la máquina de vapor, la electricidad, el automóvil y la computadora, serían algunos de los más importantes para sostener esta perspectiva, pues cada uno de esos mecanismos participó en el avance social. Heilbroner, el representante más importante de esta corriente, ubica al determinismo tecnológico en la fase alta del capitalismo debido a que promovió el desarrollo tecnológico proporcionando a la tecnología un brío automático (Rueda, 2007). En el núcleo de esta perspectiva está la noción del progreso (Nisbet, 1980). Así el determinista tecnológico defenderá que el cambio social está supeditado al técnico: la historia estaría condicionada por la tecnología.

Heilbroner (1967: 337-338) menciona tres evidencias a favor de una secuencia fija de innovación: a) la simultaneidad de la innovación; b) la ausencia de saltos tecnológicos; y c) el carácter predecible de la tecnología. Según esta perspectiva, la tecnología se desarrolla de forma lineal y necesaria dando lugar a una visión evolutiva

1. Premio Nobel de Física en 1979.

e ineludible; es decir, cada tecnología era técnicamente mejor y más eficiente a la anterior. Sin embargo, en realidad, se ocultaba la situación del proceso tecnológico impregnado de errores, atoramientos y eventualidades. Siguiendo este razonamiento, el adelanto de la tecnología se impone a los hombres y el único camino existente es la adaptación.

Resulta difícil mantener la tesis de que el determinismo tecnológico —por lo menos el llamado determinismo duro— sea el camino a seguir en la actualidad. No obstante, Heilbroner acentúa la participación de las acciones sociales en el progreso, evidenciando su dinamismo en unas sociedades más que en otras al involucrar políticas económicas y sociales; igualmente, toma en consideración la afinidad de las circunstancias del medio social a la variación tecnológica (Chávarro, 2004).

A la linealidad determinista de pensar la tecnología como una secuencia de inventos, obra de “creadores” individuales, se le opondrá una interpretación que comprendería el desarrollo tecnológico como producto de la participación de diferentes grupos sociales en diferentes intervalos de tiempo. De esta forma, el constructivismo social manifiesta la evolución de los dispositivos como un proceso social donde diferentes sectores influyen en su desarrollo, ajustándolos a necesidades particulares.

Posiblemente una de las cuestiones más demandadas por los constructivistas es la negociación de los vínculos entre ciencia y sociedad. Es decir, revisar la toma de decisiones en los fines de la ciencia y la tecnología en determinada sociedad y quién debe ser responsable de vigilar/evaluar su realización. Todo ello por la preocupación, relativamente reciente, de las dificultades ocasionadas por el súbito desarrollo tecnológico. Esta labor es compleja, como lo señala Nelkin (1984), debido al contraste de puntos de vista, el nivel de conocimiento, y a la influencia de cada uno de los actores sobre las resoluciones finales.

Por otro lado, para Hughes, la interacción entre los sistemas tecnológicos y la sociedad no es simétrica a lo largo del tiempo. Desde su perspectiva, los deterministas se centran en las tecnologías o sistemas tecnológicos ya probados (maduros), mientras los constructivistas lo hacen en función de tecnologías jóvenes o nacientes. Sin embargo, ninguno de los dos enfoques, presentando fundamentos válidos, se adapta al “ritmo temporal variable de la tecnología en relación con la sociedad” (Romero, 2010: 125). De este modo el mencionado autor, apoyándose en Hughes, afirmaría que “los sistemas, en función de su tamaño y complejidad, tienden más a configurar la sociedad, y menos a ser configurados por ella” (Romero, 2010: 121).

En otro orden de ideas, la ética del siglo XXI debe ser radicalmente diferente a los paradigmas desarrollados en los siglos precedentes. La libertad del sujeto (XIX) y la justicia social (XX) deberán sostenerse en el discurso ecológico bajo el enfoque de la ética aristotélica, al considerar al ser humano como parte de la naturaleza. A esto Campillo (2000) le llama razón ecológica; incluso, afirma, será la ideología fundamental de la Posmodernidad. El nacimiento de este modelo está fundamentado en la aceptación de la no neutralidad de la ciencia y la tecnología. Sin importar cuál fuera el argumento de las éticas previas, de acuerdo con Jonas, estuvieron basadas

en el presente, en el momento, y comparten ideas de suponer la situación del hombre fija en el tiempo, encontrando sin inconveniente el bien del ser humano al considerar restringidas las consecuencias de su actividad.

Por el contrario, la técnica actual y sus acciones, al poner a la naturaleza a su servicio (con la esperanza de alcanzar la prosperidad) y al transformarla violentamente, ha provocado un cambio irreversible donde ninguna ética previa tiene alcance. Esta idea obliga al hombre a mantener una relación de responsabilidad con la naturaleza. En otras palabras, la ética, bajo la figura de la tecnología, más que nunca está en función de las acciones modificadoras del futuro con efectos definitivos. Por esta razón la praxis obliga al juicio ético. Aunado a lo anterior, la trayectoria actual de la tecnociencia no es la de atender las necesidades básicas del ser humano, sino favorecer la disparidad entre el Norte y el Sur sin representar un medio de solución, causando un riesgo tangible. Aquí, de acuerdo con Beck, los riesgos no se agotan en consecuencias y daños precedentes; más bien contienen esencialmente un componente futuro. De ahí la complejidad de su medición.

4. Energías renovables

A comienzos del siglo XIX, el 95% de la energía consumida fue aportada por medios renovables. Entrado el siglo XX, su participación disminuyó a un 38% y a inicio de este siglo sólo representó el 16% (Fouquet, 2009). Pese a esta baja contribución, de acuerdo con Martínez de Bascarán (2002), se prevé que para 2050 puedan suministrar el 50% de la demanda mundial. Datos prometedores para alcanzar esa cifra son el crecimiento del 74% de la potencia eléctrica a partir del Sol, viento, biomasa y geotermia en el periodo 1991-2000; en el 2010 cerca de 100 GW de generación proyectados fueron a través de medios renovables, resultado de la ampliación del número de países promotores de políticas energéticas, pasando de 55 en 2005 a 118 en 2011 (REN21, 2011). Recientemente la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la ONU (2018) examinó, entre otros temas, las complicaciones técnicas de la inserción de las renovables como solución en los sistemas eléctricos.

El factor detonante para la implementación de las energías renovables es, en primer término, la crisis energética donde los yacimientos de petróleo y gas llegaron a su edad adulta —Estados Unidos, en 1970; Alaska, en 1988; Mar del Norte, en 1999; y Cantarell, en 2005—, aunque, de forma contrastante, éstos hayan sido los últimos descubrimientos importantes (Estrada, 2013). Como segundo aspecto impulsor aparece el aumento exponencial de la población mundial, es decir: la capacidad de carga del planeta ha sido superada, pasando de 2000 millones de personas en 1930 a 7000 millones en la actualidad, y la tendencia para el 2030 es que seremos 8000 millones. Este hecho extraordinario está fuertemente vinculado con el crecimiento de la demanda de energía, aumentando a un ritmo de 2.47% anual; sin embargo, regiones como América Latina presentan una tasa del 5% (Rudnick *et al.*, 2005; Mocarquer *et al.*, 2009). El consumo desmedido ha provocado un escenario insostenible, ya no estamos en un mundo “vacío”: entramos al antropoceno, llevándonos a la condición límite en nuestro sistema biótico.

Lo anterior plantea un cambio de perspectiva, ya no debemos dirigirnos hacia la obtención de más recursos (energía, agua, alimentos), sino plantear propuestas de tipo filosóficas y económicas donde exista un equilibrio entre las necesidades y las medidas para su satisfacción. El deterioro ambiental debe reducirse no sólo para posibilitar el buen vivir de todos los seres humanos y elementos bióticos de nuestro hábitat, sino para cumplir lo expuesto en el informe Brundtland (1987): satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Este enfoque tiene como condición aceptar a los sistemas económicos como parte del medioambiente, internalizando las externalidades, y éstos deben integrarse al ritmo del ecosistema universal. He aquí la solución, o al menos parte de ella, para acercarse a la sostenibilidad.

Sin duda, el sector energético es trascendental en los sistemas económicos para solventar las necesidades del ser humano, y ahora se encuentra limitado debido a las acotaciones físicas y ambientales a escala global. De esta forma, es fundamental un mix de generación sostenible, vinculando energía y espacio para maximizar el beneficio local/regional. Para colaborar en esta difícil meta aparecen las energías renovables “modernas”, principalmente de la mano de recursos como el viento y la radiación solar.

La penetración de los recursos energéticos distribuidos (RED) representa la dirección actual de la electricidad. Estos sistemas de energía implican un compromiso enfocado a tres aspectos básicos y prioritarios: seguridad y calidad del suministro, sostenibilidad medioambiental, y competencia económica (reduciendo la dependencia energética). Los nuevos paradigmas y los últimos desarrollos en la red eléctrica tienen como uno de sus pilares de desarrollo la introducción de la generación distribuida (GD). Ésta ya no se produce exclusivamente en grandes plantas centralizadas, sino también en lugares más pequeños, aprovechando las condiciones locales con el fin de minimizar las pérdidas de transmisión/distribución, así como optimizar la producción y el consumo. Una nueva oportunidad para las energías renovables se presentaría, pues se espera que elementos como paneles fotovoltaicos y turbinas eólicas dispersos a lo largo del sistema eléctrico, alimenten instalaciones locales o vendan la energía a la red dependiendo de sus condiciones *in situ* de generación/consumo (Hernández *et al.*, 2014).

Otras razones por las que la GD está creciendo son un costo inicial menor debido a las bajas potencias de las unidades de generación, breves tiempos de construcción, escaso costo operativo en contraste con el envejecimiento de la infraestructura de los sistemas eléctricos y la dificultad de extender la red (Vovos *et al.*, 2007). Además, son modulares, presentan un control distribuido y, sobre todo, muchos países legislan a su favor en oposición a los combustibles fósiles por su susceptibilidad a conflictos geopolíticos.

Asimismo, las tecnologías de energías renovables como la eólica y solar aseguran un futuro de carbono neutro. En este aspecto, Creyts *et al.* (2007) elaboraron un estudio donde informaron el potencial de reducción de carbono de la energía eólica y solar para varios sectores en los Estados Unidos: 170 megatoneladas de CO₂ al año en 2030. La inversión mundial destinada en estos sectores se sitúa en \$257 billones/

año (Murthy y Bojanczyk, 2013). Así, la energía solar fotovoltaica (FV) conectada a la red creció en promedio un 60% durante la última década, registrando un aumento de 100 veces desde el 2000 (REN21, 2010).

Como toda técnica, la inserción de las renovables otorga respuestas a interrogantes planteadas como nuevos cuestionamientos e inconvenientes. El obstáculo tecnológico de mayor peso es la eficiencia; para el caso de la energía eólica, la captación máxima del viento es del 40% de la potencia disponible sin importar la tecnología (eje vertical u horizontal o el número de palas).² Por su parte, la FV es incapaz de aprovechar todo el potencial proveniente de la luz solar; la tecnología con mejor rendimiento es la fabricada con silicio monocristalino, alcanzando una eficiencia del 26.3% (Green *et al.*, 2016); es decir, la eficiencia técnica es un ideal.

Otros factores limitantes de este sector energético son la ausencia e intermitencia del recurso suficiente para una generación estable; esta deficiencia es “compensada”, en el caso de la FV, aumentando el área de captación necesaria o implementando sistemas de almacenamiento, implicando un nuevo inconveniente. Por su parte, los parques eólicos aportan disturbios a la red eléctrica (armónicos) afectando la calidad de la energía en el sistema receptor. Todo lo anterior modifica las condiciones operativas y origina una rectificación continua de la práctica. No obstante, la evaluación de los sistemas técnicos debe hacerse en dos dimensiones, desde la perspectiva interna y externa. La segunda es abordada en menor medida, la mayoría de las veces, por los tecnólogos e incluso por los gobiernos.

La última valoración reflexiona sobre las consecuencias en la estructura social y ambiental, es decir: las necesidades a satisfacer y el valor que la sociedad les asigne para su satisfacción. En otras palabras, precisar cuáles son las repercusiones importantes es debatible, resultará de diferentes intereses y perspectivas. En este punto cabe preguntarse: ¿tecnología para qué y para quiénes? La decisión, de forma general, debería priorizar el cuidado del medioambiente y el bienestar social, pero ¿a todos les afecta de la misma forma? ¿Los intereses de cada grupo son los mismos?

Un acercamiento para admitir las adversidades de un sistema técnico es la aceptación de daños. Los resultados a perseguir deben ser moralmente aprobados para quienes administrarán el sistema y por los afectados; los mecanismos a utilizar han de ser permitidos por ambas partes; deben agotarse las alternativas viables sin que ninguna produzca menos daños para los mismos objetivos y los fines deben ser esperados aun con el conocimiento de las consecuencias inherentes (Olivé, 2012: 121-122). En el último punto, los daños no son conocidos en su totalidad, siempre quedan afectaciones no proyectadas y acciones incompletas, en palabras de Beck, riesgos inherentes a la tecnología. Dicho de otro modo, el colectivo científico está obligado a informar sus procedimientos a la sociedad para que entienda por qué debe confiar y conozca cuáles son sus acotaciones, con la finalidad de que sea ella quien decida el destino de la tecnología.

2. Límite de Betz.

A pesar de la indeterminación de los efectos de la técnica, no es solución prohibirla, aunque tampoco se trata de aceptar sin condiciones cualquier tecnología. Ante esta indecisión y buscando encontrar un punto neutro aparece el principio de precaución que, de acuerdo con Bourg y Schlegel (2004), junto con la ecología industrial y la democracia participativa, es una pieza clave del desarrollo permanente. En resumen, el círculo de científicos/tecnólogos debe aceptar el compromiso que los coloca como especialistas evaluando la eficiencia y realizando una manifestación de impactos, hasta donde sea posible, de las secuelas de las tecnologías diseñadas e implementadas, de ahí que el sistema se comporte de forma holista y no reduccionista. Sin embargo, la sociedad también debe participar y profundizar en la evaluación externa de los sistemas técnicos para su admisión y dispersión porque éstos modificarán su entorno.

4.1. Ciclo de vida de energías renovables

El objetivo central de Ramírez y Antero (2014) es indagar las complicaciones provocadas por los sobrantes industriales y, en general, de los productos después de su uso, analizando las consecuencias en tres ejes: ambiente, economía y sociedad. Estos residuos son, probablemente, la principal causa de los problemas ambientales. En este sentido, la tecnología, sin distinción, genera excedentes materiales. No obstante, la evaluación de los sistemas tecnológicos no se orienta a su periodo de acción (determinar sus momentos, en tiempo y espacio, de inicio y fin). A pesar de ello, existen herramientas de gestión ambiental, siendo la más importante el análisis de ciclo de vida (ACV) encauzada a reconocer, medir y caracterizar los impactos ambientales de un producto. La premisa básica es contabilizar las entradas y las salidas de energía y materiales a lo largo de sus etapas que, de acuerdo con CNPML (2001), son: extracción de minerales, transporte, fabricación, empaque, instalación, uso y disposición final.

En general, se visualiza a la producción de energía por medios renovables como no contaminante y amigable con la naturaleza, pero desde el enfoque de ACV éstas sí afectan al medioambiente: de este modo, Fthenakis y Kim (2010) encontraron que la energía primaria consumida por los módulos de silicio policristalino está entre 2400 a 7600 MJ/m², para el silicio amorfo varía de 710 a 1980 MJ/m², y para la tecnología de telurio de cadmio (CdTe) la calcularon en 993 MJ/m². En lo referente a los gases de efecto invernadero (GEI) (Gerbinet *et al.*, 2014), los estiman menores a 150 g de CO₂-eq/kWh, considerando al inversor, estructura de montaje y equipo eléctrico.³

Por su parte, Martínez (2017) desarrolló un ACV de un sistema FV sobre la base de 1 kWh.⁴ El análisis coincide con lo encontrado por Enguita (2012), para quien el proceso de fabricación de los módulos constituye el mayor impacto ambiental. Por ejemplo, el agotamiento de recursos abióticos representado por la extracción de aluminio, para el marco de los paneles, y plata utilizada en las celdas, abarca el 48.5% de los 2.3E⁻⁰⁶ (kg Sb-eq). Además, en el potencial de agotamiento de recursos abióticos fósiles, este

3. Incluye los seis GEI: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆.

4. El sistema FV está compuesto por módulos, inversor, estructuras y cableado eléctrico.

elemento también es el que consume la mayor cantidad de energía, requiriendo el 74.7% de los 4.77E-01(MJ). Mientras que el potencial de acidificación se ve afectado casi en un 60% durante la producción de la oblea, específicamente en los procesos de fabricación y el uso de productos químicos.

Asimismo, en el análisis del potencial de eutrofización el módulo, durante el proceso de corte de la oblea, es el que aporta la mayor cantidad de kg fosfato-eq/kWh. El rubro que representa el mayor impacto ocasionado por el panel solar es el potencial de agotamiento de la capa de ozono cuyo valor total del análisis es 3.62E⁻¹⁰ (kg R11-eq) y casi el 91% se debe a este elemento del sistema FV por el uso de polímeros en el encapsulamiento de las celdas.

Sólo hay dos rubros, continuando con Martínez, donde el principal causante no es el módulo; esto es, en la potencia de toxicidad humana quien contribuye en mayor medida es el inversor por la extracción de metales para su fabricación, prácticamente con el 34% del total, y en el potencial de ecotoxicidad acuática marina el componente con mayor aportación es la estructura de montaje con 80.74 (kg DCB-eq), representando el 36% del total. Resulta válido mencionar que la generación con gas natural de 1 kWh corresponde, según la Comisión Nacional para el ahorro de Energía (citado en López, 2009: 64), a 350 gramos de CO₂; en cambio, las emisiones producidas en el ciclo de vida de un sistema fotovoltaico se encuentran entre los 35-48 gramos de CO₂, esta diferencia, sin duda, es notable.

Matos *et al.* (2012) realizan una comparación de ACV entre sistemas aislados FV y eólico, definiendo como unidad funcional 1kWh.⁵ Los resultados exponen que el sistema FV causa un menor impacto que el eólico. Es decir, el primero produjo 0.051kg de CO₂-eq/kWh y el sistema eólico 0.171 kg de CO₂-eq/kWh. De forma contrastante, Ortiz (2015) también compara el ACV de estas dos fuentes de energía, encontrando una diferencia sustancial, donde la FV genera mayores afectaciones que la eólica; por ejemplo, en emisiones de carbono la FV representó 20.054.8 kg y la eólica 2626.33 kg, lo que se traduce en una relación de 8:1. En este importante punto, también en la categoría de contaminación de aguas residuales la planta FV contiene 122.11 kg de sales inorgánicas contra 0.18 kg de las generadas por la eólica. A pesar de lo anterior, en la categoría de residuos que no son reciclables existe una diferencia opuesta, esto es, el estudio reveló que la eólica origina 6843.23 kg frente a 68.98 kg de la FV.

En otro sentido, los generadores renovables no mantienen la potencia expuesta por los fabricantes durante todo el tiempo de producción, ésta se ve afectada a lo largo del tiempo, De acuerdo con IEA (2009) los sistemas FV pierden un 20% de su capacidad al final de su vida útil, cuantificándola de forma lineal. Por último, cabe mencionar otros impactos como el derrame de aceites/pinturas, en el caso de los aerogeneradores, en el suelo y agua, ocasionando afectaciones en las actividades locales repercutiendo socialmente en las comunidades. Al mismo tiempo, la degradación visual y producción

5. Sistema FV compuesto por panel FV, batería ácido-plomo, cables y aluminio. Sistema eólico formado por aerogenerador, regulador de carga y sistema de acumulación, inversor y elementos de protección.

de ruido son dos características negativas de la eoloelectricidad, siendo su mayor repercusión ambiental, o al menos la de mayor polémica, la muerte de avifauna.

4.2. Conflicto social: el territorio

La impresión general de las sociedades sobre las energías renovables es satisfactoria comparada con la generación convencional; no obstante, esta concepción se va difuminando conforme los proyectos se llevan a cabo. Tal es el caso expuesto por Tudela y Molina (2006), quienes señalan que pobladores del noroeste de Murcia desconfían de dos aristas: la afectación sobre el turismo rural y las repercusiones en la salud. Además, está presente la falta de información sobre los beneficios de este tipo de desarrollos, por ejemplo, creación de espacios laborales, condonación del servicio eléctrico, entre otros.

Por otro lado, Prada *et al.* (2007) encuentran que en Galicia el 73% de la sociedad considera a las energías alternas como la solución para encontrar la independencia energética y aminorar los conflictos ambientales, incluso por arriba de centrales hidroeléctricas y nucleares. El mayor obstáculo observado por la sociedad es el costo de la generación por medios renovables. Además, expone la diferencia existente entre los objetivos de la Unión Europea y España respecto a las preferencias de Galicia. Posiblemente el caso con mayor contraste entre la aceptación al inicio del proyecto y la pérdida de optimismo sea lo sucedido en Albacete. González (2008) muestra a la promesa olvidada de empleos para pobladores locales como uno de los aspectos prioritarios para el cambio de percepción; otras afectaciones representativas son el impacto visual, las afectaciones en el paisaje y la contaminación auditiva.

A pesar de las problemáticas mencionadas, el conflicto de mayor agudeza es el del territorio. De ahí la importancia de un apartado para su discusión.

4.2.1. El territorio

En gran medida, el detonante al impulso de las renovables, particularmente la eólica, es la renuncia de los países y empresas capitalistas a reducir su consumo energético situando a la generación con este tipo de insumos como su apuesta “preferida” para la lucha en la reducción de GEI. No obstante, Avilés (2010) se pregunta quién se beneficia con esta evolución energética cuando en el Istmo de Tehuantepec se produce para diversas empresas con el interés de aminorar su consumo energético, incluso del 80%, y cumplir con sus bonos de carbono.

En México, las políticas energéticas de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) favorecen, a través de procedimientos de intercambio de energía, sistemas de compensaciones y cargos por porteo, a las corporaciones interesadas en este sector asegurando su rendimiento (SENER, 2012: 57-61).⁶ Es decir, las empresas invierten más con la intención de obtener ganancias

6. Generar energía en puntos distintos al lugar de consumo.

que por mantener un ambiente sano. A pesar de ello, el peso ambiental les permite la aceptación, casi sin excepción, en el ámbito energético mexicano.

Uno de los aspectos más cuestionados de las renovables es el espacio necesario para su producción eléctrica; éste se vuelve un conflicto cuando la generación es a gran escala, provocando disyuntivas entre las compañías, el gobierno y los grupos sociales dueños de las tierras donde se instalan dichos parques. En la actualidad, en México, posiblemente sea Yucatán el sitio que ha cobrado mayor interés en identificar los impactos locales y regionales de grandes proyectos eólicos, donde Reyes (2017) encontró carencias e inconsistencias y demostró la ausencia de elementos para su correcta evaluación medioambiental.

Sin embargo, el caso más importante y grave son las granjas eólicas en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Aquí, de acuerdo con Castillo (2012), el motivo de oposición de diferentes colectivos, entre las que destacan Grupo Solidario La Venta, La Ventosa Vive, Asamblea en Defensa de la Tierra, es el cambio de propiedad de la tierra colectiva a privada. Pactar contratos con empresas eólicas les permite beneficiarse por el uso del suelo por 30 años con la opción de renovación. Sumada a esta condición, existe otra no menos importante: la concepción del territorio. Para los lugareños tiene connotación socio-cultural, asociada con la identidad y el patrimonio, mientras que para los impulsores de la energía eólica se reduce a su manejo e impulso económico.

A pesar de que existen diversos conflictos e impactos sociales, siguiendo a Avilés (2010), el mayor reto es lograr contratos equitativos y productivos. Claros ejemplos los representan los pagos hechos a los ejidatarios y comuneros en el istmo de Tehuantepec; siguiendo a Nahmad (2011) y CDPIM (2013), la reserva de tierras se pagó entre \$150-200 ha/año, por renta entre \$1500-12.000 ha/año, y cuando son afectadas con infraestructura (camino y generadores) de \$7500-36.000 ha/año, en tanto las regalías oscilaron entre 0.025-1.53%. Regueiro (2011: 134) encontró diferencias sustantivas con los casos estadounidense y algunos países europeos. Por ejemplo, por reserva de tierras en EU se pagaba \$2-10 por 0.405 ha, \$4000-8000 por MW instalado y las regalías variaban de 3-6%; en cambio, en España, la renta alcanzó los €3500 ha/año y la media de las regalías fue de 3.5%, mientras que en dos potencias eólicas como Holanda y Dinamarca el último aspecto varió de 4-10%.

A pesar de los bajos rendimientos otorgados, Apodaca (2012) estimó que el costo total de la energía proveniente del recurso eólico, incluido el porteo, en esta región de México fue de 6.5 ¢USD/kWh. De este modo, los grupos privados, ofreciendo un descuento del 5-10% en referencia al precio ofertado por CFE a los usuarios, principalmente del tipo industrial, alcanzaron ganancias hasta del 50%. De acuerdo con lo expuesto, los beneficios otorgados a los grupos sociales dueños de los territorios donde se asientan los aerogeneradores no son equiparables con las ganancias obtenidas por las empresas.

Un indicador positivo en los proyectos energéticos es mejorar los niveles de bienestar, lo que se pone en entredicho con los desarrollos eólicos en la región durante el periodo 2000-2010 en las localidades de La Venta y La Mata, donde se mantuvo el grado de marginación medio. Más preocupantes resultan los casos de La

Ventosa y Santo Domingo Ingenio, mismos que pasaron de un nivel medio a un alto grado de marginación (De la Vega *et al.*, 2011). Además, de forma inesperada, en 2010, de acuerdo con el Coneval (2011), Oaxaca tuvo el índice más alto de viviendas sin servicio de electricidad en el país (5.1%): 2.68 veces más grande que el promedio nacional. Finalmente, y a manera de resumen, siguiendo a Juárez y León (2014), en la **Tabla 1** se presentan las principales confrontaciones entre los grupos sociales y los desarrollos eólicos en esta zona del país.

Tabla 1. Conflictos en los proyectos eólicos en el Istmo de Tehuantepec

Arrendamiento de tierras	Participación comunidades	Efecto en el desarrollo social	Afectaciones ambientales
Información escasa	No hay consulta previa, libre e informada	El grueso de los empleos es temporal	Deterioro de suelo agrícola
Falta de orientación y asesoría	Cooptación de representantes de comunidades	Afectaciones a las actividades de sustento de la población	Pérdida de biodiversidad
Condiciones de los contratos de arrendamiento	División y confrontación de las comunidades	Obras de infraestructura social de bajo impacto	Generación de ruido
Monto de las contraprestaciones	Bloqueo a proyectos eólicos comunitarios	Concentración de los beneficios económicos por las empresas eólicas	Fragmentación de núcleos agrarios

98

Fuente: elaboración propia con información de Juárez y León (2014)

Se cierra este apartado con lo expuesto por quien fuera el director de Energía y Medio Ambiente de la SENER, Antonio Pérez Rodríguez: “Las fuentes de energía renovable (RES) han ingresado a la política energética de México principalmente por la búsqueda de objetivos de diversificación, no debido a objetivos ambientales o sociales” (Oceransky, 2009: 207).

Conclusiones

El impulso de las energías renovables tiene su origen en la crisis energética en la década de los 70; sin embargo, su participación en el sector energético mundial se desarrolló con el déficit ambiental de los 80. La participación social ha sido la punta de lanza para considerar a esta tecnociencia la principal de nuestro tiempo.

Si bien es cierto que las renovables, principalmente la eólica y la solar, son una ruta a seguir para alcanzar y acercarse a la sostenibilidad, no son las únicas. Otra opción podría ser combinar con las energías alternas la búsqueda de la maximización de la eficiencia, principalmente en los procesos industriales, consumidores de grandes cantidades de energía. Sin embargo, no parece que las eficiencias en los diversos

procesos sean la solución individual. Un tercer aspecto necesario es la autolimitación en la producción y consumo de bienes y servicios, aspecto sin duda poco factible de alcanzar por las naciones capitalistas con su estilo de vida derrochador.

Además del factor económico para considerar a las energías renovables como la “tecnociencia de nuestro tiempo”, debe sumarse la urgencia de su contribución al restablecimiento de las condiciones necesarias para alcanzar el equilibrio entre la actividad humana y la capacidad regenerativa del planeta. Por otro lado, no parece viable una prórroga en la actividad científica-tecnológica-industrial para lograr un bálsamo entre la sociedad y la biósfera. Por ello es forzoso modificar el binomio generación-consumo, y es en la primera donde las renovables aportan y colaborarán con el objetivo de la sostenibilidad, al tener, de primera instancia, la disponibilidad de los recursos energéticos a su favor.

Sin embargo, se debe ser consciente que la investigación y el desarrollo de los sistemas tecnológicos están rodeados de valores e intereses, sus resultados ya no son considerados sólo benéficos. Se deja de concebir a la ciencia como pura por la confusión orientada, al menos en el discurso, hacia la utilidad social. En esta situación, a la ciencia se le debe atribuir la responsabilidad por sus artefactos y sistemas técnicos al ser incapaz de describir los riesgos en su totalidad desde su proyecto, construcción y puesta en marcha, impidiendo una evaluación integral. De esta realidad, y dados los riesgos comunes, la sociedad es partícipe, y debería serlo más, de las decisiones en la valoración de las nuevas tecnologías. No es posible aceptar por unanimidad lo expuesto por los científicos y tecnólogos, ni ratificar a los desarrollos técnicos como los causantes, por sí mismos, del desarrollo social. Además, los hombres de ciencia deben informar sobre lo que saben y lo que no de sus avances para concederle a la sociedad la posibilidad de comprender/aceptar las posibles afectaciones y ser el actor principal en las decisiones finales de un desarrollo técnico.

99

Aunque la generación de energía por cualquier medio produce afectaciones positivas y negativas, la decisión de aprobar la construcción de proyectos renovables, principalmente desarrollos eólicos a gran escala, está basada en la reducción de GEI y en la independencia energética de los combustibles fósiles. En México no es significativa, demostrando un sentido lineal y restringido al subestimar consecuencias de gran relevancia como la reestructuración socio-territorial, favoreciendo el aspecto económico, el del progreso, sobre la calidad de vida de algunos grupos sociales, aumentando la desigualdad socioeconómica. En virtud de lo señalado, es apremiante la creación de normativas socioambientales donde se señale, en la medida de lo posible, la dimensión global de los impactos a mediano y largo plazo, y al mismo tiempo incluir a las comunidades locales en la toma de decisiones.

Por otra parte, factores como la demostración de repercusiones al medioambiente, a pesar de la notable ventaja ambiental sobre la generación con combustibles fósiles, los impactos ocasionados a la red eléctrica y, en un importante número de plantas renovables, la necesidad de contar con sistemas de respaldo para cubrir las intermitencias del sol y el viento, condicionarían, en cierta medida, la inclusión y aceptación casi unánime de estas tecnologías al cambio mundial del modelo energético.

Las contradicciones de esta “nueva” generación de energía son pocas veces presentadas a los grupos sociales a los que afectará de forma directa; poco se dice que producen residuos materiales, que la generación va disminuyendo con el paso del tiempo, en parte por el degradamiento de los materiales usados en su construcción. Además, una de las premisas de la GD es evitar las pérdidas energéticas; por eso se intenta acercar la generación a los consumidores y “adaptar” la generación a la demanda. Sin embargo, en países como México la producción a gran escala no se vende a los usuarios cercanos a ella, sino que se “lleva” a consumidores de tipo industrial, alejados del sitio de extracción, a pesar de que las afectaciones y los riesgos sí los tengan que “pagar” los dueños de los territorios donde se instalan estos generadores. De este modo, en orden de importancia, las políticas buscan subsanar el déficit energético, después el ambiental y, por último, el aspecto social.

Se sabe lo sucedido con las ideas desarrolladas por John Gray en “La comisión para la inmortalización. La ciencia y la extraña cruzada para burlar la muerte” (2014): los soviéticos no crearon al hombre nuevo, no vencieron a la muerte, volvieron a ser rusos. Está por verse si las energías renovables, con su potencial de reconfiguración, pueden modificar el rol y la concepción determinista-positivista dominante en los sistemas tecnológicos robustos y abastecer el insaciable consumo de los tiempos contemporáneos, encontrando el equilibrio entre factores sociales, energéticos y ambientales.

Bibliografía

APODACA, J. (2012): *El negocio de la energía eólica en México*. Disponible en: <http://energia.org.mx/el-negocio-de-la-energia-eolica-en-mexico-por-jose-luis-apodaca/>. Consultado el 18 de octubre de 2018.

AVILÉS, O. (2010): “Conflictos territoriales y perspectivas de desarrollo de la energía eólica en el istmo de Tehuantepec”, *Revista Mexicana de Opinión Pública*, n° 9, pp. 67-79.

BOURG, D. y SCHLEGEL, J. L. (2004): *Anticiparse a los riesgos*, Barcelona, Ariel.

BRITISH ASSOCIATION (1942): *El Adelanto de la Ciencia en Relación con el Progreso Mundial*, Buenos Aires, El Progreso de la Ciencia.

BRUNDTLAND, G. H. (1987): *Our common future*, World Commission on Environment and Development, ONU.

CAMPILLO, A. (2010): “Filosofía y Ecología, Curso de actualización científica Ciencia, Tecnología y Sociedad”, Departamento de Filosofía, Universidad de Murcia.

CASTILLO, E. (2012): “Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec”, *Revista Desarrollo Local Sostenible*, vol. 4, n° 12, pp. 1-14.

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (2001): “Análisis de ciclo de vida (ACV)”, *Seminario sobre perspectivas del sector industrial en los mercados verdes: una oportunidad para la industria nacional*, Medellín.

CHÁVARRO, L. A. (2004): “El debate sobre el determinismo tecnológico: de impacto a influencia mutua”, *Sistemas & Telemática*, vol. 2, n° 4, pp. 121-144.

COMISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (2018): *La función de la ciencia, la tecnología y la innovación en el aumento considerable de la proporción de energía renovable para el año 2030*, Consejo Económico y Social, ONU.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL DIALOGO CON LOS PUEBLOS INDÍGENAS (2013): *La energía eólica en México. Una perspectiva social sobre el valor de la tierra*. Disponible en: <https://consultaindigenajuchitan.files.wordpress.com/2015/01/eolico.pdf>. Consultado el 20 de octubre de 2018.

CONSEJO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SOCIAL (2011): *Carencia en el acceso a los servicios básicos en la vivienda*. Disponible en: http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/coneval/med_pobreza/Servicios_basicos_de_la_vivienda_Censo_2010/Carencia_servicios_basicos_vivienda_2010.pdf. Consultado el 10 de abril de 2018.

CREYTS, J., DERKACH, A., NYQUIST, S., OSTROWSKI, K. y STEPHENSON, J. (2007): *Reducing U.S. Greenhouse Gas Emissions: How Much at What Cost?*, Nueva York, McKinsey & Company.

DE LA VEGA, S., ROMO, R. y GONZÁLEZ, A. (2011): *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion. Consultado el 15 de marzo de 2018.

DE SOLLA PRICE, D. (1986): *Little science, big science... and beyond*, Nueva York, Columbia University Press.

DURÁN, O. (2011): “El diseño industrial y el cambio tecnológico-Apuntes desde estudios CTS”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. 11, n° 22, pp. 97-114.

ENGUITA, O. (2012): “Análisis del ciclo de vida para el desarrollo de las reglas de categoría de producto de sistemas fotovoltaicos para la edificación”, Proyecto final de maestría, Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático Escuela Superior de Comercio Internacional (ESCI), Universitat Pompeu Fabra.

ESTRADA, C. (2013): “Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia”, *Revista Mexicana de Física*, vol. 59, n° 2, pp. 75-84.

FOUQUET, R. (2009): "A brief history of energy", en J. Evans y L. C. Hunt (eds.): *International Handbook of the Economics of Energy, Cheltenham y Northampton*, Edward Elgar Publishing, pp. 1-19.

FTHENAKIS, V. M. y KIM, H. C. (2010): "Photovoltaics: Life-cycle analyses", *Solar Energy*, vol. 85, n° 8, pp. 1609-1628.

FUKUYAMA, F. (1989): "The End of History?", *The National Interest*, n° 16, pp. 3-18.

GERBINET, S., BELDOOM, S. y LÉONARD, A. (2014): "Life Cycle Analysis (LCA) of photovoltaics panels: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 38, pp. 747-753.

GONZÁLEZ, M. (2008): "Modernización ecológica y activismo medioambiental: el caso de la energía eólica en España", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 4, n° 11, pp. 95-113.

GRAY, J. (2014): *La comisión para la inmortalización: la ciencia y la extraña cruzada para burlar a la muerte*, Madrid, Sexto Piso.

GREEN, M. A., EMERY, K., HISHIKAWA, Y., WARTA, W., DUNLOP, E. D., LEVI, D. H. y HO-BAILLIE, A. W. Y. (2016): "Solar cell efficiency tables (version 49)", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 25, n° 1, pp. 3-13.

102

HARTOG, F. (2007): *Regímenes de historicidad: Presentismo y Experiencias del tiempo*, Ciudad de México, Universidad Iberoamericana.

HEILBRONER, R. (1967): "Do machines make history?", *Technology and Culture*, vol. 8, n° 3, pp. 335-345.

HERNÁNDEZ, L., BALADRÓN, C., AGUIAR, J., CALAVIA, L., CARRO, B., SÁNCHEZ-ESGUEVILLAS, A., PÉREZ, F. y LLORET, J. (2014). "Artificial neural network for short-term load forecasting in distribution systems", *Energies*, vol. 7, pp. 1576-1598.

HUGHES, T. (2004): *Human-built world. How to think about technology and culture*, Chicago, The University of Chicago Press.

IGGERS, G. (2012): *La historiografía del siglo XX. Desde la objetividad científica al desafío posmoderno*, Santiago de Chile, Fondo de Cultura Económica.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2009): *Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity*, Uster, Rolf Frischknecht, ESU-services Ltd.

JUÁREZ, S. y LEÓN, G. (2014): "Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social", *Revista Problemas del Desarrollo*, vol. 45, n° 178, pp. 139-162.

LÓPEZ, R. (2009): "Propuesta de aplicación de la energía fotovoltaica en el edificio del colegio preparatorio de Xalapa", tesis de especialidad, Universidad Veracruzana.

MARTÍN, M. y GONZÁLEZ, J.C. (2002): "Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS", *Revista Iberoamericana de Educación*, n° 28, pp. 17-59.

MARTÍNEZ DE BASCARÁN, G. (2002): "Medio Ambiente: futuro y pasado", *Ingeniería Química*, vol. 387, pp. 181-186.

MARTÍNEZ, E. (2017): "Análisis del ciclo de vida de una planta solar fotovoltaica en México", tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.

MATOS, K., QUISPE TRINIDAD, I. y ROLDAN, S. (2012): "Análisis de ciclo de vida de las energías renovables en el sector rural peruano", III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, pp. 36-40.

MOCARQUER, S., BARROSO, L. A., RUDNICK, H., BEZERRA, B. y PEREIRA, M. V. (2009): "Balance of power", *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 7, n° 5, pp. 26-35.

MURTHY, N. y BOJANCZYK, K. (2013): "Linkages in energy policy and technology: grid-scale renewables integration at high penetration levels requires sustained and corrective policy support", *IEEE Power & Energy Society General Meeting*, pp. 1-5.

NAHMAD, S. (2011): "El impacto social del uso del recurso eólico. Informe final para el consejo oaxaqueño de ciencia y tecnología", Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social Unidad Pacífico Sur.

NELKIN, D. (1984): "Science and technology policy and the democratic process", en J. C. Petersen (ed.): *Citizen participation in science policy*, Amherst, University of Massachusetts Press, pp. 18-39.

NIETO, M. (1995): "Poder y conocimiento: nuevas tendencias en historiografía de la ciencia", *Historia Crítica*, vol. 10, pp. 3-13.

NISBET, R. (1980): *History of the idea of progress*, Nueva York, Basic Books.

OCERANSKY, S. (2009): "Wind conflicts in the Isthmus of Tehuantepec. The role of ownership and decision-making models in indigenous resistance to wind projects in southern Mexico", *The Commoner*, n° 13, pp. 203-222.

OLIVÉ, L. (2012): *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y de la tecnología*, México DF, UNAM.

ORTIZ, Y. (2015): *Análisis de ciclo de vida de la generación eléctrica. Aplicación para una central eólica y una central solar fotovoltaica*, tesis, Universidad de Cuenca.

PRADA, A., VÁZQUEZ, M. y SOLIÑO, M. (2007): “Percepción social sobre generación de electricidad con fuentes de energía renovables en Galicia”, *Revista Gallega de Economía*, vol. 16, nº 1, pp. 1-20.

RAMÍREZ, V. y ANTERO, J. (2014): “Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial”, *Luna Azul*, nº 39, pp. 291-313.

REGUEIRO, R. M. (2011): *El negocio eólico. La realidad del empleo, promotores y terrenos eólicos*, Madrid, Libros de la Catarata.

REN21 (2010): *Renewables 2010 Global Status Report*, París, REN21Secretariat.

REN21 (2011): *Renewables 2011 Global Status Report*, París, REN21Secretariat.

REYES, I. (2017): “Yucatán ante un nuevo horizonte: Urgencia de conocimiento científico en el proceso local de la transición energética”, *Desde el Herbario CICY*, pp. 118-125.

ROMERO, J. (2010): “El estudio del determinismo tecnológico en la opinión pública: aportaciones teóricas, génesis y agentes”, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

104 RUDNICK, H., BARROSO, L. A., SKERK, C. y BLANCO, A. (2005): “South American reform lessons - twenty years of restructuring and reform in Argentina, Brazil, and Chile”, *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 3, pp. 49-59.

RUEDA, J. (2007): “La tecnología en la sociedad del siglo XXI: Albores de una nueva revolución industrial”, *Aposta revista de ciencias sociales*, nº 3, pp. 1-28.

SECRETARÍA DE ENERGÍA (2012): *Prospectiva del sector eléctrico 2012–2026*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62958/Prospectiva_del_Sector_El_ctrico_2012-2026.pdf. Consultado el 10 de marzo del 2019.

TUDELA, M. y MOLINA, J. (2006): “La percepción social de las energías renovables a través de una encuesta de opinión. Un caso práctico en localidades del noroeste murciano”, *Papeles de Geografía*, nº 44, pp. 141-152.

UNESCO (2015): *Informe de la UNESCO sobre la ciencia*, París.

VOVOS, P., KIPRAKIS, A., WALLACE, A. y HARRISON, G. (2007): “Centralized and Distributed Voltage Control: Impact on Distributed Generation Penetration”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, nº 1, pp. 476–483.

WACKERNAGEL, M., SCHULZ, N., DEUMLING, D., CALLEJAS, A., JENKINS, M., KAPOV, V., MONFREDI, C., LOH, J., MYERS, N., NORGGAARD, R. B. y RANDERS, J. (2002): “Tracking the ecological overshoot of the human economy”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, nº 14, pp. 9266-9271.

WEINBERG, A. M. (1961): "Impact of large-scale science on the United States", *Science*, vol. 134, n° 3473, pp. 161-164.

Cómo citar este artículo

LÓPEZ MERAZ, R. A. y LÓPEZ MERAZ, O. F. (2020): "Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 15, n° 45, pp. 83-105.