

ALGUNAS TESIS PARA LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SOSTENIBILIDAD.

J. Cendra^{*}, A. Stahel², À. Canadell³, M. Cano⁴, R. Bernal⁵, M. Cucina⁶, B. Lazzarini⁷,
J. Lobera⁸.

^{*} Càtedra UNESCO de Sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Catalunya
EUETIT, Colom 1, 08222 Terrassa, Espanya
Email: jaume.cendra@mmt.upc.edu – Pàgina web: <http://www.catunesco.upc.edu>

²⁻⁸ Càtedra UNESCO de Sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Catalunya
EUETIT, Colom 1, 08222 Terrassa, Espanya
Email²: stahel@catunesco.upc.edu – Email³: filosofiaterra@gmail.com
Email⁴: marcel.cano@catunesco.upc.edu – Email⁵: quesadilladesesos@yahoo.com
Email⁶: manuela.cucina@gmail.com – Email⁷: boris.lazzarini@upc.edu
Email⁸: pep.lobera@catunesco.upc.edu
Pàgina web: <http://www.catunesco.upc.edu>

Palabras clave: sostenibilidad, tecnología, evaluación.

Resumen. *"La tecnología no es ni buena ni mala. Tampoco es neutral. (...) Las interacciones de la técnica con la ecología social son tales que el desarrollo técnico muchas veces tiene efectos ambientales, sociales y humanos que van mucho más allá de los objetivos inmediatos del instrumento y de las prácticas técnicas. Y la misma tecnología puede tener efectos distintos según el contexto y las circunstancias en que son introducidas"*¹.

Con esta observación, el historiador de la ciencia Melvin Kranzberg apunta hacia un aspecto clave de la teoría de los sistemas: todo elemento – incluida la tecnología – está en función de su contexto. Un contexto del cual a la vez emerge y al cual cambia en función de las relaciones que se establecen con los demás elementos de este contexto, estableciendo un nuevo sistema específico. Con ello, la visión tecnocientífica clásica que intenta separar la técnica de sus usos – afirmando así la neutralidad de la ciencia y de la técnica – se ve negada

Frente a esta realidad sistémica e interdependiente de la técnica y frente a la crisis de sostenibilidad del actual modelo de desarrollo dominante, la evaluación y comprensión – y, cuando sea posible, la anticipación - de esos 'efectos ambientales, sociales y humanos' es de primordial importancia. Ello debe ser incluido ya en la práctica de la investigación y en el desarrollo de innovaciones técnicas y no algo que sea ajeno a las mismas.

Sin embargo, la plasticidad misma del concepto de sostenibilidad y la forma en que el concepto es utilizado y articulado por distintos actores (muchas veces para legitimar prácticas sociales contradictorias entre sí), lleva a la necesidad de establecer unos criterios mínimos que permitan contrastar distintos discursos y distintas tecnologías en sus pretensiones de dar respuesta a esos retos planteados por la (in)sostenibilidad. Esta ponencia

pretende aportar una serie de cuestiones clave que deberían tenerse en cuenta a la hora de evaluar la 'sostenibilidad' de la técnica.

1 TECNOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: EL RETO PRESENTE.

El papel central que la tecnología ha tenido a lo largo de la historia (y prehistoria) en el desarrollo de las distintas sociedades es evidente. De hecho, la evolución que ambas han experimentado es indisoluble, de forma que los mismos historiadores denominan a aquéllas por la innovación tecnológica más preeminente realizada durante esa época. No es de extrañar, por tanto, que con el advenimiento de la sociedad industrial y el enorme poder de intervención en la realidad que le proporcionaban la ciencia y la tecnología, un ferviente sentimiento de optimismo invadiera Europa:

“Tras la revolución industrial en Inglaterra, una sensación general de optimismo impregnó la sociedad occidental. Una creencia común era que el conocimiento científico, el crecimiento del cual no conocía límites, podría siempre aplicarse a los problemas de la sociedad. Como la ciencia y la tecnología eran tan exitosas produciendo invenciones maravillosas, se tenía la sensación de que podrían solucionar cualquier problema humano”².

Aún en el año 1933, el lema de la Feria Internacional de Chicago, significativamente denominada como *Century of Progress*, rezaba:

“La ciencia descubre, el genio inventa, la industria aplica, y el hombre se adapta o es modelado por las novedades. Individuos, grupos, razas enteras de hombres caen al compás de la ciencia y la tecnología”³.

Pero hoy sabemos que la tecnología moderna no sólo ha jugado un papel determinante en el (buen) desarrollo de las sociedades occidentales (y occidentalizadas), sino también en la conformación de las diversas consecuencias negativas, algunas bien conocidas y otras menos, derivadas de ese modelo de desarrollo: la contaminación química en sus más diversas variantes (aire, agua y suelo), afectando a la salud de los ecosistemas con toda su riqueza de flora y fauna, y a los mismos seres humanos; la disminución del ozono estratosférico con sus otros tantos efectos; o la cada vez más evidente potencial amenaza (y realidad) subyacente en el cambio climático, por citar los más conocidos. Pero los impactos de la tecnología no se circunscriben únicamente a la vertiente ambiental, pues sus efectos acaban manifestándose también, la mayoría de las veces de forma más bien desapercibida, en las prácticas socioculturales: aceleración del ritmo de vida; automatización y robotización del trabajo; polarización tecnológica (y como consecuencia política) entre ricos y pobres; exigencia de inmediatez y accesibilidad a los otros en la comunicación social, etc. Está claro que para algunos estos serán sólo algunos efectos secundarios del deseado desarrollo tecnológico, pero ¿son ellos un necesario e inevitable peaje en la ruta de la mejora de las condiciones humanas? Seguramente, la respuesta sea que no necesariamente tendría que ser así. No obstante, lo ha sido. Tal como apuntamos en otro lugar, las causas son múltiples⁴, pero como señaló Ulrich Beck⁵, el olvido de la naturaleza en los albores de la revolución científica fue el ingrediente

necesario para que ello siguiera ese camino. El error ha sido mayúsculo. El resultado, la *hybris* hecha práctica social.

Sin embargo, el hecho de que no hayamos estado más atentos a los efectos derivados del uso de nuestro enorme desarrollo tecnocientífico, con el que nos hemos ido dotando desde entonces, no tiene que ser evidentemente la pauta para que lo continuemos haciendo, sino más bien todo lo contrario. Nadie puede negar que la tecnología tenga que estar al servicio de la mejora de las condiciones humanas, pero ¿cómo hacer para que ello sea así y no acabe volviéndose en sentido contrario?, ¿es manejable el desarrollo tecnológico?, ¿existe una técnica neutral?, ¿responde ésta a unos determinados intereses?, ¿si ello es así, cuáles son los resortes sobre los que actuar? El reto es enorme en la medida que la tecnología no se puede separar del resto de las prácticas económicas, políticas y sociales que la condicionan (al mismo tiempo que ella las condiciona). Pero lo es doblemente en la medida que intentar prever sus efectos futuros, al menos de forma precisa, tal como comentaremos más adelante, es tarea imposible.

Con esta contribución no pretendemos, ni mucho menos, responder a estas preguntas, sino tan sólo apuntar algunas cuestiones, tomadas de diversos autores y sintetizadas aquí, que, planteadas desde una perspectiva sistémica, nos ayuden a reflexionar sobre la sostenibilidad, o no, de la tecnología, o mejor de las diversas tecnologías con las que nos confrontamos cotidianamente y que de forma, aparentemente imperceptible, conforman nuestra vida.

2 ALGUNAS TESIS SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA.

1. La tecnología es poder. Si queremos comprender el fundamento transformador de la tecnología debemos acudir a su capacidad más fundamental: su poder. Poder para transformar el entorno natural de una sociedad facilitando con ello su capacidad adaptativa hacia él^a. Pero también, tal como nos han enseñado los antropólogos sociales, poder simbólico adjudicado a la tecnología de forma indefectible por los propios usuarios actuando así como mediador de sus relaciones sociales. Poder que, en definitiva y por estos motivos, termina por transformar a la misma sociedad que la ha adoptado. Por ello, tiene poco sentido hablar de una tecnología sin hacer referencia a su contexto de utilización social, y así Hughes ha acuñado el término de ‘sistema sociotécnico’⁸ para designar al entramado de interacciones que acaecen entre ellos.

Es por ello, que esta tesis figura como principio básico, fundamento de todas las demás y, es por ello, que la tecnología juega un papel tan importante en la consecución de una sociedad sostenible. Poner de manifiesto algunas de las consecuencias implícitas en el uso de una tecnología y descubrir como ellas actúan, a fin de poder manejarlas en aras de la sostenibilidad, es el objetivo de este trabajo.

2. No hay tecnologías sostenibles (ni insostenibles): la sostenibilidad es una propiedad de un sistema, no de una de sus partes. De la misma forma que la supervivencia de un

^a Queremos remarcar, no obstante, en la línea de lo expuesto por Pfaffenberger⁶, que no hay un determinado nivel de desarrollo tecnológico ‘necesario’ para que esa adaptación se produzca, pues como lo demuestra la historia de las civilizaciones, estas siempre se han adaptado a su entorno con su propio nivel tecnológico. Por ello Ortega y Gasset afirmaba que “la tecnología es la construcción de lo superfluo”⁷.

individuo (su sostenibilidad) se construye a partir de la suma de las múltiples decisiones tomadas diariamente que le permiten mantener su estado de salud física, psíquica y social (su acoplamiento estructural con el medio), así la sostenibilidad de un sistema sociotécnico se construye también a partir de múltiples elecciones tecnológicas que determinarán, a largo plazo, la sostenibilidad del sistema global (el desarrollo en la escala temporal). En ambos casos, una sola decisión errónea puede poner en peligro la supervivencia del sistema, pero ninguna decisión correcta la asegurará por sí sola. Así la sostenibilidad de un sistema sociotécnico se construirá a partir de la contribución sostenible de cada elección tecnológica, considerando de forma interrelacionada sus dimensiones ambiental, económica y social (sus posibles impactos). Además, en la medida en que la definición del desarrollo sostenible contempla el derecho de las generaciones futuras a la satisfacción de sus propias necesidades, deberemos considerar también una perspectiva a largo plazo. Dicho de otra forma, la sostenibilidad del sistema global se construirá a partir de la adecuación ambiental de las tecnologías adoptadas, de su necesaria viabilidad económica y de su contribución a la satisfacción de alguna necesidad social, ahora y en el futuro. Todas son, por sí solas, condiciones necesarias pero no suficientes, pues es necesaria la integración conjunta de las tres para poder hablar de una tecnología sostenibilista. Por poner un ejemplo, la sostenibilidad de una infraestructura viaria vendrá dada, en primer lugar (yendo desde la escala menor a la mayor), por el menor impacto ambiental posible de los materiales con los que ha sido construida y por el impacto paisajístico ocasionado por aquella, pero también por su viabilidad económica determinada dentro de la lógica del sistema económico imperante (aunque en ambos casos, en la asunción de los impactos ambiental y económico, siempre habrá una supeditación a unos valores sociales regentes), y sobre todo por aquella necesidad social que intenta satisfacer, pero teniendo en cuenta su contribución, a mayor escala, sobre la sostenibilidad del modelo de desarrollo en la que aquella se inserta. Así un puente será sostenibilista en la medida en que, además de que sus impactos ambientales y económicos sean socialmente justificables, su función dentro de la región en la que se implanta contribuya a su desarrollo sostenible. De poco serviría haber cuidado hasta el último detalle el impacto ambiental de sus materiales si su función contribuyera al deterioro económico y/o social de alguna de las regiones que conecta. Por tanto, un puente, por sí mismo no puede ser tildado de sostenible (a no ser que nos refiramos con este término a su resistencia estructural), sólo su contribución al sistema global determinará esta característica. Al mismo tiempo que la sostenibilidad de éste dependerá además de un sinnúmero de otras opciones tecnológicas (y sociales), las cuales a fin de poder evaluar su sostenibilidad, habrán tenido que ser consideradas desde su contribución final al sistema, teniendo en cuenta las posibles interacciones entre ellas.

Como ejemplo, dramático en este caso, de esta tesis, podemos pensar también en el impacto que representó para la sociedad neolítica de los Yir Yoront, en la Australia septentrional, la introducción, por parte de misioneros blancos en los años cincuenta del siglo pasado, de simples (¿sostenibles?) hachas de hierro repartidas de forma indiscriminada entre los componentes de esa sociedad. La no consideración, por parte de aquéllos, del valor dado por los indígenas a su posesión, alteró de forma crítica toda la estructura jerárquica en la que estaba basada su organización social, terminando por destruirla⁹. Y como ejemplo, también,

pero en este caso en sentido contrario, de tecnología ‘insostenible’, podríamos pensar en el hipotético uso ‘sostenible’ de un misil nuclear lanzado contra un asteroide que amenazara con impactar contra la Tierra^b.

Muy a menudo se habla también de tecnologías sostenibles, en el sentido de su sostenibilidad ambiental, pero aún en este caso, debemos recordar que no hay tecnologías con impacto ambiental cero¹⁰ y menos aún sin algún tipo de impacto económico y/o social. Seguramente, que el término más adecuado para hablar de este tipo de tecnologías sería el de tecnologías *sostenibilistas*, ‘contribuidoras a la sostenibilidad’.

3. La capacidad de una tecnología para contribuir a la sostenibilidad del sistema global dependerá de su adecuado acoplamiento estructural con éste. La simple existencia de una tecnología transforma, en mayor o menor grado, los diferentes ámbitos humanos. Tal como hemos visto, la introducción de tecnologías ‘simples’, como las hachas de hierro, pueden tener efectos imprevistos e indeseados en una cultura. Pero el sentido y la intensidad en que se producirá esta transformación dependerá de su acoplamiento estructural con el entorno (ver Fig.1), en el cual entrarán en juego, por un lado, las características intrínsecas de la propia tecnología (aspecto 1) y, por otro, las características del propio sistema social y tecnológico, así como las del contexto ambiental en el que ella se inserta (aspecto 2; que, por oposición denominaremos, características extrínsecas) que, en su interacción dialéctica, acabarán condicionando, que no determinando, los posibles usos sociales (aspecto 3) que finalmente tendrá dentro de ese sistema, en función de los muchos posibles. Por lo tanto, podríamos hablar de una ‘autonomía relativa’ en el uso social de una tecnología, enmarcada por los márgenes de actuación que nos dan las propiedades intrínsecas y las extrínsecas. De forma que en determinados casos serán las características intrínsecas quienes condicionarán en gran manera los posibles usos (p.e. el caso del tren que implica una fuerte inversión económica para su implantación y con un uso social muy determinado), mientras que en otros serán las características del sistema social quienes los limitarán (por poner uno de los ejemplos más emblemáticos, podemos mencionar el caso de la pólvora, la brújula o la imprenta en la antigua China, que coexistieron durante siglos con una tradición milenaria sin perturbarla, pero que cuando llegaron a Europa, la transformaron a ella y al mundo entero en tan sólo algunas décadas).

Por ello es necesario destacar que en la implementación de una tecnología no todos los usos serán posibles de entrada. Pues, toda tecnología (aspecto 1) se hace con unos objetivos concretos y estos objetivos condicionan, con diferentes grados y posibilidades (según la tecnología y/o el contexto en que ésta se introduce), sus usos (aspecto 3). Pero, al mismo tiempo, los diferentes intereses, políticas o valores, en conflicto dentro de una sociedad, así como el contexto natural en el que determinada tecnología se aplica (aspecto 2), promueven elementos distintos, como la obsolescencia programada o la incompatibilidad de partes de una tecnología entre diferentes productores; o que se desarrolle masivamente una tecnología u otra.

^b Pudiera parecer, con estos ejemplos, que estamos apuntando a la tesis de que la tecnología es neutra, y lo que determina su bondad o maldad son sólo sus posibles usos, sin embargo, como veremos más adelante no es ésta nuestra posición.

En esta dialéctica entre los aspectos intrínsecos y extrínsecos de toda tecnología, articulada y reflejada en los distintos usos, nos encontramos con que estos son condicionados por aquéllos, aunque guardan, en relación a ellos, una mayor o menor autonomía relativa, según el caso. Así, en función de los intereses y objetivos específicos con que determinada tecnología es producida o según las características extrínsecas de los contextos (tanto las condiciones naturales del entorno, como de las formas de organización social y de los valores culturales prevalentes), se dará un mayor o menor abanico de usos posibles. De esta forma, más allá del determinismo estructural, por un lado, (planteando una no-neutralidad radical, en la medida que los usos estarían estructuralmente determinados por la propia tecnología) o de la neutralidad de la tecnología, por el otro (en la medida que todo dependería de los usos que se den a la tecnología), con este esquema podemos ver que de lo que se trata es de una dialéctica entre las características intrínsecas y las extrínsecas, mediadas por los usos. Así lo que tenemos es una no-neutralidad parcial, que no absoluta, en la medida que aparece esta autonomía relativa de usos. Al mismo tiempo que podemos ver, como esta autonomía puede ser afectada, e idealmente ampliada, si cambian las características intrínsecas o las extrínsecas o ambas simultáneamente.

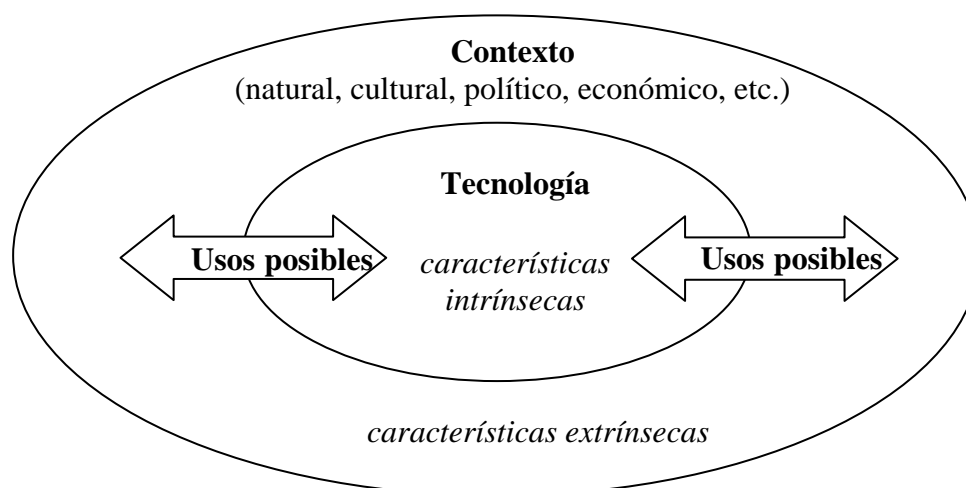


Figura 1: Esquema de la relación entre las características intrínsecas, extrínsecas y usos de una tecnología.

En el caso de los Yir Yoront, antes comentado, tan sólo que los misioneros hubieran tenido en cuenta el elemento simbólico de poder social implícito, para los indígenas, en el hacha y hubieran intercambiado sus hachas metálicas por las de piedra en posesión de los ancianos, respetando así su estructura jerárquica, seguramente que el acoplamiento de la nueva tecnología con la sociedad hubiera sido mucho menos dramático de lo que acabó siendo^c.

En el caso del automóvil, podríamos pensar en la promoción de sus usos 'sostenibles': para el transporte público, para la satisfacción de necesidades sociales como ambulancias, bomberos, transporte de mercancías, etc. pero comportando una fuerte regulación social que

^c Evidentemente, se trata aquí de un uso simbólico del hacha, no de su uso instrumental.

penalizase los usos individuales, que por su excesiva extensión acabasen imposibilitando su viabilidad para todos (lo que comportaría la negociación de un equilibrio entre las propiedades intrínsecas del automóvil y las de su contexto).

En este sentido, podríamos hablar de un principio de socio-compatibilidad de una tecnología, que asumiendo su no-neutralidad, se plantea, previamente a su implementación en una sociedad determinada, preguntas como: ¿Esta tecnología es compatible con la dinámica social del lugar en el que se implementa?, ¿fortalecerá o disminuirá sus lazos sociales? En otras palabras, los lazos y dinámicas sociales deben estar por encima de los criterios tecnocráticos en la toma de decisiones tecnológicas (la tecnología debe servir a la sociedad en la que se implementa, no la sociedad a la tecnología). El asunto no es privar a una sociedad de una tecnología particular, sino adaptarla a la sociedad particular para hacer que su uso favorezca y no destruya los lazos sociales existentes. Es buscar para cada caso, un modelo particular de apropiación o de desarrollo tecnológico para hacer que sea socialmente compatible. Sólo así se respetará la diversidad y la soberanía de pensamiento de cada cultura. Si un modelo tecnológico es implantado, como un “caballo de Troya”, en una estructura social diferente a la que lo acoge, difícilmente esta tecnología resultará socialmente compatible (a no ser que acabe desarrollando usos alternativos muy distintos a los previstos^d). Podemos decir que al destruir o comprometer las redes sociales y el modelo cultural, se está perdiendo diversidad y riqueza, tanto en los modelos, como en las redes y las relaciones sociales, la cual puede ser considerada como ‘insostenible’.

En el mismo sentido, deberíamos de hablar de bio-compatibilidad y de econo-compatibilidad (o viabilidad económica) de una tecnología, con el entorno natural o con el sistema económico, respectivamente, lo que plantearía cuestiones cómo ¿esta tecnología es compatible con los ecosistemas locales?, ¿con su geología y su clima?. ¿Cómo afectará a la economía local?, ¿y a los empleos? Tener en cuenta esos aspectos extrínsecos es fundamental, principalmente cuando entramos en el campo de la transferencia de tecnologías, creadas pensando en unos determinados objetivos y contextos concretos (y, por ello, determinadas características intrínsecas), y las transferimos a contextos con características extrínsecas distintas, lo que conduce a dialécticas y posibilidades de uso muchas veces radicalmente distintas (tal como ya hemos comentado en la nota anterior).

4. El efecto de una tecnología sobre el sistema al cual se acopla (y del cual forma parte) varía en función de su escala relativa. Todo en el universo tiene su escala adecuada de funcionamiento¹¹. Por debajo de un umbral, faltan la masa crítica y los elementos necesarios para su existencia, por encima de otro, el sistema se derrumba bajo su propio peso o explota por sus excesos. También la existencia de un sistema dinámico abierto como lo es el desarrollo (y, por lo tanto, su ‘sostenibilidad’) viene dada por el equilibrio dinámico entre las partes que, a su vez, reposa en un equilibrio dinámico entre sus escalas relativas. Así, una concentración relativa del CO₂ atmosférico es fundamental para los equilibrios climáticos y para la vida sobre la Tierra. Por debajo de un determinado nivel, la concentración sería insuficiente para el proceso de fotosíntesis vegetal (y, por lo tanto, de la producción primaria

^d Pfaffenberger comenta, en el artículo ya citado, alguno de estos casos de apropiación ‘amable’ de una tecnología extraña, a la cual se le da un uso totalmente ajeno a su función inicial.

neta fundamental para asegurar la vida sobre la Tierra) mientras que por encima, el efecto invernadero resultante provocaría un aumento de las temperaturas excesivo para las actuales dinámicas ecosistémicas y humanas. Lo mismo se aplica a todo, desde el tamaño de la población humana a su nivel de consumo, desde las precipitaciones lluviosas a la radiación solar.

Además, en la medida que los sistemas son dinámicos, estos límites cambian. En el caso de la concentración relativa del CO₂ atmosférico, esta observó un declive progresivo a lo largo de las eras geológicas, contrarrestando así el aumento de las radiaciones solares resultante de la dinámica evolutiva del Sol. El corolario de este efecto de escala adecuada de los sistemas es que las consecuencias de cualquier elemento de un sistema, sobre la sostenibilidad del todo, depende no del elemento en sí sino de su escala relativa con relación al conjunto y, además, varía en la medida en que varía la extensión y la intensidad de su uso. No es lo mismo utilizar un móvil 10 minutos que 10 horas al día, ni que existan 100 o 100 millones. Además el efecto de una unidad adicional no es lineal ni constante. Tampoco los humanos (o mejor el consumo humano) son un problema en sí, sino que éste depende de su escala (sobrepoblación o sobreconsumo). Pero además, a medida que el sistema se va acercando al umbral máximo, los efectos de una unidad adicional son progresivamente más insostenibles. Por ello, el ‘coste externo’, ambiental o social, de cualquier tecnología no es un valor único y fijo, sino que varía en función del conjunto (peso relativo de esa tecnología con relación al total) y del tiempo (cambios del contexto). Algunos coches, a lo mejor, no representan un problema de sostenibilidad. El conjunto del parque automovilístico, sí. Y, más aún, en la medida que aumente la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera o nos acerquemos al *peak oil*, y el consumo de combustibles para los coches compita con la producción de alimentos para los humanos.

5. Las tecnologías y su contexto social coevolucionan dinámicamente. Así, debemos destacar que ya la etapa previa de invención e innovación de una tecnología responde a unos valores de fondo, estrechamente vinculada con la visión y el sistema de poder existentes en esa sociedad, los cuales condicionan el desarrollo de unas tecnologías (o sea, de sus propiedades intrínsecas) frente a otras. En este sentido, no existe una “técnica en sí”. De hecho, la creación de una tecnología surge a partir de unas necesidades de uso que no siguen fines abstractos o ahistóricos sino bien determinados, fruto de un conjunto de valores, individuales y sociales, fácilmente identificables (aliviar al ser humano de algunas necesidades, como el trabajo manual, o eliminar los obstáculos al incremento indefinido de la productividad industrial y el aumento del consumo, etc.). Es por esta razón, que no tiene sentido hablar de la neutralidad de la técnica, como tampoco se puede vincular únicamente la contribución de una tecnología a la sostenibilidad del sistema, a un tipo u otro de uso tecnológico. Así, es común distinguir el uso de la energía nuclear, con fines pacíficos o bélicos, como condición previa para poder discutir si es ‘sostenible’ o no lo es. Sin embargo, para la sostenibilidad, es fundamental un razonamiento previo, es decir, porqué surge la necesidad de disponer de inmensas cantidades de energía que estimulan la investigación sobre un determinado tipo de tecnología, y bajo qué intereses y con qué finalidades dicha tecnología es desarrollada.

Pero además de estas consecuencias buscadas y estimuladas por el sistema, en el proceso de implementación tecnológica aparecerán propiedades emergentes, normalmente no previstas ni sospechadas. Es por esta razón, que la introducción de una tecnología en una sociedad es siempre un proceso complejo, incierto, difícilmente controlable y en el que se debería de actuar, por tanto, con precaución¹². Así una de estas consecuencias es el llamado efecto Jevons o ‘efecto rebote’, ocurrido cuando, a causa del incremento en la eficiencia de una determinada tecnología, contrariamente a lo previsto, su consumo se dispara en vez de disminuir, p.e. el aumento espectacular de los viajes aéreos en compañías de *low cost* o el uso intensivo de bombillas de alta eficiencia. También podríamos hablar aquí del ‘efecto venganza’ estudiado por Tenner¹³, señalando como muchas veces la solución de problemas inmediatos a escala local acaba generando problemas y desequilibrios a una escala más amplia y a largo plazo, que no sólo pueden ser peores que los problemas solucionados, sino que también son más complejos y de difícil resolución. El uso del asbesto, del DDT o de los CFC’s, con unos objetivos tecnológicos e industriales concretos, que han acabado generando problemas globales complejos son algunos de los ejemplos clásicos. Sin embargo, otros como el incremento del ‘efecto isla’ registrado en las grandes ciudades como consecuencia del uso masivo de sistemas de aire-acondicionado, lo cual acaba incrementando a su vez su uso, o la destrucción de misiles en el aire con la generación de gran cantidad de fragmentos, los cuales pueden llegar a ser más peligrosos que los efectos del mismo misil impactando en un solo objetivo (efecto detectado en Israel a raíz de la primera guerra de Irak), son igual de significativos.

Tal como nos enseña la teoría de sistemas y de la complejidad, en la medida que el acoplamiento estructural de una tecnología con su contexto sociocultural conforma un sistema dinámico complejo, su comportamiento no es predecible a largo plazo, pues ésta es una de las características definitorias de este tipo de sistemas. Igual que los pronósticos meteorológicos difícilmente atinan a predecir el tiempo más allá del período de algunos días, por mayor que sea la capacidad computacional invertida, el impacto que una tecnología pueda tener en su contexto, como consecuencia de las posibles emergencias surgidas de ese acoplamiento, sólo será parcialmente predecible y ello aún en una escala temporal corta. Es por ello que cualquier predicción a largo plazo está condenada al fracaso, pudiéndose como mucho prever tan sólo algunas de esos impactos (podríamos decir, haciendo una tautología, que aquellos más previsibles). Así la evaluación de tecnologías es, tal como nos ha dictado la experiencia acumulada desde los años 70 del siglo pasado, cuando se inició esa actividad, un proceso de acompañamiento más que de predicción. Frente a la dificultad de prever los efectos de una tecnología en su fase inicial (momento en el que más fácilmente se podría actuar sobre ella en la medida que su trayectoria tecnológica todavía no está asentada), la Evaluación Constructiva de Tecnologías plantea una evaluación continuada en el tiempo, a fin de hacer una previsión a corto plazo que permita detectar y corregir, si es posible, sus efectos no deseados de forma rápida¹⁴. Desgraciadamente, la falta de conciencia pública de esa necesidad y la dinámica de constante innovación tecnológica característica de nuestro sistema de mercado, dificultan la implementación de ese tipo de iniciativas preventivas.

6. Toda tecnología establece y requiere unas condiciones para su uso y éste condiciona el entorno y la sociedad. De la dialéctica, anteriormente expuesta, entre las características extrínsecas e intrínsecas, articulada por los usos específicos que se da a determinadas tecnologías en determinados contextos, emerge la no-neutralidad de la misma, es decir: la forma en que toda tecnología, a la vez que surge de y en determinados contextos socioculturales y ecológicos, también incide sobre estos y los transforma. Para entender mejor el sentido de estas transformaciones recíprocas entre la técnica y su entorno, conviene recuperar la metodología desarrollada por Max-Neef, Elizalde y Hopenhaym, en los años 1980, al proponer el paradigma del desarrollo a escala-humana¹⁵. Partiendo de una concepción holística del proceso del desarrollo y de una clara distinción entre lo que serían las necesidades humanas (pocas, limitadas y comunes a todos los seres humanos) de sus satisfactores (las distintas formas, históricamente y culturalmente variables, por medio de las cuales distintas sociedades intentan satisfacer esas necesidades), esos autores aportan una interesante herramienta de comprensión y evaluación del desarrollo. Además, como vimos en otra parte¹⁶, este paradigma también sirve como potente herramienta de comprensión y evaluación de los efectos sistémicos de la tecnología en sus distintos contextos de utilización.

Efectivamente, toda necesidad para ser atendida requiere de la existencia y actuación conjunta de distintos satisfactores a distintos niveles existenciales (clasificados según establece el paradigma del desarrollo humano en cuatro dimensiones fundamentales e interdependientes: las del *ser, hacer, tener y estar*). En función de esta distinción entre necesidades y satisfactores, podemos entender que toda tecnología representa un satisfactor, de una o más necesidades, pero que, ella en sí misma, no es una necesidad. Pues en realidad, no tenemos necesidad de neveras o de coches, si no de los servicios que nos proporcionan, pues ellos sólo son medios de satisfacción de determinadas necesidades (llamados por ello satisfactores), como lo pueden ser las de subsistencia, de ocio o, en algunos casos, incluso de identidad, las cuales podrían ser satisfechas mediante otras tecnologías/satisfactores, p.e. acudiendo a un supermercado o utilizando un autobús.

Sin embargo, y este es el punto interesante cuando hablamos de evaluación de tecnologías, no sólo los satisfactores pueden (y son) múltiples y variados según las distintas culturas y sociedades, sino que también son distintos en sus efectos y capacidad de satisfacer, o no, de forma sostenible determinadas necesidades. A tal efecto, los satisfactores son clasificados (de mejores a peores) en sinérgicos, singulares, pseudo-satisfactores o destructores, según la clasificación establecida por sus autores^e.

Más aún, la simple posesión de una tecnología, pongamos p.e. el caso de un coche, no sería suficiente para la satisfacción de la necesidad, ya que se hace necesaria la existencia simultánea y complementaria de los satisfactores adecuados en las otras dimensiones

^e Sinérgicos son aquellos satisfactores que satisfacen más de una necesidad a la vez – como la lactancia materna, singulares los que sólo atienden a una necesidad concreta, pseudo-satisfactores serían los que aparentemente sirven para atender una necesidad pero no lo hacen a medio/largo plazo (p.e. el sentimiento de identidad derivado del consumo de moda) y destructores son aquellos que destruyen/inhiben la satisfacción de otras necesidades fundamentales, como p.e. la ‘guerra contra el terror’ iniciada por la administración de los EEUU después del 11S que, en aras de la seguridad destruye la participación, la autonomía e incluso el entendimiento por parte de los ciudadanos.

existenciales. Así, además de *tener* un coche (dimensión del tener), hace falta *ser* conductor o pasajero (dimensión del ser), *conducir* o ser *conducido* (dimensión del hacer) y estar/relacionarse en un entorno favorable para todo ello, p.e. la infraestructura vial (dimensión del estar). Ello implica que toda tecnología requiere de determinadas características/formas de *ser*, *tener*, *hacer* y *estar*. Y estas condicionan y están condicionadas por la relación entre las propiedades intrínsecas y extrínsecas, antes citadas. Así, *tener* un teléfono móvil requiere determinadas formas de *hacer* (hablar, chatear o simplemente escuchar música, etc.), de *ser* (ya que no todas las formas de ser permiten la misma utilización o incluso son compatibles con el uso de un móvil) y de *estar* (lo que incluye *estar* con cobertura, lo cual requiere de un entorno tecnificado donde existan las tecnologías de transmisión de datos apropiadas).

Como ya indicaba Sachs¹⁷, aunque sigamos concibiendo la tecnología en términos de objetos (móvil, nevera, batidora o coche), la realidad de la tecnología – y particularmente de la tecnología moderna – es que viene expresada por grandes sistemas tecnológicos. El móvil o el ordenador sólo son el terminal local de un enorme sistema técnico que requiere del funcionamiento simultáneo y coherente del conjunto, el cual incluye torres de retransmisión de la información, centrales eléctricas y sus redes de distribución, así como de la extracción y el transporte de los recursos naturales necesarios, como también de todos los sistemas técnicos, industriales, sociales e incluso militares, fundamentales para el buen funcionamiento de esta *megamáquina* moderna¹⁸. De la misma forma, los coches requieren, además del petróleo, carreteras e infraestructuras, de determinadas formas de ser y hacer, que, a su vez, provocan determinados efectos secundarios y no deseados sobre el medio ambiente, la sociedad y la cultura, como la contaminación ambiental y la remodelación del territorio y de las ciudades a la medida del coche; los cambios en la forma de convivencialidad social y de relacionarse y percibir el entorno; los accidentes de tráfico e incluso, yendo más allá, el desarrollo, en el ámbito de la medicina moderna, de la traumatología o, en el de la industria financiera, de los seguros.

7. No todas las tecnologías, sirviendo a la misma función, tienen (muestran) las mismas propiedades. Así, entender e intentar evaluar la no-neutralidad de la tecnología, en el sentido de los cambios que ésta provoca en determinados entornos, pasa por comprender e identificar el carácter sistémico e interdependiente por medio del cual distintas tecnologías contribuyen o no a la satisfacción de nuestras necesidades fundamentales. Implica comprender la dialéctica que se establece entre distintos satisfactores y entre las distintas dimensiones, como también del grado de autonomía relativa existente entre ellos. Aunque toda tecnología requiere, al nivel de las distintas dimensiones existenciales, de sus satisfactores complementarios, el abanico de posibilidades varía de una a otra. Así habrá tecnologías que proporcionando un mismo servicio, en función de sus características (y las de su contexto), tendrán tendencia a promover unos cambios determinados distintos de los que pudiera promover otra tecnología en el mismo contexto (y sirviendo a la misma función), y por ello contribuir, mejor que ella, a la sostenibilidad del sistema del que forman parte.

No es lo mismo fundamentar la movilidad social basándose en el uso de la bicicleta que en el del automóvil, pues la primera es compatible con un mayor abanico de formas de estar que

el segundo. Las propiedades intrínsecas de éste: emisión de gases contaminantes, necesidad de una infraestructura vial, de una red de suministro de combustible, la promoción de una cultura de la velocidad, etc. difieren enormemente de las que pudiera promover el uso de la bicicleta. Ello implica que, independientemente de las características extrínsecas de distintos contextos (que pudieran condicionar unos usos concretos en cada lugar), el uso extensivo del coche impondrá un cambio más radical sobre el entorno (dimensión del estar), y de la cultura y de las formas de socialización (dimensión del ser y del hacer), que el de una movilidad basada en la bicicleta.

Tampoco es lo mismo promover el uso de energías renovables para la producción de electricidad que hacerlo mediante centrales nucleares (independientemente del uso que se dé posteriormente a esa electricidad generada). Centralización política, riesgos ambientales elevados, fuerte regulación y control de la instalación, son algunos de los elementos implícitos en la generación nuclear, que hay que tener en cuenta a la hora de valorar su contribución a la sostenibilidad del sistema.

Es por ello que el mismo Mumford habló ya hace años de ‘tecnologías democráticas’ en oposición a ‘tecnologías autoritarias’¹⁹.

8. La tecnología soluciona unos problemas, al mismo tiempo que genera otros. Ya hemos apuntado antes hacia este aspecto al vincular los efectos imprevistos de la innovación tecnológica con la dinámica compleja e incierta del sistema sociotécnico. Pero existe también otra razón justificativa de esos efectos, ésta bastante más previsible, postulada por la Economía Ecológica fundamentándose en la Segunda Ley de la Termodinámica: la producción de bienes y servicios siempre va acompañada de la generación de efectos entrópicos, que muchas veces son perjudiciales para la salud del entorno natural y los seres que lo habitan²⁰. Pensemos sólo en la generación de electricidad en una central térmica de carbón: transformamos la energía disponible de éste en electricidad, una forma de energía de alta calidad que nos proporcionará múltiples servicios; pero al mismo tiempo, e inevitablemente, liberamos una gran cantidad de dióxido de carbono y otros gases y partículas a la atmosfera (productores p.e. de la lluvia ácida), producimos contaminación térmica debida a la necesaria refrigeración del condensador de la central y ello sin tener en cuenta el impacto paisajístico debido a la minería del carbón y los efectos de su transporte. Es lo que se llama la *producción conjunta*. Y el hecho de que estos efectos secundarios normalmente sean difusos y menos evidentes que los deseados, no los hace por ello menos importantes (como desde hace algunos años hemos empezado a percibir). Además, “en muy alta medida, la producción rentable se basa en ignorar estos ‘males’ que resultan de la producción conjunta, endosándoselos a terceros”²¹. Es la causa de aquello que la teoría económica convencional denomina como *externalidades*. Que por ser, desde este punto de vista, inevitables, no deben eximirnos de nuestra responsabilidad. Y aquí deberíamos de considerar dos propuestas: la aplicación del principio de precaución (ya comentado anteriormente), como motivación preventiva del daño, y la exploración de las posibilidades derivadas del concepto de biomímesis, producir como la naturaleza, o sea, emplear la capacidad autoorganizativa de la vida y el flujo inagotable de la energía solar²², que en los últimos años algunos técnicos están intentando implementar a nivel práctico²³.

Pero los efectos entrópicos de los procesos tecnológicos no sólo se restringen al ámbito ecológico, sino que estos acaban trasladándose al ámbito social: las variadas consecuencias del cambio climático (desplazados ambientales, extensión de enfermedades tropicales, inundación de ciudades e islas, etc) y de la disminución del ozono estratosférico (incremento de enfermedades de la piel), la contaminación acústica y del aire en las grandes ciudades debidas al uso extensivo del automóvil y los accidentes asociados con éste, las enfermedades vinculadas al uso de los más de cien mil agentes químicos sintetizados en los últimos cien años, etc., son sólo algunas de estas derivadas tecnológicas no deseadas. Pero es importante tener en cuenta que esta dimensión ‘imprevista’ en el uso de la tecnología no es casual. Pues en la dinámica compleja del sistema sociotécnico, los accidentes forman parte inherente, no sólo azarosa, de su uso²⁴.

Es más, al igual que en cualquier otro ámbito existencial, escoger una opción implica descartar otras muchas. Así al ‘optar’ (¡?) por una determinada tecnología estamos propiciando un determinado estilo de vida, en detrimento de otros. Como dice William Gibson “La tecnología nos da y nos quita, y aquello que nos ha quitado, rápidamente lo olvidamos”²⁵. Es así, como el constante proceso de innovación tecnológica inherente a nuestra sociedad la va conformando de forma paulatina pero implacable. Y frente a un *tecnooptimismo* militante, defensor de soluciones tecnológicas a todos los problemas sociales, presentes y futuros, respondemos con la necesidad de una cautela tecnológica activa, capaz de hacer frente a la dinámica mercantilista dominante. Pues, pensar que todos los problemas sociales se van a resolver mediante tecnología implica como mínimo una confusión entre niveles, en la medida en que la praxis social, la *polis*, no puede reducirse a *tekné*. Tal como apunta Peter Winch en su *The Idea of a Social Science*²⁶, cualquier sistema social sólo puede ser entendido a partir del lenguaje en el cual esa sociedad se organiza. Ello excluye la imposición de una explicación o comportamiento social derivados de una lógica exterior a la misma. Pues a cada nivel de organización sistémica pueden ser observadas nuevas propiedades emergentes y, sobre todo, una nueva legalidad emergente. Mientras que al nivel químico se manifiesta la materialidad, inexistente al nivel cuántico, de igual forma al nivel biológico los sistemas autopoieticos son capaces de generar *negentropía*, más allá de la tendencia a la entropía creciente que rige el devenir de los sistemas pasivos. Así también, la sociedad y la cultura autoreflexiva humana generan nuevas formas de comportamiento y legalidad, más allá del determinismo físico o incluso biológico.

9. La adopción de una tecnología por una sociedad conlleva normalmente un conflicto de valores y/o intereses. Es por ello necesario que, en función de lo comentado hasta aquí, estos conflictos puedan dirimirse en la esfera pública, con total transparencia, por parte de todos los agentes implicados: investigadores, productores, poderes públicos, expertos en distintos ámbitos y ciudadanos informados.

De hecho, la introducción y el desarrollo de una tecnología en cualquier contexto quedan remitidos a expectativas y valoraciones sociales. En este sentido, los posibles riesgos e intereses que conlleva la adopción de una tecnología deberían ser objeto de discusión abierta. Los riesgos introducidos por las tecnologías actuales se caracterizan, además de por su enorme poder de cambio ambiental y social, por su ‘carga política’. De hecho, presuponen

siempre decisiones centradas en ventajas y oportunidades tecnoeconómicas²⁷. En otras palabras, siempre responden a una decisión sobre la pregunta ¿dónde y cómo hay que trazar los límites entre los daños aceptables y los no aceptables a fin de satisfacer determinados intereses económicos?

En este sentido, hay que destacar como en el campo de la evaluación de tecnologías se ha pasado de una visión utilitarista y elitista, que concebía las trayectorias tecnológicas como hechos objetivos e indiscutibles, a una nueva visión que reconoce que estas innovaciones no pueden ser reducidas a su dimensión estrictamente técnica, ya que el diseño y la introducción de una tecnología es indisociable de alguna forma de reestructuración social. Es por ello necesario articular procesos socialmente transparentes que involucren una multiplicidad de actores, donde se haga uso de una diversidad de herramientas de análisis y de valores, y pueda llevarse a cabo un aprendizaje social. La Evaluación Constructiva de Tecnologías, comentada anteriormente, apunta hacia este objetivo²⁸.

Además, la naturaleza misma del desarrollo tecnológico como agente coproductor de riesgos, le obliga a enfrentarse con sus propios productos y consecuencias no deseadas. Por ello, la propuesta de la ‘Ciencia Postnormal’ también pone énfasis en la necesidad de una comunidad de evaluadores extendida a todos los actores afectados, a la hora de la toma de decisiones en aquellas situaciones en las que se combinan un alto nivel de riesgo con una elevada incertidumbre²⁹. Sin embargo, hasta el momento son contados los casos en los que se está aplicando y, cuando se hace, todavía de forma parcial (véase el caso de las biotecnologías, los transgénicos o las nanotecnologías).

10. El uso de cualquier tecnología genera al mismo tiempo libertad y dependencia, individual y colectiva. Una de las dificultades para discernir el uso adecuado de una tecnología es el dar por supuesto que cualquier ingenio tecnológico tiene sentido en función del grado de comodidad que nos aporta, sin tener en cuenta el grado de dependencia que al mismo tiempo nos genera. Nos dotamos de infinidad de artefactos tecnológicos (coche, ordenador, teléfono móvil, etc.) que nos permiten ampliar la escala de nuestra intervención sobre el entorno, pero no nos damos cuenta como al hacerlo nos hacemos dependientes de ellos, individual y colectivamente (si no actualizo el sistema operativo de mi ordenador, en poco tiempo no podré leer los ficheros que me mandan mis compañeros de trabajo o mis amigos). En este sentido, cualquier sistema sociotécnico nos inserta en un conjunto de relaciones socialmente establecidas que amplía nuestras capacidades pero que al mismo tiempo limita nuestras elecciones.

Ya Illich explicó muy bien en su día, los límites críticos inherentes a los sistemas de producción industrial, del transporte o educativo modernos, haciendo ver la sutileza con que un sistema técnico hace pasar de mejorar las condiciones de vida de una persona a convertirla en esclava de él y a generarle necesidades nuevas³⁰. Así, es necesario evaluar la pertenencia o no de una tecnología en función del grado de dependencia que tenga de un sistema mayor. Por esto, toda técnica que inhiba la innata capacidad de gestionar nuestra propia vida es inadecuada. Pero la inmersión sin control a la que estamos sometidos en nuestro mundo tecnificado, con su capacidad ilimitada de fabricar ingenios tecnológicos, dificulta la percepción del valor real de estas tecnologías de forma que las aceptamos acríticamente.

La autonomía humana es una calidad que viene dada por la capacidad de transformar la realidad a partir del saber pensar y del saber hacer. Forma parte de la dignidad humana, y de toda forma de vida, el hecho de no ser subyugados ni por personas ni por sistemas de poder o de control. Desde este punto de vista, en el momento en que un sistema tecnológico pasa a ser un instrumento de control sobre la población, a generar más necesidades de las que la persona puede asumir, o a inhibir la capacidad de respuesta, de solidaridad y de creatividad enfrente de las dificultades de la vida, aquel sistema tecnológico acontece insostenible. Percibir este momento, o este límite, no es algo que pueda establecerse desde fuera, pero sí puede regularse desde la capacidad de cada persona al observar su grado de autonomía personal, su sentido íntimo de libertad y el espacio interior que le permite sentir que vive la vida en lugar de ser vivido por intereses ajenos.

3 A MODO DE CONCLUSIÓN

Tal como hemos afirmado, ninguna sociedad se escapa de su conformación por parte de la tecnología de la que ella dispone y usa. A la vez, que estos usos pueden estar abiertos a una mayor o menor autonomía, en función de las características intrínsecas y extrínsecas de la tecnología y de su entorno. Es por ello que, frente a la dinámica de innovación tecnológica constante a la que estamos sometidos, es imprescindible abordar esta cuestión de forma consciente si lo que pretendemos es la sostenibilidad de nuestro desarrollo, intentando minimizar los efectos no deseados de aquel proceso de innovación descontrolada. Debemos considerar claramente la no-neutralidad de nuestra técnica y su sentido potencial, así como los espacios existentes y las formas de ampliarlos de cara a re-direccionar sus usos si fuera necesario. Tal como apunta Leo Jansen³¹, el desarrollo de tecnologías sostenibilistas que apunten a la renovación de sistemas^f orientadas a la satisfacción de necesidades es un proceso largo (de una a dos generaciones) y complejo, en el que es necesario establecer complicidades entre los distintos actores sociales: la administración pública, las empresas, los científicos y técnicos, y la sociedad civil (con la intervención de ONGs, asociaciones y ciudadanos informados). Con estas tesis esperamos contribuir, en algún sentido, a su conformación.

REFERENCIAS

- [1] M. Kranzberg. "Technology and History: 'Kranzberg's Laws'" in T. S. Reynolds y S. H. Cutcliffe (Eds.); *Technology and the West. A Historical Anthology from Technology and Culture*. The Chicago University Press, (1997)
- [2] N. Balabanian. "On the Presumed Neutrality of Technology." *IEEE Technology and Society Magazine*. Winter. (2006).
- [3] *Ibíd.*
- [4] M.Cano, J.Cendra y A.Stahel. "Els orígens culturals de la insostenibilitat", *Sostenible?* n°

^f El autor distingue tres niveles de ecoeficiencia creciente en el desarrollo de tecnologías: a) la optimización de sistemas que involucra cambios a través de la gestión de la calidad, el mantenimiento, la auditoria, etc. de las tecnologías disponibles, b) la mejora de los procesos y de los productos a partir de la revisión, reorganización y el rediseño, y c) la renovación a través de cambios drásticos que surgen de la investigación y que implican también cambios a nivel de la estructura institucional, de la cultura y de la tecnología, simultáneamente.

- 7, Càtedra UNESCO de Sostenibilitat a la UPC, Terrassa, (2005), 27-45.
- [5] U. Beck. *La Sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Paidós (1998).
- [6] B. Pfaffenberger. "Social Anthropology of Technology", *Annual Review of Anthropology*, Vol.21, (1992), 491-516.
- [7] J. Ortega y Gasset. *Meditación de la técnica y otros ensayos*. Revista de Occidente, 7ª ed. Madrid, (1977).
- [8] T. Hughes. "The evolution of large technological systems", in W.Bijker, T.Hughes & T.Pinch (eds.). *The Social Construction of Technological Systems*. MIT Press (1987), 51-82.
- [9] L.Sharp. "Steel axes for stone-age Australians." *Hum. Org.*, 11(2), (1952), 17-22.
- [10] R.Kuehr. "Environmental technologies – from misleading interpretations to an operational categorisation & definition". *J. Cleaner Production*, 15, (2007), 1316-1320.
- [11] L.Kohr. *The Breakdown of Nations*. Routledge & Kegan Paul, (1957).
- [12] H.Jonas. *El Principio de responsabilidad*. Herder, (1995).
- [13] E. Tenner. *Why Things Bite Back - New Technology and the Revenge Effect*. Fourth Estate, (1996).
- [14] J.A.López Cerezo y M. Martín Gordillo. Evaluación de tecnologías en contexto social, De Cozár (Ed.) *Tecnología, civilización y barbarie*. Anthropos, (2002).
- [15] M. Max-Neef, A. Elizalde y M.Hopenhyan. *Desarrollo a Escala Humana: una opción para el futuro*. Development Dialogue (special edition). Uppsala: Cepaur-Dag Hammarskjöld Foundation, (1986).
- [16] I. Cruz, A. Stahel y M. Max-Neef. "Towards a systemic development approach: Building on the Human-Scale Development paradigm". *Ecological Economics*, 68, (2009) 2021–2030.
- [17] W. Sachs. *Planet Dialectics. Explorations in Environment & Development*, Zed Books, (1999).
- [18] L. Mumford. *El mito de la máquina*. Emecé, (1969).
- [19] L. Mumford, "Técnicas autoritarias y democráticas", *Anthropos*, 14, (1989).
- [20] S. Baumgärtner. *Amvivalent Joint Production and the Natural Environment. An Economic and Thermodynamic Analysis*. Phisycy Verlag, (2000)
- [21] J. Riechmann. *Biomímesis*. Los Libros de la Catarata, (2006)
- [22] *Ibíd.*
- [23] W. McDonough. *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Mc Graw-Hill, (2005).
- [24] M. O'Connor. "Codependency and Indeterminacy: A critique of Theorie of Production". *Capitalism, Nature & Socialism*, 3, (1989).
- [25] M. Harrison. "Voces del cielo y del infierno" (Visions of Heaven and Hell), (1994). (vídeo)
- [26] P. Winch. *The idea of a social science and its relation to philosophy*. Routledge, (1958).
- [27] U. Beck. *La Sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Paidós (1998), 78.
- [28] J.A.López Cerezo y M. Martín Gordillo. Evaluación de tecnologías en contexto social, De Cozár (Ed.) *Tecnología, civilización y barbarie*. Anthropos, (2002).
- [29] S. Funtowicz y J.Ravetz. *La ciencia postnormal*. Icària, (2000).

[30]I. Illich. *La convivencialidad*. Barral, (1974).

[31]L. Jansen. “The challenge of sustainable development”. *Journal of Cleaner Production*, 11, (2003), 231-245.