

Energía y desarrollo sostenible

José Ignacio Pérez Arriaga

Profesor propio ordinario

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad Pontificia Comillas

ignacio@iit.upco.es

Lección inaugural¹

Octubre de 2002

I. Introducción. Las cifras que nos debemos saber.

De pequeño en el Colegio me enseñaron persistentemente unas cifras que, tal vez por mi afición a contemplar el cielo en noches estrelladas, me han fascinado siempre y se me han quedado grabadas. Las voy a repetir ahora: el radio de la Tierra es algo menos de 6500 km., la distancia entre la Tierra y la Luna de unos 400.000 km., así que la luz tarda poco más de un segundo en recorrerla, mientras que la distancia entre la Tierra y el Sol es de 150 millones de km. y la luz tarda unos 8 minutos en llegar desde el Sol a nosotros.

Hay otras cifras que no me enseñaron de pequeño, ni tampoco de mayor, aunque debieron hacerlo. Cifras que uno oye o lee por aquí y por allá, pero que también debieran formar parte de nuestro acervo cultural. Son unas cifras que ayudan a comprender y situar en su debido contexto esta nave espacial que todos habitamos y que se llama Tierra. Son cifras que deben suscitar un debate intelectual sobre sus causas, sus implicaciones y sobre qué se puede hacer para modificarlas. Son unas cifras que los profesores universitarios debiéramos incorporar en las materias que impartimos y que nuestros estudiantes tendrían que haber tenido la ocasión de reflexionar sobre ellas y de haber adoptado una postura personal y profesional al respecto.

¿De qué cifras estoy hablando? Son las cifras de la desigualdad, la pobreza y el deterioro ambiental, tal y como las exponen diversos informes recientes de la Naciones Unidas o de otras organizaciones solventesⁱ.

- La Tierra cuenta hoy con algo más de 6000 millones de habitantes. Según estudios recientes de la ONU, tendrá unos 8500 millones en el año 2025 y 10,000 millones en el 2050. Nacen diariamente cerca de 250,000 personasⁱⁱ.
- Según los indicadores occidentales se considera desarrollado sólo uno de cada cinco habitantes del planeta. Esa quinta parte de la población es la que más consume y la que más contamina. Según los informes de desarrollo humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) el 20% más rico de la población mundial tiene más del 80% de la riqueza y el 20% más pobre apenas un poco más del 1%.
- Se estima en una quinta parte de la humanidad, más de 1000 millones de personas, los que viven en condiciones de pobreza extrema, con el equivalente de menos de un dólar diario de renta per cápita. Este indicador, aunque rudimentario, refleja una penosa realidad cotidiana, caracterizada

¹ Versión modificada para difusión externa.

por el hambre, las privaciones y las enfermedades, que ningún ser humano debería tener que soportar. De acuerdo a cifras de la FAO (Food and Agriculture Organization) en el año 2002, hay más de 800 millones de personas que sufren hambre, la manifestación más cruda de la pobreza. La mitad de la población mundial (3000 millones de personas) sobrevive con menos de 2 dólares diarios. En cambio, el ingreso medio mundial per cápita supera los 5000 dólares anuales. La fortuna de los 358 principales multimillonarios supera el ingreso conjunto de 2300 millones de personas.

- El último informe sobre el desarrollo humano de las Naciones Unidas señala que todavía hay más de mil millones de personas que carecen del acceso al agua potable y 1700 millones la consumen sin un saneamiento adecuado. La Organización Mundial de la Salud estima que un tercio de las muertes en todo el mundo se debe a la ingestión de agua contaminada y que la mitad de la población del planeta está expuesta a enfermedades derivadas del consumo de agua no adecuada. Se calcula que la diarrea mata a más de 3 millones de niños al año.
- 2000 millones de personas, esto es, un tercio de la humanidad, no tienen acceso a las formas avanzadas de energía: electricidad o combustibles líquidos o gaseosos, ni por consiguiente a las tecnologías que los utilizan. Los 30 países más desarrollados y que integran la OCDE, -la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-, con cerca del 15% de la población mundial consumen el 60% de estas formas avanzadas de energía.
- Los desequilibrios se van acentuando. En 70 países de Asia, Africa, América Latina y el Este de Europa el ingreso medio de la población es hoy inferior al de 1980ⁱⁱⁱ.
- En 1974, en una resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas, los países ricos prometieron “ayudar a los países en desarrollo a ayudarse a sí mismos”, facilitándoles fondos equivalentes al 0.7% de su PIB. En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 los Jefes de Estado se comprometieron a poner los medios necesarios para reducir a la mitad el número de personas que pasan hambre en el mundo para el año 2015, compromiso que ratificaron en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas del año 2000. ¿Cuál es la triste realidad? La Asistencia Oficial al Desarrollo de los países de la OCDE, -que además en muchos casos no está realmente orientada a los fines urgentes de alivio de la pobreza, sanidad y educación-, es como media el 0,22% del PIB conjunto y está cayendo actualmente a un promedio del 5% anual^{iv}. Según el Banco Mundial bastaría con duplicar esta cantidad para cumplir el objetivo de reducir a la mitad el número de pobres para el 2015. Mientras tanto los gastos destinados a defensa suponen un 5% del PIB mundial, de los que casi la mitad corresponden a los Estados Unidos, cuya contribución a la ayuda al desarrollo es actualmente del 0,10% de su PIB. En este año 2002 se han celebrado importantísimas conferencias de ámbito mundial sobre el desarrollo: la Conferencia Internacional sobre Financiación para el Desarrollo de Monterrey en marzo, la Cumbre de la Alimentación de Roma en junio y la Cumbre de la Tierra sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en septiembre. Los pocos resultados prácticos de estas tres conferencias apenas han cambiado el desolador panorama anterior^v.

Mi charla va a tratar de este gran tema que debe enfrentar la humanidad, -aunque no nos guste-, de la pobreza a la que está sometida una gran parte del género humano, de las enormes desigualdades en los patrones de consumo en el mundo y del deterioro del medio ambiente en nuestro planeta Tierra. Tres aspectos indisolubles de un mismo problema. Voy a abordarlo desde mi perspectiva profesional como profesor universitario y desde un punto de vista afín a mi campo de especialidad, que es la ingeniería, por lo que voy a centrarme en particular en el abastecimiento energético. Es posible plantear enfoques paralelos desde la economía, el derecho, la salud o las ciencias sociales. Desde mi perspectiva particular el gran tema adquiere una fisonomía muy característica: energía y desarrollo sostenible.

II. Planteamiento del problema. Sostenibilidad y la función de la energía en el mundo de hoy y del mañana.

¿Qué nos preocupa de la energía?

Hasta el principio de la década de los setenta la energía tenía un eco muy escaso en la opinión pública^{vi}. Los ciudadanos apenas nos preguntábamos si la energía era un recurso caro o barato, si en algún momento se podría producir una crisis de suministro o si la producción y transporte de energía conllevaba algún problema medioambiental.

Tras varias crisis del precio del petróleo, múltiples incidentes de falta de abastecimiento eléctrico en países de todo nivel de desarrollo, -donde California ha sido el caso más conspicuo, pero nosotros también tuvimos en España el 17 de Diciembre pasado un caso en el que la oferta eléctrica nacional no era suficiente para cubrir la demanda-, un accidente nuclear de la gravedad de Chernobil, o el ubicuo desarrollo de la producción con recursos renovables, la energía ha entrado a ocupar un espacio bastante más destacado en la atención de los ciudadanos y de la política.

¿Cuáles son los aspectos de la energía que realmente nos preocupan? Probablemente no esté descaminado el decir que la seguridad del abastecimiento, -esto es, que durante un largo tiempo esté garantizado el suministro de toda la energía que necesitemos a un precio asequible^{vii}-, y la calidad de servicio, -es decir, que las posibles interrupciones del suministro energético sean infrecuentes y de corta duración-.

¿Hay realmente motivos para tal preocupación? Parece que sí. Los ministros de energía de los países de la OCDE, en la reunión mantenida en París en mayo de 2001, emitieron un comunicado final señalando que “el suministro de energía a precios asequibles no puede darse por supuesto” y señalaron la “necesidad de una gestión más eficiente de la energía y la de buscar fuentes sostenibles a largo plazo para asegurar el suministro”.

Con la publicación en Noviembre de 2000 de su Libro Verde "Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético"^{viii}, la Comisión Europea ha abierto un debate muy necesario sobre el tema. La seguridad de suministro que el Libro Verde propugna no pretende maximizar la autonomía energética o minimizar la dependencia, sino reducir los riesgos derivados de esta última. El Libro Verde insiste en las debilidades estructurales del abastecimiento energético de la Unión, a saber: la creciente tasa de

dependencia energética de Europa, la crítica función del petróleo en la fijación del precio de la energía y los decepcionantes resultados de las políticas de control del consumo. La Unión Europea no puede emanciparse de su dependencia energética sin una política energética activa. Si no se hace nada, de aquí a 20 ó 30 años la Unión cubrirá sus necesidades energéticas en un 70% con productos importados, frente al 50% actual.

El Libro Verde propone determinadas líneas de actuación, -en su conjunto acertadas-, para los países de la Unión Europea. Pero lo que ahora nos interesa señalar es que, a pesar de enmarcar su estrategia dentro del respeto de las exigencias ambientales y nominalmente en una perspectiva de desarrollo sostenible, la propuesta de la Comisión no profundiza suficientemente en la dimensión planetaria e intergeneracional que el abastecimiento energético y el impacto de largo plazo de la producción y consumo de energía requieren.

Un planteamiento integral del problema de la energía. El concepto de sostenibilidad.

Aunque la seguridad y la calidad de nuestro abastecimiento energético sean sin duda preocupaciones legítimas, hemos de evitar el contemplar el problema de la energía desde una perspectiva local, -los países de nuestro entorno-, y cortoplacista, -ahora y el futuro más inmediato-. Un planteamiento realista y profundo del tema de la energía tiene que integrar en él que un tercio de la humanidad carece hoy de suministro eléctrico y de cualquier otra forma avanzada de energía, tiene que contemplar la seguridad de abastecimiento para las generaciones futuras y tiene que ser consciente de las consecuencias del impacto medioambiental que la producción y el consumo de energía están ocasionando en el planeta que legaremos a nuestros descendientes.

Así que volvamos a la casilla inicial y examinemos nuestro planteamiento básico. ¿Nos estamos haciendo todas las preguntas realmente relevantes? ¿Son sostenibles el escenario y los planteamientos que acabamos de exponer, fundamentalmente basados en la seguridad de abastecimiento desde una perspectiva local y de corto plazo?

Empecemos por definir el concepto de sostenibilidad. Desarrollamos nuestra actividad en un planeta cuyos recursos son finitos. El modelo económico debe reconocer que existen unos límites al crecimiento y que esos límites deben estar basados en la limitada capacidad del planeta de renovar sus recursos naturales, así como en su capacidad de carga para admitir las emisiones contaminantes. Esta es la razón por la que es necesario elaborar estrategias de desarrollo sostenible.

La idea de “desarrollo sostenible” fue formulada explícitamente en el informe presentado por la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, -conocido como el Informe Brundtland-, como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

La Declaración de Río, adoptada en el seno de la famosa Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, -también conocida como “la cumbre de Río” o “la Cumbre de la Tierra”-, situó el

desarrollo sostenible como un elemento central y le otorgó una amplia trascendencia política, al establecerlo como marco conceptual de orientación de políticas y estrategias para el progreso mundial. La Agenda 21, -el programa de actuación que fue adoptado en la Conferencia de Río para conseguir un desarrollo sostenible-, ha sido firmada por 175 países. La contribución al debate y al impulso de estrategias de desarrollo sostenible por parte de la Unión Europea es asimismo muy significativa. Cabe destacar la introducción del desarrollo sostenible en los tratados comunitarios a partir del Tratado de Amsterdam en 1997, incluyéndolo entre los principios fundamentales de la Unión y en sus políticas de actuación^{ix}.

Lo característico de la idea, que hemos de entender como una política de políticas, es la integración, armonización y optimización de las variables económica, social y ambiental. El desarrollo sostenible descansa sobre la aceptación de que el desarrollo es posible y necesario; de que debe hacerse sostenible, perdurable y viable en el tiempo, y de que la sostenibilidad debe ser triple: económica, social y ambiental^x.

De las tres dimensiones del desarrollo sostenible, la económica es la que ha recibido indudablemente más atención en las políticas de todos los países. La sostenibilidad económica incluye todos los requisitos que son habitualmente necesarios para un crecimiento estable y duradero, pero ahora exigiendo que a la vez sea compatible con la sostenibilidad medioambiental y social, ya que el crecimiento económico no puede conducirnos al despilfarro energético, porque no sería sostenible en el tiempo ni socialmente responsable. La sostenibilidad social se refiere a la adaptabilidad del desarrollo a los cambios demográficos, a la estabilidad de los sistemas culturales y sociales, a la equidad en la distribución geográfica del desarrollo, a la participación democrática en la toma de decisiones y al funcionamiento de los mercados de trabajo. La sostenibilidad medioambiental atiende a la estabilidad de los sistemas físicos y biológicos, a la limpieza del aire, del agua y de los suelos, y a las repercusiones de lo anterior sobre la salud.

La energía tiene relaciones profundas y amplias con las tres dimensiones de la sostenibilidad. Los servicios que la energía proporciona contribuyen a satisfacer múltiples necesidades básicas como el suministro de agua potable, la iluminación, la salud, la capacidad de producir, transportar y procesar alimentos, la movilidad o el acceso a la información, de forma que el acceso a un cierto volumen de formas avanzadas de energía, -como la electricidad o los combustibles líquidos y gaseosos-, debería incluirse entre los derechos inalienables del ser humano en el siglo XXI. La seguridad del abastecimiento energético y el precio de la energía son factores cruciales para el desarrollo económico. Por otro lado, ya es evidente que muchas de las formas de producción y consumo pueden reducir la sostenibilidad medioambiental. Debemos ahora preguntarnos: ¿Es sostenible nuestro patrón actual de producción y consumo de energía?

El "Informe mundial de la energía"^{xi}, realizado conjuntamente por el Consejo Mundial de la Energía, el Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, y publicado en Septiembre de 2000, es actualmente el texto clave de referencia en lo que concierne a una visión global de los aspectos de la energía. Este documento es contundente al respecto y dice textualmente^{xii}:

“Aunque no parece haber límites físicos en el suministro mundial de energía durante al menos los próximos cincuenta años, el sistema energético actual es insostenible por consideraciones de equidad así como por problemas medioambientales, económicos y geopolíticos que tienen implicaciones de muy largo plazo. Entre los aspectos de la falta de sostenibilidad deben incluirse los tres siguientes:

- Los combustibles avanzados y la electricidad no son universalmente accesibles, lo que constituye una desigualdad que tiene implicaciones morales, políticas y prácticas en un mundo cada vez más globalizado.
- El sistema energético actual no es lo suficientemente fiable o asequible económicamente como para soportar un crecimiento económico generalizado. La productividad de un tercio de la humanidad está seriamente comprometida por la falta de acceso a las formas avanzadas de energía y tal vez otro tercio sufre penalidades económicas e inseguridad a causa de un suministro energético poco fiable.
- Los impactos negativos, -tanto a nivel local, como regional y global-, de la producción y del uso de la energía amenazan la salud y el bienestar de la generación actual y de las futuras.”

Vamos a continuación a entender el por qué se ha llegado a estas conclusiones. Empecemos desde el principio.

Las cifras de la energía.

Un sistema de energía consta del sector de suministro de energía y de las tecnologías de uso final. El objeto de un sistema de energía es proporcionar a los consumidores los diversos servicios finales que la energía proporciona, como la iluminación, el cocinado de alimentos, la climatización, las comunicaciones o el transporte. La energía también se precisa para cualquier actividad comercial o industrial.

La cadena energética que proporciona estos servicios comienza con la recogida o extracción de energía primaria, -tal como leña, gas natural, agua, radiación solar, viento o carbón- que, en uno o más pasos, se transforma en vectores energéticos, tales como gasolina o electricidad, que son directamente utilizables para usos finales. Para ello se precisan equipos, tales como bombillas, cocinas, vehículos o maquinaria industrial diversa. Desde la perspectiva del consumidor lo que importa son los servicios finales que la energía suministra.

El consumo actual de formas avanzadas de energía es miles de veces menor que la energía que fluye desde el sol a la tierra. Un 80% de este consumo proviene de combustibles fósiles, -como el petróleo (36%), el carbón (23%) o el gas natural (21%)-, la energía nuclear proporciona un 6%, las grandes centrales hidroeléctricas un 2%, las formas avanzadas de energías renovables, -tales como solar, viento, minihidráulica o biomasa- otro 2%, mientras que la utilización tradicional de biomasa, -forma principal de suministro energético de los 2000 millones de habitantes menos desarrollados energéticamente-, representa el 10% restante^{xiii}.

Teniendo ya en cuenta las mejoras esperadas en eficiencia energética, se estima que el consumo energético mundial crecerá aproximadamente como media un 1.8% anual durante los próximos años^{xiv}, lo que supondría que, si este crecimiento se mantuviese, en el año 2037 el consumo energético se doblaría respecto al que hubo en 1998 y se triplicaría en el año 2060. En los últimos 30 años el consumo de formas avanzadas de energía en los países en desarrollo ha crecido a un ritmo tres y medio veces mayor que en los países de la OCDE, como resultado de cambios en el estilo de vida facilitados por el incremento de la renta per cápita.

¿Cómo se distribuye este consumo entre los habitantes del planeta? El consumo por habitante en los EEUU fue en 1998 de 5.2 tep (toneladas equivalentes de petróleo), el doble del valor medio en la Unión Europea, -siendo el valor para España de 2 tep-, y más de ocho veces el consumo de un habitante medio del África Subsahariana. Por supuesto que muchos habitantes de países poco desarrollados consumen mucho menos^{xv}. En los países en desarrollo la utilización tradicional de biomasa es la principal fuente de energía, con un 25% del abastecimiento, que llegar a ser del 90% en los países más pobres^{xvi}.

La cantidad de energía que se necesitará en el futuro dependerá críticamente de la eficiencia con la que se produzca y utilice. Con el fin de poder evaluar la evolución de la eficiencia energética se puede emplear como indicador la intensidad energética, es decir, el consumo de energía por unidad de producto interior bruto en cada país. Puede observarse a lo largo del tiempo una tendencia general hacia una reducción en la intensidad energética con el aumento del desarrollo económico^{xvii}.

Desde esta perspectiva más amplia del desarrollo sostenible que hemos adoptado, vamos a continuación a revisar los tres grandes temas asociados a la energía: la seguridad del abastecimiento energético, el impacto ambiental de la producción y consumo de la energía y las implicaciones sociales que la energía tiene en nuestro mundo.

La seguridad del abastecimiento energético. Los recursos disponibles.

Como vimos antes, seguridad de abastecimiento es sinónimo de disponibilidad de toda la energía que se necesite a un precio asequible y durante un largo plazo, -indefinidamente, de hecho-, para que sea sostenible.

Si la seguridad de suministro se contempla desde una perspectiva nacional, la dependencia de recursos externos y la incertidumbre de este aprovisionamiento no autóctono se convierte en un aspecto relevante. Así, la dependencia del petróleo de los países de la OCDE es de cerca del 55% en la actualidad y se estima que sea de más del 70% en el 2010. La diversificación en los aprovisionamientos, la estabilidad política, el buen funcionamiento de los mercados y la mejora de la eficiencia energética son los principales medios para hacer frente a las situaciones de dependencia.

Bajo una perspectiva mundial parece que lo primero que nos debiera preocupar es la existencia de suficientes reservas energéticas para hacer frente al consumo esperado. Por "reservas" de una fuente determinada de energía, -petróleo, por ejemplo-, entenderemos aquellas cantidades que puede

estimarse con una certidumbre razonable que podrán recuperarse en el futuro a partir de depósitos conocidos y con la tecnología y precios actuales. Por otro lado, los “recursos” incluyen las reservas más la parte recuperable de las cantidades que se estima que aún quedan por descubrir. No entraré aquí a proporcionar los datos concretos para cada tecnología, que pueden encontrarse en la bibliografía que se facilita^{xviii}. Pero la conclusión global es que los recursos energéticos son abundantes y no parece que vayan a restringir el desarrollo durante por lo menos el siglo que acaba de comenzar.

Las reservas de petróleo y de gas, -tanto en formas convencionales como no convencionales-, son unas 80 y 180 veces superiores, respectivamente, a su consumo anual actual -aunque en el caso del gas natural el consumo crece muy rápidamente -, y los recursos más del doble. Para el carbón las cifras son más favorables, pues las reservas cubrirían el consumo actual de este combustible durante unos 200 años y los recursos 10 veces más. Sin embargo, una visión más conservadora o pesimista insistiría en que el ratio entre las reservas convencionales probadas y el *consumo total* actual de energía, -y hay que tener en cuenta que extrapolando la tendencia actual el consumo se duplicaría en 2037-, es del orden de solamente unos 15 años para el gas y el petróleo, que por consiguiente habría que considerar como bienes escasos. Para el carbón sería de unos 50 años.

Las reservas de uranio, el material utilizado comercialmente en las actuales plantas nucleares de fisión, son suficientes para cubrir las necesidades de las centrales existentes y de las actualmente previstas durante la mayor parte del presente siglo. Los recursos, -supuestos unos precios más elevados de adquisición-, son casi un orden de magnitud mayor^{xix}.

La evaluación de la contribución de las energías renovables no debe realizarse en forma de reservas, sino de potencial de producción. La hidroelectricidad es de momento el mayor recurso energético renovable no tradicional, contribuyendo un 2% del total del consumo mundial de energía, tanto como el resto de las restantes tecnologías renovables avanzadas, como eólica, solar o producción de electricidad con biomasa, y cerca del 20% de la producción eléctrica total. El potencial de desarrollo hidroeléctrico adicional en los países más desarrollados es ya muy limitado, pero a nivel mundial este potencial con viabilidad económica se estima en cerca de 6 veces la producción actual. Sin embargo no hay que subestimar las grandes dificultades que existen para la construcción de estas centrales, a causa de su elevada intensidad en la utilización del territorio^{xx} y su significativo impacto ambiental y social: inundación del terreno con el consiguiente desplazamiento de poblaciones^{xxi}, deterioro de ecosistemas situados aguas abajo, disrupción de acuíferos o degradación de las costas y deltas.

La contribución de la biomasa, -leña, residuos agrícolas, ganaderos y urbanos-, al consumo mundial de energía se limita actualmente a su utilización tradicional como combustible, sobre todo en los países menos desarrollados. Sin embargo, las tecnologías avanzadas de explotación de la biomasa, -como gasificación, fermentación y digestión anaeróbica-, están aumentando la importancia de su función como fuente sostenible de energía como combustible líquido o en la producción de electricidad. Cuando la biomasa se cultiva para ser quemada, las emisiones netas de CO₂ en el proceso completo son nulas. El desafío actual con la biomasa es precisamente la gestión de su

sostenibilidad. El potencial teórico de la producción de energía con biomasa para el año 2050 es aproximadamente 10 veces la producción actual, lo que bastaría para satisfacer las presentes necesidades mundiales de energía. Sin embargo hay una serie de factores que limitan este potencial, entre los que destaca muy especialmente la disponibilidad de agua^{xxii}.

La energía solar tiene un potencial teórico inmenso, pues la cantidad de radiación solar interceptada por la Tierra es cerca de 9000 veces mayor que el consumo actual de energía. Obviamente el potencial práctico es mucho menor, por la disponibilidad del terreno, la eficiencia de la transformación en formas de energía utilizable, el coste de las tecnologías que permiten realizar esta transformación y las condiciones climáticas, entre otros factores. Las estimaciones del potencial práctico así corregido oscilan entre 4 veces y más de 100 veces el consumo energético mundial actual^{xxiii}. Las tecnologías de utilización más prometedoras son el calor solar de baja temperatura, -típicamente para uso residencial-, las plantas solares de alta temperatura para generación de electricidad -una tecnología probada que necesita un reducido apoyo para ser viable comercialmente con los actuales precios de la electricidad-, y la generación fotovoltaica de electricidad, que necesita subsidios sustancialmente mayores que faciliten su desarrollo tecnológico y su futura viabilidad comercial en competencia con tecnologías convencionales, ya que para consumos aislados y dispersos puede ya ser en muchos casos la mejor opción.

El potencial de producción de electricidad con energía eólica se estima como superior al 15% del presente consumo de energía mundial. Esta estimación supone que se utiliza para este fin un 1% de la superficie total de la tierra firme^{xxiv}. Se trata de una tecnología renovable muy cercana a la viabilidad comercial con los precios actuales de la electricidad en un gran número de emplazamientos.

La energía geotérmica, esto es, el calor almacenado en la Tierra, tiene un potencial enorme^{xxv}. Incluso la fracción más fácilmente accesible de la energía geotérmica excede el consumo mundial anual de energía. Debe distinguirse entre emplazamientos en lugares muy específicos, con altas temperaturas aptas para la producción de electricidad, y la gran dispersión de localizaciones donde es posible la utilización directa a bajas temperaturas. Los océanos pueden verse también como una interesante fuente de energía, -como la contenida en las olas y en las mareas-, pero que también es de naturaleza muy dispersa, como el viento y la energía solar.

Históricamente, el progreso tecnológico ha ayudado sistemáticamente a mejorar las previsiones sobre la disponibilidad de recursos energéticos^{xxvi}. Sin embargo este progreso necesita ser promovido con precios de mercado adecuados, o con subsidios u otros mecanismos semejantes mientras la ausencia de una escasez inmediata de los recursos y la visión cortoplacista de los que los explotan no conduzca a que los precios reflejen apropiadamente la escasez futura.

Como conclusión respecto a la disponibilidad de los recursos energéticos, podemos afirmar que no parece que este factor vaya a limitar la sostenibilidad del desarrollo humano durante el presente siglo^{xxvii}. Sin embargo, la ONU, el Consejo Mundial de la Energía y la Agencia Internacional de la Energía^{xxviii} nos

previenen de que las prácticas actuales de producción y uso, -o precisamente el que este uso no esté al alcance de muchos-, no son sostenibles, a causa de sus efectos colaterales de orden medioambiental y social. Dado que los recursos energéticos, en su forma natural, son fundamentalmente neutros, el problema medioambiental estriba en el impacto de los procesos empleados para producir la energía, utilizarla y tratar los residuos. Este es el tema que a continuación abordamos.

El impacto ambiental de la producción y consumo de energía.

La existencia de impactos medioambientales en la producción y uso de la energía se ha observado desde hace tiempo. La deforestación de muchas áreas o la contaminación asociada a los procesos industriales son casos bien conocidos. Pero, aunque graves, se trataba de impactos locales. En los últimos cien años los efectos locales han pasado a ser amenazas globales. Es un hecho reciente el reconocimiento de la asociación de la energía con problemas medioambientales de carácter global, que ya afectan la salud humana y la calidad de vida, pero muy particularmente las de las generaciones futuras.

El impacto antropogénico sobre el medio ambiente ha crecido alarmantemente. En el curso del último siglo los efectos de la actividad humana han sido superiores a los que hasta entonces habían tenido lugar desde el comienzo de la civilización. Las huellas de la vida humana están alterando el mundo globalmente y en forma acelerada. Y la energía está asociada a una parte muy importante de este impacto. El índice humano de disruptión de diversos contaminantes, esto es, el ratio entre las emisiones antropogénicas y las que tienen lugar de forma natural, es preocupante para muchas sustancias, tales como el plomo, los vertidos de petróleo en el mar, el azufre, los óxidos de nitrógeno o el dióxido de carbono (CO₂)^{xxix}.

La utilización de combustibles fósiles, ya sea en pequeñas instalaciones distribuidas, -como es el caso del transporte-, o en grandes instalaciones, -como las que generan electricidad-, lleva asociado un considerable impacto ambiental. Como ya sabemos, estos combustibles proporcionan actualmente el 80% del consumo mundial de energía. La combustión de combustibles fósiles, -en diverso grado según se trate de carbón, petróleo o gas natural, ya que éste último es significativamente menos contaminante-, da origen a emisiones a la atmósfera de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. Además el carbón y el petróleo dan lugar a óxidos de azufre y partículas en suspensión^{xxx}. Todas estas sustancias pueden afectar seriamente la salud de las personas. Tampoco deben ignorarse los impactos que tienen lugar en el proceso de extracción y de transporte de los combustibles. Los efectos sobre el medio ambiente ocurren a escala local, regional y global.

Otras formas de generación de electricidad no están exentas de impactos negativos sobre el medio ambiente, aunque en grados muy diferentes. Así, las centrales nucleares, de las que luego nos ocuparemos, con sus residuos radioactivos y la amenaza de accidentes. Ya se han citado antes los efectos medioambientales y sociales de la generación hidroeléctrica, aunque sin duda se trata de una de las formas más limpias de producción de electricidad. Otras fuentes de energía renovables también tienen algunos impactos medioambientales negativos: la eólica por su efecto sobre el paisaje y el ruido,

la biomasa por la posible deforestación, y la fotovoltaica por la toxicidad de los productos empleados en la fabricación de los elementos^{xxxii}.

En el ámbito local se deben destacar los impactos negativos del uso tradicional de biomasa como combustible para cocina y calefacción, única forma de utilización de energía para un tercio de la humanidad. Aunque en general la biomasa contiene pocos contaminantes nocivos, la combustión incompleta en las pequeñas cocinas caseras da lugar a un conjunto de sustancias seriamente perjudiciales para la salud, así como a gases, como el metano, de fuerte efecto invernadero. Se estima en más de dos millones el número de muertes prematuras al año de mujeres y niños en el mundo por esta causa. El empleo de formas avanzadas de energía resolvería este problema^{xxxiii}.

La lluvia ácida es, posiblemente, la manifestación más importante de las actividades energéticas a nivel regional, esto es, superando los cientos de kilómetros de distancia del punto de emisión. Los óxidos de nitrógeno y de azufre pueden transformarse en ácidos en la atmósfera y se disuelven en el agua de lluvia. La lluvia ácida daña la vegetación, -la cuarta parte de los árboles en los bosques europeos han mostrado pérdidas de follaje significativas^{xxxiv}-, acidifica los lagos hasta el punto de no poder albergar peces, modifica la composición de los suelos -pudiendo además liberar materiales tóxicos que se pueden incorporar al ciclo alimentario- y daña fachadas de edificios, monumentos y otras superficies expuestas^{xxxv}.

En el ámbito global hay que señalar, en forma muy destacada, el impacto de las actividades energéticas sobre el cambio climático, -el llamado efecto invernadero-. El cambio climático ciertamente no es la única amenaza global a la sostenibilidad medioambiental, pero muchos coinciden en identificarle como la más importante. Su magnitud, su complejidad y su relación directa con las actividades energéticas hacen del cambio climático un caso paradigmático. Por ejemplo, el éxito o el fracaso en la puesta en práctica del Protocolo de Kyoto está siendo un excelente indicador del compromiso de la comunidad global y de cada país con el desarrollo sostenible.

¿En qué consiste el efecto invernadero? Determinados gases, -entre los que los más importantes son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano y el óxido nitroso-, actúan de forma semejante al cristal o el plástico en un invernadero: dejan pasar la luz del sol pero retienen parte del calor que la Tierra emitiría, absorbiéndolo y radiándolo de nuevo a la Tierra.

El gas de efecto invernadero más importante de origen antropogénico es el CO₂, que se emite en la combustión de combustibles fósiles y de biomasa, lo que produce más CO₂ que cualquier otra actividad humana. Las emisiones antropogénicas constituyen una pequeña fracción del total de emisiones producidas, pero modifican el equilibrio natural preexistente del ciclo del CO₂. Desde el comienzo de la Revolución Industrial hasta la fecha unas 300 gigatoneladas de carbón contenido en los combustibles fósiles han sido oxidadas y emitidas a la atmósfera. y las estimaciones actuales indican que, durante el siglo XXI, se puede emitir varias veces esta cantidad. Los recursos energéticos fósiles que antes mencionábamos suponen unas 6500 gigatoneladas de carbón. ¿Cuáles son los efectos de estas emisiones? Desde la Revolución Industrial hasta ahora la concentración de CO₂ en la atmósfera ha pasado de 280 ppmv^{xxxvi} a 360 ppmv y puede llegar a 750 ppmv a final del

presente siglo. Las mejores estimaciones disponibles hasta la fecha^{xxxvi} indican que la temperatura media puede aumentar entre 1.5 y 6 grados centígrados para el año 2100. Estabilizar la concentración de CO₂ en la atmósfera a cualquier nivel requeriría cortar las emisiones de CO₂ a la mitad de lo que son ahora, y esto tendría que conseguirse en las próximas décadas para que el nivel estable no superase en mucho al actual. Recordemos que el famoso acuerdo de Kyoto sobre cambio climático, que tanto está costando ratificar –por ejemplo Estados Unidos se ha negado a hacerlo-, sólo requiere que en el año 2010 las emisiones se reduzcan en menos de un 6% de lo que fueron en el 1990. La máxima autoridad mundial sobre esta materia, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, compuesto de cerca de 150 expertos de un gran número de países, ha dicho textualmente en su último informe, publicado en 2001^{xxxvii}:

“La mayor parte del calentamiento de la atmósfera observado durante los últimos 50 años, -unos 0.2 °C por década-, es atribuible, con una probabilidad comprendida entre el 66 y el 90%, al aumento en la concentración de CO₂ ... Con una probabilidad entre el 90 y el 99% puede asegurarse que el calentamiento durante el siglo XX ha contribuido significativamente al aumento observado del nivel del mar, -entre 10 y 20 centímetros- ... Las emisiones de CO₂ ocasionadas por la combustión de combustibles fósiles serán, con más del 99% de probabilidad, la influencia dominante en los cambios en la concentración de CO₂ en la atmósfera durante el siglo XXI ... La temperatura media en la superficie terrestre se estima que aumentará entre 1.4 y 5.8 °C entre 1990 y 2100 ... y el nivel medio del mar aumentará entre 9 y 88 centímetros ... Aunque se consiga estabilizar la concentración de CO₂, el aumento de temperatura y la subida de nivel del mar continuarán durante cientos de años.”

Tal vez algunos piensen que una subida de la temperatura en la superficie terrestre en unos pocos grados no es para tanto. Los expertos de la ONU y del Consejo Mundial de la Energía nos previenen contra esta actitud de complacencia^{xxxviii}. La variación de la temperatura media es una manifestación de los muchos cambios que tendrían lugar en el clima y sus manifestaciones, algunas de ellas de carácter catastrófico: patrones de precipitaciones, corrientes marinas y circulación atmosférica, productividad agrícola, ámbito de propagación de animales y de enfermedades, e intensidad y frecuencia de condiciones climáticas extremas. Nótese que un aumento en la temperatura media de, por ejemplo, 3 °C, puede suponer aumentos de más de tres veces este valor en determinadas regiones de la Tierra.

¿Es la energía nuclear la solución al cambio climático? Precisamente apoyándose en la necesidad de hacer frente al cambio climático, se ha abierto recientemente un debate, a nivel internacional y también en España, sobre la conveniencia de incluir la energía nuclear como una opción de futuro en la combinación más adecuada de tecnologías energéticas, con posicionamientos muy acusados a favor y en contra. La opción nuclear consistiría en mantener en funcionamiento las centrales nucleares existentes, incluso alargando su vida útil en lo posible, así como en instalar centrales nuevas, utilizando las mejores tecnologías comercialmente disponibles. Es un tema controvertido, en el que la sociedad tiene que elegir entre opciones que necesariamente tienen claros y

sombras. Se trata de adoptar la vía que presente más de aquéllos que de éstas.

A favor de la opción nuclear pueden esgrimirse algunos argumentos. La producción de electricidad en centrales nucleares no produce emisiones de gases que contribuyan al cambio climático, que muchos consideran la amenaza medioambiental más grave que enfrenta actualmente la humanidad. Éste es sin duda un aspecto muy positivo de la opción nuclear, aunque debe valorarse en sus justos términos, ya que la energía nuclear actualmente sólo se utiliza en la producción de electricidad. De acuerdo con las estimaciones del Consejo Mundial de Energía y de la ONU, para que la energía nuclear pudiese tener una contribución significativa en la reducción de la amenaza de cambio climático, la capacidad instalada de centrales nucleares, -hay actualmente 438 centrales en funcionamiento-, debería al menos multiplicarse por diez durante los próximos cien años^{xxxix}. Por otro lado, las reservas de uranio -a partir del cual se fabrica el combustible de las centrales nucleares- son, como las de carbón, amplias y suficientemente distribuidas, con las consiguientes implicaciones favorables sobre la garantía de suministro y la estabilidad de los precios de producción de la electricidad.

La opinión pública de muchos países mantiene importantes reservas respecto a la energía nuclear. La seguridad de las instalaciones es la primera preocupación del público en general. El accidente de Chernóbil (1986) capta la imaginación popular, y con razón, pues las consecuencias fueron catastróficas. Cierto es que las condiciones de seguridad de esta central estaban muy por debajo de las que se exigen en los países de la OCDE, donde el récord de seguridad ha sido excelente hasta la fecha, aunque no ha estado exento de algunos accidentes serios, pero sin consecuencias para la población.

La falta de una solución aceptable para los residuos radioactivos de las centrales nucleares es la otra gran preocupación, tan importante o más que la anterior. Se trata de encontrar la forma de mantener contenidos, a salvo de escapes al medio externo, los elementos combustibles ya utilizados, durante cientos de miles de años. Los residuos nucleares de alta actividad constituyen una herencia inadmisibles para las generaciones futuras, en contra de toda idea de sostenibilidad. Hay soluciones transitorias aceptables, como el almacenamiento local en las propias centrales, y propuestas de almacenamiento temporal a más largo plazo, como el enterramiento en contenedores especiales que serían depositados en capas geológicas estables y profundas. Debe advertirse que el problema no desaparece aunque se cierren las plantas actualmente en operación, pues hay ya importantes cantidades acumuladas de residuos de alta actividad.

Es cierto que desde hace algunos años se vienen realizando investigaciones que parece han permitido comprobar la viabilidad tecnológica de modificar los elementos radioactivos de los residuos nucleares mediante su transmutación en compuestos no radioactivos y en otros con una vida media inferior, aunque aún en el rango de varios siglos. Pero esta tecnología está aún lejos de estar disponible industrialmente. Los recursos de investigación y desarrollo tecnológico que actualmente se dedican a resolver el problema de los residuos radioactivos son claramente insuficientes, dada su importancia.

La comunidad internacional ha realizado importantes esfuerzos para limitar el riesgo de utilización bélica de la energía nuclear, consiguiendo que 187 países hayan firmado el Tratado de No Proliferación Nuclear. Es posible conseguir el material nuclear para construir una bomba de fisión a partir del combustible de determinados tipos de centrales nucleares, aunque el actual tratado impone requisitos de vigilancia muy estrictos para los países firmantes. Pero ¿qué tratado puede garantizar un comportamiento adecuado de los países durante cientos de miles de años?

En un número creciente de países, -entre ellos todos los de la Unión Europea-, la producción de electricidad por cualquier medio está sujeta a las leyes del libre mercado. Parece difícil que en este contexto económico la iniciativa privada escoja la tecnología nuclear, a la vista de la oposición pública y de la incertidumbre regulatoria respecto a la solución de los graves problemas enunciados. Además, el nuevo contexto regulatorio acrecienta la preocupación sobre la existencia de incentivos económicos de los propietarios de las centrales en detrimento de la seguridad, ya que mantener las plantas en funcionamiento es ahora el único medio de conseguir los ingresos que permiten rentabilizar las cuantiosas inversiones incurridas.

En conclusión, aunque la opción nuclear contribuye a la seguridad de abastecimiento energético sin dar lugar a gases de efecto invernadero, sin embargo conlleva potenciales riesgos muy graves, que no han sido resueltos satisfactoriamente. No se han asignado suficientes recursos a la solución de estos problemas, en coherencia con la gravedad y urgencia de los mismos. La viabilidad económica de la energía nuclear es asimismo cuestionable en el actual entorno de competencia en el sector energético. Se concluye, por tanto, que la opción nuclear no debe formar parte de un planteamiento de desarrollo sostenible, mientras subsistan sus graves problemas, muy en particular el del tratamiento de los residuos.

En los últimos meses destacadas personalidades del mundo energético español y europeo se han manifestado a favor de la opción nuclear, vinculándola al respeto al compromiso de los Quince para luchar contra el cambio climático y cumplir los acuerdos del Protocolo de Kyoto. En el marco del Protocolo España en concreto se ha comprometido a no aumentar en más del 15% para el año 2010 sus emisiones de gases de efecto invernadero, aunque a estas alturas ya ha excedido el 33% de aumento. Se invoca a la opción nuclear (que por cierto muy difícilmente podría tener contribución adicional alguna para el año 2010) tras haber dejado que el desvío respecto a nuestros compromisos llegue a unos límites graves, al no haber hecho a tiempo los deberes que realmente correspondía realizar: ahorro energético, -muy en especial-, y un desarrollo aún mayor de las tecnologías renovables. Otros países de la Unión Europea, como por ejemplo Alemania, a quien le corresponde disminuir sus emisiones en un 21 %, están en línea con sus objetivos de reducción para el 2010, sin recurrir adicionalmente a la energía nuclear para ello.

Como resumen de las implicaciones que resultan del punto de vista medioambiental, cito a continuación unas palabras al respecto de Federico Mayor Zaragoza^{x1}: “Por primera vez en la historia de la humanidad, la conciencia de la globalidad y del impacto de nuestras acciones nos obliga a proceder de tal modo que se eviten efectos irreversibles ... que podrían limitar o

anular en nuestros descendientes el pleno ejercicio de sus derechos. Es pues el criterio de irreversibilidad, de alcanzar puntos de no retorno, el que exige moralmente la adopción de decisiones a tiempo, antes de que sea demasiado tarde para corregir las tendencias que podrían desembocar, en caso contrario, en alteraciones incontrolables. Para conseguirlo, es menester avizorar, anticiparse y prevenir. En nuestro tiempo, prevenir no es tan solo una posibilidad, sino una obligación ineludible y un imperativo ético. Hay que asegurar los derechos de las generaciones futuras o, si se quiere, los deberes de las presentes generaciones para con quienes vienen a un paso de nosotros, con quienes no han llegado todavía.”

Implicaciones sociales de la energía.

El acceso a la energía y su uso afectan fuertemente, y a la vez son afectados, por el crecimiento de la población, el proceso de urbanización, o las posibilidades de desarrollo y de mitigación de la pobreza de una parte importante de la humanidad^{xli}.

Así, por ejemplo, los patrones de consumo energético de un tercio de la humanidad, que utiliza biomasa como única fuente de energía, tienden a reforzar su situación de extrema pobreza. Cientos de millones de personas, -especialmente niños y mujeres-, gastan varias horas al día buscando leña o acarreando agua desde distancias considerables, lo que les resta oportunidades para su educación o para realizar actividades más productivas. Cocinar con leña en espacios mal ventilados tiene importantes repercusiones negativas sobre la salud, como antes hemos comentado. La falta de electricidad impide la utilización de múltiples aparatos que facilitan el trabajo y el acceso a los medios modernos de comunicación. Por otro lado, la disponibilidad de adecuados servicios energéticos disminuye la presión por mantener una alta tasa de fertilidad -al reducir la necesidad de mano de obra de baja especialización- y facilita la transición a una demografía de menor mortalidad y también menor fertilidad, como es el caso de los países más desarrollados. El acceso a formas avanzadas de energía en zonas rurales puede reducir la migración hacia las grandes ciudades, al ofrecer más oportunidades de desarrollo en el ámbito local. Una política adecuada de desarrollo del transporte puede reducir el impresionante crecimiento de la flota global de vehículos, con sus implicaciones sobre el consumo energético y la contaminación ambiental^{xlii}.

El modelo vigente de desarrollo y consumo, -tanto el derroche energético de los ricos como los patrones de consumo de los más desfavorecidos-, genera contaminación y destrucción que terminan por traducirse en pobreza, pobreza que a su vez contamina y destruye. Este es el triángulo vicioso: consumo – contaminación – pobreza. Se trata de un complejo entramado de relaciones, no siempre evidentes, en el que ciertos fenómenos son causa y efecto a la vez y donde ningún elemento puede considerarse aislado^{xliii}.

Examinemos un momento la idea que sobre desarrollo y bienestar predomina en muchos individuos y en las políticas económicas predominantes en los países más avanzados. Esta idea descansa sobre tres puntos básicos:

- Desarrollo es esto que hemos alcanzado en los países industrializados.

- Es una meta posible para todos los países.
- Alcanzar esta meta es sólo cuestión de tiempo.

El modelo es la metáfora del tren, cuanto más avanza la cabeza más avanza el furgón de cola. El problema es que este modelo de desarrollo no es sostenible ni medioambientalmente, -como acabamos de ver-, ni tampoco socialmente.

El modelo energético de aumento del consumo de energía y de hidrocarburos que ha sido adoptado por los países más desarrollados nos está conduciendo a un callejón sin salida. Pero éste es también el modelo al que aspiran legítimamente los países pobres para su desarrollo, lo que agravaría el problema global de sostenibilidad, en particular en lo referente al cambio climático. Las disparidades actuales constituyen una auténtica amenaza para la paz y la concordia, y crean una brecha, cada día más ancha, entre la minoría que disfruta de los beneficios del progreso y la inmensa mayoría de los habitantes del planeta, para los cuales el bienestar es un espejismo muy lejano. El informe del PNUD de 1992 ya advirtió que “la pobreza internacional es una de las mayores amenazas contra la continuidad del entorno físico y el sostenimiento de la vida humana”.

Veamos un ejemplo concreto de la falta de sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo^{xliv}. Estas pasadas vacaciones, mientras preparaba esta charla, leía yo en la prensa que el tráfico de vehículos ligeros, -los coches particulares-, había crecido en España el 8.2% durante los primeros cuatro meses de este año 2002. Debido al fuerte incremento del tráfico, nuestro Gobierno quiere aumentar de 8000 a 13000 los kilómetros de autopistas y autovías^{xlv}. Ahora reflexionemos sobre el hecho de que el 92% de la población mundial no tiene coche. Y que mientras en los EEUU y en la Unión Europea hay un coche por cada 1.8 y 2.8 habitantes respectivamente, en Africa la proporción es de un coche por 110 habitantes y en China de uno por cada 1375 habitantes. La contribución del transporte al crecimiento del CO2 en los países de la OCDE es aproximadamente de un 33%^{xlvi}, además de su importante contribución a las emisiones contaminantes. Claramente nuestro modelo de desarrollo del transporte no es sostenible^{xlvii}. El estándar de los EEUU y de la Unión Europea no nos sirve como referencia global. Hay un enorme trecho por recorrer en el aumento de la eficiencia del parque automovilístico, en el desarrollo de otros medios de reducción de sus emisiones contaminantes, en que el precio de los combustibles refleje los costes medioambientales incurridos, en la producción y utilización de combustibles renovables y en la modificación sustancial de los patrones actuales de utilización de los medios de transporte.

Encontrar el modo de producir y utilizar la energía de forma que se promueva el desarrollo humano en el largo plazo, en todas sus dimensiones: sociales, económicas y medioambientales, es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la humanidad. Veremos a continuación las opciones y los recursos disponibles para afrontarlo.

III. Soluciones globales para conseguir la sostenibilidad energética.

Tenemos un problema. Un serio problema. Para el que no existen recetas mágicas ni soluciones que no traigan aparejado un coste importante. Comencemos con una reflexión de Federico Mayor Zaragoza en su libro “Los

nudos gordianos”^{xlviii}. “Resulta imprescindible oponer a este espejismo (la idea de que es posible aumentar indefinidamente el consumo) el concepto de desarrollo integral, duradero y respetuoso con el medio ambiente. Además la conciencia moral de nuestro tiempo nos lleva a asignar un valor primordial a la idea de que el desarrollo ha de ser compartido, que sólo se justifica si beneficia a un número cada vez mayor de seres humanos. El reordenamiento de las prioridades de nuestra sociedad ha de desembocar, forzosamente, en la frugalidad y la disciplina ecológica. En las décadas por venir, el concepto de calidad de vida estará cada vez más vinculado a la austeridad y a la responsabilidad hacia el entorno.”

Al igual que el problema, las líneas de actuación para solucionarlo son complejas y tienen múltiples niveles: desde el puramente personal, pasando por el de las empresas e instituciones, -como la Universidad-, hasta el de los Gobiernos y grandes organizaciones internacionales.

¿Qué repercusiones tiene lo anterior en el ámbito estrictamente personal? Cuando hablamos de modelos de desarrollo no nos referimos a algo que tiene lugar en esotéricos centros de poder, inaccesibles a los simples mortales. Es cierto que las grandes decisiones se toman así, pero nuestro modelo de desarrollo, en la vida cotidiana, se llama sociedad de consumo. Es ese conjunto de comportamientos, hábitos y valores, ese modelo de organización socioeconómica y de comportamiento individual, esa ética, e incluso esa estética, que mantenemos entre todos y que, por consiguiente, está en nuestras manos cambiar. A veces, sólo a pequeña escala, pero hay pasos pequeños que van lejos, y pueden crear una dinámica que terminará por convertirse en presión social y por generar cambios globales. Puesto que somos parte del problema, está en nuestras manos ser parte de la solución.

Pero, en paralelo, la tarea más relevante que los individuos y las instituciones pueden realizar es contribuir a crear la presión social que es la que acaba por conseguir que se incluyan los temas verdaderamente importantes con los enfoques adecuados en las agendas de los grandes foros y de los gobiernos, que ya sabemos que cuando actúan suelen hacerlo a instancias de la opinión pública que les sustenta.

Afortunadamente, en el terreno de los principios existe ya un nivel suficiente de consenso a los niveles máximos de las instituciones mundiales^{xlix}. Veamos por ejemplo lo que ha manifestado Romano Prodiⁱ, Presidente de la Comisión Europea, con motivo de la preparación de la importante Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, que ha tenido lugar en Johannesburgo a finales de Agosto de 2002ⁱⁱ: “La respuesta, la única respuesta conforme a nuestros valores, es la solidaridad. Tenemos un solo mundo y la economía está cada vez más globalizada. Debemos demostrar que no deseamos confiar su gestión exclusivamente a las fuerzas del mercado, a menudo salvajes. Tenemos que demostrar que somos capaces de dominar los problemas mundiales, incluidos el medio ambiente y el desarrollo, con una gestión concertada, sirviéndonos del Derecho Internacional y de instituciones multilaterales eficaces y transparentes”.

También son ilustrativas las declaraciones de James .D. Wolfensohn, Presidente del Banco Mundial, con el mismo motivoⁱⁱⁱ: “Los países en desarrollo tienen que fomentar la democracia, la integración y la transparencia al tiempo

que construyen las instituciones necesarias para gestionar sus recursos. Los países ricos deben aumentar su ayuda, apoyar la reducción de la deuda externa, abrir sus mercados a los exportadores de los países en desarrollo y ayudar a transferir las tecnologías necesarias para prevenir las enfermedades y, especialmente, para aumentar el uso eficiente de la energía y reforzar la productividad agraria.” El propio documento de conclusiones de la Cumbre comienza declarando: “Reconocemos que la erradicación de la pobreza, la lucha contra el hambre, el cambio de los patrones insostenibles de producción y consumo, la protección y gestión de los recursos naturales para una vida sostenible y el desarrollo económico y social son los mayores objetivos y los requerimientos esenciales para el desarrollo sostenible”.

Obviamente, una cosa son las declaraciones de principios y otra las actuaciones concretas, como tristemente han puesto de manifiesto las tres Cumbres Mundiales celebradas este año. Pero no seamos pesimistas, los acuerdos a escala mundial son difíciles de conseguir, pero no imposibles. Véase el caso de otro problema medioambiental de escala mundial: el agujero de la capa de ozono. La comunidad internacional fue capaz de reaccionar eficazmente prohibiendo el uso de los CFC (compuestos clorofluorocarbonados) en el Protocolo de Montreal de 1987, con lo que esta grave amenaza está en vías de solución.

Además, estas cumbres, pese a sus limitaciones, van ayudando a crear una conciencia global sobre los problemas de la pobreza y del deterioro ambiental. Y también, más allá de las declaraciones de principios, se va creando una coincidencia básica en las grandes líneas de solución que se deben adoptar. Así, con respecto a conseguir un desarrollo energético sostenible, la Comisión Europea, el Consejo Mundial de la Energía, las Naciones Unidas, el Club de Roma y la Agencia Internacional de la Energía, -entre otras instituciones relevantes-, en importantes y recientes publicacionesⁱⁱⁱⁱ, coinciden todas en señalar que la estrategia a seguir debe al menos incluir los elementos siguientes:

- a) Reconocimiento de que el sendero actual de desarrollo energético no es sostenible.
- b) Un incremento muy importante del esfuerzo combinado en los tres aspectos clave de la solución: mejora de la eficiencia energética, contribución de las fuentes renovables de energía, e investigación y desarrollo de tecnologías energéticas avanzadas. Lo anterior requiere la adopción de las adecuadas medidas económicas, en lo posible haciendo uso de mecanismos de mercado, pero con las intervenciones regulatorias correctoras que se precisen.
- c) Admisión del gravísimo problema que supone el que un tercio de la humanidad no tiene acceso a formas avanzadas de energía, lo que debe abordarse con soluciones específicas impulsadas por los países desarrollados, quienes han llevado al planeta a la actual situación de insostenibilidad y se han beneficiado de ello. Estas soluciones deben incluir el desarrollo de sistemas descentralizados adaptados a las situaciones concretas, el uso de tecnologías apropiadas –que en su mayor parte debieran ser renovables-, fórmulas innovadoras de financiación y participación local en la toma de decisiones.

- d) Reconocimiento de la urgencia del problema. El desafío de un desarrollo energético sostenible requerirá un esfuerzo concertado de los gobiernos nacionales, del sector energético, de la sociedad civil, de las organizaciones internacionales y de los individuos. Sean cuales sean las dificultades de adoptar las medidas apropiadas, serán pequeñas en comparación a lo que está en juego. Dado que el mundo es un complejo entramado dinámico en un periodo crítico de transición demográfica, económica, estructural y tecnológica y dado que los sistemas energéticos tardan décadas en cambiar, el momento de actuar es ahora^{liv}.

El ahorro energético.

Veamos a continuación en mayor detalle algunos de los elementos de la estrategia de solución propuesta. Empecemos por el ahorro energético: ¿Tiene verdaderamente potencial como para contribuir significativamente a un desarrollo sostenible?

Todas las organizaciones globales en el ámbito energético están incidiendo en la importancia de mejorar la eficiencia en la utilización de la energía. En el "Informe mundial de la energía" la ONU y el Consejo Mundial de la Energía han puesto recientemente de manifiesto que, a pesar de las mejoras anteriormente citadas que ha experimentado la eficiencia energética, particularmente en los países más desarrollados, todavía queda un amplio margen para lograr una reducción adicional de la energía consumida por unidad de producto interior bruto. El 30% de la energía se malgasta por el uso ineficiente en casas, edificios, empresas y vehículos, apuntando directamente a que los problemas de intensidad energética y de eficiencia de una economía se producen en la utilización final de las energías por los consumidores. La cantidad de energía primaria requerida para un servicio dado puede ser reducida, en forma rentable, entre un 25 por ciento y un 35% por ciento en los países industrializados. El ahorro puede llegar al un 45 % en los países menos desarrollados.

Si la economía mundial creciese con el ritmo medio estimado de un 2.7% anual, y teniendo en cuenta las mejoras esperadas en intensidad energética que permiten prever que el consumo energético mundial crecerá aproximadamente como media un 1.8% por año, en el año 2020 la demanda será un 50% más alta que en 1998. Sin embargo, si las mejoras previstas en eficiencia no se materializasen, el aumento sería del 90%^{lv}.

Las fuentes renovables de energía^{lvi}.

La opinión pública más generalizada es que las fuentes renovables de energía, -como la eólica, solar, o biomasa-, pueden solamente jugar un papel menor en la solución al problema de la sostenibilidad energética pero que no tienen la capacidad suficiente para convertirse en el factor principal.

Sin embargo, como hemos visto antes, el potencial de las fuentes renovables de energía es enorme^{lvii}. Pero sus costes de producción son en general todavía demasiado altos para ser competitivas con las fuentes de producción tradicionales, dados los actuales precios de la energía. Se necesita internalizar

plenamente los costes medioambientales para que la viabilidad económica de estas tecnologías se reconozca.

Un aspecto de las fuentes renovables de energía que hasta ahora habíamos pasado por alto es su amplia dispersión geográfica, favoreciendo además posiblemente a aquellas regiones del planeta donde se encuentran los países menos desarrollados. Un problema añadido de los recursos de petróleo y de gas natural es su localización concentrada en unos pocos emplazamientos. Basta con seguir superficialmente los acontecimientos internacionales con una cierta perspectiva histórica para darse cuenta de la relación entre la disponibilidad de estos recursos, los conflictos bélicos y los posicionamientos políticos de los países dominantes. No resulta alentador pensar cuál será la situación mundial cuando algunos de estos recursos comiencen realmente a escasear. Una economía global que descansa sobre las fuentes de energía renovables será sin duda mucho más segura.

Las medidas económicas.

Como acabamos de ver, las técnicas necesarias para lograr los incrementos de eficiencia fundamentalmente ya existen y las tecnologías renovables están disponibles para aumentar su contribución al suministro energético. Teóricamente, al mercado corresponde transmitir las señales económicas que fomenten el ahorro y la innovación tecnológica para el desarrollo de procesos que sean menos intensivos en energía, así como para rentabilizar las inversiones en fuentes renovables de energía. Sin embargo, el mercado y los precios de la energía tienen limitaciones para trasladar a los agentes las señales más adecuadas para una asignación y utilización óptima de los recursos. Los precios en general no reflejan los costes ambientales de producción, ni trasladan al mercado con realismo los problemas de suministro futuro de las energías primarias en los mercados internacionales. En definitiva, el comportamiento de la demanda de energía no tiene la oportunidad de responder plenamente a criterios de racionalidad económica y no se reconoce a las tecnologías renovables su menor impacto ambiental^{lviii}.

De hecho los recientes procesos de liberalización del sector energético, en muchos países por todo el mundo, están en general consiguiendo que las fuerzas del mercado aumenten la eficiencia del suministro con el consiguiente abaratamiento de los precios. El aumento de la eficiencia del suministro es indudablemente positivo bajo un punto de vista medioambiental, aunque no así la reducción de los precios ya que estimula la demanda, por lo que se necesita una intervención regulatoria, -como por ejemplo un impuesto energético-, que permita incorporar a los precios el verdadero coste medioambiental. La recaudación del impuesto puede tener diversos fines beneficiosos para la actividad económica, como por ejemplo reducir los impuestos laborales^{lix}.

Una consideración importante es que, por motivos de equidad, el reparto de las cargas económicas debiera ser asimétrico, de forma que las afronten primordialmente los países que hasta ahora se han beneficiado y han contribuido mayoritariamente a crear el problema medioambiental^{lx}.

La tarea de incorporar los costes medioambientales en los precios de la energía tropieza con dos importantes dificultades. Por un lado la existencia de

grandes incertidumbres en la cuantificación de los costes medioambientales o de responsabilidad intergeneracional, que generalmente corresponden a bienes intangibles o de muy difícil valoración. Por otro lado, la necesidad de un amplio acuerdo internacional al respecto, pues los precios de la energía pueden afectar significativamente a la competitividad de las empresas.

Por este motivo, al menos transitoriamente, se ha comenzado por hacer uso de otros mecanismos económicos más rudimentarios. Por el lado de la oferta se han puesto en marcha diferentes procedimientos de incentivación, entre los que destacan las primas a la producción, -esto es, una retribución adicional al precio del mercado por cada kWh producido^{lxi}-, los mercados de créditos verdes, -es decir, obligaciones de adquisición de un porcentaje prefijado de energía de origen renovable-, o las subastas de capacidad de generación de tecnologías renovables. La Comisión Europea ha establecido un objetivo que, aunque insuficiente, es ciertamente un buen paso en la dirección correcta: Se trata de conseguir que para el año 2010 el 12% de la energía total consumida en la Unión sea de origen renovable. Esto supondrá que aproximadamente el 22% de la producción de electricidad tenga este origen como promedio en la Unión, lo que significará un progreso notable respecto a la situación presente, si el objetivo se cumple.

Por el lado de la demanda los mecanismos más habituales consisten en la aplicación de impuestos al consumo energético, -de forma que los precios comiencen a reflejar los costes de impacto ambiental-, y el apoyo a programas de ahorro energético. Tiene interés el concepto de gestión de la demanda (Demand Side Management o DSM en la terminología anglosajona) acuñado en los EEUU y que agrupa todas las técnicas y acciones encaminadas a racionalizar el consumo de energía desde el lado del usuario final^{lxii}. La Comisión Europea lleva varios años tratando de implantar un impuesto energético, sin éxito de momento, a causa de la oposición de unos pocos países, entre los que destaca España.

Las tecnologías avanzadas.

¿Qué tecnologías aparecen como más prometedoras en la actualidad para contribuir a un marco de desarrollo sostenible? Hay varias direcciones que ofrecen un gran interés^{lxiii}.

Un caso paradigmático es el de las fuentes renovables de generación eléctrica, cuya tecnología básica ya es conocida, pero que aún pueden beneficiarse de sustanciales mejoras con el consiguiente abaratamiento de costes de producción si son objeto de programas adecuados de I+D. Éste ha sido por ejemplo el caso de la generación eólica de electricidad que, tras el apoyo recibido en diversos países -España entre ellos-, está muy cercana a la viabilidad económica, incluso con los precios actuales de la electricidad. No olvidemos el apoyo que recibieron en su momento, -y aún reciben-, para su desarrollo y explotación las tecnologías tradicionales, como el carbón y la nuclear.

Con respecto a la utilización de combustibles fósiles para la generación eléctrica, lo que se pretende es mejorar la eficiencia y reducir lo más posible las emisiones. Un desarrollo tecnológico reciente, aunque ya maduro y en pleno uso por todo el mundo, son las centrales de ciclo combinado de gas natural

para la producción de electricidad. Estas centrales alcanzan rendimientos energéticos superiores al 60%, frente al rendimiento medio de aproximadamente 31% de las plantas actualmente en funcionamiento, y sus emisiones de CO₂ –para una misma producción eléctrica- son del orden del 40% de las de una central convencional de carbón. Otras tecnologías de gran interés son las que permiten la gasificación del carbón, donde el gas se utiliza a su vez en un ciclo combinado, dando lugar asimismo a bajas emisiones a la atmósfera.

Diversos desarrollos en marcha persiguen la utilización de combustibles fósiles para transporte y para generación de electricidad con emisiones no deseables prácticamente nulas. La utilización de combustibles sintéticos y, en particular, el futuro rol del hidrógeno como vector energético intermedio para muchas aplicaciones y muy particularmente el transporte, -semejante al papel desempeñado por la electricidad o el gas natural actualmente-, parece irse afianzando. Las pilas de combustible, donde el hidrógeno sería utilizado como combustible para obtener electricidad sin emisiones nocivas, serían la pieza fundamental. Estos dispositivos, junto con las microturbinas y pequeños motores eficientes, conducirían a un uso generalizado de la producción distribuida de electricidad, que competiría con las grandes instalaciones actuales.

Por otra parte, la investigación y el desarrollo tecnológico parecen la única forma que podría permitir superar los graves problemas actuales de sostenibilidad de la tecnología nuclear.

Las oportunidades de desarrollo tecnológico en el campo del ahorro energético son innumerables. Como una muestra, es interesante examinar los 50 casos ejemplo que el Club de Roma propone en su informe “El factor 4”^{lxiv} sobre cómo duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales. Se trata de un inmenso campo de investigación y desarrollo para ingenieros y científicos de distintas disciplinas: climatización, tratamiento de residuos, máquinas y electrodomésticos más eficientes, iluminación, construcción, transporte, agricultura biointensiva o utilización del agua.

En el número de fin de siglo de la revista Business Week, el concepto ganador de su artículo de fondo “21 ideas para el siglo XXI” no fue ningún invento relacionado con internet o con las industrias “.com”. La idea número uno fue una variante de un concepto del siglo XIX, -la visión de la industria eléctrica de Thomas Edison-, en un sector que ha tenido pocos cambios revolucionarios en tres generaciones. Se trata de la idea futurista de que el suministro de energía pueda acabar siendo en gran parte local o personal, -con el uso de pilas de combustible, módulos basados en energía solar, microturbinas y otros medios locales de producción y almacenamiento de energía-, de la misma forma que los ordenadores personales han sustituido en gran parte al tratamiento centralizado de información. Las tecnologías de microproducción de energía son ahora mucho más limpias, eficientes y silenciosas y pueden escalarse a las necesidades de consumo locales. La utilización del hidrógeno como vector energético podría contribuir sustancialmente en esta transformación. Y, para una gran parte de los 2000 millones de personas que actualmente no tienen acceso a la electricidad, la generación distribuida, -basada en lo posible en energías renovables-, puede ser la mejor opción para que pasen a formar parte del mundo electrificado.

Caso ejemplo 1: Los 2000 millones de personas sin electricidad.

Se trata de hacer llegar la energía eléctrica u otras formas avanzadas de energía a 2000 millones de personas; unos 400 millones de hogares, con unos consumos previsibles muy bajos y con la dificultad añadida de la dispersión geográfica.

El primer interrogante en la puesta en marcha del plan anterior es el de las tecnologías que han de utilizarse. Un programa de cooperación de estas dimensiones debe enmarcarse dentro de una estrategia global de desarrollo sostenible. Desde esta perspectiva la mejor solución estaría en el uso de las energías renovables, principalmente con generación distribuida basada en todas las tecnologías disponibles en el momento actual, encontrando las soluciones más adecuadas a cada caso concreto. En los emplazamientos aislados, el programa debería articularse a través de instalaciones autónomas o pequeñas redes. En los emplazamientos cercanos a la red de distribución, además de la generación distribuida en red, se deberían construir centrales de generación fundamentalmente basadas en energías renovables.

Un punto importante en la argumentación técnico-económica del abastecimiento de esta demanda es el coste de las tecnologías empleadas. Para satisfacer las pequeñas demandas aisladas, algunas de las tecnologías renovables ya constituyen en la actualidad una solución económicamente más viable que las tecnologías basadas en los combustibles fósiles. Sin embargo, para la generación distribuida o centrales conectadas a la red eléctrica con los parámetros de mercado empleados en los países desarrollados, la gran mayoría de las tecnologías renovables presentan un coste superior a las tecnologías convencionales.

Para que sea posible la implantación de tecnologías basadas en energías renovables en estos países es preciso que éstas alcancen un desarrollo tal que permita una rebaja sustancial de sus costes. Parece complicado que soluciones que no se asumen todavía plenamente en los países desarrollados por su difícil viabilidad económica vayan a resultar viables y financiables en los países más pobres.

Por este motivo, y por la necesidad de reconducir hacia la sostenibilidad el modelo energético en los países desarrollados, parece imprescindible que en paralelo a la implantación del programa de abastecimiento para los 2000 millones de personas, los países desarrollados adquieran compromisos firmes en la introducción de las energías renovables en fase comercial en su sistema energético y en proporcionar los recursos de I+D para viabilizar las fuentes de energía renovable actualmente menos desarrolladas.

Las dificultades de implantación de una iniciativa de este alcance obviamente exigen un compromiso de los países más desarrollados. En este sentido es muy acertada la propuesta que ha elaborado Greenpeace, basada en buena parte en los documentos elaborados por el grupo de trabajo sobre Energías renovables del G-8, -el grupo de países más desarrollados del planeta-, y que trató de conseguir un compromiso de los gobiernos en la pasada cumbre mundial de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible.

Caso ejemplo 2: Un futuro sostenible para el transporte.

Para tener una imagen mental más concreta de lo que la estrategia de solución propuesta puede significar en la práctica, acabemos este apartado sobre las soluciones con la visión de un futuro sostenible para el transporte, -posiblemente el sector de consumo más alejado de la sostenibilidad-, que propugna una organización tan poco sospechosa de militancia ecologista como la Agencia Internacional de la Energía de la OCDE en un reciente documento^{lxv}.

El proyecto “Un transporte sostenible medioambientalmente” de la OCDE incluye los objetivos siguientes, que han de satisfacerse para el año 2030:

- Las emisiones de CO₂ y de NO_x del sector transporte no deben exceder el 20% y el 10%, respectivamente, de las que existieron en 1990.
- El uso del territorio dedicado al transporte debe reducirse progresivamente y debe supeditarse a otros objetivos de carácter local.

Las medidas para conseguir estos objetivos incluyen las siguientes:

- Promoción de vehículos eléctricos híbridos y de propulsión con pilas de combustible (que utilizan hidrógeno, en vez de combustibles fósiles) por medio de subsidios y otras ayudas, que los hagan atractivos para fabricantes y usuarios.
- Utilización de combustibles con emisiones de CO₂ prácticamente nulas, como los biocombustibles o el hidrógeno en las pilas de combustible, si es que si utilizan fuentes renovables de energía para producir el hidrógeno.
- Acabar con el crecimiento en el volumen de transporte, lo que requeriría la adopción de medidas drásticas en los países desarrollados, debido a la justificable tendencia al crecimiento del parque automovilístico en los países en desarrollo. Se requerirían peajes en la mayoría de las carreteras, mayores limitaciones al aparcamiento y aumento de los costes, controles estrictos del uso del territorio, aumento del teletrabajo, mejora y aumento de los factores de utilización de los transportes públicos y, en general, una evolución progresiva hacia una sociedad menos orientada al automóvil.

La AIE admite que su visión no es alcanzable con las medidas de política energética que actualmente se contemplan. Y que, para adoptar las medidas que son necesarias, los ciudadanos tendríamos que convencernos de que las ventajas de un futuro sostenible compensan los cambios importantes que tendríamos que introducir en nuestro estilo de vida.

La urgencia.

Me limitaré a aportar varios textos seleccionados de algunos documentos de las Naciones Unidas, recientes y de amplia difusión:

“El mundo está experimentando un cambio cada vez más rápido, y las gestiones ambientales coordinadas en el plano internacional van muy detrás del desarrollo económico y social. Los beneficios ambientales derivados de las nuevas tecnologías y políticas no pueden mantener el ritmo y la escala del desarrollo económico y del crecimiento demográfico. ... El horizonte temporal para emprender importantes iniciativas de política ambiental solía ser bastante

amplio. En la actualidad, el tiempo para una transición racional, bien planificada, a un sistema sostenible se está agotando rápidamente. En algunas esferas ya se agotó. ... La continua pobreza de la mayoría de habitantes del planeta y el excesivo consumo que caracteriza a la minoría son las dos causas principales de la degradación ambiental. El actual curso que sigue el mundo es insostenible y ya no es una opción el aplazamiento de la adopción de medidas. Se necesita un liderazgo político inspirado y una intensa cooperación transregional e intrasectorial para poner en marcha los instrumentos normativos existentes y los nuevos”.^{lxvi}

“La energía puede ser una herramienta poderosa para conseguir un desarrollo sostenible. Redirigir su poder hacia este objetivo superior, sin embargo, requerirá cambios estratégicos importantes dentro de un marco amplio que lo haga posible. ... A no ser que estos cambios tengan lugar en unas pocas décadas, muchas de las oportunidades que ahora existen se habrán perdido, las posibilidades para las generaciones futuras habrán disminuido y el objetivo de un desarrollo sostenible se habrá quedado sin realizar”.^{lxvii}

IV. Las líneas de un compromiso desde la Universidad.

Los grandes temas de nuestro tiempo exigen tomar partido, y muy especialmente a una universidad. El profesor José Ramón Busto de la Universidad Pontificia Comillas nos lo señalaba en una reciente ponencia^{lxviii}: “Nada es neutral en la vida del hombre. Ni la ciencia ni la tecnología. Mucho menos la educación o la formación. Ninguna universidad es neutral, como no lo es ninguna investigación ni ningún programa universitario.”

El P. Peter-Hans Kolvenbach, en su alocución a la Reunión Internacional de la Educación Superior de la Compañía de Jesús en mayo de 2001, nos recordaba cómo la Compañía entró en el terreno de la educación superior a causa de su vocación por asumir cualquier ministerio que exija su misión de llevar al mundo a ser plenamente en Dios. Y cita al jesuita español Diego de Ledesma que, ya a fines del siglo XVI, incluye entre las cuatro razones por las que la Compañía se dedica a la educación superior el “contribuir al recto gobierno de los asuntos públicos”. Dice textualmente el P. Kolvenbach en su alocución: “El conocimiento no es neutro, porque implica siempre valores y una determinada concepción del ser humano. La docencia y la investigación no pueden dar la espalda a la sociedad que las rodea. ... La universidad debe ser el lugar donde se airean cuestiones fundamentales que tocan a la persona y a la comunidad humana, en el plano de la economía, la política, la cultura, la ciencia, la teología, la búsqueda de sentido. ... La educación superior de la Compañía está llamada en nuestros días a dar respuestas creativas al radical cambio de época que estamos viviendo. A las universidades corresponde un papel insustituible en el análisis crítico de la globalización, con sus connotaciones positivas y negativas, para orientar el pensamiento y la acción de la sociedad. ... No basta la denuncia: son necesarios también el anuncio y la propuesta. Comprometerse en este terreno como universidades es una consecuencia del servicio que la universidad debe prestar a la sociedad. ... Es necesario contribuir a la globalización de la solidaridad. La persona completa, ideal de la educación jesuítica durante más de cuatro siglos, será en el futuro una persona

competente, consciente, capaz de compasión y bien educada en la solidaridad.”

He tratado en esta charla de mostrar la relevancia que el problema del desarrollo energético sostenible tiene para la sociedad y por lo tanto para cada uno de nosotros como “personas completas” y para la universidad. Es un grave problema de ámbito global, interdisciplinar, que requiere planteamientos innovadores, objetivos, sin posturas tomadas de antemano ni intereses creados. Es un problema que nos interpela y que no debiera ser ajeno a nuestro quehacer universitario. Y sería un grave error de planteamiento de la universidad si estos grandes temas, posiblemente los de mayor importancia para la humanidad en su conjunto en nuestro tiempo, no estuviesen firmemente incorporados en el núcleo, en lo más troncal, de las enseñanzas que impartimos y de la investigación que realizamos.

V. Final.

El gran enemigo es la pasividad de los muchos, que pensamos que nuestras actitudes y acciones individuales, -como consumidores y como ciudadanos-, no van a tener influencia alguna y que no hacemos valer nuestra opinión sobre los que toman decisiones. No se trata de fijar objetivos inalcanzables, que conduzcan a la frustración. Sabemos que estos grandes problemas sólo pueden resolverse realmente a través de la educación y del cambio de mentalidad en la opinión pública, que acaba filtrándose lentamente en las decisiones políticas. La universidad es un gran sitio para empujar la pata del elefante en la dirección correcta si sabemos integrar estos problemas reales en la investigación y en la enseñanza.

Recordemos por un momento aquellas cifras que examinamos al principio de la charla y que todos debemos saber. Uno puede vivir como si no existiesen. Veamos lo que dice al respecto Noam Chomsky, profesor del MIT, un científico de primera magnitud, número uno mundial en el campo de la lingüística y también muy conocido por su activismo político, y que en una reciente entrevista planteaba en estos términos su compromiso moral^{lxix}:

“Si pudiera olvidarme del mundo, estaría encantado de dedicarme solamente a mis actividades académicas. Hace 40 años pensé muy seriamente si debiera retomar el activismo político, tras una interrupción de 10 años, sabiendo muy bien que no hay manera de meter un pié en el agua sin acabar totalmente sumergido. Pero decidí muy conscientemente hacerlo, sin ilusiones sobre lo que me sucedería, y lamentándolo mucho. Pues me pareció entonces, y todavía me parece, que no hay otra opción, al menos si quiero ser capaz de mirarme en el espejo”.

ⁱ A) UNDP, UNDESA, WEC, “World Energy Assessment”, United Nations Development Program, 2000, en adelante “**WEA**”; B) “Perspectivas del medio ambiente mundial, GEO-2000”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1999, en adelante “**GEO-2000**”; C) Informes anuales del Worldwatch Institute, como “La situación del mundo 2002”, Icaria Editorial, mayo 2002; D) International Energy Agency, “Toward a sustainable energy future”, OECD, 2001, en adelante “**IEA**”; E) Informes anuales “Informe sobre el Desarrollo Humano”, del Programa de las Naciones Unidas para el

Desarrollo (PNUD), Ediciones Mundi-Prensa; F) Comisión de las Comunidades Europeas, Libro Verde sobre “Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético”, Bruselas, 29.11.2000, COM(2000), en adelante **Libro Verde UE**; G) Comisión Nacional de Energía y Club Español de la Energía, “Consumo de energía y crecimiento económico”, 2002, en adelante **CNE / ENERCLUB**; G) E. U. Von Weizsäcker, A. B. Lovins y L. H. Lovins, “Factor 4: Duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales”, Informe al Club de Roma, Galaxia Gutemberg, 1997, en adelante **Factor 4**.

ⁱⁱ En el año 2000 uno de cada dos seres humanos vivía en una ciudad y entre el año 2000 y el 2035, si se cumplen las actuales previsiones demográficas, 3000 millones de personas más se habrán incorporado a las aglomeraciones urbanas ahora existentes. De no modificarse esta tendencia, en los próximos cuarenta años habrá que construir como promedio 25 ciudades de tres millones de habitantes, casi del tamaño de Madrid, cada año.

ⁱⁱⁱ El mundo se divide hoy en 30 países desarrollados (el club de los 30) que tienen el 15% de la población y el 77% de las exportaciones mundiales, frente a 128 países en desarrollo con un 77% de la población y un 18% de las exportaciones. En tierra de nadie hay otras 28 economías en transición. La balanza de pagos por cuenta corriente, que indica si un país puede pagar los bienes que precisa importar, ha sido excedentaria para el club de los 30, pero negativa para el resto. Esto significa que, en vez de desaparecer el problema de la deuda externa de los países en desarrollo, ésta se ha duplicado entre 1992 y 1998. El esfuerzo para pagarla ha aumentado y hoy los 156 países en desarrollo o en transición gastan como media el 39% de lo que producen en satisfacer lo que deben. Como resultado de todos estos datos, el crecimiento económico per cápita de los países desarrollados es mayor, y divergente, con respecto al del resto de las regiones del planeta.

^{iv} Informe “Global Development Finance 2002”, distribuido por el Banco Mundial.

^v La cantidad actual que dedica la UE como promedio es del 0,33%. España está en el 0,24%. En la Cumbre de Monterrey la UE acordó llegar al 0,39% del PIB comunitario para el 2006. En Monterrey Estados Unidos se comprometió a aumentar su ayuda del 0,10% al 0,15% de su PIB, esto es, en 5000 millones de dólares o aproximadamente la centésima parte de su presupuesto militar anual.

^{vi} Comisión Nacional de Energía y Club Español de la Energía, “Consumo de energía y crecimiento económico”, 2002.

^{vii} La factura energética familiar supone como promedio en España un 2.5% del gasto familiar. Fuente: Comisión Nacional de Energía y Club Español de la Energía, “Consumo de energía y crecimiento económico”, 2002, p. 179.

^{viii} Comisión de las Comunidades Europeas, Libro Verde sobre “Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético”, Bruselas, 29.11.2000, COM(2000), 769 final.

^{ix} En concreto, el artículo 2 del Tratado establece que la Unión tendrá como objetivos promover el progreso económico y social y un alto nivel de empleo y conseguir un desarrollo equilibrado y sostenible. El Consejo Europeo de Gotemburgo, celebrado en junio de 2001, adoptó la Estrategia de la Unión Europea para un Desarrollo Sostenible, que se basa en la selección de cuatro prioridades, como primer paso para la orientación futura de las políticas: cambio climático, transportes, salud pública y recursos naturales. De forma explícita o implícita (éste es el caso español) se encuentra también en la legislación energética de muchos de los países de la Unión.

^x Ver OECD, International Energy Agency, “Toward a sustainable energy future”, OECD/IEA 2001, capítulo 2. También “Estrategia española de desarrollo sostenible”, www.esp-sostenible.net.

^{xi} Este es el documento que hemos referenciado como “WEA”, por “World Energy Assessment”.

^{xii} Esta opinión es compartida por todas las instituciones que han examinado seriamente este asunto. Véase por ejemplo la opinión al respecto de la Agencia Internacional de la Energía, organismo establecido por la OCDE, en su reciente documento: “Toward a sustainable energy future”, OECD/IEA, 2001.

^{xiii} WEA.

^{xiv} WEA, p.5, 127, donde se ha partido de la estimación de un crecimiento sostenido de la economía mundial del 2.7%.

^{xv} WEA, p.4, CNE / ENERCLUB, p. 46.

^{xvi} WEA p. 156.

^{xvii} Para comprender mejor la situación actual y el impacto de la energía en la economía hay que analizar lo sucedido desde 1973. Se incluye a continuación una reseña histórica sobre la evolución de los índices de eficiencia energética en este periodo, para la que puede consultarse el documento “Consumo de energía y crecimiento económico” del Club Español de la Energía y de la Comisión Nacional de Energía, pp. 21 a 27, 37 a 39 y 70 a 73.

Entre 1972 y 1985, el periodo de mayor interés para comprender la situación actual, la demanda del conjunto de países de la OCDE creció en torno a un 5 % en tanto que el producto interior bruto lo hizo en casi un 20%, con la consiguiente reducción significativa en la intensidad energética, que obedeció especialmente al fuerte incremento de los precios en origen del petróleo, primero en 1973-74 y posteriormente en 1979-80.

Después de 1985 y hasta los primeros años de la década de los 90, la estabilidad de los mercados internacionales del crudo y las mejoras ya obtenidas en la eficiencia energética relajaron la preocupación por esta última, que continuó mejorando, aunque con un ritmo inferior al del periodo precedente. Durante este periodo de estabilidad y precios bajos del petróleo, tanto la opinión pública como las distintas organizaciones energéticas nacionales e internacionales, no dejaron de insistir en el interés de mantener la senda decreciente de la intensidad energética, por distintas razones: disminuir la dependencia del petróleo y de la OPEP, un clima general favorable a la eficiencia económica e industrial y, en especial a partir de los años 90, una creciente preocupación por el medio ambiente y un clima de mayor competencia en muchos sectores industriales. A lo anterior ha cooperado, en los países de la OCDE, un cierto desplazamiento de algunas industrias intensivas en energía a países menos desarrollados.

Como consecuencia de todo lo anterior, entre 1971 y 1998, el ratio entre el incremento del consumo final de energía y el incremento del producto interior bruto en los principales países de la OCDE fue muy inferior a la unidad, con valores situados alrededor de 0.5 en Japón, Francia e Italia, y por debajo del 0.2 en Alemania, Reino Unido y EEUU, mientras que en España el ratio fue de 1.22. En 1998 el conjunto de los países de la OCDE consumía por unidad de PIB (medido en dólares constantes de 1990) un 28% menos de energía que en 1972. Por el contrario España consumía casi el 26% más.

Según la Agencia Internacional de la Energía, este comportamiento ha obedecido en parte al efecto directo de la respuesta a los precios del consumo de energía y también al efecto indirecto de los precios a través de las mejoras en el rendimiento energético debidas a los cambios técnicos, especialmente en el transporte y la industria. Otra de las razones es asimismo la influencia, más autónoma, lenta y estructural, de los cambios en la composición de la oferta productiva, particularmente de la producción industrial.

Los análisis del impacto de las subidas de precios en los años 70 y principio de los 80 han mostrado que, en los países de la OCDE, la elasticidad de la demanda al precio era próxima al 0.5, esto es, un aumento de los precios del 10% se traducía en una reducción de la demanda de en torno al 5%. Estos mismos análisis muestran que los efectos de los precios sobre la intensidad energética se producen y prolongan durante periodos largos, de unos 10 ó 12 años.

Recientemente las tensiones en los mercados mundiales del crudo han recordado al mundo que los precios en origen pueden volver a comportarse al alza y que, en consecuencia, no se debería relajar la atención sobre el comportamiento de la intensidad energética, ni poner dificultades para que los precios finales reflejen los costes de las energías primarias, de las fases y actividades de producción de cada vector energético y de los medioambientales.

^{xviii} WEA, cap. 5.

^{xix} Además existen reservas importantes de torio, otro material que puede también utilizarse en plantas de fisión nuclear, hay otras reservas de uranio de muy baja concentración que requerirían tecnologías especiales y más costosas para su extracción y, adicionalmente, la utilización de reactores rápidos de ciclo cerrado permitiría extender casi indefinidamente las reservas equivalentes de material apto para la fisión nuclear.

^{xx} En promedio las centrales hidroeléctricas son más intensivas en el uso del territorio, -i.e. usan más territorio por unidad de producción de electricidad-, que las plantas fotovoltaicas, pero menos que las plantaciones de biomasa para generación eléctrica-.

^{xxi} La superficie total inundada por los embalses actualmente existentes equivale a la superficie de España y la población desplazada por esta causa durante el siglo XX se estima entre 30 y 60 millones de personas.

^{xxii} Incluso sin considerar la utilización de agua que se necesitaría para un cultivo masivo de biomasa, se estima que la escasez en el suministro de agua potable afectará a la mitad de la población mundial en el año 2025. Fuente: WEA, p.159.

^{xxiii} El consumo mundial anual de energía sobrepasa los 110.000 TWh. Fuente: WEA.

^{xxiv} Esta superficie es aproximadamente un 4% de la superficie de tierra firme mundial que tiene una densidad media de potencia del viento igual o superior al 50% de la que se considera actualmente como aceptable para ser explotada. Fuente: WEA.

^{xxv} Como promedio la temperatura de la Tierra aumenta unos 3 grados cada 100 metros de profundidad. La energía geotérmica puede estar almacenada en agua caliente o vapor a presión, en agua caliente a presión que contiene metano disuelto, en las rocas calientes y en el magma o rocas fundidas.

^{xxvi} IEA; p. 28 y WEA p. 14 y cap. 8.

^{xxvii} Esta afirmación relaja considerablemente la tesis mantenida en el conocido informe del Club de Roma de 1972, “Los límites del crecimiento”, Meadows, C.D. et al., New York, Universe Books.

^{xxviii} IEA p. 26.

^{xxix} WEA cap. 5.

^{xxx} En España en 1999 las emisiones procedentes de las grandes instalaciones de combustión existentes, -aquellas cuya potencia térmica es igual o superior a 50 MW y hayan sido autorizadas antes del 1 de julio de 1987-, ascendieron a 271 kt de NO_x y a 1136 kt de SO₂. El sector eléctrico es responsable del 90% de estas emisiones. Por actividades y respecto de las emisiones totales derivadas de todo tipo de instalaciones y fuentes, grandes y pequeñas, el sector transporte es el más contaminante en NO_x (61.2% del total), seguido por las centrales térmicas (19.7%). En cuanto a las emisiones de SO₂ las centrales térmicas generan casi el 62% del total. En lo que respecta a las emisiones de CO₂, asociadas al cambio climático por causa del efecto invernadero, el primer lugar en España en 1999 lo ocupan las centrales térmicas (31%) y el transporte (26%). Fuente: “Información básica de los sectores de la energía”, Comisión Nacional de Energía, CNE, 1999.

^{xxxi} IEA p. 32 y 72.

^{xxxii} WEA, p. 69.

^{xxxiii} WEA p. 83.

^{xxxiv} Una noticia esperanzadora es que las nuevas y más decididas políticas medioambientales de los países más desarrollados, -como consecuencia de los acuerdos internacionales adoptados al respecto-, contribuirán a mantener las emisiones globales de óxidos de azufre aproximadamente constantes entre 1990 y 2020, a pesar del crecimiento esperado del 30% en los países en vías de desarrollo. Este crecimiento podría reducirse sustancialmente si las nuevas centrales previstas se construyesen con los equipos adecuados de desulfuración, si se tratase el carbón previamente a su combustión, o si se fuese sustituyendo progresivamente el carbón por gas natural^{xxxiv}. Sin embargo las perspectivas son mucho menos optimistas en lo que respecta a los óxidos de nitrógeno, donde la actividad de transporte juega un importante papel.

^{xxxv} La unidad de medida ppmv significa partes por millón en volumen.

^{xxxvi} Informes de los Grupos de Trabajo I, II y III del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2001.

^{xxxvii} Informes de los Grupos de Trabajo I, II y III del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2001.

^{xxxviii} WEA p. 89.

^{xxxix} Un razonamiento análogo podría aplicarse a cualquier otra tecnología pero, dada la actual oposición pública a la energía nuclear en muchos países, se trata de visualizar la magnitud de lo que supondría una estrategia de incorporar activamente a la energía nuclear en la solución del problema del cambio climático.

^{xl} Federico Mayor Zaragoza, “Los nudos gordianos”, Galaxia Gutemberg, 1999.

^{xli} WEA p. 7.

^{xlii} Desde 1970 la flota global de vehículos aumenta en unos 16 millones al año y es probable que haya unos 1000 millones de vehículos en funcionamiento para el año 2020. Fuente: WEA p. 7.

^{xliii} Caballero, A., “Un triángulo muy viciado: consumo, pobreza y deterioro ambiental”, Folletos Informativos de Manos Unidas, Julio 1997.

^{xliv} Otro caso ejemplo paradigmático, aunque no directamente relacionado con el mundo de la energía: la dieta del mundo desarrollado, sobrecargada de proteínas y grasas animales, -que además son poco saludables en exceso-, consume casi los dos tercios de la producción cerealista mundial, con graves y extensos impactos ambientales agrarios (deforestación, pesticidas, contaminación del agua, etc.), de forma que un cambio en los hábitos de alimentación (por otro lado beneficioso para la salud) podría contribuir sustancialmente a la conservación del medio ambiente.

^{xlv} El País, “Los coches crecen más rápidos que las autovías”, lunes 19 de Agosto de 2002.

^{xlvi} IEA, p. 151.

^{xlvii} Dice la Agencia Internacional de la Energía en su libro “Toward a sustainable energy future”, OECD, 2001, p. 151-172: “Bajo casi cualquier medida que se utilice, las tendencias del transporte en el uso de energía y en la emisión de gases de efecto invernadero están actualmente en una senda insostenible ... Estas tendencias son estables, no muestran signos de saturación en términos de pasajeros x km per capita y no parece probable que cambien en los próximos años sin nuevas y sustanciales iniciativas políticas ...”

Una de las mayores preocupaciones a largo plazo con el transporte es su casi total dependencia del petróleo ... Se estima que durante las dos próximas décadas la demanda de energía para el transporte crezca a un 2.4%, -más rápido que cualquier otro sector de consumo final-, y que para 2020 el transporte utilice el 50% de la demanda mundial de petróleo y contribuya el 25% de las emisiones de CO₂ ... Cuanto más esperen los países a “descarbonizar” este sector, más probable es que la transición tenga que ocurrir más bruscamente y con un coste mayor.”

^{xlvi} Federico Mayor Zaragoza, “Los nudos gordianos”, Galaxia Gutemberg, 1999.

^{xlvi} Con la muy destacada exclusión de los EEUU, que bajo la presidencia de G. Bush no está prestando o incluso ha retirado su apoyo a las principales iniciativas mundiales en pro del desarrollo sostenible.

^l Romano Prodi, “Johanesburgo: Una operación global”, El País, artículo de Opinión, miércoles 21 de Agosto de 2002.

^{li} Se la ha llamado la Cumbre Río + 10, por celebrarse 10 años tras la famosa cumbre que incorporó el concepto de desarrollo sostenible a las agendas de las organizaciones internacionales y porque tiene como objeto supervisar la puesta en práctica de los principios que emanaron de aquélla.

^{lii} J. D. Wolfensohn, “El reto de Johanesburgo”, El País, viernes 23 de Agosto de 2002.

^{liii} Libro Verde UE, WEA p. 18 a 26, Factor 4, GEO 2000, IEA p. 62 y 233 a 239. El Libro Verde de la Comisión Europea pone el énfasis del planteamiento de líneas de actuación en las energías renovables -incluidos los biocarburantes- por el lado de la oferta y, por el lado de la demanda, en las políticas de ahorro y eficiencia energética. Entre ellas de un modo especial, el cambio en los modos de transporte y el ahorro energético en los edificios. El Libro Verde preconiza un auténtico cambio de hábitos de los consumidores y pone de manifiesto el interés del instrumento fiscal para orientar la demanda hacia consumos más controlados y respetuosos con el medio ambiente.

^{liv} WEA p. 23.

^{lv} WEA p. 127.

^{lvi} Véase WEA cap. 7; CNE / ENERCLUB cap. 7; Emilio Menéndez Pérez, “Las energías renovables: un enfoque político-ecológico”, Los libros de la catarata, 1997; Julio Montes, “Medio ambiente y desarrollo sostenido”, Selecta Technologica, Universidad Pontificia Comillas, 2001.

^{lvii} Ver WEA, así como una propuesta de una economía basada en las energías renovables en “Economía solar global”; por Hermann Scheer, Galaxia Gutemberg, 2000.

^{lviii} IEA cap. 1, CNE y ENERCLUB, Introducción.

^{lix} Ministerio de Hacienda, “Fiscalidad del Medio Ambiente y Desarrollo Energético”, Seminario Internacional, Madrid, Mayo 2001.

^{lx} En 1995 las tres cuartas partes de las emisiones de gases de efecto invernadero provinieron de los países industrializados. En 1990 las emisiones de CO₂ por habitante en los países industrializados fueron de 3.9 toneladas, frente a 0.37 toneladas en los países en desarrollo. Fuente: WEA, p. 92 y 93.

^{lxi} Este es el mecanismo de incentiviación actualmente utilizado en España. Para detalles puede consultarse el “Informe sobre las compras de energía al régimen especial”, que periódicamente edita la Comisión Nacional de Energía, ver www.cne.es. En el año 1999 el coste adicional en la tarifa eléctrica de esta subvención ha sido de 90.000 millones de pesetas (unos 540 millones de euros, lo que supone aproximadamente un incremento de 0,5 pts/kWh, esto es, algo más del 3% del coste medio de la electricidad en España.

^{lxii} Se ha realizado en muchos países un significativo esfuerzo de investigación y desarrollo en estas técnicas para el sector eléctrico, financiado en gran parte por fondos recaudados a través de la propia tarifa. La gestión de la demanda se presenta como un medio eficaz para neutralizar el crecimiento natural del consumo eléctrico sin por ello perder prestaciones en los servicios que proporciona la electricidad, tratando así de reducir y controlar el impacto medioambiental. Se trata, por ejemplo, de sustituir inversiones en centrales de generación eléctrica y horas de producción quemando combustibles fósiles o acumulando residuos radioactivos, por un consumo más eficiente. La gestión de la demanda debería por tanto estar presente de forma muy activa en el futuro de los sistemas de energía eléctrica, como síntoma de que se está tratando de internalizar los costes medioambientales tantas veces ignorados. El papel y la correcta reglamentación de este tipo de actividad son uno de los retos que tendrán que afrontar la nueva organización y regulación del sector eléctrico nacidas del proceso de liberalización. En España la Ley del Sector Eléctrico, -como su predecesora, la LOSEN-, establece que se implanten, con cargo a la tarifa, programas de gestión de la demanda eléctrica y así se hizo, dedicando 5000 millones de pesetas anuales, -un 0.25% de la tarifa-, durante 1995, 1996 y 1998. Pero el programa se ha interrumpido desde entonces, pues la autoridad reguladora ha decidido sacrificarlo para reducir la tarifa y por consiguiente la inflación, en un claro ejemplo de la perniciosa interferencia política en la regulación eléctrica.

^{lxiii} WEA cap. 8; International Energy Agency, “Energy Technology and Climate Change”, OECD, 2000.

^{lxiv} E. U. Von Weizsäcker, A. B. Lovins y L. H. Lovins, “Factor 4: Duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales”, Informe al Club de Roma, Galaxia Gutenberg, 1997.

^{lxv} Se trata del proyecto Environmentally Sustainable Transport (EST) de la OCDE. Ver el capítulo 7 de IEA, p. 167 a 172.

^{lxvi} “Perspectivas del medio ambiente mundial, GEO-2000”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1999.

^{lxvii} WEA p. 26.

^{lxviii} José Ramón Busto, “Misión de una Universidad de la Compañía en el mundo de hoy: líneas y retos de futuro”, Loyola, Noviembre 2001.

^{lxix} Technology Review, March 2002, page MIT 13: “If the world would only go away, I would have always been more than happy to keep to serious intellectual pursuits. Forty years ago, I thought very seriously about whether I should return to a more activist role, after a lapse of about 10 years, knowing full well that there is no way to put a foot in the water without going on to become completely immersed. I decided very consciously to do it, without illusions about what would happen, and with many regrets. There just seemed, and seems, no other choice, at least if I want to be able to look into the mirror”.