

# ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE UNA ENSEÑANZA DE CALIDAD EN EL ÁREA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA: SU APLICACIÓN A LA ASIGNATURA DE ENERGÍAS RENOVABLES

Gerardo Pedrós Pérez  
María del Pilar Martínez Jiménez  
Departamento de Física .  
Universidad de Córdoba.

## RESUMEN

La enseñanza universitaria en el área de Ingeniería y Tecnología permanece, en general, aislada de ciertas estrategias de uso muy común en otros niveles de la enseñanza; aspectos como la interdisciplinariedad, la teoría constructivista sobre la modificación de los conceptos alternativos en el alumno o la transversalidad no son implementados de manera habitual en la docencia realizada en las Escuelas de Ingeniería. Para cambiar esta situación e incidir en la mejora de la calidad de la enseñanza universitaria se han aplicado estas estrategias a la asignatura optativa de tercer curso, Energías Renovables en la titulación de Ingeniería Técnica Industrial en la Escuela Politécnica Superior de Córdoba. Se ha realizado una aproximación en la enseñanza de las Energías Renovables a estos métodos que viene utilizando desde su origen la Educación Ambiental.

## ABSTRACT

University teaching in Engineering and Technology has, in general, excluded certain strategies commonly used in other teaching areas; aspects such as interdisciplinary themes, the constructivist theory on the modification of alternative concepts in the student, or transversality, are not usually elucidated in the teaching given in Engineering Schools. In order to change this state of affairs and contribute to improving the quality of university teaching, these strategies have been applied to the optional subject in 3<sup>rd</sup> year, Renewable Energies, in Industrial Technical Engineering studies in the Superior Polytechnic School in Córdoba. An approach to these methods has been made in the teaching of Renewable Energies, which has been using them since its origin in the subject Environmental Education.

## INTRODUCCION

La enseñanza universitaria en el área de Ingeniería y Tecnología permanece, en general, aislada de ciertas estrategias de uso muy común en otros niveles de la enseñanza; aspectos como la interdisciplinariedad, la teoría constructivista (Marín et al., 1999) sobre la modificación de los conceptos alternativos en el alumno o la transversalidad no son implementados de manera habitual en la docencia realizada en las Escuelas de Ingeniería. Para cambiar esta situación e incidir en la mejora de la calidad de la enseñanza universitaria se han aplicado estas estrategias a la asignatura optativa de tercer curso, Energías Renovables en la titulación de Ingeniería Técnica Industrial en la Escuela Politécnica Superior de Córdoba. Se ha realizado una aproximación en la enseñanza de las Energías Renovables a estos métodos que viene utilizando desde su origen la Educación Ambiental.

Cuando se imparte una cierta asignatura se comprueba que el alumno presenta una serie de preconceptos o ideas previas, adquiridos en etapas anteriores de la enseñanza o derivados de su experiencia cotidiana, que le dificultan una asimilación adecuada de ciertas partes de la materia, y por tanto condicionan su aprendizaje. La experiencia en la enseñanza de la asignatura de Energías Renovables (ER) a los alumnos de Ingeniería Técnica Industrial nos ha enfrentado con una serie de ideas subyacentes en los alumnos que propician que sitúen a las energías renovables en un marco poco favorable en comparación con las llamadas energías convencionales. El problema es, pues, el de introducir en la enseñanza reglada la confrontación crítica, con el análisis y la explicitación de los valores subyacentes. Si los estudiantes saben valorar la complejidad de los temas ambientales, si han adquirido un método de análisis de las “posiciones en el campo”, podrán realmente ser libres y capaces de elegir una posición propia, comprender y desvelar las razones no formuladas (de orden político, económico, etc.) que están detrás de la toma de postura por parte de los diferentes sujetos que se confrontan en un problema. Para mejorar esta situación hemos realizado una aproximación en la enseñanza de las ER a los métodos que viene utilizando la Educación Ambiental (Mayer (1998)).

Durante las últimas décadas las concepciones sobre la crisis ambiental han evolucionado de forma notable. De la idea de que conservar la naturaleza suponía aislarla de la influencia del hombre se ha saltado a la noción de desarrollo sostenible; del estudio centrado en los aspectos naturales de la problemática ambiental se ha pasado a la incorporación de análisis psicológicos, sociológicos o políticos (Heras (1999)). Así una de las estrategias crecientemente utilizada por los educadores ambientales consiste en construir un proceso educativo en torno a la resolución de un problema real. Un grupo que trabaja sobre un problema específico debe obtener información sobre la situación de partida, contrastarla, analizarla e interpretarla, buscar cuales podrían ser las maneras de contribuir positivamente a su resolución y preparar un plan de acción. Se trata de un proceso donde es muy importante la información que se maneja, pero también la imaginación y la creatividad.

#### Esquema 1. Convergencia de Disciplinas. (Anexo)

Por otra parte la introducción de cuestiones como el impacto ambiental de las ER frente a otras fuentes energéticas, el factor de escala como motor abaratador de las instalaciones y las externalidades también relaciona la asignatura con una nueva ciencia emergente, la Economía Ecológica. Esta disciplina abarca la economía neoclásica de los recursos y el medio ambiente y va más allá, al incorporar la evaluación física de los impactos ambientales de la economía humana (Martínez Alier (1999)). De forma, que como se refleja en el esquema 1, se tiene en cuenta una convergencia de disciplinas no habituales en el marco de la Ingeniería. Introduciendo estos nuevos aspectos se logra una mejora de la comunicación entre los profesores y alumnos durante el desarrollo del acto didáctico (Osborne (1996)).

Por otra parte, como en toda enseñanza ligada a la ingeniería, la relación con los proyectos es muy importante. La ejecución de numerosos proyectos de ingeniería basados en las ER durante los años 97, 98 y 99, el Libro Blanco de la Comisión Europea sobre las ER y la nueva normativa que cumplimenta la Ley del Sector Eléctrico Español están generando grandes perspectivas de desarrollo en este sector.

Según datos del Anuario de Proyectos de ER, España invirtió durante 1997 unas 45000 Mptas en proyectos relacionados con este tipo de energías. Se llevaron a cabo 1500 proyectos y se encuentran referencias de 500 empresas con actividad en el campo de las ER. Numerosas medidas de la Unión Europea(UE) fomentan el uso de las ER: el Libro Blanco de las ER, programas Thermie y Joule, acciones IDT para los sistemas energéticos menos contaminantes, plan "Altener" para la potenciación de las ER y la instalación de sistemas integrados de ER en cien regiones de la UE. La organización de jornadas enfocadas a empresas refleja también las perspectivas creadas por todas estas medidas en el sector.

Todos estos hechos reseñados contribuyen a que los estudiantes de Ingeniería estén percibiendo que el futuro se divisa halagüeño para los profesionales que tengan conocimientos de ER. Por otra parte todo este esfuerzo por mejorar la producción y gestión de la energía, por conseguir un modelo energético sostenible, tiene poco sentido si al mismo tiempo no invertimos en formación y difusión de estas tecnologías. Muchas veces ciertos proyectos no se ejecutan bajo este modelo sostenible, no por la ausencia de tecnología adecuada, sino por la falta de información y motivación del técnico.

En los apartados siguientes de este artículo abordaremos primeramente lo interdisciplinar y transversal en la asignatura de Energías Renovables. Un segundo apartado se dedicará a mostrar un conjunto de aspectos ambientales, sociológicos y económicos que pueden contribuir a modificar las ideas previas que los alumnos presentan sobre las Energías Renovables, situando las ER dentro de un contexto más realista y motivador. Asimismo incluimos ejemplos que pueden ayudar al profesor a reforzar estas cuestiones.

### INTERDISCIPLINARIEDAD

La interdisciplinariedad que presentan los distintos campos de las energías renovables supone la ventaja de conectar con el amplio abanico de materias que el estudiante de ingeniería ha cursado o está cursando actualmente. Estos conceptos son mostrados de una forma real en aplicaciones concretas. Así, por ejemplo la parte dedicada a Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica recurrirá constantemente al substrato de Electrónica cursado por el alumno. La Energía Solar Térmica entroncará con los mecanismos de transferencia de calor, la Mecánica de Fluidos o incluso la Óptica si manejamos sistemas de concentración de radiación solar ( concentradores cilindroparabólicos, conjuntos de heliostatos y torre solar, etc.). La comprensión de la forma que extraen energía las máquinas eólicas comprende muchos campos: Meteorología, Aerodinámica, Electricidad, Control, Ingeniería Mecánica, Civil y de Cálculo de Estructuras. La producción de energía eléctrica mediante aerogeneradores y minihidráulicas darían pie al desarrollo de aplicaciones basadas en el Electromagnetismo y la Mecánica de Fluidos. Las cargas que soportan por el viento los heliostatos o las instalaciones de paneles entroncarían con la Estática.

La interdisciplinariedad se pone de manifiesto de manera especial en los proyectos fin de carrera relacionados con las ER. De forma que en la dirección de estos proyectos deben participar a ser posible varias áreas de conocimiento de las que imparten enseñanza en la Escuela. Está bien establecido que la innovación tiene lugar habitualmente cuando dos campos de la ciencia o la tecnología no relacionados previamente entran en contacto. La

energía solar es un campo donde pueden aparecer por tanto con facilidad sinergías que contribuyan a su desarrollo( Goetzberger,1996).

#### CONCEPCIONES DEL ALUMNO SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES: CONTENIDOS PARA MEJORAR Y MOTIVAR EL APRENDIZAJE DEL ALUMNO.

Los estudios sobre concepciones que tienen los alumnos relativos a contenidos de ciencias han ayudado al profesor a interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula y en especial en la toma de decisiones (Jiménez, Solano y Marín, (1994)). Cuando se imparte una cierta asignatura se comprueba que el alumno presenta una serie de preconceptos o conceptos alternativos, adquiridos en etapas anteriores de la enseñanza o derivados de su experiencia cotidiana, que le dificultan una asimilación adecuada de ciertas partes de la materia. La experiencia en la enseñanza de la asignatura de Energías Renovables nos ha enfrentado con una serie de ideas subyacentes en los alumnos que propician que sitúen a las energías renovables en un marco poco favorable en comparación con las llamadas energías convencionales. De ahí que pensemos que es muy interesante hacerles reflexionar sobre distintos aspectos que pueden contribuir a presentar las ER dentro de un contexto más realista y motivador. Asimismo incluimos ejemplos que pueden ayudar al profesor a reforzar estas cuestiones.

**Competitividad.** El alumno tiene la idea de que las ER son poco competitivas. Realmente existe una competencia distorsionada a favor de las fuentes convencionales debido a los precios finales al usuario, a las numerosas ayudas estatales que recibe este sector y a los cuantiosos costes ocultos de la energía convencional (Scheer (1993)). Los países industrializados occidentales ofrecen apoyo económico a sus sectores energéticos convencionales.

Las energías de origen fósil y nuclear reciben subvenciones públicas en la UE de hasta 15 millardos de dólares EE. UU. al año (Greenpeace (1998)). En Italia, las asignaciones y las exenciones fiscales del gobierno representan efectivamente la quinta parte de los ingresos de la industria energética. Además del seguro gratuito frente a accidentes nucleares, el gobierno de EE.UU. ofrece a las compañías distribuidoras y a los productores de combustibles fósiles una serie de exenciones fiscales por valor de unos 5.000 millones de dólares anuales. Por otra parte, este gobierno vende energía producida en sus propias presas y centrales nucleares a un precio tan barato que registran unas pérdidas de 4.400 millones de dólares anuales (Rooddman, 1997).

Aún a pesar de la falta de permiso por parte de las Comisión Europea a este tipo de ayudas de Estado, los consumidores españoles habían pagado ya 387.123 millones de pesetas en concepto de costes de transición a la competencia (CTC) a las compañías eléctricas desde el 1 de enero de 1998 hasta el pasado mes de agosto, según datos recogidos en el Boletín de Energía Eléctrica del Ministerio de Industria (Mota, 1999).

En este sentido se define una de las principales propuestas del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): “eliminar gradualmente políticas y prácticas actuales distorsionantes que aumenten las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo algunas subvenciones y reglamentaciones...” (IPCC (1997)). Las inversiones en ER, en posibilitar el acceso a técnicas más eficientes del uso de la energía, y en campañas sobre la necesidad del ahorro energético, son modos muchos razonables de abordar los costes de transición a la competencia.

Vivimos en un entorno crecientemente artificial desde el que es muy difícil que los alumnos perciban con cierta claridad los problemas ambientales y humanos que estamos generando para tener un petróleo barato. Debido a la famosa globalización a veces estos problemas se plantean en toda su crudeza a miles de kilómetros de nuestro lugar de residencia. Entre los costes ocultos del petróleo, Chomsky (Chomsky (1999)) cita las matanzas de Timor Oriental desde 1975 a 1978, cuyo balance total se aproximó a los 200.000 muertos, que en proporción a la población es la peor matanza después del genocidio de los judíos, y que permitieron a Occidente explotar en unas condiciones muy ventajosas los yacimientos petroleros de esta zona. El control del acceso al petróleo de las exrepúblicas soviéticas del Cáucaso está llevando a que los Estados Unidos apoyen a los regímenes talibanes de Afganistán y Pakistán (Roy, (1999)).

**Externalidades.** El concepto de externalidades, tan empleado en Economía y en Educación Ambiental, es desconocido por la gran mayoría del alumnado. Para aumentar la eficiencia energética y la implantación de las ER es necesario que los precios energéticos reflejen todos sus costes, en especial el precio del mantenimiento habitable del medio ambiente, es decir incluyan las externalidades, termino que incluye los costes medioambientales reales (Abramovitz (1997)).

Se entiende por externalidades todos los costes o beneficios que recaen sobre la sociedad y el medio ambiente como consecuencia de una actividad económica que no están introducidos en la estructura del precio que los ocasiona. En muchos procesos de producción, hay un tipo de costes que aunque no repercuten en los costes y beneficios del empresario, tienen un verdadero coste a la sociedad. La producción y consumo de energía suponen unos costos a la sociedad que no están incluidos en el precio que el consumidor paga por el kWh. La contaminación ambiental que produce una central térmica de carbón sobre la salud, bosques, cultivos, efecto invernadero, etc, la inundación de grandes extensiones para la construcción de una central hidráulica, las consecuencias de un accidente nuclear, son ejemplos de costes que se hacen pagar a la sociedad de una forma injusta, porque ni el empresario ni el consumidor pagan por ellos. Este coste adicional de la energía no incluido en el precio del kWh, recibe el nombre de externalidades de la energía. Sería conveniente cuantificar estas externalidades de una forma objetiva y determinar su valor para incluirlo en el precio de la energía, internalización.

La no inclusión de las externalidades en el precio de los combustibles fósiles lleva a la paradoja de que en USA una botella de agua para beber cuesta más que un litro de gasolina (Browne (1999)). De momento el contribuyente europeo carga con la factura medioambiental y sobre la salud de la lluvia ácida, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas y los desastres "naturales" causados por el cambio climático (Llebot (1998)). Cuando se tienen en cuenta las externalidades asociadas a la producción de energía, el precio de la misma resulta ser muy diferente (Pearce et al.(1992)). La situación demuestra que el contaminador energético no paga (Leggett, 1999).

Muchas tecnologías no contaminantes que son comercialmente rentables están quedando fuera del mercado debido a los precios artificiales de la competencia. Interiorizar los costes externos significa que el causante los asume, en una proporción que ha de establecerse cuantitativamente (Roodman (1997)). Se calcula que los prejuicios económicos causados por el consumo de la energía ascienden a una cifra entre el 5 y el 14% del producto interior bruto (Weizsäcker et al. (1997)).

**Las ER son una alternativa segura para paliar el Cambio Climático.** Hay que demostrar al alumno esta idea. En 1999, representantes de los gobiernos de todo el mundo se reunieron en Bonn, Alemania, para completar planes con objeto de crear bosques para fijar el gas de efecto invernadero CO<sub>2</sub>. Plantar árboles se ofrecía como una alternativa parcial para compensar las emisiones de las centrales de producción eléctrica y de los vehículos de transporte. Desafortunadamente el IPCC presentó un informe mostrando que esta estrategia se basaba en un peligroso engaño. En realidad, los nuevos bosques, conocidos como sumideros de Dióxido de Carbono, en un periodo de tiempo relativamente corto se saturarían con el CO<sub>2</sub> y comenzarían a retornar la mayoría de su carbono a la atmósfera acelerando temporalmente el Calentamiento Global(Pearce, (1999)).

Esto no quiere decir que plantar árboles sea algo malo en si mismo. Si están absorbiendo o liberando gas a la atmósfera, siempre extraerán algo de CO<sub>2</sub> fuera de la atmósfera y producirán otros beneficios al medio ambiente. Pero los bosques son una forma poco segura de almacenar CO<sub>2</sub>. El peligro real crece cuando los países usan planes para plantar bosques como una justificación para no reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles.

**Viabilidad y madurez tecnológica.** En este apartado es conveniente insistir al alumno en la fiabilidad y alto grado de desarrollo alcanzado por las tecnología solar. Un buen ejemplo es el de los paneles fotovoltaicos para satélites, donde sistemas sofisticados y de un precio elevadísimo, sin posibilidades de reparación o mantenimiento, son alimentados con la máxima fiabilidad disponible mediante energía solar.

Para determinadas aplicaciones, las energías solar y eólica han llegado ya a su mayoría de edad; otras tecnologías, como las células de combustible alimentadas por hidrógeno, los coches eléctricos y los volantes de alto rendimiento se van aproximando a su viabilidad.

Por otra parte, en la mayor parte de las aplicaciones solares el subsistema que suele dar más problemas es la parte convencional de la instalación. Así en las instalaciones fotovoltaicas aparece siempre el handicap de que no existen verdaderas "baterías solares". Con carácter general puede decirse que los equipos para producción de ER parten de tecnologías básicas maduras, aunque incorporando materiales y diseños novedosos para conseguir mejoras de rendimiento (Scheer (1993); Weizsäcker et al. (1997)). En este sentido y en la misma dirección que otras innovaciones en diferentes campos, algunos diseños en energía solar pueden ser mejorados mimetizando los logros alcanzados por la naturaleza en los seres vivos. Investigadores de la Universidad de Sidney están desarrollando paneles solares basados en la estructura del ojo de un insecto capaz de captar la luz que incide con un ángulo respecto a la normal superior a 72° (Tynan, (1999)). De esta manera se podrían eliminar los costosos sistemas de seguimiento requeridos para mantener a los captadores solares apuntando al Sol en su recorrido a través del cielo. David Cahen desarrolla en el Weizmann Institute of Science en Tel Aviv materiales semiconductores que se autoreparan tras los daños sufridos por la radiación y que pueden permitir que las células solares duren por cientos de años (Adler (1999)).

**La energía de fusión un mito para la supervivencia del modelo.** En este punto puede ser recomendable resaltar al alumno los enormes avances conseguidos en los resultados de la investigación en el campo de las ER con presupuestos muy modestos frente al estancamiento de la energía de fusión que cuenta con inversiones prácticamente

ilimitadas. Los países industriales occidentales gastaron 52.000 millones de dólares en investigación y desarrollo en el sector energético entre 1990 y 1995. El 41% de esta cantidad se destinó a una sola tecnología: la fisión nuclear tradicional. Otro 21% se destinó a tecnologías avanzadas de fisión y de la fusión, que siempre aparece en el horizonte. Solo el 17% se destinó a a tecnologías de ER y eficiencia energética (Roodman (1997)). Así pues, las fuentes de energía menos contaminantes, de crecimiento más rápido y que más empleo crean son las que menos apoyo reciben.

Esquema 2. Aspectos medioambientales, sociológicos y económicos que interaccionan con las concepciones previas del alumno sobre las Energías Renovables. (Anexo)

El largo sueño de la fusión ha operado ya para dos generaciones de ciudadanos de los países desarrollados como uno de los principales mecanismos de legitimación del concepto de Progreso, basado en un crecimiento indefinido de la producción y del consumo (Estevan, (1993)) y en el mito de la Tecnoutopía (Habermas, (1984)).

Muchas de las ilusas predicciones de los primeros años de investigación sobre fusión han resultado ser excesivamente pretenciosas. Los entusiastas afirmaban que el hidrógeno, la sustancia más abundante del universo, podría suministrar energía barata para todo el mundo y para siempre. Sin embargo, no se prevé que el hidrógeno común pueda utilizarse como combustible de fusión en el futuro próximo. Habrá que utilizar la mezcla de Deuterio y de Tritio, éste muy radiactivo y producido únicamente en reactores nucleares que consumen uranio (Browne, (1999)). En este mismo sentido es destacable el agotamiento alcanzado por el programa nuclear japonés basado en reactores reproductores: acumulación de accidentes, costes añadidos y retrasos de construcción (Triendl, (1999)).

**Difusión del Libro Blanco de la Comisión Europea sobre las ER**, con objeto de que el alumno conozca los enormes beneficios a la sociedad y al medio ambiente que el desarrollo de su plan de acción conseguiría. El principal objetivo del *Libro Blanco*(LB) es duplicar la aportación de las ER, de forma que en el 2010 el 12% de la energía que se consume en la UE proceda de fuentes renovables, frente al actual 6%. Además, en España este compromiso está explícitamente recogido en la Ley del Sector Eléctrico. El plan de acción del LB tiene también otros objetivos esenciales: a) Eliminación de cuatrocientas dos millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> al año mediante el uso de las ER; b) Aumentar en más de cien veces la capacidad solar fotovoltaica instalada; c) Aumentar en quince veces la capacidad de producción solar térmica y d) Triplicar la energía producida a partir de biomasa. Se estima que para realizar este plan se requerirá una inversión de 6800 millones de ECUs, que es menos de la mitad de subsidios concedidos en Europa al uso de combustibles fósiles y a la generación nuclear (Greenpeace (1998)).

**Sofisticación y calidad de vida.** Se debe hacer hincapié al alumno que las ER no son sistemas energéticos a implementar mayoritariamente en zonas aisladas o deprimidas económicamente; muy al contrario es en los países más ricos donde se está fomentando su implantación. Los países más desarrollados tecnológicamente y con más alto nivel de vida (Austria, Dinamarca, Italia, Suiza, EEUU, etc.) han hecho fuertes inversiones, porcentualmente mucho mayores que las españolas, en implantar las ER en sus sistemas de producción energética. Dinamarca por ejemplo es el mayor productor mundial de turbinas eólicas de eje horizontal. En conclusión las comunidades más desarrolladas

económicamente y donde se valora la innovación y la calidad de vida apuestan por las tecnologías ecológicamente aceptables, que se pueden definir como aquellas que contribuyen a reducir las necesidades de materiales y energía en el conjunto de la sociedad(Norgard (1993)).

**Motor de creación de empleo.** Hay que mostrar al alumno como el sector de las ER es uno de los motores de empleo con más futuro. Lamentablemente, la mayoría de las subvenciones concedidas en nombre de la seguridad en el empleo han sido excesivamente costosas para los contribuyentes, los consumidores y el entorno. Uno de los problemas, en parte evitable, ha sido la torpe elección de objetivos. Por ejemplo, Alemania, Japón y otros países industriales subvencionan la producción nacional de carbón por tonelada, no por trabajador. De ese modo, algunas subvenciones terminan en los bolsillos de los inversores, no de los trabajadores(Roodman (1997)).

El coste del combustible en las energías solar y eólica es nulo. Eso significa que casi todos los costes de un parque eólico o un tejado solar son debidos a los puestos de trabajo de fabricación o de instalación. Un informe elaborado por Shell y BP muestra que la industria solar crea 6 veces más puestos de trabajo que la industria petrolífera para una misma cantidad invertida (Bruton et al. (1997)). El gobierno de EE.UU. calcula que su programa de “un millón de tejados solares” creará, aproximadamente, 70.000 nuevos puestos de trabajo de alta tecnología para el 2010 (Greenpeace, 1998). Un megawatio de potencia eólica instalada crea de 15 a 19 puestos de trabajos en un país industrializado. La energía solar térmica para agua caliente sanitaria genera pequeñas empresas a escala local. Un aspecto muy destacable del plan de acción del LB es la creación de empleo: esta estrategia aseguraría más de un millón de nuevos puestos de trabajo en la UE.

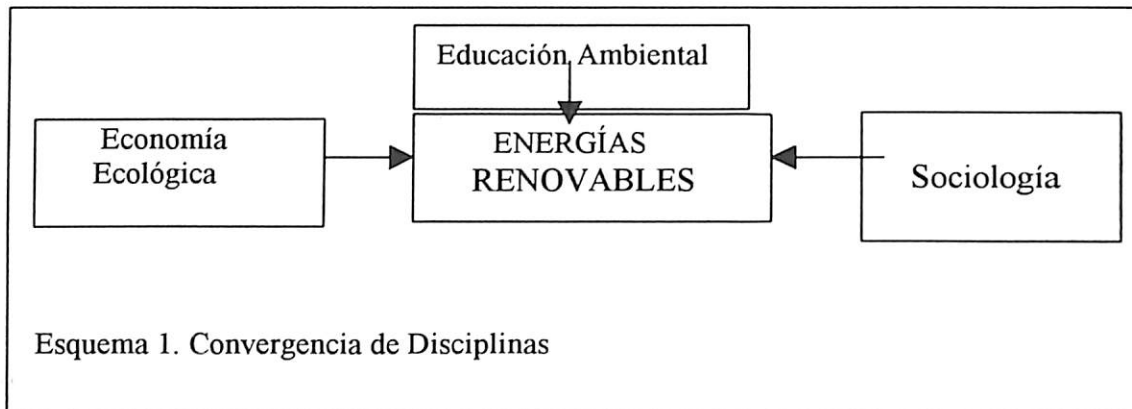
#### BIBLIOGRAFIA

- ABRAMOVITZ, J.N. (1997). *La valoración de los servicios de la Naturaleza*, capítulo 6 de “La situación del Mundo 1997”. Edita Icaria Editorial. Barcelona.
- ADLER, R. (1999). *Total repair*. New Scientist 28 August 1999, p. 12
- BROWNE, M. W. (1999). *EEUU se replantea la investigación en fusión*. Diario El País, sección Futuro, 30 de junio de 1999, pg. 34.
- BRUTON, T., BP Solar et al. (1997). *A study of the manufacture at 500 MW of crystalline silicon photovoltaic modules*. 14ª Conferencia Europea de Energía Fotovoltaica, Barcelona.
- CHOMSKY, N. (1999). *Indonesia, una pieza clave del juego norteamericano* del libro “Geopolítica del Caos”. Editor Antonio Albiñana. Editorial Debate. Madrid, pp 238-243
- ESTEBAN, A. (1993. ). *La fusión: un mito para la supervivencia del modelo* del libro “Energía para el mañana”. Edita AEDENAT. Los Libros de la Catarata. Madrid.
- GRAY, J.(1998). New Scientist, 15 Agosto 1998, p.48.
- GOETZBERGER, A., (1996). *Synergies in Solar Energy*. Revista Solar Energy, 57, 6. Edita Pergamon Press.
- GREENPEACE (1998. ). *Energías Renovables: Beneficios para repartir. El libro Blanco de la Comisión Europea sobre las Energías Renovables*. Informe de Greenpeace.
- HABERMAS, J.(1984. ). *Ciencia y técnica como ideología*. Ed. Tecnos.
- HERAS, F.(1999). *Una aproximación a la Educación Ambiental*. Ecosistemas, VIII, 3.
- IPCC (1997). *Implications of procesed emissions CO<sub>2</sub> limitations*. Technical Paper, 4

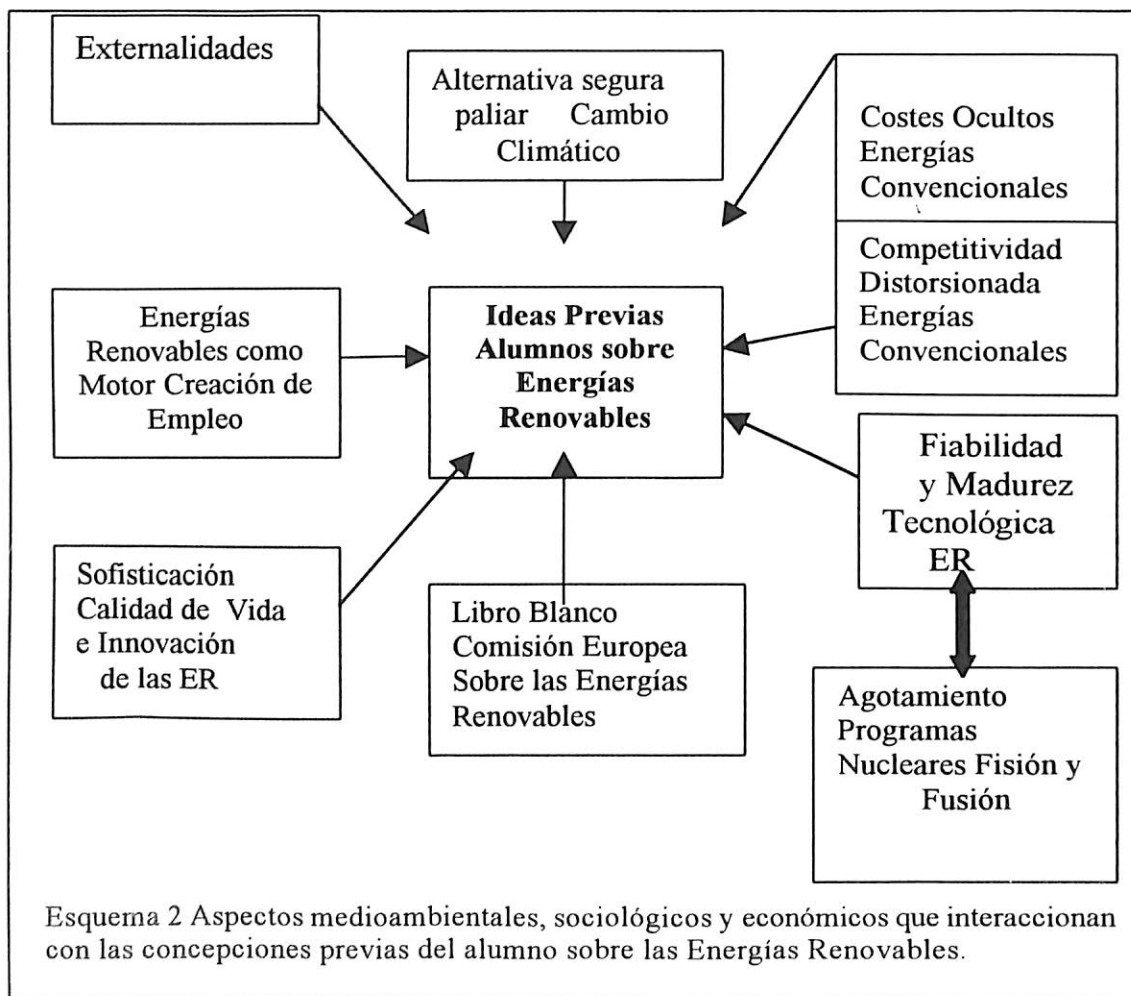


- Jiménez Gómez, Solano y Marín (1994). *Problemas de terminología en estudios realizados sobre lo que el alumno sabe en ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 12(2), 235-245.
- LEGGET, J. (1999). *The carbon War: Dispatches from the End of the Oil Century*. Penguin
- LÓPEZ MARIJUÁN, D.(1999). *¿Cuándo saldrán de su ostracismo las energías renovables?*. Andalucía Ecológica, 15, p. 8-9.
- LLEBOT RABAGLIATI, J.E. (1998. ). *El cambio Climático*. Rubes Editorial. Barcelona.
- MARTÍNEZ ALIER, J.(1999). *Introducción a la Economía Ecológica*. Rubes Editorial.
- MARÍN ET AL. (1999). *Tirando del hilo de la madeja constructivista*. Revista Enseñanza de las Ciencias, 17, 3, 479-492.
- MAYER, M. (1998). *Educación Ambiental: de la acción a la investigación*. Enseñanza de las Ciencias, 16, 2, p217-232
- MOTA, J. (1999). *El agua descuenta un billón*. El País, sección Negocios, 28 de noviembre de 1999, pg. 23.
- NORGARD, J.S. (1993. ). *Energía para el confort personal: opciones eficaces y límites del libro "Energía para el mañana. Conferencia sobre Energía y Equidad para un mundo sostenible"*. Edita AEDENAT. Los Libros de la Catarata. Madrid.
- OLIVIER, R. (1999). *Talibanes: sharia más gasoducto del libro "Geopolítica del Caos"*. Editor Antonio Albiñana. Editorial Debate. Madrid, pp 221-228
- OSBORNE, J.F. (1996). *Beyond Constructivism*. Science Education, 80,1,53-82.
- PARLANGE, M.(1999. ). New Scientist, 6 de febrero 1999, p 42-45.
- PEARCE, D. W., C. BANN AND E. GEORGIU (1992. ) Informe al Ministerio de Comercio e Industria del Reino Unido. Publicaciones HMSO, ISBN 011-4142-882.
- PEARCE, F.(1999). *That sinking feeling*. New Scientist, 2209, p 20-21.
- ROODMAN, D.M. (1997. ). *La Reforma de las subvenciones*, capítulo 8 de "La situación del Mundo 1997" Icaria Editorial. Centro de Investigaciones para la Paz. Barcelona.
- SCHEER, H (1993). *Estrategia Solar*. Ed. Plaza y Janes. Barcelona
- TRIENDL, (1999). *Los sinsabores del Plutonio japonés*, Mundo Científico, 202, p. 20-22
- TYNAN, L. (1999. ). *Seeing the light*. New Scientist, 17 April 1999, p.21.
- WEIZSÄCKER, E.U. L.H. LOVINS Y A.B. LOVINS. (1997. ). *Factor 4. Informe al Club de Roma*. Ed. Galaxia Gutenberg y Circulo de Lectores. Barcelona.

ANEXO



Esquema 1. Convergencia de Disciplinas



Esquema 2 Aspectos medioambientales, sociológicos y económicos que interaccionan con las concepciones previas del alumno sobre las Energías Renovables.