



FACULTAD DE GEOGRAFIA
E HISTORIA
Dpto. Geografía Física y
Análisis Geográfico Regional

ASIGNATURA:

"Ordenación de los Recursos Naturales y del Patrimonio Ambiental"

Titulación: Grado en Geografía y Gestión del Territorio

Curso: 2011 - 2012

TEMA 1.

LOS RECURSOS NATURALES Y EL PATRIMONIO AMBIENTAL: CONCEPTOS, CLASIFICACIONES Y TIPOLOGÍAS

1. Conceptos de recurso natural y patrimonio ambiental

Se denominan **recursos naturales** a aquellos *bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano; y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su bienestar y desarrollo de manera directa* (materias primas, minerales, alimentos) *o indirecta* (servicios ecológicos y/o ambientales indispensables para la continuidad de la vida en el planeta).

En **economía** se consideran recursos todos aquellos medios que contribuyen a la *producción y distribución de los bienes y servicios de que los seres humanos hacen uso*. Los economistas entienden que todos los recursos son siempre *escasos* frente a la amplitud y diversidad de *los deseos humanos*, que es como explican las *necesidades*; definiéndose precisamente a la economía como la ciencia que estudia las leyes que rigen la distribución de esos recursos entre los distintos fines posibles. Así los recursos naturales hacen referencia a los factores de producción proporcionados por la naturaleza sin modificación previa realizada por el hombre; y se diferencian de los recursos culturales y humanos en que no son generados por el hombre (como los bienes transformados, el trabajo o la tecnología).

El uso de cualquier recurso natural acarrea dos conceptos a tener en cuenta: *resistencia*, que debe vencerse para lograr la explotación, e *interdependencia*.

Algunos recursos naturales pueden mostrar un carácter de *fondo*, mientras otros se consideran más como *flujos*. Los primeros son inherentemente **agotables**, mientras que los segundos sólo se agotarán si son empleados o extraídos a una tasa superior a la de su renovación. Los **fondos** que proporciona la naturaleza, como son los recursos mineros, pueden ser consumidos rápidamente o ahorrados para prolongar su disponibilidad. La imposibilidad de las generaciones futuras de participar en el mercado actual, interviniendo en esta decisión, constituye uno de los temas más importantes de la economía y es la idea principal que subyace en el concepto de **Desarrollo Sostenible**.

El **patrimonio de una sociedad** constituye la suma de los valores determinados, tales como: cultura, sociedad, ambiente, historia, tradiciones, económica y política; que son heredados y conservados para una mayor disposición de los recursos de un país, una nación, una región o un lugar, que se utilizan para la vida social, económica e histórica que posee. Se define como el conjunto de elementos heredados de generación en generación, conformado por todos los bienes naturales, culturales, tradicionales e históricos de una nación.

El **Patrimonio Ambiental** comprende todas las bellezas naturales, conformada por ríos, elementos del relieve, formaciones vegetales, y áreas con climas y especies silvestres vegetales o animales que necesitan cuidados especiales para su conservación.

2. Conceptos económicos referidos al patrimonio ambiental

A partir de los años 70, al calor de acontecimientos como la crisis del petróleo, el informe Meadows sobre los Límites del crecimiento o la Conferencia de Estocolmo, el despertar de la conciencia ecológica pondría en evidencia las carencias de la teoría económica a la hora de considerar límites al crecimiento económico y de incorporar el deterioro ecológico dentro de su marco analítico. A lo largo de las tres últimas décadas, enfoques como la economía ambiental y la economía ecológica han tratado de volver a conectar el sistema económico con el sistema ecológico que lo sustenta: la primera valorando las externalidades ambientales de cara su incorporación en la contabilidad económica al uso; la segunda cuestionando los fundamentos y axiomas sobre los que reposa la economía neoclásica y tratando de desarrollar un nuevo marco conceptual y metodológico de análisis que refleje e incorpore los costes físicos de la actividad económica (Gómez-Baggethun, 2007).

El término **desarrollo sostenible, perdurable o sustentable** se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como **Informe Brundtland** (1987), fruto de los trabajos de la *Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo* de Naciones Unidas, creada en *Asamblea de las Naciones Unidas* en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3º de la *Declaración de Río* (1992):

Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades

Es a partir de este informe que se acotó el término inglés "sustainable development", y de ahí mismo nace la confusión entre si existe o no diferencia alguna entre los términos "desarrollo sostenible" y "desarrollo sustentable".

El ámbito del **desarrollo sostenible** puede dividirse conceptualmente en tres partes: ecológico, económico y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica. El triple resultado es un conjunto de indicadores de desempeño de una organización en las tres áreas.

Deben satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estará encaminado a catástrofes de varios tipos, incluidas las ecológicas. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

El **PIB verde** o **Producto interno bruto verde** es un indicador de crecimiento económico que tiene en cuenta las consecuencias medioambientales del crecimiento económico medido por el *Producto interno bruto* o PIB convencional (es una medida agregada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un período que normalmente es un año).

En 2004, Wen Jiabao, el primer ministro chino, anunció el uso del PIB verde como indicador económico para el país y el primer informe fue publicado en 2006 mostrando que las pérdidas económicas causadas por la contaminación fueron de 511,8 mil millones de yuans (66,3 mil millones de dólares), lo que significaba el 3,05% de la economía nacional. El experimento acabó cuando se hizo evidente que un reajuste del cálculo del PIB significaría la disminución del crecimiento a niveles políticamente inaceptables, prácticamente cero en algunas provincias. Así, el gobierno retiró su propuesta, que tendría que haber entrado en vigor en marzo de 2007.

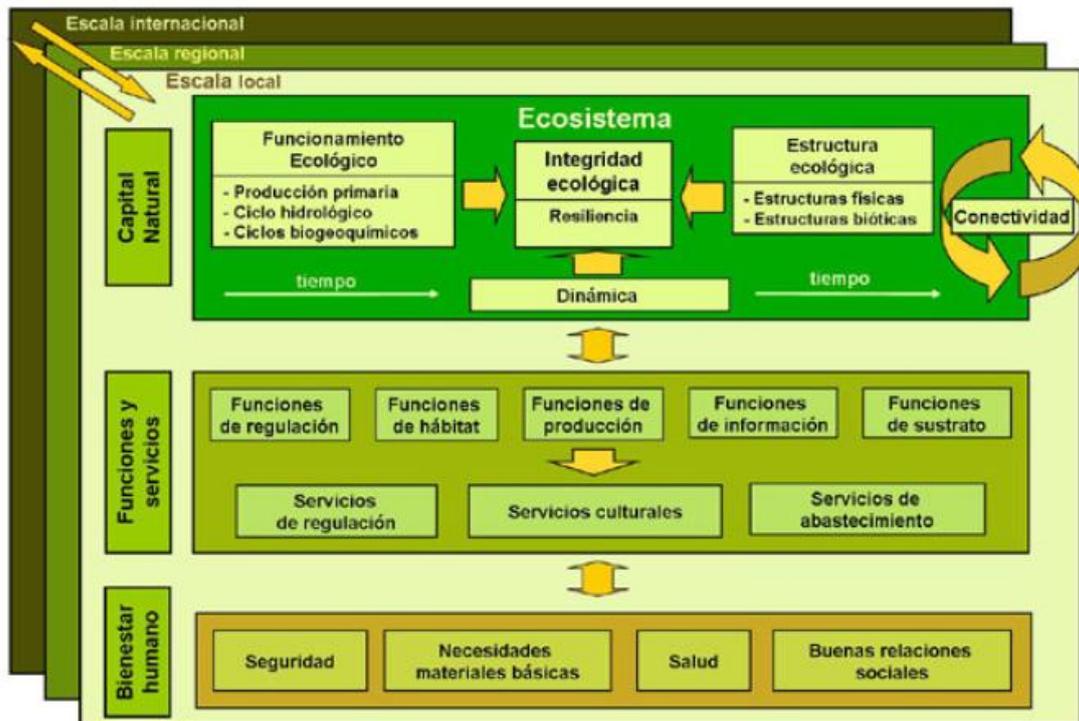
Aunque la medida de factores como la biodiversidad o el cambio climático sean variables difíciles de integrar en el modelo del PIB, en el actual sistema no aparecen representadas de ninguna forma.

Según el economista Serge Latouche:

si se intenta evaluar la reducción de la tasa de crecimiento tomando en cuenta los daños causados al medio ambiente y todas sus consecuencias sobre el "patrimonio natural y cultural", se obtiene generalmente un resultado de crecimiento nulo e incluso negativo. Los Estados Unidos gastaron en 1991, 115 mil millones de dólares, o sea el 2.1% de PIB para la protección del medio ambiente. El Clean Air Act aumentó este costo en 45 o 55 mil millones de dólares por año. [...] El World Resources Institute, por su lado, intentó mediar la tasa de crecimiento en caso de que se tomasen en cuenta las punciones sobre el capital natural con una óptica de desarrollo durable. Para Indonesia, corrigió la tasa de crecimiento entre 1971 y 1984 del 7.1 al 4% anual, y esto considerando solamente 3 elementos: la destrucción de bosques, la disminución en las reservas de petróleo y gas natural, y la erosión del suelo

El comité de expertos de las *Naciones Unidas* sobre Contabilidad Económico-Ambiental (UNCEEA) trabaja para hacer del Sistema de Contabilidad Económico Ambiental (SEEA) un estándar internacional para el año 2010 y a promoverlo para su puesta en práctica en los diferentes países.

El **Capital natural** es una extensión de la noción económica de capital (medios de producción manufacturados) a bienes y servicios medioambientales. Hace referencia a una reserva (por ejemplo, un bosque) que produce un flujo de bienes (por ejemplo, nuevos árboles) y de servicios (por ejemplo, captura de carbono, control de la erosión, hábitat).



Capital natural y bienestar humano. Las funciones de los ecosistemas permiten generar todo un flujo de servicios de los ecosistemas con incidencia en todas las componentes básicas del bienestar humano. Ecosistemas 16 (3). Septiembre 2007

Los ecosistemas nos abastecen de bienes tales como agua, madera, material de construcción, energía, medicinas, recursos genéticos, etc. Asimismo, ponen a nuestra disposición de forma gratuita toda una serie de servicios tales como la regulación del clima, el procesado de contaminantes, la depuración de las aguas, la actuación como sumideros de carbono, la prevención contra la erosión y las inundaciones, etc. (Daily, 1997). Lo que la ciencia económica ha tratado tradicionalmente en términos de **bienes y servicios**, ha sido reconceptualizado desde las ciencias de la sostenibilidad en un sentido más amplio como **servicios de los ecosistemas** (*proyecto de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio MA, 2003*), englobando también todos aquellos beneficios de los ecosistemas que sin pasar por los mercados (y por tanto careciendo de precios asociados), tienen una incidencia directa o indirecta en las diferentes componentes del bienestar humano.

No obstante, la existencia de los servicios de los ecosistemas está supeditada a que previamente se den las condiciones ecológicas necesarias para su generación. En este sentido, entendemos por **funciones de los ecosistemas** (De Groot, 1992) todos aquellos aspectos de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas con capacidad de generar servicios que satisfagan necesidades humanas de forma directa o indirecta.

Los beneficios *potenciales* asociados a las funciones de los ecosistemas se concretizan en beneficios *reales* una vez que son demandados, usados o disfrutados por las personas, es decir, una vez que las sociedades humanas les asignan valores instrumentales. Es entonces cuando las funciones pasan a ser reconceptualizadas, ya dentro de un marco meramente antropocéntrico, como **servicios de los ecosistemas**.

Así, en un bosque en el que no se produzcan talas, la función de producción de madera podrá estar presente, mientras que el servicio de abastecimiento de madera

sólo se dará en el momento en que la madera de dicho bosque sea objeto de explotación.

El concepto de funciones de los ecosistemas nos ofrece el así el eslabón o puente de conexión entre la ecología y la economía, al hacer referencia a la capacidad ecológica de sustentar la actividad económica, y es una herramienta conceptual clave para poder desarrollar una **teoría del capital natural** con base ecológica.

Conceptos de Protección y conservación referidos al patrimonio ambiental

La **biología de la conservación** es un término biología introducido como título de una conferencia realizada en la *Universidad de California, San Diego* (La Jolla, California) en 1978, organizada por los biólogos Bruce Wilcox y Michael Soulé. Hoy es el estudio científico de la naturaleza y del estado de la biodiversidad de la Tierra con el objeto de proteger las especies, sus hábitats y los ecosistemas para evitar tasas de extinción excesivas. Es una materia interdisciplinaria de las ciencias, la economía y la práctica del manejo de los recursos naturales.

La **conservación de hábitats** es el sistema de manejo del recurso Tierra, práctica que busca conservar, proteger y restaurar los hábitats de las plantas y animales silvestres para prevenir su extinción, la fragmentación de hábitats y la reducción de la distribución geográfica.

3. Tipos de recursos naturales

De acuerdo a la disponibilidad en el tiempo, tasa de generación (o regeneración) y ritmo de uso o consumo se clasifican en **renovables y no renovables**.

Los recursos naturales **renovables** hacen referencia a recursos bióticos, recursos con ciclos de regeneración por encima de su extracción, el uso excesivo del mismo lo puede convertir en un recurso extinto (bosques, pesquerías, etc) o no limitados (luz solar, mareas, vientos, etc); son aquellos recursos que no se agotan con su utilización, debido a que vuelven a su estado original o se regeneran a una tasa mayor a la tasa con que los recursos disminuyen mediante su utilización. Esto significa que ciertos recursos renovables pueden dejar de serlo si su tasa de utilización es tan alta que evite su renovación.

Ejemplos: la biomasa vegetal y animal (natural y producida en granjas), el agua, las corrientes marinas, el viento y la radiación solar.

Los recursos naturales **no renovables** son generalmente depósitos limitados o con ciclos de regeneración muy por debajo de los ritmos de extracción o explotación (minería, hidrocarburos, etc). En ocasiones es el uso *abusivo y sin control* lo que los convierte en agotados, como por ejemplo en el caso de la extinción de especies. Son recursos naturales que no pueden ser producidos, cultivados, regenerados o reutilizados a una escala tal que pueda sostener su tasa de consumo. Estos recursos frecuentemente existen en cantidades fijas o consumidas mucho más rápido de lo que la naturaleza puede recrearlos.

Se denomina **reservas** a los contingentes de recursos que pueden ser extraídos con provecho. El valor económico (monetario) depende de su escasez y demanda y es el tema que preocupa a la economía. Su utilidad como recursos depende de su aplicabilidad, pero también del costo económico y del costo energético de su localización y explotación. Por ejemplo, si para extraer el petróleo de un yacimiento

hay que invertir más energía que la que va a proporcionar no puede considerarse un recurso.

El consumo de recursos está asociado a la **producción de residuos**: cuantos más recursos se consumen más residuos se generan. Se calcula que en España cada ciudadano genera más de 1,38 kg de basura al día, lo que al final del año representan más de 500 kg de residuos.

4. La cuestión de la energía como recurso

La energía es uno de los pilares fundamentales que sostiene el desarrollo tecnológico y socioeconómico de lo que llamamos países del primer Mundo. Pero la obtención de energía eléctrica o de combustible para máquinas precisa la utilización de recursos renovables (el sol, el viento, las corrientes oceánicas que forman parte del propio funcionamiento de la biosfera) y no renovables (combustibles minerales fósiles como el carbón, petróleo o uranio).

4.1. La energía eólica

Es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores. A finales de 2007, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 94.1 gigavatios. En 2009 la eólica generó alrededor del 2% del consumo de electricidad mundial, cifra equivalente a la demanda total de electricidad en Italia, la séptima economía mayor mundial. En España la energía eólica produjo un 11% del consumo eléctrico en 2008, y un 13.8% en 2009. En la madrugada del domingo 8 de noviembre de 2009, más del 50% de la electricidad producida en España la generaron los molinos de viento, y se batió el récord total de producción, con 11.546 megavatios eólicos. La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia.

4.2. La energía solar

La **energía solar** es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde, si bien, al final de su vida útil, **los paneles fotovoltaicos pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable al día de hoy.**

La potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación **el valor es de aproximadamente 1000 W/m²** en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como **irradiancia**.

Los rendimientos típicos de una célula fotovoltaica (aislada) de silicio policristalina oscilan alrededor del **10%**. Para células de silicio monocristalino, los valores oscilan en el **15%**. Los más altos se consiguen con los **colectores solares térmicos a baja temperatura (que puede alcanzar un 70% de rendimiento en la transferencia de energía solar a térmica)**.

También la energía solar termoeléctrica de baja temperatura, con el sistema de nuevo desarrollo, ronda el 50% en sus primeras versiones. Tiene la ventaja que puede funcionar 24 horas al día a base de agua caliente almacenada durante las horas de sol.

Los **sistemas fototérmicos convierten la radiación solar en calor** y lo transfieren a un fluido de trabajo. El calor se usa entonces para calentar edificios, agua, mover turbinas para generar electricidad, secar granos o destruir desechos peligrosos. Los Colectores Térmicos Solares se dividen en tres categorías:

- **Colectores de baja temperatura.** Proveen calor útil a temperaturas menores de 65 °C mediante absorbedores metálicos o no metálicos para aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, calentamiento doméstico de agua para baño y, en general, para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor de 60 °C, por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, etc.
- **Colectores de temperatura media.** Son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 y 300 °C. En esta categoría se tiene a los concentradores estacionarios y a los canales parabólicos, todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta insolación.
- **Colectores de alta temperatura.** Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, la nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas superiores a los 500 °C y se usan para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; en algunos países estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas.

Clasificación por tecnologías y su correspondiente uso más general:

- **Energía solar activa:** para uso de baja temperatura (entre 35 °C y 60 °C), se utiliza en casas; de media temperatura, alcanza los 300 °C; y de alta temperatura, llega a alcanzar los 2000 °C. Esta última, se consigue al incidir los rayos solares en espejos, que van dirigidos a un reflector que lleva a los rayos a un punto concreto. También puede ser por centrales de torre y por espejos parabólicos como la **Central térmica solar** que está en funcionamiento desde el año 2007 en Sanlúcar la Mayor (Sevilla), de 11 MW de potencia que entregará un total de 24 GWh al año y la de Llanos de Calahorra, cerca de Guadix, de 50 MW de potencia.
- **Energía solar pasiva:** Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.
- **Energía solar térmica:** Es usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción.
- **Energía solar fotovoltaica:** Es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.

- **Energía solar termoeléctrica:** Es usada para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico).
- **Energía solar híbrida:** Combina la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación
- **Energía eólico solar:** Funciona con el aire calentado por el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

4.3. La energía hidráulica

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación. La **energía hidráulica** se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente, se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta río abajo. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que precisan una vez estén en funcionamiento centran la atención en esta fuente de energía.

La fuerza del agua ha sido utilizada durante mucho tiempo para moler trigo, pero con la Revolución Industrial, y especialmente a partir del siglo XIX, cuando comenzó a tener gran importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica. Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento. El bajo caudal del verano y otoño, unido a los hielos del invierno hacían necesaria la construcción de grandes presas de contención, por lo que las ruedas hidráulicas fueron sustituidas por máquinas de vapor con en cuanto se pudo disponer de carbón.

La primera central hidroeléctrica moderna se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

En el uso de la energía hidráulica que implica la construcción de embalses y la transferencia de agua de una cuencas hidrográficas a otras hay que considerar el **caudal ecológico**, que referida a un río o a cualquier otro cauce de agua corriente, es una expresión que puede definirse como el agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo, como:

- los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna,
- las funciones ambientales como dilución de polutantes o contaminantes,
- amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos,
- preservación del paisaje.

Todo proyecto que conlleve la derivación de agua de cauces hídricos naturales (agua potable, riego, hidroeléctricas, etc.), deben considerar la conservación del caudal ecológico aguas abajo de las obras, para evitar la alteración de los corredores

ecológicos constituidos por estos cauces hídricos. Se han desarrollado innumerables métodos y metodologías para determinar los requerimientos del caudal de los ecosistemas.

Los más simples son los métodos hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo ecológico a través del estudio de los datos de caudales. Un ejemplo de método estadístico simple es definir el caudal mínimo ecológico como un 10% del caudal medio histórico, que es precisamente lo previsto, al menos hasta la fecha, en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Río Ebro.

El **caudal ecológico** se considera pues como una restricción general que se impone a todos los sistemas de explotación sin perjuicio del principio de supremacía del uso para el abastecimiento de poblaciones. Es generalmente fijado en los "*Planes de Manejo de Cuenca*", con base en estudios específicos o análisis concretos para cada tramo del río, riachuelo o cace aguas abajo del nacimiento. La caracterización de la demanda ambiental (es decir, la cantidad de agua que se considera caudal ecológico) es además consensuada con la intervención de los distintos sectores implicados, desde la planificación hasta el uso del agua. Debe cumplir con los siguientes **requisitos**:

1. La base de cálculo deberá responder a una regularidad natural real que, como tal, formara parte de la coevolución entre el medio físico y las comunidades naturales, independientemente de que fuera una relación poco reconocible. Debe evitarse al máximo la incorporación de arbitrariedades, en la medida en que supone una intrusión de subjetividad y puede devaluar la solidez de los cálculos;
2. La aplicación del método y el resultado a obtener deben ser específicos, respectivamente, para cada cauce o tramo de cauce en concreto, evitando planteamientos basados en proporcionalidades fijas. La información que cada cauce aporta sobre las necesidades de sus comunidades naturales, son evaluadas en profundidad;
3. Derivado en parte del requisito anterior, el método adoptado debe cumplir un axioma tan simple y obvio como que: el caudal de mantenimiento o *caudal ecológico* es comparativamente más conservativo en los cauces menores y menos en los de mayores. Restar menos de "poco" puede conducir a nada, mientras que restar mucho de "más" puede permitir una situación sostenible.
4. Los resultados obtenidos deben estar en línea con experiencias empíricas, tanto bibliográficas como personales, y con los condicionantes propios de los aprovechamientos hídricos ordinarios sobre regulación y/o derivación de caudales. A pesar de la enorme variedad de métodos de cálculo existentes, los resultados obtenibles de todos ellos siguen una distribución más o menos normal que encierra el intervalo de máxima probabilidad entre el 10% y el 30% del caudal medio interanual. Se trata de que el método adoptado mantenga también como intervalo más probable el indicado, a fin y efecto de intentar representar un equilibrio racional entre la conservación de los ambientes fluviales y el aprovechamiento del agua como recurso.

4.4. La energía nuclear

La **energía nuclear** o **energía atómica** es la energía que se libera espontánea o artificialmente en las reacciones nucleares. Sin embargo, este término engloba otro significado, el aprovechamiento de dicha energía para otros fines, tales como la

obtención de energía eléctrica, térmica y mecánica a partir de reacciones atómicas, y su aplicación, bien sea con fines pacíficos o bélicos. Así, es común referirse a la energía nuclear no solo como el resultado de una reacción sino como un concepto más amplio que incluye los conocimientos y técnicas que permiten la utilización de esta energía por parte del ser humano.

Los dos sistemas más investigados y trabajados para la obtención de energía aprovechable a partir de la energía nuclear de forma masiva son la **fisión nuclear** y la **fusión nuclear**.

Probablemente, la aplicación práctica más conocida de la energía nuclear es la **generación de energía eléctrica para su uso civil**, en particular mediante la **fisión de uranio enriquecido**. Para ello se utilizan reactores en los que se hace fisionar o fusionar un combustible. El funcionamiento básico de este tipo de instalaciones industriales es similar a cualquier otra central térmica, sin embargo poseen características especiales con respecto a las que usan combustibles fósiles:

- Se necesitan medidas de seguridad y control mucho más estrictas. En el caso de los reactores de cuarta generación estas medidas podrían ser menores, mientras que en la fusión se espera que no sean necesarias.
- La cantidad de combustible necesario anualmente en estas instalaciones es varios órdenes de magnitud inferior al que precisan las térmicas convencionales.
- Las emisiones directas de CO₂ y NO_x en la generación de electricidad, principales gases de efecto invernadero de origen antrópico, son nulas; aunque indirectamente, en procesos secundarios como la obtención de mineral y construcción de instalaciones, sí se producen emisiones.

El **20 de diciembre de 1951** fue el primer día que se consiguió generar electricidad con un reactor nuclear (en el reactor estadounidense **EBR-I**, con una potencia de unos 100 kW), pero no fue hasta 1954 cuando se conectó a la red eléctrica una central nuclear (fue la **central nuclear soviética Obninsk**, generando 5 MW con solo un 17% de rendimiento térmico). **El primer reactor de fisión comercial fue el Calder Hall en Sellafield**, que se conectó a la red eléctrica en 1956.

El **25 de marzo de 1957** se creó la **Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM)**, el mismo día que se creó la Comunidad Económica Europea, entre Bélgica, Francia, Alemania, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos. Ese mismo año se creó el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Ambos organismos con la misión, entre otras, de impulsar el uso pacífico de la energía nuclear.

Su desarrollo en todo el mundo experimentó a partir de ese momento un gran crecimiento, de forma muy particular en Francia y Japón, donde la **crisis del petróleo de 1973** influyó definitivamente, ya que su dependencia en el petróleo para la generación eléctrica era muy marcada (39 y 73% respectivamente en aquellos años, en 2008 generan un 78 y un 30% respectivamente mediante reactores de fisión).

En **1979** el accidente de **Three Mile Island** provocó un aumento muy considerable en las medidas de control y de seguridad en las centrales, sin embargo no se detuvo el aumento de capacidad instalada. Pero en **1986** el **accidente de Chernóbil**, en un reactor RBMK de diseño ruso que no cumplía los requisitos de seguridad que se exigían en occidente, acabó radicalmente con ese crecimiento. Más recientemente el accidente de **Fukushima** en Japón, el 11 de marzo de **2011**, acabó con un nuevo impulso a las centrales nucleares en Europa y Estados Unidos, potenciada y justificada por la grave crisis económica iniciada en 2008.

En **octubre de 2007** existían 439 centrales nucleares en todo el mundo que generaron 2,7 millones de MWh en 2006. La potencia instalada en 2007 fue de 370.721 MWe. En **marzo de 2008** había 35 centrales en construcción, planes para construir 91 centrales nuevas (99.095 MWe) y otras 228 propuestas (198.995 MWe). Aunque solo 30 países en el mundo poseen centrales nucleares, aproximadamente el 15% de la energía eléctrica generada en el mundo se produce a partir de energía nuclear.

En **1965 se construyó la primera central nuclear en España**, la Central nuclear José Cabrera. Actualmente se encuentran en funcionamiento ocho reactores nucleares en España: **Santa María de Garoña, Almaraz I y II, Ascó I y II, Cofrentes, Vandellós II y Trillo**. Se paralizaron o no entraron en funcionamiento, una vez finalizadas, debido a la moratoria nuclear las centrales de Lemóniz, I y II, Valdecaballeros I y II, Trillo II, Escatrón I y II, Santillán, Regodola y Sayago. Se encuentran desmanteladas o en proceso de desmantelamiento Vandellós I y José Cabrera. El porcentaje de **energía eléctrica producida en España es muy dependiente de la producción hidroeléctrica anual**, la cual depende fuertemente de la pluviometría. Así, en el año **2002 un tercio, el 33,9% de la energía eléctrica producida en España lo fue en nucleares con un total de 63.016 GWh., mientras que en el año 2009, el porcentaje fue del 19 %**.

La diferencia básica entre los distintos diseños de **reactores nucleares de fisión** es el combustible que utilizan. Esto influye en el tipo de moderador y refrigerante usados. De entre todas las posibles combinaciones entre tipo de combustible, moderador y refrigerante, solo algunas son viables técnicamente:

A **partir de la fusión**, al igual que la fisión, tras su uso exclusivamente militar, se propuso el uso de esta energía en aplicaciones civiles. En particular, los grandes proyectos de investigación se han encaminado hacia el desarrollo de reactores de fusión para la producción de electricidad. El **primer diseño de reactor nuclear se patentó en 1946**, aunque hasta 1955 no se definieron las condiciones mínimas que debía alcanzar el combustible (isótopos ligeros, habitualmente de hidrógeno), denominadas **criterios de Lawson**, para conseguir una reacción de fusión continuada. Esas condiciones se alcanzaron por vez primera de forma quasiestacionaria el año 1968.

La fusión se plantea como una opción más eficiente (en términos de energía producida por masa de combustible utilizada) segura y limpia que la fisión, útil para el largo plazo. Sin embargo faltan aún años para poder ser utilizada de forma comercial (la fusión no será comercial al menos hasta el año 2050). **La principal dificultad encontrada, entre otras muchas de diseño y materiales, consiste en la forma de confinar la materia en estado de plasma hasta alcanzar las condiciones impuestas por los criterios de Lawson**, ya que no hay materiales capaces de soportar las temperaturas impuestas. Se han diseñado dos alternativas para alcanzar los criterios de Lawson, que son el **confinamiento magnético** y el **confinamiento inercial**.

Aunque ya se llevan a cabo reacciones de fusión de forma controlada en los distintos laboratorios, en estos momentos los proyectos se encuentran en el estudio de viabilidad técnica en centrales de producción eléctrica como el ITER o el NIF. El proyecto ITER, en el que participan entre otros Japón y la Unión Europea, pretende construir una central experimental de fusión y comprobar su viabilidad técnica. El proyecto NIF, en una fase más avanzada que ITER, pretende lo mismo en Estados Unidos usando el confinamiento inercial.

Una vez demostrada la viabilidad de conseguir un reactor de fusión que sea capaz de funcionar de forma continuada durante largos períodos, se construirán prototipos encaminados a la demostración de su viabilidad económica.

Aunque la misma filosofía empleada en la fisión puede emplearse en los reactores de fusión, se ha planteado esta como **una opción no contaminante e intrínsecamente segura**.

Desde el punto de vista de la **seguridad**, ya que los reactores diseñados necesitan un aporte exterior de energía y de combustible, si existiera un accidente que produjese el fallo de la máquina la reacción se detendría, con lo que se hace imposible una reacción en cadena descontrolada.

El **residuo principal** de la reacción de fusión **deuterio-tritio sería el Helio**, que es un gas noble y por tanto no interacciona con nada, incluido el organismo humano. Sin embargo **las reacciones nucleares de fusión desprenden neutrones altamente energéticos**. Esto implica la **producción de materiales radiactivos por activación neutrónica**. Además, **en un ciclo deuterio-tritio, una parte del propio combustible es también radiactivo (el tritio)**. Para minimizar los efectos, por tanto:

- se debe reducir tanto como se pueda la cantidad de material radiactivo utilizado así como el generado en la propia instalación;
- se debe anular en lo posible el riesgo derivado de la manipulación de los materiales radiactivos generados, ya sea en forma de combustible nuevo o reciclado o como residuos radiactivos;
- se deben definir cuáles son las mejores formas de gestionar esos vertidos.

Tratamiento de residuos nucleares

En general, cualquier aplicación industrial genera residuos. Todas las formas de generación de energía nuclear también los generan. Tanto los reactores nucleares de fisión o fusión (cuando entren en funcionamiento) como los GTR generan residuos convencionales que son trasladados a vertederos o instalaciones de reciclaje, residuos tóxicos convencionales (pilas, líquido refrigerante de los transformadores, etc.) y residuos radiactivos. El tratamiento de todos ellos, con excepción hecha de los residuos radiactivos, es idéntico al que se da a los residuos del mismo tipo generado en otros lugares (instalaciones industriales, ciudades,...).

Es diferente el tratamiento que se emplea en los residuos radiactivos. Para ellos se desarrolló una regulación específica, gestionándose de formas diferentes en función del tipo de radiactividad que emiten y del semiperiodo que poseen. Esta regulación engloba todos los residuos radiactivos, ya procedan de instalaciones de generación de electricidad, de instalaciones industriales o de centros médicos.

Se han desarrollado diferentes estrategias para tratar los distintos residuos que proceden de las instalaciones o dispositivos generadores de energía nuclear:

- **Baja y media actividad**. En este caso se trata de residuos con vida corta, poca radiactividad y emisores de radiaciones beta o gamma (pudiendo contener hasta un máximo de 4000 Bq g^{-1} de emisores alfa de semiperiodo largo). Suelen ser materiales utilizados en las operaciones normales de las centrales, como guantes, trapos, plásticos, etc. En general se prensan y secan (si es necesario) para reducir su volumen, se hormigonan (fijan) y se embidonan para ser almacenados durante un periodo de 300 o de 500 años, según los países,

en almacenamientos controlados. En España este almacenamiento se encuentra en la provincia de Córdoba (El Cabril).

- **Alta actividad.** Estos residuos tienen semiperiodo largo, alta actividad y contienen emisores de radiaciones alfa (si son de semiperiodo largo solo si superan concentraciones de actividad de 4000 Bq g^{-1}). Se generan en mucho menor volumen pero son altamente nocivos inmediatamente después de ser generados. Generalmente, aunque no son los únicos, se trata de las propias barras de combustible de los reactores de fisión ya utilizadas. Para ellos se han desarrollado diversas estrategias:

1. **Almacenamiento temporal: en las piscinas de las propias centrales** (a veces llamados *ATI*), durante la vida de la central (habitualmente 40 años), o en almacenamientos construidos a propósito. En España aún se encuentra en proyecto el ATC).

2. **Reprocesamiento:** en este proceso se lleva a cabo una separación físico-química de los diferentes elementos, separando por una parte aquellos isótopos aprovechables en otras aplicaciones, civiles o militares (plutonio, uranio, cobalto y cesio entre otros). Es la opción más similar al reciclado. Sin embargo en el proceso no todos los elementos reciclados son totalmente reaprovechables, como por ejemplo el neptunio o el americio. Para estos, en un volumen mucho menor que el inicial, es necesario aún el uso de otras opciones como el almacenamiento geológico profundo.

3. **Almacenamiento Geológico Profundo (AGP):** este proceso consiste en estabilizar las barras de combustible gastadas en contenedores resistentes a tratamientos muy severos que posteriormente se introducen en localizaciones similares a las minas, ya existentes (como en el caso de minas profundas), o construidas para tal fin. Suelen estar en matrices geológicas de las que se sabe que han sido estables durante millones de años. Las más comunes son calizas, graníticas o salinas. Los técnicos estiman que estos AGP deberían poder preservar íntegros los residuos durante los miles de años en que sigan siendo tóxicos sin afectar a las personas de la superficie. Su principal defecto es que sería muy difícil o imposible recuperar estos residuos para su uso útil en el caso de que técnicas futuras puedan aprovecharlos eficientemente.

4. **Transmutación en centrales nucleares de nueva generación (Sistemas Asistidos por Aceleradores o en reactores rápidos):** estos sistemas usan torio como combustible adicional y degradan los desechos nucleares en un nuevo ciclo de fisión asistida, pudiendo ser una alternativa ante la dependencia del petróleo, aunque deberán vencer el rechazo de la población. El primer proyecto será construido alrededor del 2014 (Myrrha). Esta técnica se estima aceptable para aquellos radioisótopos de semiperiodo largo para los que no se ha hallado ninguna aplicación todavía. Esos isótopos más problemáticos son los transuránicos como el curio, el neptunio o el americio. Sin embargo para emplear esta técnica se precisan métodos adicionales, como el reprocesado previo.

Para gestionar los residuos radiactivos suele existir en cada país un organismo creado exclusivamente para ello. **En España se creó la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos**, que gestiona los residuos radiactivos de todo tipo generados tanto en las centrales nucleares como en el resto de instalaciones nucleares o radiactivas.

4.5. Los biocombustibles

La biomasa podría proporcionar energías sustitutivas a los combustibles fósiles, gracias a agrocombustibles líquidos (como el biodiésel o el bioetanol), gaseosos (gas metano) o sólidos (leña), pero todo depende de que no se emplee más biomasa que la producción neta del ecosistema explotado, de que no se incurra en otros consumos de combustibles en los procesos de transformación, y de que la utilidad energética sea la más oportuna frente a otros usos posibles.

En 2009 la biomasa proporcionaba combustibles complementarios a los fósiles, ayudando al crecimiento del consumo mundial (y de sus correspondientes impactos ambientales), sobre todo en el sector transporte. Este hecho contribuye a la ya amplia apropiación humana del producto total de la fotosíntesis en el planeta, que supera actualmente más de la mitad del total apropiación en la que competimos con el resto de las especies.

La biomasa, como recurso energético, puede clasificarse en biomasa natural, residual y los cultivos energéticos:

- La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin intervención humana. Por ejemplo, la caída natural de ramas de los árboles (**poda natural**) en los bosques.
- La biomasa residual es el subproducto o residuo generado en las actividades agrícolas (**poda, rastrojos**, etc.), silvícolas y ganaderas, así como residuos de la industria agroalimentaria (**alpechines, bagazos, cáscaras, vinazas**, etc.) y en la industria de transformación de la madera (aserraderos, fábricas de papel, muebles, etc.), así como residuos de depuradoras y el reciclado de aceites.
- Los cultivos energéticos son aquellos que están destinados a la producción de biocombustibles. Además de los cultivos existentes para la industria alimentaria (cereales y remolacha para producción de **bioetanol** y oleaginosas para producción de **biodiésel**), existen otros cultivos como los lignocelulósicos forestales y herbáceos.

Hay varias maneras de clasificar los distintos combustibles que pueden obtenerse a partir de la biomasa. Quizás la más pertinente es por el proceso de producción necesario antes de que el combustible esté listo para el uso.

- **Uso directo.** La biomasa empleada sufre sólo transformaciones físicas antes de su combustión, caso de la madera o la paja. Puede tratarse de residuos de otros usos: poda de árboles, restos de carpintería, etc.
- **Fermentación alcohólica.** Se trata del mismo proceso utilizado para producir bebidas alcohólicas. Consta de una fermentación anaeróbica liderada por levaduras en las que una mezcla de azúcares y agua (mosto) se transforma en una mezcla de alcohol y agua con emisión de dióxido de carbono. Para obtener finalmente etanol es necesario un proceso de destilación en el que se elimine el agua de la mezcla. Al tratarse de etanol como combustible no puede emplearse aquí el método tradicional de destilación en alambique, pues se perdería más energía que la obtenida. Cuando se parte de una materia prima seca (cereales) es necesario producir primero un mosto azucarado mediante distintos procesos de triturado, hidrólisis ácida y separación de mezclas.
- **Transformación de ácidos grasos.** Aceites vegetales y grasas animales pueden transformarse en una mezcla de hidrocarburos similar al diésel a través de un complejo proceso de esterificación, eliminación de agua,

transesterificación, y destilación con metanol, al final del cual se obtiene también glicerina y jabón.

- **Descomposición anaeróbica.** Se trata de nuevo de un proceso liderado por bacterias específicas que permite obtener metano en forma de biogás a partir de residuos orgánicos, fundamentalmente excrementos animales. A la vez se obtiene como un subproducto abono para suelos.

Entre las desventajas de los biocombustibles se encuentran:

- Quizá el mayor problema que pueden generar estos procesos es la **utilización de cultivos de vegetales comestibles** (sirva como ejemplo el maíz, muy adecuado para estos usos), o el **cambio de cultivo en tierras**, hasta ese momento dedicadas a la alimentación, al cultivo de vegetales destinados a producir biocombustibles, que los países ricos pueden pagar, pero a costa de encarecer la dieta de los países más pobres, aumentando el problema del hambre en el mundo.
- **La incineración puede resultar peligrosa y producen sustancias tóxicas.** Por ello se deben utilizar filtros y realizar la combustión a temperaturas mayores a los 900 °C.
- No existen demasiados lugares idóneos para su aprovechamiento ventajoso.
- **Al subir los precios se financia la tala de bosques nativos que serán**

Bibliografía de consulta y profundización

- Boullón, Roberto (2006). "Espacio Turístico y Desarrollo Sustentable". Aportes y Transferencias (En línea), Volumen 10, núm. 2, pp. 17-24, Argentina. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=27610203> Consultado el 18 de Marzo de 2011.
- Costanza, R. & al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Daily, G. (ed.) 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington DC, Estados Unidos.
- de Senarclens, P. (2001) La gobernabilidad mundial y sus críticos *Revista internacional de ciencias sociales* n. 170, diciembre de 2001.
- Gómez-Baggethun, E.; de Groot, R. (2007) Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16 (3): 4-14. Septiembre. [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7642/1/ECO_16\(3\)_02.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7642/1/ECO_16(3)_02.pdf) Consultado el 27 de julio de 2011.
- Lopresti, Roberto, (2007), *Recursos naturales, régimen argentino y comparado*. Ediciones Unilat Buenos Aires 978-987-96049-7-7
- Martínez Alier, J. & Schlupman, K. (1991) *La ecología y la economía*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Naredo, J. M. (1996) Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Primer catálogo español de buenas prácticas*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, España.
- Naredo, J.M. & Parra, F. (compiladores) (1993) *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Siglo XXI de España Editores, Madrid.

- Naredo, J.M. 2003 *La economía en evolución: Historia y perspectivas de las características básicas del pensamiento económico*. 3ª ed. Siglo XXI de España, Madrid, España.
- Planellos, Ángel (2011). El mundo.es. ed. *¿Quién alimentará China?*. Pekín: Periodico El Mundo.es. pp. 2011. ISBN <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/03/25/economia/1301083525.html>
- Proyecto de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2003)
- Ramírez Treviño, Alfredo; Sánchez Núñez, Juan Manuel; García Camacho, Alejandro (2004). "El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis". Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle (En línea), vol. 6, julio-diciembre, Pp. 55-59, Distrito Federal, México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/342/34202107.pdf> Consultado el 27 de Marzo de 2011.
- Rubio Ardanaz, Eduardo (2006). "Reflexiones sobre el concepto de Desarrollo Sostenible, sus antecedentes y algunos apuntes para el momento presente (y futuro)". XVI Congreso de Estudios Vascos: Bilbao, 2005. Desarrollo Sostenible-IT .El futuro (En línea), Número 16. Pp. 261-270, Donostía-San Sebastián. Disponible en: <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/congresos/16/16261270.pdf> Consultado el 27 de marzo de 2011.
- Soule, M.E. (1986). What is conservation Biology? *BioScience*, 35(11): 727-734