

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 EL ESTADO DEL MUNDO

3.1.1 Aspectos generales

El **análisis** del estado del mundo se describe a tres niveles que ponen de manifiesto los límites y los desequilibrios actuales (Brown, 2002):

- El estado del mundo a nivel ambiental y según:
 - el consumo de recursos y sus impactos, como la pérdida de biodiversidad o la destrucción medioambiental.
 - la producción de residuos, como las emisiones de gases y sus impactos, ó la contaminación y el cambio climático.
- El estado del mundo a nivel económico y según la distribución de la riqueza y las relaciones Norte-Sur, la deuda externa.
- El estado del mundo a nivel social y según el crecimiento de la población, el paro, la diversidad cultural, los niveles de educación, la diferencia de sexos, la marginación social, el hambre, los desequilibrios, los asentamientos urbanos.

Para conocer cual es el estado del mundo actual, se ha considerado oportuno diferenciar los apartados que siguen a continuación, de modo que sea de forma evolutiva la descripción del estado del mundo para luego ver la necesidad de un desarrollo sostenible. Los apartados son: la capacidad de carga, la población, los recursos, los residuos, los desequilibrios y las tecnologías.

3.1.2 La capacidad de carga

A partir del análisis y desde el punto de vista de la existencia de límites y desequilibrios en los actuales modelos de desarrollo, y para plantearse de manera correcta el concepto de sostenibilidad debe definirse un concepto previo llamado **capacidad de carga**, que se define como el número máximo de miembros de una especie que un determinado hábitat puede soportar indefinidamente (García, 2003). Una vez superado este numero, los recursos para la supervivencia de esta especie empiezan a disminuir hasta que la misma especie también lo hace.

En el contexto del estudio del mundo, y considerando el concepto de capacidad de carga a la Tierra como hábitat, como ecosistema y los humanos como especie, la capacidad de carga depende de diversos factores: el número de individuos de la especie, los recursos naturales que necesitan para sobrevivir y que se buscan y extraen de las fuentes naturales, los residuos que se generan y se vierten al medio natural, las tecnologías que se utilizan para manipular el hábitat y la organización social de la especie y su capacidad para enfrentarse a nuevos retos y nuevas amenazas.

A partir del concepto de capacidad de carga aparece la siguiente cuestión: cuánta gente y durante cuantas generaciones puede la Tierra proveer al hombre, y si hay suficientes recursos para todos.

Para contestar a esta pregunta se deben **estudiar** los recursos disponibles y **decidir** cuales se van a utilizar para satisfacer nuestras necesidades y de que forma se van a manipular tecnológicamente. Se sabe con certeza que como resultado del volumen de población, las pautas de consumo y las opciones tecnológicas que se han tenido hasta ahora, se está superando la capacidad de carga del planeta; y además los recursos naturales disponibles son hoy insuficientes para sostener nuestra actividad y los sistemas de soporte de los que dependemos. Además desde mediados de siglo ha habido tres tendencias de **crecimiento** que han contribuido en la presión que debe soportar el medio y a reconocer por parte de la humanidad de la existencia de unos límites (García, 2004). Estas tendencias son:

1. La duplicación de la población mundial a partir de 1950.
2. La quintuplicación de la producción económica acompañada de un crecimiento del comercio mundial mediante una tecnología que ha consumido una gran cantidad de recursos y ha generado muchos residuos.
3. La diferencia de la distribución de ingresos que provoca pobreza, paro y descohesión social.

3.1.3 La población

En la Figura 1, se representa la evolución de la población de la tierra a lo largo de los años, iniciando en el año 2000 a.C., donde se puede observar el espectacular aumento y la duplicación de la población a partir de 1950. A finales del siglo pasado, la población era de 1000 millones de personas y actualmente es más de 6000 millones (Flavio, 2002). En una sola generación se ha añadido al conjunto de la población mundial más personas que en toda la existencia humana anterior. La revolución agrícola, la revolución industrial y posteriormente las revoluciones en el transporte y en la medicina son las causas de este gran aumento.

La organización de las Naciones Unidas hizo un análisis demográfico donde se prevé tres posibles respuestas a la evolución de la población en el año 2050: una duplicación de la población hasta los 12000 millones, hasta llegar a los 10000 millones y la última llegar a 8000 millones (este último caso sería el más optimista en cuanto a crecimiento pero implicaría un aumento muy alto de la mortalidad por SIDA y hambre en África). Todas ellas, indican un aumento considerable de la población. La previsión de la población futura depende de la suposición de la tasa del crecimiento de la población (que puede ser constante, exponencial), una tasa que no se puede predecir con certeza puesto que depende de distintos factores como son la salud (medicina), la nutrición, la educación en la familia y la cultura de cada país. Además la esperanza de vida cambia fuertemente tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo por causa de los factores mencionados anteriormente. En los países en vías de desarrollo es donde se da casi el 90% del aumento de la población. En los países desarrollados (Norte América, Europa, la antigua URSS, Oceanía) la población crece muy poco. De los actuales 6 mil millones de habitantes del planeta, 1500 millones viven en países desarrollados y 4500 millones viven en países en vías de desarrollo, donde las contribuciones más importantes son primero de Asia y después de África (García, 2004).

Todas estas consideraciones son en términos globales, puesto que para prever el crecimiento de la población es necesario saber también donde va a ubicarse la población adicional: las regiones del mundo, naciones, zonas urbanas o rurales.

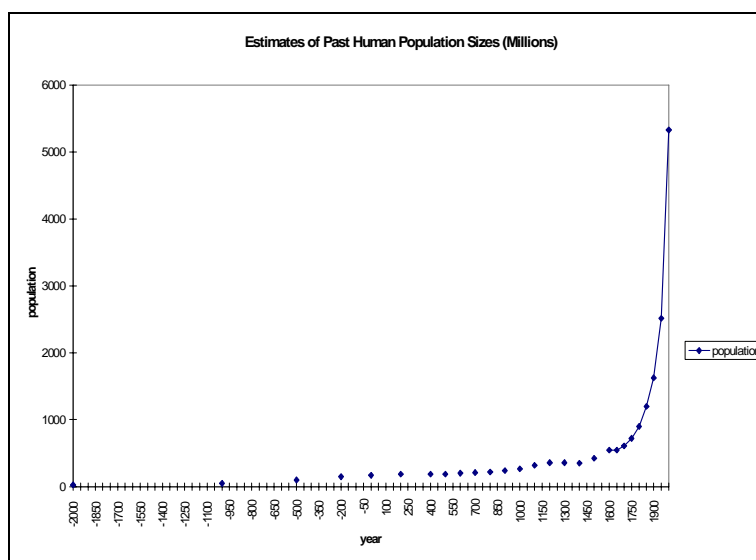


Figura 1. Evolución de la población mundial desde 2000 a.c. hasta el año 2000.
Fuente: García, 2004.

En cuanto a la ubicación de la población que va aparecer entre los años 2000 y 2030 se prevé que será en zonas urbanas, y es posible que en los países en vías de desarrollo la población se concentre allí a un ritmo mayor que en los países industrializados, tal como puede observarse en la Figura 2. El incremento de población urbana habida hasta ahora en países en vías en desarrollo ha provocado que más del 40 % de la población de la urbe viva en condiciones extremadamente críticas. La gestión urbana tiene que resolver tanto la pobreza como el impacto ambiental de la propia ciudad, deben tomarse a cabo ciertas políticas demográficas de planificación familiar que garanticen las necesidades básicas en los países en vías de desarrollo y al mismo tiempo se cuida al medioambiente.

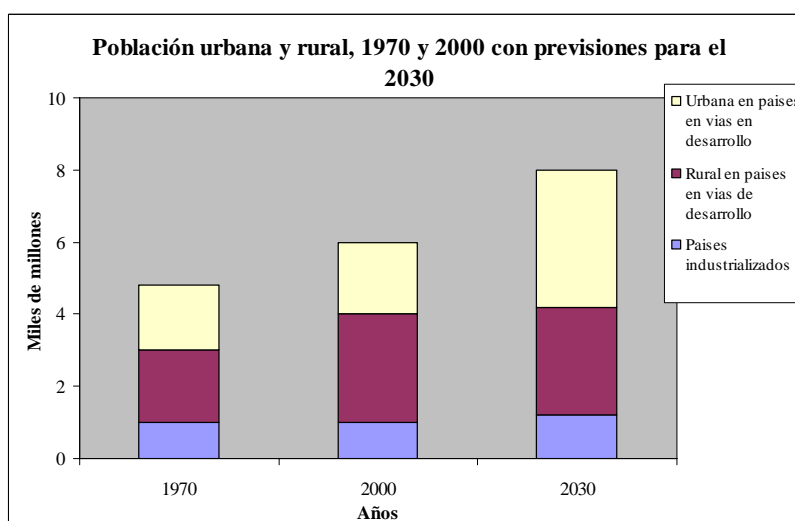


Figura 2. Evolución de la población urbana y rural mundial con previsiones para el 2030.
Fuente: Worldwatch Institute, 2003.

A partir entonces del conocimiento actual y previsión de la situación demográfica en el mundo, se realizará a continuación una revisión del estado actual de los recursos.

3.1.4 Los recursos

El consumo de recursos es otro de los excesos de presión sobre el planeta, además de la población. Si hay un crecimiento económico hay entonces un uso de recursos que está comportando una todavía mayor generación de residuos. El agotamiento de recursos está definido por la relación entre las reservas y la producción debida al consumo actual. Esta relación es dinámica porque las reservas van cambiando, así como el consumo. Los recursos pueden clasificarse de distintos modos (García, 2004).

Una primera clasificación divide los recursos en:

1. Recursos materiales:
 - 1.1. Vivos: son los mecanismos propios de los ecosistemas donde la vida se hace posible, ya que la biodiversidad da lugar a todas las distintas formas de vida y utiliza los recursos para su supervivencia.
 - 1.2. No vivos:
 - 1.2.1. Renovables: son el aire, el agua y el suelo.
 - 1.2.2. No renovables: se dividen en combustibles fósiles y minerales metálicos y no metálicos.
2. Recursos energéticos:
 - 2.1. Renovables: pueden dividirse en energía solar y viento, marea y flujo de agua.
 - 2.2. No renovables: combustibles fósiles, energía nuclear.

Una segunda clasificación es la siguiente:

1. Una visión científica que considera como centro de referencia la tierra, como un planeta donde todo depende de la energía que llega del sol. Se denominan también recursos *básicos indirectos* puesto que el hombre no lo percibe como una necesidad.

Considera que el límite de la capacidad de carga del planeta viene determinado por la cantidad de energía solar que se convierte en energía bioquímica debido a la diferencia entre la fotosíntesis de las plantas y la necesaria para sus propios procesos vitales: se denomina la productividad primaria neta de la tierra y es la fuente de la vida. Un 40% de esta energía la ha utilizado el hombre mientras que el porcentaje restante es para las plantas y los animales.

El hombre y su vida giran entorno de estos recursos. El crecimiento de la población junto a la explotación de los mismos implica una mayor apropiación de los sistemas ambientales y por tanto un declive de los ecosistemas. Los efectos que se dan actualmente debido al consumo de estos recursos tienen efectos sobre el clima y el agua: escasez del agua, aumento de la temperatura, contaminación atmosférica, deshielo, aumento del nivel del mar, inundaciones, tormentas más destructivas, secado de los ríos, disminución del nivel de las capas freáticas. Los signos de tensión en cuanto a la base biológica son: agotamiento de las reservas pesqueras, retroceso de los bosques, deterioro de los pastos, erosión de los suelos y desertización, extinción de especies.

2. Una visión antrópica, es decir desde el punto de vista del ser humano. Se denominan también recursos *básicos directos* puesto que el ser humano depende de éstos para sus necesidades.

Por un lado, dentro de este grupo se tienen como recursos los alimentos provenientes de los **ciclos vitales** y que son los que proveen a la humanidad, y por tanto es capacidad de carga de la población de la tierra. Los límites más inmediatos que hay y que tienen una relación directa con los alimentos provenientes de los ciclos vitales actualmente son tres. El primero es la disminución de la producción natural de *pescado* en los océanos debido a la sobreexplotación y es que en los últimos 50 años ha aumentado cinco veces la captura mundial y el 70% de las especies de peces están al límite de la explotación (García, 2004). En segundo lugar está la escasez de la cantidad de *agua* dulce que proviene del ciclo hidrológico debido a la triplicación de consumo de agua desde mediados de siglo, el exceso de bombeo del agua de los acuíferos, y las técnicas de riego en la agricultura. Finalmente y en tercer lugar se encuentra la ralentización de la productividad del *suelo* por exceso de explotación con prácticas irracionales de cultivo de las tierras agrícolas.

La población crece más rápido que la producción de alimentos, y por tanto, los cereales, base de la alimentación humana cada vez están menos disponibles. Además, debido a los distintos usos del suelo que están en auge tal como industrias e infraestructuras ha hecho disminuir el terreno de cultivo por cápita, lo que supone un peligro de seguridad alimentaria de la población. Los pastos proporcionan la mayor parte de carne bovina y ovina, y representan el doble de la zona que se destina al cultivo, lo que ha hecho que se haya convertido en uno de los sistemas básicos de soporte alimentario todo y que la demanda se ha multiplicado por tres desde 1950 (García, 2004). Luego no se pueden explotar más los recursos provenientes de cultivos, pastos, bosques y pesca puesto que son limitados, la humanidad ya se ha apropiado de la mayoría de ellos y de los que dependemos están perdiendo productividad. Siguiendo las tendencias actuales de crecimiento de población se prevé en un futuro inmediato la disminución de tierras de cultivo, pasto, bosques y de la captura de pescado.

Otro recurso de la visión antrópica es la **biodiversidad**, siendo el mejor indicador de la salud de la tierra, ahora bien, ahora vivimos uno de los episodios más drásticos en cuanto a la destrucción de la vida animal y vegetal. El 14% de las especies vegetales, el 11% de aves y el 11% de mamíferos están en peligro de extinción (García, 2004). El valor económico que tiene la diversidad genética del planeta es incalculable.

Por otro lado se encuentran los recursos **materiales y energéticos**. Hasta la actualidad todos los recursos de este tipo que se han utilizado son no renovables.

Los recursos **materiales** se dividen en: minerales metálicos (hierro, cobre, aluminio, uranio), minerales no metálicos (arcilla, fosfatos), madera y productos sintéticos. La producción de madera y de sus derivados (papel y cartón) aumenta anualmente, y su consumo también con una triplicación de la demanda en el caso de la madera y multiplicación por seis en el caso del papel, siendo los países industrializados los

mayores consumidores de papel. La producción del resto de materiales como son todo tipo de minerales y productos sintéticos también crece, aunque las previsiones aseguran un agotamiento de los minerales en 20 años (García, 2004).

Los recursos **energéticos** se dividen en: energía solar; viento, mareas, flujos de agua; combustibles fósiles como madera, carbón, petróleo y gas; y energía nuclear. En concreto los principales recursos energéticos utilizados hasta ahora son los que se citan a continuación (Flavio, 2002), algunos de los cuales se muestran en la Figura 3:

- El *petróleo* (y *combustibles fósiles*), es uno de los recursos más utilizados por la humanidad, y según las previsiones más pesimistas se acabará en el año 2050. Además, siguiendo el ritmo de consumo de los países industrializados, los metales se agotarán en un plazo máximo de 200 años, y es que desde 1950, el consumo se ha multiplicado por 6. Finalmente, el carbón sigue una evolución lenta, todo y que comenzó por ser el principal recurso energético en 1950 para dejar paso al petróleo.
- En cuanto al consumo de *gas*, con una evolución superior a la del petróleo, tiene un tiempo de vida menor al petróleo, y es que se prevé que aumente su producción hasta el año 2050 para luego desaparecer.
- La *electricidad* es el tercer recurso que junto con los dos anteriores crece de forma exponencial. La producción de este tipo de energía se obtiene principalmente a partir de las centrales nucleares. Aparece más tarde que las otras energías y debido a la crisis del petróleo. El principal problema de este tipo de energía no es la falta de recursos en sí, sino la peligrosidad del proceso y los residuos.

Los mayores consumidores de los recursos anteriores son las tecnologías del transporte y comunicaciones. El transporte se refiere a las industrias del automóvil, cuya producción continúa creciendo, la aeronáutica y la naval. La demanda creciente de movilidad, así como la producción crea ante el actual tipo de sistema económico e industrial otra demanda en el consumo de estos recursos. En cuanto a las comunicaciones, el hecho de ampliar las redes para obtener una comunicación inmediata y global, y que continua en expansión, implica un crecimiento de consumo de energía.

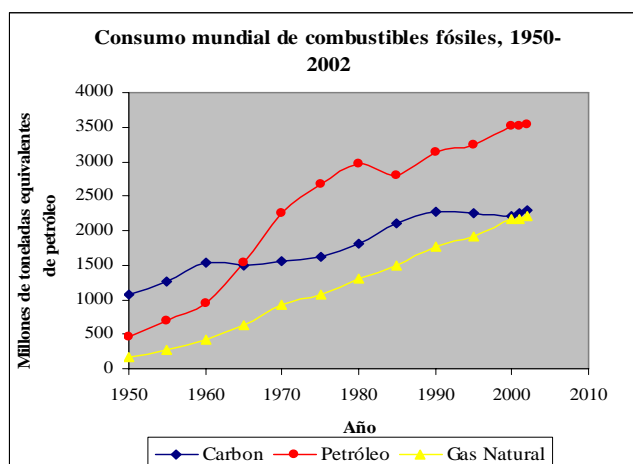


Figura 3. Consumo mundial de combustibles desde 1950 hasta 2002.
Fuente: Worldwatch Institute, 2003.

Otro problema a añadir es el desequilibrio que hay en la distribución del consumo de energía en el mundo: los principales consumidores de energía y que consumen hasta dos tercios de la energía total son los países industrializados, siendo los EUA consumidores de 1/3, y Europa y Rusia conjuntamente también de 1/3. El resto de los países del planeta consumen el restante 1/3 de la energía (García, 2004).

Por tanto, puede resumirse tras la revisión del estado actual, disposición y previsión de los recursos que:

- En los años 70 aparecen las primeras alertas sobre los límites de los recursos: la crisis del petróleo. Seguidamente la preocupación se produce por los recursos alimentarios, recursos directos. Actualmente hay preocupación por los ciclos naturales, recursos indirectos.
- En el siglo XXI se agotarán la mayoría de los materiales y de los recursos energéticos si se sigue el actual sistema económico de producción industrial y de consumo exagerado. Los años que quedan de recursos se calculan como el cociente entre las reservas que se conocen actualmente y la producción anual.
- Hay sistemas de energía en los que se puede llevar a cabo un cambio técnicamente factible, pasando de los combustibles fósiles a las energías renovables como las que se basan en el sol, las mareas y el viento. Ahora bien, no se han encontrado sustitutos para los recursos biológicos y el agua.
- Encontrar nuevas reservas es casi imposible, la búsqueda ha sido intensiva por todo el mundo. Alaska es una zona de gran valor ecológico que podría ser fuente de petróleo, y que la administración de los USA sería capaz de explotar.
- Los índices de consumo no aumentan pero no dejan de preocupar. En los últimos años, han aparecido las tres R como modelo de comportamiento: "reducir, reutilizar y reciclar".
- El hecho de disminuir los recursos más básicos tiene efectos económicos inmediatos que generan conflictos locales y mundiales por el poder de los recursos existentes. Luego la crisis ambiental derivada por el sistema económico también deriva a una crisis social.
- La escasez de recursos se debe a la inestabilidad económica global de nuestra época, puesto que la propia base de la economía se entiende así.
- Finalmente, en cuanto a la escasez del recurso del agua, además del problema que comporta como elemento que forma parte de un ciclo vital y que por tanto ayuda a proporcionar alimentos; es de relevante importancia en este trabajo destacar que cerca de 1300 millones de personas no disponen de agua potable, así como cerca de 2500 millones de personas no disponen de instalaciones sanitarias adecuadas, hecho que provoca graves consecuencias de cara al desarrollo (Flavio, 2002).

3.1.5 Los residuos

Los residuos son productos que aparecen cuando se utilizan en exceso los recursos y pueden ser de origen industrial, doméstico o agrícola y el medio receptor suele ser el agua, el aire, el suelo y el subsuelo, todos con una capacidad limitada de absorción, así cuando se supera esta capacidad es cuando aparecen los problemas.

Los residuos que en la actualidad preocupan más a la comunidad internacional son los gases que provienen de la quema de combustibles fósiles, deforestación, procesos

industriales y agropecuarios, todos provenientes en su mayoría de la actividad humana; y que tienen como medio receptor el aire. Estos residuos son:

- Las **emisiones de CO₂, CH₄, N₂O**: El incremento de este tipo de emisiones supone un aumento del efecto invernadero que puede traer consecuencias nefastas para la economía y la sociedad humana. El aumento de emisiones también puede conllevar a un aumento de la temperatura a nivel planetario. Las pérdidas económicas que suponen las emisiones es uno de los principales motivos de preocupación. Los principales emisores de CO₂ del planeta son los EUA, seguidos de China, Rusia y Japón (García, 2004).
- Las **emisiones de halocarbonos**: Este tipo de gases, en el cual uno de sus componentes es normalmente el Cloro o el Bromo, son responsables del agujero de la capa de ozono y de la disminución de su espesor, así como del cambio climático pues altera el ciclo del carbono a nivel planetario (García, 2003).

Ahora bien, las principales consecuencias de los residuos a escala global y que afectan sobre los recursos básicos indirectos son:

- **El cambio climático.** La tecnología humana ha provocado un incremento de emisiones de gases que se concentran en la atmósfera y que ha provocado un aumento de temperatura global de la tierra. Es a partir de este incremento de temperatura que se produce el cambio climático. La temperatura ha aumentado 1° C en el último siglo y las predicciones hablan de un incremento de entre 3 y 5.5 ° C en los próximos años (García, 2004). Al cambiar el clima, muchas regiones verán incrementadas las precipitaciones, pero no un incremento de días lluviosos sino mas bien en intensidad, provocando inundaciones. Otras regiones verán como disminuyen éstas, provocando sequías prolongadas y por tanto un incremento de riesgo forestal. El incremento del número e intensidad de huracanes y la subida del nivel de los océanos son otras consecuencias del cambio climático. Por tal que el clima de la Tierra recupere el equilibrio en los próximos siglos, las emisiones de carbono deberían reducirse un 50% de la tasa actual para permitir la absorción por el océano y los bosques (García, 2004).
- **El efecto invernadero.** La tierra necesita de una atmósfera que permita una temperatura apta para la vida. Los gases que se encuentran en la atmósfera son capaces de absorber las radiaciones que son emitidas por la tierra como consecuencia del reflejo de las radiaciones que llegan del sol. Ahora bien, las actividades humanas generan gases del efecto invernadero y aumentan su concentración en el aire. Si no se registran cambios, la duplicación de la concentración de gases del efecto invernadero de larga vida reduciría un pequeño porcentaje de energía emitida por la tierra, lo que implicaría que en la tierra se acumularía este pequeño porcentaje extra, y por tanto que el clima debería adaptarse a este nuevo cambio y deshacerse de este excedente. Físicamente y biológicamente se puede producir un efecto regulador de las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) causantes del efecto invernadero. La fotosíntesis de las plantas y la disolución en el océano reducen la cantidad de CO₂, mientras que la propia naturaleza tiene la capacidad de emitir una cantidad de gas CH₄ (metano) proveniente de la descomposición de los seres vivos, gas más importante que el CO₂ en el efecto invernadero. La práctica total de las actividades relacionadas con la vida humana

sobre la tierra comporta este tipo de emisiones que han aumentado paralelamente al crecimiento de la población y las necesidades energéticas (García, 2003).

- La disminución del espesor de la **capa de ozono**, siendo un filtro esencial del planeta para la protección de las radiaciones ultravioletas; la **desertización**; la **contaminación del agua, aire y suelo** que impide un funcionamiento adecuado de sus ciclos vitales; la emisión de **residuos peligrosos** y la **lluvia ácida**, esta última ligada a las emisiones de SO₂ son otras importantes consecuencias de los residuos a escala global.

Puede por tanto resumirse en cuanto a los residuos que:

- El gran consumo energético y la contaminación con residuos es consecuencia del modelo de desarrollo y económico actual.
- Uno de los retos primordiales de la civilización para el siglo en el que nos adentramos es estabilizar la población y la emisión de gases del cambio climático y del efecto invernadero.

3.1.6 Los desequilibrios

Hay una relación directa, tal como se citó en el apartado de los recursos, entre la economía basada en un consumo de recursos exagerado y los desequilibrios sociales que se producen como consecuencia.

Y es que la economía es un conjunto de mecanismos en los que se asignan unos recursos para satisfacer unas necesidades, y la producción económica es la suma en dinero de los bienes y servicios producidos. La producción económica se ha multiplicado por 5 desde 1950 gracias también al auge del comercio mundial, no siendo sus efectos por igual en todas partes del mundo (García, 2004). Se suele considerar que un crecimiento de la economía es bueno puesto que hay mayor consumo y los salarios son más altos; ahora bien, lo que acontece también es un mayor consumo de recursos y por tanto un mayor conflicto por el poder de los mismos, un mayor volumen de residuos generados, así como un deterioramiento del medio ambiente debido al tipo de tecnologías utilizadas. Mientras la economía crece, las sociedades y los ecosistemas no lo hacen y es entonces cuando aparecen los desequilibrios.

Los **desequilibrios sociales** se deben a una desigualdad en la repartición de los ingresos. Y puede parecer que en media el mundo está progresando económicamente porque mientras la población se ha multiplicado por 2 la economía se ha multiplicado por 5, pero los beneficios no se distribuyen de manera uniforme (García, 2004). La proporción de lo que tienen los ricos sobre lo que tienen los pobres cada vez es mayor, tal como se muestra en la Figura 4 , se ha generado una clase rica a nivel mundial:

1. Un 20% de la población mundial es rica y participa en el 80% de los ingresos mundiales y en el 80% del comercio internacional.
2. El 20% siguiente participa en el 15% de los ingresos mundiales y en el 15% del comercio internacional.
3. El restante 60% de la población mundial sólo participa en el 5% de los ingresos mundiales y en el 5% del comercio internacional.

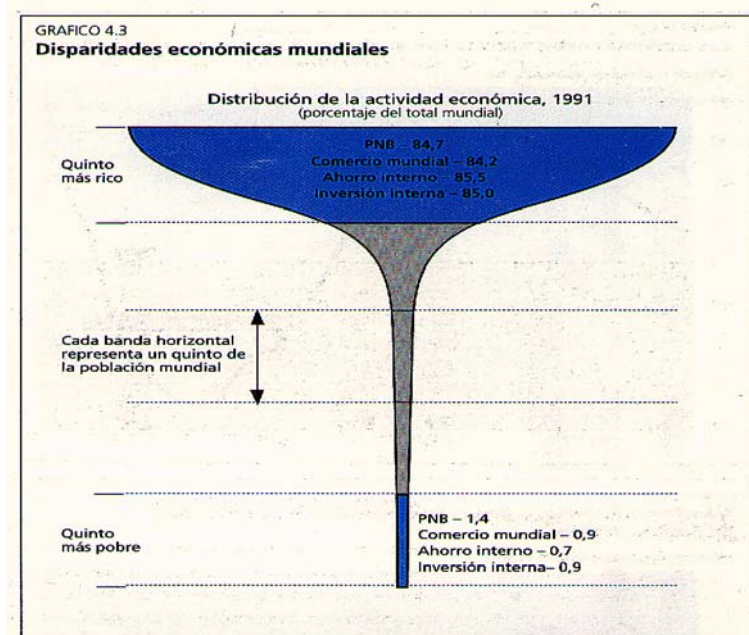


Figura 4. Distribución mundial de la riqueza.

Fuente: García, J. 2004.

Los desequilibrios aumentan y también por tanto la **pobreza** tanto en términos de valores absolutos como de relativos (porcentaje). Si consideramos un ingreso de 2 dólares por día y persona, con el mismo significado en todos los países, la pobreza es un 50% de la población mundial. Se necesitan 50.000 millones de dólares anuales para poder reducir hacia el año 2015 la pobreza y las desigualdades sociales en el mundo. Para ello, sería suficiente que los países más desarrollados dedicasen el 7,4% de sus presupuestos militares (García, 2004).

Mientras en los países industrializados es donde hay menor pobreza, en Europa oriental empieza a haber más pobreza, seguidos por orden de menor a mayor pobreza por, el este de Asia, América del Sur, el norte de África y Oriente Medio, el sur de Asia y África subsahariana. Como consecuencia de la pobreza existe el hambre: unos 800 millones de personas pasan **hambre** en los países en vías de desarrollo, cerca de 2.000 millones sufren deficiencias nutricionales crónicas y 40 millones de personas mueren de hambre cada año (Worldwatch Institute, 2003). Otro problema añadido es el **paro**, que crece incluso en los países ricos.

Como consecuencias de estos desequilibrios se generan **conflictos** y por tanto guerras, refugiados, inmigración, terrorismo, y por tanto, injusticias y situaciones insostenibles, mayoritariamente en países en vías de desarrollo. Desde el año 1950 los conflictos armados han ido en aumento hasta el año 2000, y parece que van disminuyendo el número de conflictos violentos. Del mismo modo los gastos militares están teniendo la misma evolución. Ahora bien, en cuanto a los refugiados, éstos van en aumento, a medida que pasan los años hay un aumento de desplazados (Worldwatch Institute, 2003).

3.1.7 Las tecnologías

Las tecnologías han provocado un desarrollo industrial y económico que ha conllevado a un crecimiento exagerado de la población, un consumo de recursos al aparecer nuevas necesidades y usos y finalmente un incremento de los residuos generados. Todos ellos han provocado un aumento de la pobreza y desequilibrios de repartición de riqueza con los consecuentes conflictos sociales, y problemas medioambientales.

Ahora bien, el consumo de recursos y los residuos son realidades dinámicas que dependen fundamentalmente de las tecnologías disponibles y las utilizables. Un recurso solo existe si hay demanda, y dependiendo de factores geográficos, culturales y temporales puede convertirse o no en un recurso. Los factores que intervienen, por tanto, en el desarrollo de un recurso son: la **tecnología** disponible, la disponibilidad de mano de obra calificada y la existencia de unos precios internacionales favorables.

Es conocido que las tecnologías de extracción de materiales y de materias primas, y la producción, han sido las causantes del desarrollo del Primer Mundo (de los países desarrollados), así como las tecnologías de explotación de recursos energéticos, y las tecnologías de producción de alimentos (agricultura y agropecuario). Las tecnologías empleadas en la ingeniería civil han contribuido en la producción de una cantidad excesiva de utilización de recursos y de la consecuente generación de residuos.

Por tanto, ante la situación mundial aparece la necesidad de tener un modelo de desarrollo distinto al que ha habido hasta ahora, y por tanto, un modelo sostenible.

3.2 LA NECESIDAD DE UN DESARROLLO SOSTENIBLE

Es entonces a partir del estado actual del mundo cuando empieza a aparecer el concepto de la sostenibilidad como consecuencia de las actividades humanas debidas al modelo económico actual. Un modelo que define la economía como la asignación de recursos (escasos) destinados a satisfacer las necesidades humanas (ilimitadas).

Las actividades humanas no son sostenibles cuando: se utilizan recursos no renovables de forma continuada, se consume recursos renovables más rápidamente que el propio ritmo de renovación, se precisa de recursos en una cantidad que no puede ser entonces para todo el mundo, se provoca una degradación irreversible y acumulativa del entorno y conduce a la extinción de otras formas de vida.

Y es que ya desde la antigüedad y más especialmente, a principios del siglo XIX algunas voces aisladas empiezan a alertar del peligro de un crecimiento permanente. Aparece entonces una **economía política clásica**, con una concepción del dinamismo de la población y de la sociedad siendo ambos considerados como un elemento fundamental de la economía. Este movimiento tiene a varios economistas como máximos exponentes. **J.S. Mill (1806-1873)** escribe acerca de la necesidad de ir hacia una sociedad estacionaria, lo que significa un progreso limitado basándose en el crecimiento cualitativo y no cuantitativo. **David Ricardo (1772-1823)** contradiciendo al autor anterior, escribe acerca de una sociedad en permanente ampliación, pero no de forma cuantitativa, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos limitada. Señala que la clave para un buen funcionamiento de la actividad económica es la determinación de la distribución de los ingresos entre las clases sociales. **Thomas Robert Malthus (1766-1834)** señala que la población suele aumentar en una proporción geométrica y la

producción de alimentos sólo puede aumentar en una proporción aritmética. Por tanto, la población excede las posibilidades reales de alimentación que ofrece la tierra por lo que la miseria siempre esta presente. En particular, en los países en vías de desarrollo, puesto que en ellos la capacidad de producción es mucho más limitada respecto al crecimiento de la población. De esta manera, las diversas medidas de control de natalidad se convierten en un factor clave en la lucha por el desarrollo, todo y que no se llega a asegurar que controlado el crecimiento de la población el progreso sea posible. **Karl Marx (1818-1883)** considera la sociedad capitalista como una etapa histórica que es susceptible de transformación, siendo la desigual distribución de la renta una reproducción del sistema (Garcia, 2004).

Después de esta corriente clásica, aparece una nueva **teoría económica neoclásica**, donde el centro del análisis es el individuo, la empresa y el mercado o la sociedad en su conjunto. Estudia la asignación de recursos escasos y el problema de su elección, siendo el mercado el mejor mecanismo de asignación de recursos. El principal exponente es el economista **William Stanley Jevons (1835-1882)**. Escribe acerca de los límites de los recursos. Trata del problema de la energía como un recurso limitado, y que constituye un claro precedente de algunas de las ideas actuales sobre el desarrollo sostenible y la desaparición de las reservas energéticas (Garcia, 2004).

Luego aparece la **economía keynesiana** con **J. M. Keynes** como máximo exponente, y basándose en la teoría desarrollada por los neoclásicos y afirmando que el futuro es incierto, el comportamiento racional estricto es imposible y por tanto la economía fluctúa. Seguidamente aparece el **neoliberalismo** que se basa en la competencia de los agentes económicos mediante la libre participación en el mercado y sin regulación. **R.U.Ayres, Odum, Barry Componer, P.R.Ehrlich y E.Laszlo** elaboran una serie de críticas al sistema socioeconómico insostenible patrocinado por las políticas neoliberales, a la vez que apuntan propuestas para resolver los problemas generados (Garcia, 2004).

Ya en el siglo XX, todo un conjunto de economistas del ámbito de la economía ecológica expresan un modelo de pensamiento del crecimiento ilimitado. Entonces empieza a definirse una **economía ambiental** de base fundamentalmente neoclásica que tiene como imperiosa necesidad la aproximación de la economía a la realidad ambiental y social. Una economía que debe incluir los costes del desgaste o eliminación de recursos naturales mediante tasas, impuestos, así como los costes sociales. Son grandes exponentes de esta situación **K.E.Boulding**, científico que formula reflexiones de los límites materiales que tiene la humanidad, debido a que nos encontramos en un planeta finito y **H. Daly**, economista que elabora un modelo alternativo en el marco de la economía ecológica. Es uno de los autores con mayor influencia en el campo de la ecología económica debido a los tres principios que formula y que deben permitir avanzar hacia un desarrollo sostenible de tipo medioambiental en un mundo con límites. Éstos son:

- 1. Para una fuente de recursos renovables (suelo, aire, agua, biodiversidad), no debe consumirse a una velocidad mayor a la renovación natural de la misma.*
- 2. Para una fuente de recursos no renovable, no debe consumirse sin dedicar una parte de la energía resultante para desarrollar una nueva fuente renovable que, una vez agotada la primera, permita continuar disfrutando de las mismas prestaciones. (Conocido por el principio de amortización)*

3. Para un residuo, no se debe generar más de lo que el medio receptor sea capaz de absorber y convertirse en inerte (reciclado, absorbido o esterilizado) de manera natural.

Los principios de Daly suponen unos límites en la velocidad de consumo de recursos y generación de residuos, por tanto sobre el medio ambiente; pero se pueden así mismo extrapolar a otras perspectivas: la económica y la socio-cultural (García, 2004).

A parte de estas aportaciones individuales, a finales del Siglo XX aparecieron contribuciones al debate de la sostenibilidad, desde el ámbito de grupos colectivos. Entre ellos destacan:

- **El Club de Roma (1972).** Organización no gubernamental formada en 1972 que engloba 35 personalidades de 30 países entre los que se cuentan académicos, científicos, investigadores y políticos, que frente a la preocupación por la modificaciones del entorno ambiental que está afectando a la sociedad alertaron hace 30 años sobre el agotamiento de los recursos naturales. Su trabajo más importante es “*Los límites del crecimiento*”, informe en el que se constataba el error que hacía al ignorar los límites en el modo de entender el desarrollo, siguiendo por “*Más allá de los límites del crecimiento*”, entre otros informes.

Ya en un ámbito oficial a raíz de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano en Estocolmo en 1972, después de notarse ya los efectos negativos ambientales asociados al modelo occidental de desarrollo así como los incrementos de crecimientos y desequilibrios, aparece una aportación pionera:

- **Informe Brundtland (1987).** Es un informe emitido por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, donde en uno de sus artículos, llamado “*Nuestro futuro camino*”, se vincula definitivamente el desarrollo y el medioambiente como interdependientes e imprescindibles ambos y se establece por primera vez una definición de desarrollo sostenible: “como el que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Dentro de la definición aparecen los nuevos conceptos de cubrimiento de necesidades primarias y secundarias y solidaridad intergeneracional (incluyendo ya el desarrollo intrageneracional). Ha sido un referente, al mismo tiempo que ha generado controversias, probablemente al ser redactado fruto de un debate no siempre fácil de consensuar.

- A escala planetaria, en la **Cumbre de la Tierra, Río 92 (1992)**, se reafirma el concepto de desarrollo sostenible y su urgente necesidad. La problemática ambiental llega a manos de divisiones político-administrativas. Durante este evento se elaboró la “Declaración de Río” que se concretó en compromisos de actuación como el Convenio Marco para el Cambio Climático, la Declaración de principios y el Convenio sobre la Biodiversidad, y en especial la “Agenda 21” donde se estableció un programa de acciones. Desde la Cumbre de Río, los gobiernos han reforzado su capacidad para promover un desarrollo sostenible, propiciando estrategias de actuaciones sostenibles.

- En la cumbre en **Johannesburgo (2002)** se ha intentado continuar en la solución de los problemas de insostenibilidad planetaria. Por sus pocos resultados ha sido muy criticada desde muchas instancias por muchos de sus asistentes.

- En ámbitos regionales y locales se han emprendido muchas otras iniciativas, por ejemplo el sexto programa en acción en materia de medio ambiente de la Unión Europea “*Medio ambiente 2010. El futuro en nuestras manos*” o la Carta de las

ciudades europeas hacia la sostenibilidad: “La Carta de Aalborg” en **Dinamarca (1994)** y en las posteriores elaboraciones en Sevilla, Lisboa y Hannover. Lo último que se realizó fue en Junio en **Aalborg+10 (2004)**.

Por tanto, y después de una revisión cronológica de la evolución del concepto de sostenibilidad, y añadiendo una nueva definición que acrecienta la definición clásica (García, 2004): “ *un desarrollo sostenible es aquel mediante el cual las generaciones actuales utilizan los capitales disponibles (en función de criterios socialmente aceptables y deseables, ecológicamente viables y no degradantes, y económicamente realizables con tecnologías apropiadas), y que deja a las futuras generaciones unos capitales no menores que los que las generaciones actuales tienen ahora a su disposición*” puede representarse el desarrollo sostenible con forma de triángulo con vértices la componente ambiental, económica y social, tal como puede mostrarse en la Figura 5.

Una vez vista la necesidad de un desarrollo sostenible para el planeta, tras la revisión de los límites y desequilibrios, aparece entonces la necesidad de un cambio en un contexto por tanto global. El **cambio global** puede definirse como aquellas variaciones o alteraciones en los sistemas naturales (físicos y biológicos) y sociales (tecnológicos, económicos y políticos) cuyos impactos y consecuencias no pueden ser localizados de forma natural y social, sino que afectan al conjunto de la tierra, la sociedad y los individuos. Por tanto, la globalización promueve que los temas que antes eran locales se conviertan en mundiales, que exista mayor interdependencia entre las acciones humanas y el medio ambiente, entre las distintas partes del mundo. Temas abarcados anteriormente como la demografía, la economía, la pobreza, los desequilibrios sociales, los recursos y el clima, temas locales, se convierten en temas considerados mundiales.

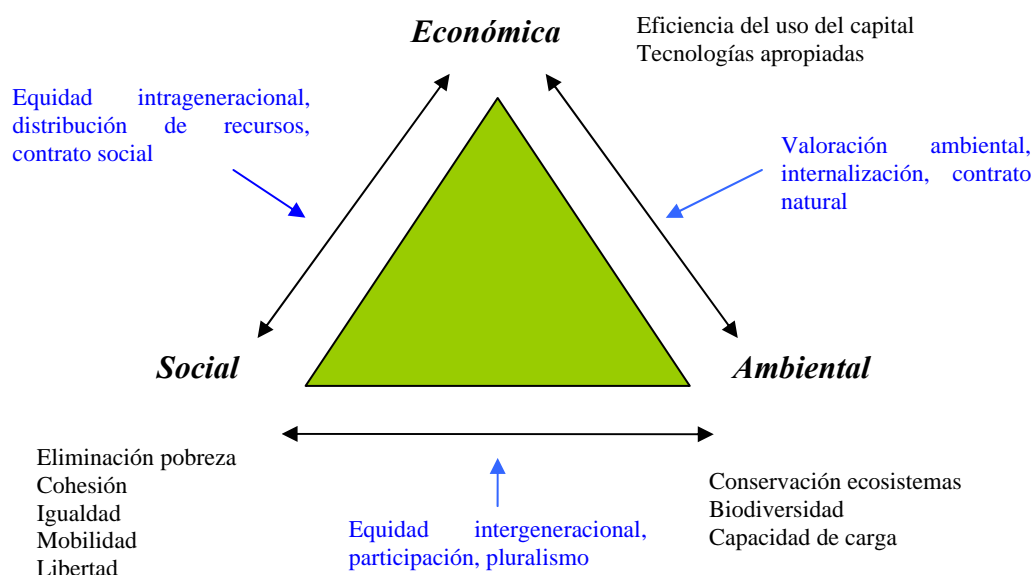


Figura 5. La triangularidad de la sostenibilidad.
Fuente: García, 2004.

Uno de los factores determinantes por tanto para un cambio global es el uso adecuado de **tecnologías y políticas tecnológicas** que contribuyan a un desarrollo sostenible,

siempre teniendo en cuenta las tecnologías y políticas utilizadas anteriormente en las tecnologías de la salud, del transporte, de la comunicación, de la producción industrial y de la producción agrícola y agropecuaria. Las principales políticas tecnológicas son acerca de la energía, el transporte, la vivienda y el agua. En la siguiente tabla se especifican para cada una de ellas las actuaciones que deben llevarse a cabo.

Tabla 1. Políticas tecnológicas en energía, transporte, vivienda y agua. Fuente: García, 2004.

	Necesidad	Objetivo	Vía de progreso	Promover
Energía	2000 millones de personas no tienen acceso	Acceso universal a los servicios de energía limpia	Energías renovables	Compromisos políticos, eficiencia energética, tecnologías mejoradas en los combustibles fósiles, participación población
Transporte	Población sin recursos	Acceso universal a los servicios de transporte	Vehículos ligeros, transporte público bicicletas y motos.	Acabar con las subvenciones a combustibles fósiles, potenciar vehículos de bajo consumo y emisiones así como limitarlos, retirar gasolina con plomo
Vivienda	Derecho al que no tienen acceso 1000 millones de personas	Acceso universal a una vivienda digna	Soporte estatal, acción legal, tecnologías sostenibles para la construcción	El uso de materiales de bajo coste, desarrollo de tecnologías limpias, planificación en la ocupación de suelo urbano
Agua	1300 millones de personas no tienen acceso a agua potable, 2500 no disponen de instalaciones sanitarias	Acceso universal al agua potable y a las instalaciones sanitarias	Soluciones comunitarias dentro de programas estatales	Compromiso de las instituciones, gestión del agua y tarificación, sistemas de ahorro del agua, inversión en infraestructuras de abastecimiento y saneamiento sostenibles , participación de la comunidad

Debe destacarse la relevante importancia acerca de las políticas acerca del agua, y más concretamente acerca de los sistemas de saneamiento, siendo sumamente importante realizar actuaciones también a escala local para participar del cambio global.

3.3 TECNOLOGÍAS PARA LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el campo del saneamiento de aguas residuales, los sistemas de tratamiento pueden tratar aguas residuales con distintos orígenes y características como son las aguas residuales domésticas, las aguas residuales industriales y las aguas de escorrentía. Dependiendo de la compatibilidad entre estas pueden tratarse conjuntamente o bien por separado y para ello hay distintos sistemas de tratamiento. Ahora bien, los sistemas de tratamiento se pueden analizar desde un nuevo enfoque: la sostenibilidad. Esto implica que un sistema de tratamiento para que sea sostenible y por tanto apropiado, tiene que tener una mínima utilización de recursos, incluyendo la disponibilidad del espacio, y generación de residuos, ser de bajo coste y al mismo tiempo tiene que ser aceptado positivamente por la población a la que sirve. Por tanto, las tres vertientes de la sostenibilidad: ambiental, económica y social.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas pueden dividirse en sistemas de tratamiento individuales en los que el agua residual se trata en el propio lugar de origen y normalmente sirven para casas aisladas o pequeñas comunidades, y los sistemas de tratamiento colectivos donde existe una red de colectores que llevan el agua residual a una EDAR y suelen servir poblaciones un tanto mayores que los sistemas individuales. A continuación, y en base a esta división, van a nombrarse los sistemas que son considerados a priori más sostenibles por los motivos citados anteriormente:

- A. Sistemas de tratamiento individuales (Oliete, 2002):
 - a. Letrinas con una única o bien doble fosa. Consisten en sistemas de saneamiento con una sola fase de tratamiento primario, produciéndose una degradación anaerobia de la materia decantada y una infiltración del agua residual por el terreno. Tienen una vida útil corta. No precisan de un tratamiento secundario posterior ya que el tratamiento se da en el propio suelo.
 - b. Fosa séptica. Consiste en una cámara generalmente bicompartimentada de tratamiento primario donde en la primera, normalmente mayor que la segunda, se produce una decantación de la materia particulada, mientras que en la segunda se produce una digestión anaerobia. Los fangos deben ser retirados periódicamente.
- B. Sistemas de tratamiento colectivos (Gullón, 2003):
 - a. Fosa séptica. Aunque este tipo de tratamiento es normalmente individual, existen sistemas de tratamiento colectivos para pequeñas poblaciones que tienen fosas sépticas de grandes dimensiones como elementos de tratamiento primario en vez de decantadores primarios.
 - b. Tanque Imhoff. Es un depósito con dos compartimentos, uno encima del otro donde en el superior se produce la decantación y en el inferior se produce la digestión anaerobia.

(Hasta aquí, puede considerarse el efluente tratado con un tratamiento primario, y que a menudo puede ser suficiente)

- c. Zanjas de infiltración. Son una serie de zanjas horizontales no muy profundas con material permeable, grava generalmente, por donde se infiltra por gravedad el agua residual que después se infiltrará hacia el terreno. Suelen ir después de una fosa séptica o bien un tanque Imhoff. Pueden ser también considerados como filtros anaerobios o aerobios según sea la inundación permanente o intermitente.
- d. Filtros intermitentes de arena. Son iguales a las zanjas de infiltración, todo y que el material permeable es arena y se utilizan en condiciones limitadas de terreno y de espacio. Suelen ir después de una fosa séptica o bien un tanque Imhoff. Pueden ser también considerados como filtros anaerobios o aerobios según sea la inundación permanente o intermitente.
- e. Filtros verdes. Consiste en suelo plantado donde se le aplica el agua residual produciéndose una infiltración vertical y horizontal, de modo que se consigue al mismo tiempo depurar y regar, siendo a menudo necesario un tratamiento previo si el objetivo principal es regar. Suelen ir después de una fosa séptica o bien un tanque Imhoff.
- f. Infiltración rápida. Consiste en un suelo no necesariamente plantado, previamente perforado donde puede haber material permeable. Se produce una percolación vertical y horizontal, siendo como objetivo principal la infiltración rápida. Suele ir después de una fosa séptica o bien un tanque Imhoff.

- g. Escorrentía superficial. Consiste en un tratamiento del agua sobre un terreno donde se distribuye el agua con rociadores o aspersores, siendo recogida después de su escorrentía por el terreno con unas canaletas. Suele ir después de una fosa séptica o bien un tanque Imhoff.
- h. Humedal construido. Consiste en una balsa impermeabilizada en su fondo y con plantas macrófitas que participan en conjunto con los microorganismos del propio tratamiento del agua residual. Pueden ser de distintos tipos: de flujo subsuperficial cuando tiene material permeable, de flujo superficial cuando el agua circula libremente expuesta a la atmósfera.
- i. Laguna aerobia y/o anaerobia. Consiste normalmente en un conjunto de balsas impermeabilizadas en su fondo que tienen la función al mismo tiempo de almacenar el agua y realizar un tratamiento biológico. Suelen ir seguidas una detrás de otra y con siguiente orden: anaerobia, donde se produce una oxidación; facultativa, laguna que tiene una zona superficial aerobia y una zona más profunda anaerobia; y anaerobia, donde se produce la fermentación o digestión anaerobia de los fangos.

Cada uno de los sistemas de tratamiento (sistemas colectivos) que aparecen en las EDARs de Portugal estudiadas a continuación, son descritos de forma detallada en el siguiente capítulo, siendo el caso de los siguientes tipos de tratamiento: la fosa séptica, el tanque Imhoff, los humedales construidos y las lagunas.

3.4 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

La manera de progresar en cuanto al desarrollo sostenible y su evolución, así como en cualquier área, consiste en desarrollar indicadores y luego monitorizarlos. Tradicionalmente, los indicadores han sido una herramienta de evaluación empleada en diversas disciplinas para hacer un seguimiento de variables en el ámbito económico, demográfico, ambiental o social. Los indicadores surgen por la necesidad de disponer de series de datos en el tiempo para poder conocer la evolución de los fenómenos que tienen lugar en el mundo de manera sistematizada y con datos homogéneos.

Los indicadores deben ser simples, de fácil aplicación y comprensión, medibles y basados tanto en la medida de lo posible en datos existentes y de relativamente fácil accesibilidad y bajo coste, creíbles, representativos, que permitan el establecimiento de comparaciones, relevantes y con la posibilidad de encuadrarse en una determinada área de aplicación. Además los indicadores tienen dos funciones importantes asociadas, entre otras, y que son: reducen el número de mediciones y parámetros que normalmente sería necesario para establecer la situación exacta que se pretende; y simplifican el proceso de comunicación cuando se dan los resultados a aquel que debe utilizarlos (García, J. G. 2004). El hecho de agrupar o atribuir diversos pesos al conjunto de los indicadores sirve para dar respuesta a la situación analizada a nivel de sostenibilidad, mediante la obtención de un índice. De esta manera los indicadores pueden ser utilizados como instrumento de apoyo a una decisión.

El origen de los indicadores de sostenibilidad a escala global han tenido un origen más reciente, paralelo al surgimiento de nuevo paradigma de desarrollo sostenible, discurso que se planteó por primera vez en el informe del club de Roma para “Los límites del crecimiento”, publicado en 1972. Desde entonces y hasta ahora se han continuado

desarrollando indicadores de desarrollo a escala global como son el PIB (Producto Interior Bruto) para evaluar el desarrollo económico de una zona, o bien el IDH (Índice de Desarrollo Humano); indicadores de pobreza a escala global como son el IPI (Índice de pobreza de ingresos) o bien el IPH (Índice de pobreza humana). Así mismo se empezaron a desarrollar indicadores a escala local a partir de la Címera de la Tierra, Rio 92, tal como los que se encuentran en el programa de acciones de la Agenda 21, documento desarrollado a escala local para evaluar la sostenibilidad de pueblos y ciudades (García J.G., 2004).

En el contexto de un desarrollo sostenible a escala local, que participa de un desarrollo sostenible a escala global, este trabajo que se presenta a continuación consiste en la elaboración y posterior aplicación de un listado de indicadores de sostenibilidad aplicados a sistemas de tratamiento de aguas residuales. Y es que la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es una llamada urgente para tener un sistema de información capaz de asesorar y guiar bien el progreso en el campo del saneamiento hacia la sostenibilidad.

Para la elaboración del listado de indicadores de sostenibilidad aplicados a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se ha debido tener presente el esquema de tratamiento de una EDAR de forma general, tal como se puede observar en la Figura 6.

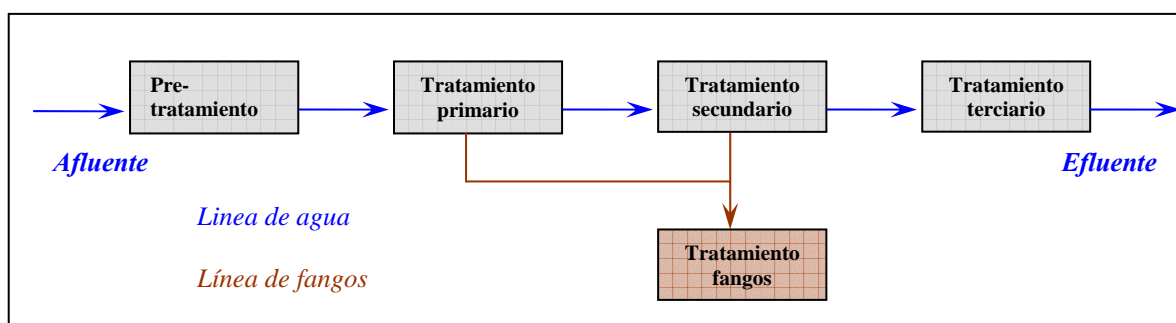


Figura 6. Esquema de tratamiento de una EDAR.

Y por tanto, también se ha debido tener presente las tres vertientes del desarrollo sostenible anteriormente mencionadas, de modo que los indicadores de sostenibilidad que se presentan a continuación van a agruparse en tres grupos:

3.4.1. Indicadores ambientales

3.4.2. Indicadores económicos

3.4.3. Indicadores socio-culturales

3.4.1 Indicadores ambientales

El conjunto de indicadores que se presenta a continuación se encuentra asociado a la componente ambiental del desarrollo sostenible que se refiere a actividades que no produzcan daños perdurables ni a la biosfera ni a ecosistemas particulares. En concreto, en el estudio de la vertiente ambiental en cuanto a la construcción y a la explotación de las diversas estaciones de tratamiento de aguas residuales, donde se tienen en cuenta tanto la línea de agua como la línea de fangos, se pretende destacar los impactos resultantes mediante los siguientes indicadores ambientales además tal como puede observarse en Figura 7 y la Figura 8:

1. el uso y consumo de recursos (energéticos, productos químicos, superficie y hormigón, entre otros);
2. y en los productos resultantes de la operación o residuos (calidad del agua tratada y reutilización de la misma, fangos producidos y gases responsables del efecto invernadero, entre otros).

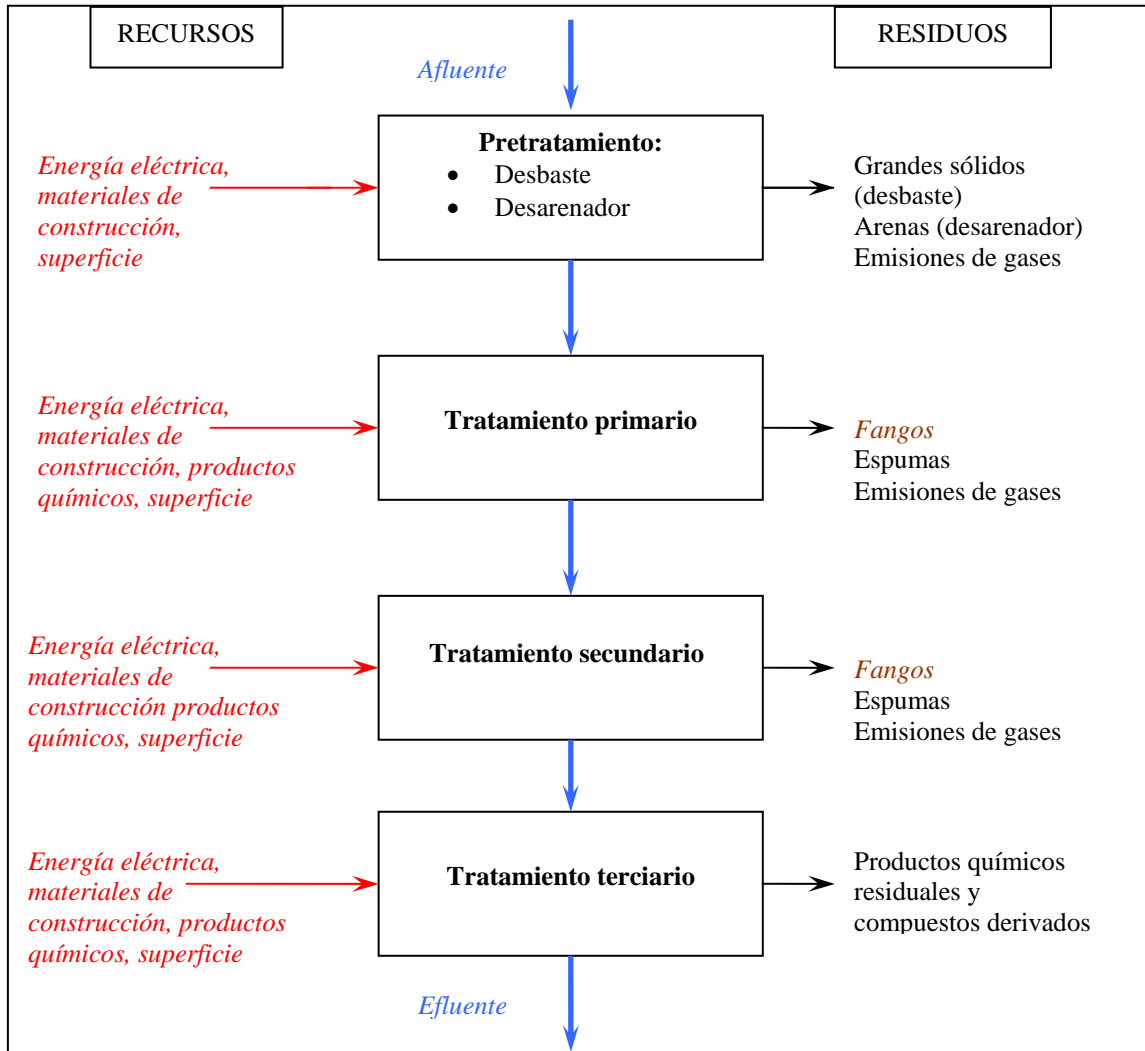


Figura 7. Recursos y residuos en la línea de agua de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

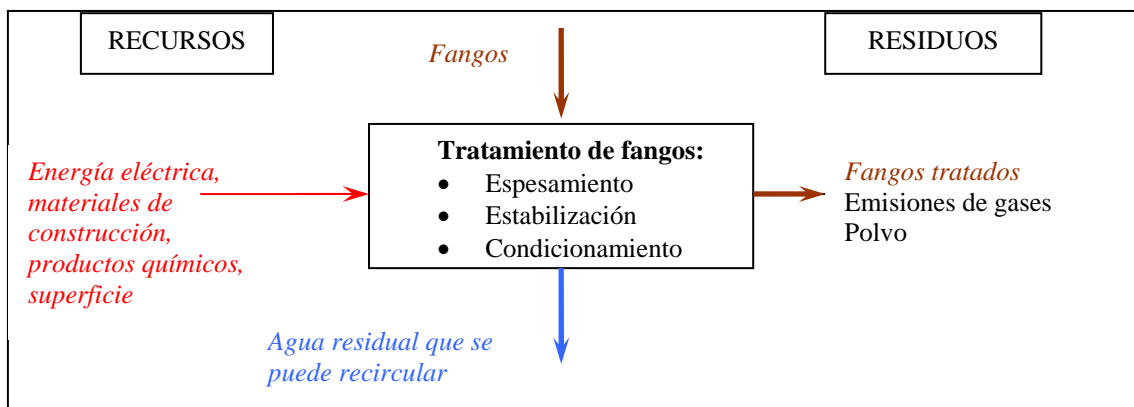


Figura 8. Recursos y residuos en la línea de fangos de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los indicadores de sostenibilidad de tipo ambiental que se presentan son los siguientes:

1. Potencia instalada en la EDAR por habitante (kW/hab). **1.1. Potencia instalada en iluminación por habitante (kW/hab).** **1.2. Potencia instalada en el equipamiento electromecánico por habitante (kW/hab).**

Este indicador tiene como objetivo transmitir la cantidad de energía que la estación de tratamiento de aguas residuales necesita para su funcionamiento por habitante servido. La potencia instalada en la EDAR tiene en consideración todos los aparatos que requieren energía, incluyendo los que no contribuyen al tratamiento en sí, como es el caso de la iluminación exterior e interior de las instalaciones, siendo la potencia necesaria para la iluminación una pequeña fracción comparada con el equipamiento electromecánico de las estaciones de bombeo de agua y fangos y de los sistemas giratorios de aireación. La potencia instalada total en la EDAR es mayor que la suma de la potencia instalada en la iluminación y la potencia instalada en el equipamiento electromecánico puesto que se considera a la hora de diseñar siempre una potencia extra por motivos de seguridad y una posterior ampliación de la EDAR o bien cualquier necesidad que no haya sido prevista en la fase de proyecto.

Este indicador depende de la topografía del terreno puesto que debe asegurarse que el agua circule por cada uno de los procesos unitarios a partir de la diferencia de cotas a la entrada y salida del sistema, también depende del tipo de tratamiento biológico, en la medida en que puede ser necesario instalar desbaste de tipo mecánico, aireadores o disponer de bombas en el esquema de tratamiento si fuera necesario proceder a la recirculación del fango.

2. Energía consumida en la EDAR por habitante y por año (kWh/hab.año). **2.1. Energía consumida en la iluminación por habitante (kWh/hab.año).** **2.2. Energía consumida en el equipamiento electromecánico por habitante (kWh/hab.año).**

El indicador “energía consumida en la EDAR por habitante y por año” tiene como finalidad transmitir la cantidad de energía eléctrica que efectivamente consume la EDAR por habitante servido y por año en el funcionamiento de bombas y elementos giratorios, en la iluminación de la instalación y en el cuadro eléctrico de control. La energía que gasta la EDAR depende de su funcionamiento, pudiendo ser superior o inferior a la esperada.

Se trata de un indicador directo, ya que consiste en determinar la energía consumida por la EDAR a partir, por ejemplo, de las facturas presentes en el Ayuntamiento o cualquier otra institución titular de la instalación. Este indicador, al igual que el indicador anterior, depende fuertemente de la topografía del terreno, aunque pueda depender también del tratamiento biológico, por el mismo razonamiento presentado en el indicador anterior.

3. Porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida (%).

El indicador “porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida” representa a nivel territorial el efecto del consumo de energía eléctrica de una instalación de tratamiento.

Se trata de un indicador directo puesto que consiste en determinar la energía consumida por la EDAR a partir de las facturas de fluido eléctrico así como la energía consumida por toda la población servida a partir de las facturas consultadas en las compañías de electricidad.

4. Porcentaje de recuperación de energía a partir de procesos de cogeneración sobre la energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%). 4.1. *Porcentaje de energía renovable sobre el total de energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%).* 4.2. *Porcentaje de energía de fuentes no renovables sobre el total de energía total utilizada en el tratamiento en la EDAR (%).*

Este indicador tiene como finalidad determinar por un lado el porcentaje de energía que se utiliza en la EDAR y que se recupera a partir del propio tratamiento en sí, como por ejemplo la generación de biogás en la digestión de los fangos; y por otro lado el porcentaje de energía que se utiliza proveniente de fuentes renovables, como las derivadas de la energía solar y del flujo del agua, así como el restante porcentaje referido a la energía proveniente de fuentes no renovables. La recuperación de la energía procedente de procesos de cogeneración depende de la dimensión de la EDAR, puesto que para que sea viable la producción de fangos debe ser elevada. Los indicadores que reflejan el porcentaje de energía que se utiliza en la EDAR proveniente de energías renovables dependen de la capacidad del sistema a utilizar este tipo de fuentes dentro de la instalación, todo y que normalmente los sistemas de tratamiento están ligados a redes eléctricas de fuera de la instalación cuya fuente es la energía nuclear.

5. Productos químicos consumidos en la EDAR por habitante y por año (l/hab.año).

Con el indicador “productos químicos consumidos en la EDAR por habitante y por año” se pretende determinar la cantidad de productos químicos consumidos por la EDAR en su tratamiento, tanto debido al propio tratamiento en sí, puesto que lo puede requerir, como los productos adicionales que deben añadirse al observarse que funcionamiento del tratamiento no es el adecuado. El interés de este indicador se debe a que el consumo de estos productos es nocivo para el medio ambiente aunque se emitan en pequeñas concentraciones y al mismo tiempo eleva el coste de explotación y mantenimiento de las EDAR.

6. Área total ocupada por la EDAR por habitante (m²/hab). 6.1. *Porcentaje de área ocupada por la EDAR sobre terrenos agrícolas (%).* 6.2. *Porcentaje de área ocupada por la EDAR sobre áreas de interés natural (por su valor ecológico) (%).*

El indicador “área total ocupada por la EDAR por habitante” pretende traducir el área necesaria de la estación de tratamiento de aguas residuales por habitante servido. El área envuelve la totalidad de la EDAR y no solo los procesos e instalaciones de tratamiento, por lo que la opción tomada de implementar un edificio de explotación, entre otros aspectos, depende del ingeniero que proyecta la EDAR. Sin embargo, de una forma general, la mayor parte del área de la EDAR se destina a los procesos de tratamiento. El área depende fuertemente del tratamiento biológico presente en el esquema del tratamiento.

Se puede también asociar a este indicador otros dos que se refieren al porcentaje de área de la EDAR presente en zona agrícola y el porcentaje presente en zona de interés natural por su valor ecológico. Luego es preciso localizar las EDARs en el plano director municipal ya que suelen localizarse en la proximidad de líneas de agua.

7. Volumen de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR por habitante (m^3/hab). 7.1. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento primario (%). 7.2. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento secundario (%). 7.3. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento terciario o de desinfección (%). 7.4. Porcentaje de hormigón empleado en el tratamiento la deshidratación de fangos (%). 7.5. Porcentaje de hormigón empleado en el edificio de exploración (%). 7.6. Porcentaje de hormigón empleado en los caminos de acceso y exteriores (%).

Este indicador tiene como objetivo traducir la cantidad de hormigón utilizado en la construcción de la EDAR, recurso más empleado en la construcción civil y a la vez generador de residuos en su elaboración. Concretamente se pretende conocer su cantidad en cada uno de los procesos unitarios de cada fase de tratamiento: primario, secundario y terciario, así como en el tratamiento de fangos y en el edificio de exploración y exteriores.

8. Porcentaje de material reciclado utilizado en la construcción de la EDAR sobre el total de material utilizado en su construcción (%).

Con este indicador se pretende conocer la cantidad de material que se reutiliza en la construcción de la EDAR y que puede provenir en su gran mayoría de la construcción civil, donde se utilizan muchos recursos y se generan muchos residuos que van directamente para vertedero. Este indicador depende del proyectista y del responsable de la obra, cuando decide los materiales que se deben utilizar en la construcción de cada uno de los componentes de la EDAR.

9. Calidad de las aguas según la legislación que hay en vigor en términos del número de resultados que cumplen la legislación respecto al número total de resultados (n° resultados cumplen legislación/ n° resultados totales). 9.1. Porcentaje de análisis de muestras compuestas sobre análisis totales (%). 9.2. Porcentaje de análisis de muestras puntuales sobre análisis totales (%). 9.3. Frecuencia de análisis (n° análisis/año). 9.4. Frecuencia de análisis obligada por la legislación portuguesa (n° análisis/año). 9.5. Porcentaje de análisis realizados obligados por ley (%).

Este indicador tiene como objetivo constatar la eficacia del sistema de tratamiento de la estación de tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta la legislación europea de la Directiva 91/271/ CEE sobre el vertido de aguas residuales y por tanto la capacidad de los medios hídricos de recibir el efluente sin ningún tipo de problema ambiental.

Estas normas dependen del número de la población atendida por la EDAR, distinguiendo entre poblaciones inferiores a los 2000 habitantes, entre 2000 y 10000 y mayores a los 10000. En el caso de poblaciones mayores a los 10000 habitantes o bien entre 2000 y 10000 que vierten sus aguas residuales en zonas costaneras no abiertas, con poca dilución, la Directiva establece unos valores máximos de vertido. Sin embargo, para el caso opuesto, objeto de estudio de este trabajo, la Directiva solo menciona la obligatoriedad de realizar un tratamiento adecuado, definiendo éste como

aquel que después de vertido permite garantizar y/o respetar los niveles de calidad establecidos por el medio receptor, sin establecer valores máximos. Generalmente este tipo de criterios no son suficientes para mantener un buen estado ecológico de los medios receptores.

Este indicador depende por tanto del funcionamiento del tratamiento aplicado en la EDAR, así como de la calidad del efluente, puesto que normalmente se prevé en proyecto un buen funcionamiento de la misma, y del medio receptor, siendo distinto su comportamiento frente a vertidos en zonas mediterráneas que en atlánticas. Hay además varios indicadores relacionados con la calidad de las aguas como son los porcentajes de los análisis de muestras compuestas y puntuales, los porcentajes de los distintos parámetros físico-químicos que caracterizan las aguas residuales sobre la totalidad de las análisis realizados, la frecuencia con que se realizan en la estación de tratamiento y la frecuencia y el porcentaje de éstos que son obligados por la legislación. Estos parámetros físico-químicos y biológicos que caracterizan las aguas residuales son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos sedimentables, sólidos disueltos (fijos, volátiles, totales), sólidos en suspensión (fijos, volátiles, totales), DBO₅, DQO, hierro total, sulfatos, fósforo total, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, nitratos y nitritos.

10. Volumen de grandes sólidos, arenas y grasas eliminado en la EDAR por habitante y por año (l/hab.año).

Con este indicador se pretende conocer la cantidad de materia que debe ser retirada antes del tratamiento, en la obra de entrada, para el correcto tratamiento del agua residual así como las grasas y espumas que deben retirarse en el resto de las instalaciones. Depende la generación de los sólidos, arenas y grasas del tipo de aguas residuales, del caudal que llega a la EDAR y de la eficiencia del tratamiento. Estos residuos no suelen reutilizarse y normalmente se llevan a vertedero.

11. Volumen de fango producido por habitante y por año (m³/hab.año).11.1.Porcentaje de volumen de fangos destinados a la agricultura y recuperación de suelos sobre el volumen de fango total producido (%).11.2.Porcentaje de volumen de fangos destinados a parques, jardines urbanos y campos de golf sobre el volumen de fango total producido (%).11.3.Porcentaje de volumen de fangos destinados a vertedero sobre el volumen de fango total producido (%).11.4.Porcentaje de volumen de fangos con otras finalidades sobre el volumen de fango total producido (%).

El indicador tiene como finalidad transmitir la cantidad de fangos generados en una estación de tratamiento. Los fangos son productos o residuos del tratamiento que se producen tanto en el tratamiento primario, como en el secundario y posteriormente pueden ser tratados dentro la misma EDAR o bien en otras EDARs. Depende la cantidad que de fangos que se genera del tipo de afluente de la EDAR, y del tipo de tratamiento secundario. En este indicador se incluyen otros indicadores referidos al destino de los fangos generados, siendo traducidos en forma de porcentaje puesto que éstos, una vez estabilizados, pueden ser reutilizados como fertilizantes para fines agrícolas y en zonas verdes como parques, jardines urbanos y campos de golf. La reutilización agrícola de fangos procedentes de la depuración de aguas en suelos agrícolas, es una práctica habitual dado el escaso contenido en materias orgánicas y nutrientes de los suelos en algunas zonas, siendo estos biosólidos un material idóneo para su utilización como abono orgánico. Sin embargo estos materiales tienen que ser

caracterizados para evitar posibles riesgos derivados de su uso, como la posibilidad de contaminación de los acuíferos.

12. Porcentaje de reutilización de las aguas residuales tratadas respecto al volumen total de aguas residuales a tratar (%). 12.1. Porcentaje de aguas residuales destinado a riego (%). 12.2. Porcentaje de aguas residuales destinado a la recarga de acuíferos (%). 12.3. Porcentaje de aguas residuales destinado a limpieza y fines industriales (%). 12.4. Porcentaje de aguas residuales con otras finalidades (%).

El indicador tiene como objetivo determinar el porcentaje de agua tratada que es reutilizada con distintos fines tanto como riego, recarga de acuíferos, limpieza y fines industriales. Así, el agua tratada no se vierte al medio receptor, y se aprovecha de manera que puede sustituir el agua que podría utilizarse para abastecimiento público, entre otros casos. Aunque muchas veces la calidad del agua efluente es suficiente para su reutilización después de su tratamiento, no ocurre debido a los medios administrativos.

13. Volumen de gases producidos en el tratamiento de las aguas residuales que intervienen en el efecto invernadero por habitante y por año ($m^3/hab.año$). 13.1. Porcentajes de distintos gases producidos en el tratamiento de las aguas residuales respecto al gas total producido: CO_2 , H_2S , CH_4 , N_2 , NO_2 , NO (%).

Los gases producidos en el tratamiento de las aguas residuales son: CO_2 (dióxido de carbono), H_2S (sulfuro de hidrógeno), CH_4 (metano), N_2 (nitrógeno gas), NO_2 (dióxido de nitrógeno), NO (monóxido de nitrógeno). El CO_2 es el principal gas producido en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, tanto por vía aeróbica como anaeróbica.

Las aguas residuales además son capaces de producir CH_4 si se produce su depuración en condiciones anaeróbicas y NO_2 en el caso en que el proceso de nitrificación y desnitrificación, principalmente este último, no sea el adecuado en la planta de tratamiento. Aunque las emisiones de dióxido son mayores que las del metano, debido a que éste último gas tiene un potencial de calentamiento global mayor que el dióxido, los impactos del metano son superiores a los del dióxido de carbono en canto al efecto invernadero (García, 2004). Además los gases producidos en los tratamientos de aguas residuales son los responsables del 0.3% de todas las emisiones de CO_2 -equivalentes europeas (Sanz, 2001). Todos estos gases se generan en la línea de tratamiento de aguas residuales y de fangos habitualmente, acentuándose su emisión si el mantenimiento y la operación en la planta no es la correcta, o cuando el tiempo de permanencia en los tanques o en las lagunas anaerobias es demasiado elevado.

Por tanto, la producción de todos estos gases depende principalmente de los siguientes factores: las características del agua, el sistema de tratamiento, temperatura y la concentración de DBO y CQO.

14. Biodiversidad de fauna ($n.º$ de especies de fauna distintas/ m^2).

Con este indicador se pretende ver la capacidad propia de la EDAR de integrarse en el medio y formar un ecosistema debido a la aparición de especies animales. Para su determinación se usa el concepto de área mínima, luego el área menor capaz de

contener el número máximo de especies (García, 2003). Este indicador depende del tipo de tratamiento que hay en la EDAR, así como del entorno en el que está situada.

15. Biodiversidad de flora (n.º de especies de flora distintas/m²).

Con este indicador se pretende ver la capacidad propia de la EDAR de integrarse en el medio y formar un ecosistema debido a la aparición de especies vegetales, así como contabilizar aquellas que forman parte del propio tratamiento. Para su determinación se usa el concepto de área mínima, luego el área menor capaz de contener el número máximo de especies (García, 2003). Este indicador depende del tipo de tratamiento que hay en la EDAR, así como del entorno en el que está situada.

3.4.2 Indicadores económicos

El conjunto de indicadores que se presenta a continuación se encuentra asociado a la componente económica del desarrollo sostenible que se refiere al desarrollo que aborda el progreso desde los recursos disponibles, con una economía basada en actividades sostenibles. Concretamente, en el tratamiento de aguas residuales, se trata de indicadores que pretenden cuantificar los costes tanto de inversión: construcción civil, equipamiento electromecánico y eléctrico y terreno ocupado; como los de explotación y mantenimiento. Los indicadores que se presentan son los siguientes:

1. Coste de construcción civil de la EDAR por habitante (€/hab). **1.1.** Coste de limpieza y regularización del terreno. **1.2.** Coste de las tuberías para unir procesos unitarios y accesorios por habitante (€/hab). **1.3.** Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento primario por habitante (€/hab). **1.4.** Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento secundario por habitante (€/hab). **1.5.** Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento terciario o de desinfección por habitante (€/hab). **1.6.** Coste de construcción de las instalaciones de tratamiento y de deshidratación de fangos por habitante (€/hab). **1.7.** Coste del edificio de explotación (€/hab). **1.8.** Coste del camino de acceso y exteriores por habitante (€/hab).

El objetivo de este indicador es determinar el coste de la construcción civil de la EDAR. Los costes se separan en: limpieza y regularización del terreno que incluye los costes referentes al desbroce, excavación, regularización del terreno y transporte del material sobrante o necesario; la construcción de cada uno de los procesos según la fase de tratamiento del agua y del fango que incluye los costes de movimiento de tierras, hormigón y elementos diversos como válvulas y compuertas; y el edificio de explotación, camino y acceso exteriores.

2. Coste del equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas por habitante (€/hab). **2.1.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas de las instalaciones de tratamiento primario por habitante (€/hab). **2.2.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento secundario por habitante (€/hab). **2.3.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento terciario o desinfección por habitante (€/hab). **2.4.** Coste del equipamiento electromecánico y instalaciones eléctricas del tratamiento y deshidratación de fangos por habitante (€/hab). **2.5.** Coste de las instalaciones eléctricas (€/hab).

La finalidad de este indicador es determinar los costes asociados al equipamiento electromecánico y las instalaciones eléctricas presentes en la EDAR. Además este indicador se subdivide en los costes asociados a los grupos electrobombas y a los equipamientos que necesiten energía relacionados con los procesos de las distintas fases de tratamiento. En cuanto al coste de las instalaciones eléctricas, éste incluye el cuadro eléctrico, la red eléctrica, la instalación de la fuerza motriz y la instalación de señalización y telecomando.

3. Coste del terreno ocupado por habitante (€/hab).

Ese indicador pretende traducir el coste relativo de la adquisición de los terrenos donde se localiza la EDAR. Para ello debe consultarse el Ayuntamiento para conocer el precio que se paga por superficie en el momento de compra. El terreno tendrá un precio variable según se encuentre en una zona agrícola o bien en una zona protegida por interés ecológico.

4. Coste de inversión inicial por habitante y por año (€/hab.).

Este indicador refleja el coste de la suma de los costes de construcción civil (1.), los costes de equipamiento electromecánico e instalaciones eléctricas (2.) y el coste de terreno ocupado (3.).

5. Coste de explotación y mantenimiento por habitante y por año (€/hab.año). 5.1. Coste de explotación por habitante y por año (€/hab.año). 5.2. Coste de mantenimiento por habitante y por año (€/hab.año).

Este indicador refleja en costes la necesidad de una explotación y mantenimiento en la EDAR para garantizar un buen funcionamiento de la misma. Los costes de explotación se refieren al coste que representan los trabajos que realiza el personal, los consumos de energía y productos químicos, los análisis que deben realizarse periódicamente que son obligados por la legislación, y el transporte y disposición de fangos. Los costes de mantenimiento se refieren a los costes que se derivan de una preservación, reparación y sustitución de órganos y equipamientos. Este indicador depende del tipo de tratamiento aplicado.

3.4.3 Indicadores socio-culturales.

El conjunto de indicadores que se presenta a continuación se encuentra asociado a la componente socio-cultural del desarrollo sostenible que se refiere al desarrollo que mantiene la cohesión social, a la vez que satisface las necesidades individuales de bienestar, cultura y participación. En concreto, con los sistemas de tratamiento de aguas residuales se pretende traducir el efecto que tiene la EDAR en la sociedad que debe participar y opinar, y que normalmente se refiere a las personas que habitan en la envolvente de la EDAR.

1. Olores (olor/m³aire).

Este indicador traduce la reacción por parte de la población ante la emisión de olores que se producen en el esquema de tratamiento de la EDAR como resultado de procesos

anaeróbicos no deseados causados por la falta de oxígeno en la línea de tratamiento de agua y fango (tiempos de residencia de las aguas residuales largos, acumulación de fangos, uniones de las líneas de fangos). Los olores se deben fundamentalmente a dos compuestos: el gas sulfuro de hidrógeno (H_2S), gas tóxico en grandes concentraciones, que es emitido en procesos anaeróbicos y los sulfuros orgánicos presentes.

La cuantificación del olor de una muestra de aire es determinada con base a su concentración que se expresa en olor por metro cúbico de aire. Según la definición, la concentración de olor de 1 olor/m³ corresponde al umbral del olor, que es la mínima concentración de olor para ser detectado por el olfato humano. El olor puede ser determinado con aparatos de medición (narices artificiales) o por medio de métodos sensoriales (De Heyder, 2000).

Cuando además se añade la dirección del viento, es muy común que el área de impacto de olor se superponga a una población, donde entonces se originan reclamaciones. Los olores son una de las mayores preocupaciones de la población en lo que se refiere a la implantación de la EDAR, puesto que los olores producen en las personas estrés, falta de apetito, reducción de la respiración, náuseas y vómitos.

2. Ruido (dB). 2.1. Porcentaje de periodo de tiempo que no cumple la legislación en calidad de contaminación acústica respecto al tiempo total en que funciona la EDAR (%).

Este indicador pretende traducir el ruido medio que produce el funcionamiento de la EDAR a través de mediciones efectuadas en campo y que puede afectar a la población que vive en su entorno. Este indicador depende del tipo de tratamiento implementado en la EDAR, así como del tipo de actividades derivadas de la operación y la manutención de la misma.

3. Calidad del servicio (buena, media, mala). 3.1. Porcentaje de población residente servida respecto al total de población residente (%). 3.2. Densidad de población en términos de habitantes por área (hab/km²). 3.3. Porcentaje de aguas residuales tratadas en la EDAR sobre las aguas residuales recibidas en la EDAR. 3.4. Número de interrupciones del servicio por año (n.º interrupciones/año). 3.5. Número de reclamaciones por habitante y por año (n.º reclamaciones/hab.año). 3.6. Número de planes de emergencia por EDAR (n.º reclamaciones/EDAR). 3.7. Número de accidentes de trabajo por año (n.º accidentes/año).

El indicador “la calidad del servicio” representa con distintos indicadores si la EDAR cumple la función para la cual ha sido diseñada: el saneamiento de una población conociendo las necesidades de la misma. Para ello se trata la población residente servida respecto a la residente total, la densidad de población a la que sirve, el porcentaje de aguas tratadas sobre las recibidas, el número de interrupciones del servicio y planos de emergencias y el número de accidentes de trabajo. Este indicador depende de la efectividad del tratamiento implementado así como de una explotación y mantenimiento adecuados.

4. Impacto ambiental de la EDAR en términos paisajísticos (alto, medio, bajo). 4.1. Visibilidad (total, parcial, nula). 4.2. Paisaje, integración de la EDAR en el entorno (convencional, integrada).

El indicador impacto ambiental de la EDAR es evaluado en términos paisajísticos (Galvão, 2004) y se basa en el análisis de dos indicadores más: la visibilidad de la EDAR a una distancia media de 100 metros con una clasificación cualitativa; el paisaje en términos de integración en el medio y que depende del medio, del tipo de tratamiento y de los materiales utilizados en el mismo.

5. Turbidez del efluente a la salida de la EDAR (NTU, Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Este indicador representa la reacción por parte de la población que puede provocar una EDAR al presentar la turbidez a causa de la materia en suspensión en un efluente de la misma y su vertido al medio natural. Se mide en laboratorio o bien ‘in situ’. Este indicador depende de la efectividad del tratamiento implementado.

6. Porcentaje de la población servida que acepta positivamente la implantación y el tipo de tratamiento de la EDAR respecto al total de población servida (%).

Este indicador pretende determinar el porcentaje de población que acepta la existencia la EDAR respecto a la población total servida. Este indicador engloba tres indicadores socio-culturales que dependen del tipo de tratamiento y de la operación y mantenimiento de la EDAR y que son: el impacto ambiental en términos paisajísticos, el ruido y los olores. Éstos pueden influir en la opinión de la población respecto a la EDAR.

7. Porcentaje de comportamientos sostenibles de la población servida respecto a los comportamientos totales de la población servida (%).

El “porcentaje de comportamientos sostenibles de la población servida” se refiere a los comportamientos en los hábitos diarios que generan aguas residuales de la población servida: el uso de los detergentes biodegradables, el lanzamiento de determinados elementos en la red de saneamiento.

8. Número de habitantes de la población servida que utilizan la EDAR o su entorno (en un radio de hasta 500 metros) como parque recreacional, para actividades de ocio, paseos sobre el total de población servida (%).

Este indicador pretende reflejar las propiedades lúdicas y culturales de la EDAR y su envolvente, a través del número de personas que en un radio de 500 metros disfruta del local como recreo y placer. Esta propiedad lúdico-cultural está asociada a las características estéticas y naturales presentes en la EDAR y que pueden ser atractivas para la población. Por tanto, este indicador depende también del tipo de tratamiento existente en la EDAR.

9. Número de campañas de sensibilización para la población por año (n.º de campañas/año).

La finalidad de este indicador es el de cuantificar el número de campañas de sensibilización realizadas en cada EDAR y para la población servida, en el sentido de

dar a conocer, mostrar, educar y enseñar los hábitos sostenibles para un buen funcionamiento de la EDAR

10. Número de proyectos de estudiantes que estudian el sistema de tratamiento de la EDAR por año (n.º de proyectos/año).

Con este indicador se pretende conocer la capacidad educativa de la EDAR mediante el número de proyectos de estudiantes que estudian el sistema de tratamiento, así como las visitas de campo de alumnos de escuelas.

3.5 EL INDICADOR DE ENERGÍA COMO PRINCIPAL INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

Uno de los indicadores de sostenibilidad más importantes es el indicador de la energía, puesto que constituye uno de los recursos más utilizados y al mismo tiempo parece ser que en un futuro, esta energía proveniente de fuentes no renovables, con el desarrollo tecnológico e industrial que ha habido hasta ahora se convertirá en un recurso escaso. Además, ante esta situación están apareciendo energías provenientes de fuentes renovables, y que pueden sustituir en un futuro próximo las energías provenientes de fuentes no renovables. En la Figura 9 aparece la evolución de la energía en el mundo en porcentaje y su evolución hacia el año 2020. Parece ser que la energía nuclear se estabiliza, la energía proveniente de combustibles fósiles crece despacio, y donde hay mayor crecimiento en el consumo es en la energía proveniente del gas y las energías renovables.

Para llegar a conseguir un desarrollo sostenible en cuanto a la producción y consumo de energía es necesario algunas actuaciones o políticas tecnológicas: mejorar la eficiencia energética y promover el ahorro energético, deben existir compromisos firmes políticos, eliminar las subvenciones a combustibles fósiles, extender las energías renovables, mejorar la eficiencia del transporte, gestionar la energía a nivel local, dar impulso a la tecnología y la innovación y dar una mayor participación a la población.

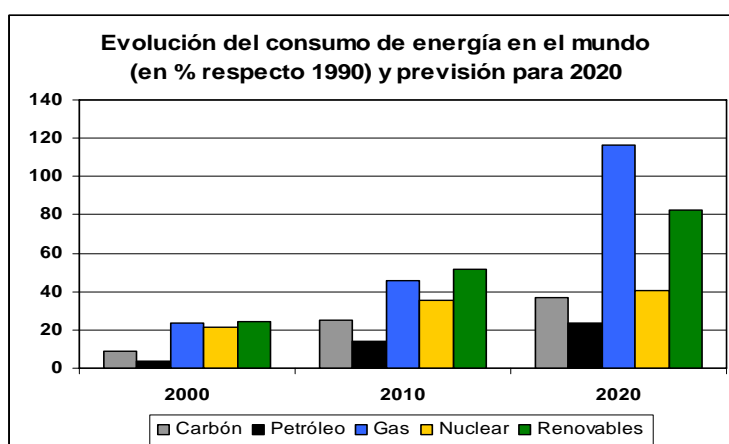


Figura 9. Evolución del consumo de energía en el mundo con proyección para el 2020.
Fuente: García, 2004.

- 1. Potencia instalada en la EDAR por habitante (kW/hab).** Este primer indicador se refiere a la energía que se prevé que la EDAR va a utilizar y que ha sido diseñada. Se trata del máximo que podría consumir la EDAR.
- 2. Energía consumida en la EDAR por habitante y por año (kWh/hab.año).** Este segundo indicador se refiere a la energía que es consumida realmente por la EDAR, y por tanto en función de las horas de funcionamiento de los elementos del equipamiento electromecánico y de la iluminación.
- 3. Porcentaje de energía consumida en la EDAR respecto al consumo total de energía de la población servida (%).** Este tercer indicador se refiere a la energía consumida a gran escala, por tanto, a nivel territorial y en comparación con la energía total consumida por la población servida en todos los ámbitos. De esta manera puede verse si la EDAR tiene un gran porcentaje del consumo energético total en el territorio. Para cualquier tipo de sistema de tratamiento biológico, si el sistema consume poca energía respecto al consumo total del territorio puede ser un parámetro decisivo a la hora de decidirse para proyectar un tipo de EDAR al ser sostenible territorialmente en este aspecto.

Como el consumo de energía en ámbito territorial es uno de los indicadores de energía utilizados más importantes, tanto a escala global como en el ámbito de este trabajo, en la Figura 10 se muestra a escala global la evolución del consumo por regiones en el mundo en Mtep, megatoneladas equivalentes de petróleo. De este modo puede verse a escala global las regiones que consumen mayor cantidad de energía y por tanto las que son más y menos sostenibles en el mundo. De este modo, los Estados Unidos, Asia y Europa son las regiones que más energía consumen respecto al resto del mundo, siendo por tanto los menos sostenibles a nivel territorial.

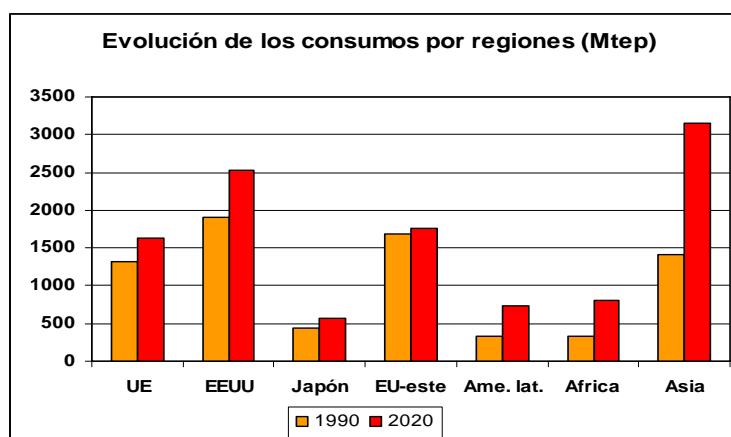


Figura 10. Evolución de los consumos de energía por regiones en el mundo.
Fuente: García, 2004.

- 4. Porcentaje de recuperación de energía a partir de procesos de cogeneración ya partir de fuentes renovables (%).** Este indicador se refiere al porcentaje de energía que se reutiliza para la EDAR y proveniente del propio tratamiento de agua y de fangos en la EDAR, y al mismo tiempo de energías de fuentes renovables en sus instalaciones.
- 5. Coste de la energía debido al coste en operación y mantenimiento de la EDAR por habitante y por año (€/hab.año).** Este indicador refleja el coste que supone el consumo de la energía de la EDAR.