

# ECOSISTEMAS Y ENERGIA

M<sup>a</sup> Luisa Roqueta Buj  
IES Francisco Ribalta de Castellón  
luisaroqueta@hotmail.com

## *Resumen*

La Ecología cultural estudia la forma en que las culturas se ven afectadas por su adaptación al medio y cómo el entorno es una razón determinante en las distintas expresiones que adquieren las culturas. Según Julian Stewart (1955) la cultura ha proporcionado al hombre una flexibilidad ecológica mucho mayor que la que disfruta cualquier otra especie. Los neoevolucionistas consideran los recursos tecnológicos un factor de vital importancia dentro de las estrategias adaptativas. Leslie White también entiende la importancia de la tecnología para determinar la evolución humana, pero introduce un criterio complementario que es el uso de la energía. Para White (1982), las culturas se desarrollan mediante un mejor aprovechamiento de la energía del entorno, o mediante el desarrollo de una tecnología más eficiente- "Hay un tipo de filosofía adecuada para cada tecnología"- afirmará White. Para los marxistas estructuralistas como Marshall Sahlins (1960) el progreso puede entenderse como una mejora en la adaptabilidad total explotando mayores recursos energéticos con una mayor "supuesta" efectividad. Por su parte, el principio fundamental del materialismo cultural es el principio de determinismo infraestructural y se centra en cómo las innovaciones tecnológicas llegan a influir en la producción y reproducción sociales. Finalmente, a la vista de los datos de medición de la energía, la evolución que manifiestan las culturas, aunque sí supone un aumento en la cantidad de energía producida (eficacia), no supone un aumento en la eficiencia de los medios para poner la energía en funcionamiento.

Palabras Clave: cultura; ecosistemas; energía; evolución; tecnología.

## *Abstract*

Cultural ecology studies the way in which cultures are affected by their adaptation to the environment and how the environment is a determining factor in the different expressions that acquire the cultures. According to Julian Stewart (1955), culture has given humans a much greater ecological flexibility than any other species. Neo-evolutionists consider technological resources a factor of vital importance within adaptive strategies. Leslie White also understands the importance of technology to determine human evolution but introduces a complementary criterion that is the use of energy. According to White (1982), cultures are developed through a better use of the energy, or through the development of a more efficient technology- "There is a type of philosophy suitable for each technology" - affirmed White. However, structuralist Marxists such as Marshall Sahlins (1958), argue that progress can be understood as an improvement in total adaptability by exploiting greater energy resources with greater "supposed" effectiveness. For its part, the fundamental principle of cultural materialism is the principle of infrastructural

determinism and focuses on how technological innovations come to influence social production and reproduction. Finally, in view of the energy measurement data, the evolution manifested by the cultures, although it does mean an increase in the amount of energy produced (effectiveness), does not mean an increase in the efficiency of the means to put the energy working.

Key words: culture; ecosystems; energy; evolution; technology.

## *1. Introducción*

Desde la Antropología y más concretamente desde la Ecología cultural se estudia la relación existente entre el medio natural y las expresiones que adquieren las distintas culturas. Dentro de esta disciplina ha habido diversas corrientes como son las de los neoevolucionistas como Leslie White, los marxistas estructuralistas como Marshall Shalins y el materialismo cultural. Cada una de ellas esgrime unos argumentos diferentes a la hora de explicar la relación entre la adaptación al medio del ser humano y la evolución de las diferentes culturas. Dentro del materialismo cultural hay materialistas críticos que no explican la evolución de las culturas a través de los avances tecnológicos en el uso de la energía como sí lo hacen los neoevolucionistas. Argumentan que las culturas que mejor se han adaptado al medio han sido las que no han tenido que desarrollar el nivel tecnológico. Consideran que el desarrollo tecnológico no siempre trae progreso como ocurre en el caso de los avances en armas nucleares que representan una amenaza constante para la humanidad. El principio fundamental del materialismo cultural es el principio del determinismo infraestructural y se centra en cómo las innovaciones tecnológicas llegan a influir en la producción y reproducción sociales. La corriente materialista del siglo XX comenzó a utilizar técnicas de medición de energía de forma que se pudo discernir entre eficacia y eficiencia energética. La eficacia mide la cantidad de energía que se puede extraer de la naturaleza y lógicamente esta aumenta con la complejidad técnica. Siguiendo con el ejemplo anterior, la cantidad de energía que se puede obtener en una central nuclear es enorme frente a la que se obtiene con el carbón o el petróleo. Sin embargo, hablando en términos energéticos, la eficiencia también deberá contemplar el gasto creciente que supone depurar las aguas residuales y el aire contaminado ocasionados, así como la inversión en la gestión de los residuos contaminantes. A la vista de los datos de medición de la energía que han hecho los científicos, la evolución que manifiestan las culturas, aunque sí supone un aumento en la cantidad total de energía producida (eficacia), no supone un aumento en la eficiencia de los medios para poner dicha energía en funcionamiento.

A lo largo del presente estudio analizamos la evolución en el uso de la energía a nivel mundial a lo largo de los dos últimos siglos. Para ello recopilamos datos objetivos de energía a partir de las fuentes que reseñamos a lo largo del trabajo. A partir de estas cifras elaboramos tablas de valores y diseñamos las gráficas correspondientes que muestran de manera más visual la evolución en el consumo de la energía a nivel mundial pero también analizamos el caso concreto de España. Una vez elaboradas las gráficas, podemos concluir cuál ha sido la evolución en cuanto a la eficiencia en el uso de los recursos energéticos y en el gasto energético per cápita de la población considerada a lo largo del tiempo.

Cabe destacar que los datos recopilados para los balances energéticos fluctúan bastante de una fuente a otra por lo que la tarea ha sido ardua a la hora de poder determinar los valores más reales en cada uno de los casos considerados.

## *2.Desarrollo*

A través de los datos recopilados de las fuentes a continuación señaladas, podemos extraer los siguientes argumentos. El balance energético del consumo de energía per cápita a nivel mundial desde 1860 hasta 2012 muestra que ésta ha aumentado un 1800 % en medio siglo. En los últimos 100 años la demanda de energía primaria necesaria per cápita a nivel mundial se ha cuadruplicado. Por su parte la demanda global de energía primaria en el mundo se ha duplicado en los últimos 40 años. En España concretamente en los últimos 30 años ha aumentado un 115% la demanda de energía primaria.

Otro aspecto destacable es que desde las últimas décadas del siglo XX el consumo energético aumenta a un ritmo más rápido que la población mundial. Según Pimentel (2005) el uso de la energía en el sector agrícola, sobre todo en los países industrializados, ha aumentado de forma que prácticamente el 25% de la energía fósil mundial se emplea en producir alimentos. En 1970, ya con los sistemas industriales de energía alimentaria, se necesitaban 8 calorías de combustible para obtener una caloría de alimento. Hoy en día además se usa gran cantidad de energía simplemente para procesar y empaquetar los alimentos además del transporte en la distribución de la producción. En el año 2000 por ejemplo, se necesitaba invertir una media de 30 calorías para obtener una caloría de alimento. El Input energético (energía necesaria) para el procesamiento de los cereales para el desayuno es de 16000 Kcal/Kg frente a los 3700 Kcal/Kg de media que aportan a la dieta; la energía necesaria para producir un envase de plástico de un litro es de 2600 Kcal aproximadamente. Esta situación de falta de eficiencia ha conducido, entre otras cosas, a la crisis económica del sector agrario productivo. También se da en otros sectores como el transporte y en la industria generando así una grave crisis medioambiental debido al aumento del dióxido de carbono y de los óxidos de azufre y de nitrógeno en la atmósfera. Como es sabido, se ha desencadenado el calentamiento global del planeta, el efecto invernadero, la lluvia ácida, la biocontaminación, el vertido de residuos sólidos incontrolado y los accidentes medioambientales. Los ecosistemas se han convertido en fuentes de materia prima en manos de particulares y en depósitos de residuos contaminantes. Cada persona utiliza 250000 Kilocalorías diariamente de media en las economías industrializadas (1997). Sobre todo, se utiliza petróleo y electricidad en el transporte y en la producción industrial. El agotamiento de los recursos fósiles carbón y petróleo va a agudizar todavía más esta crisis ya que muchos yacimientos están casi agotados y dispersos por lo que va a ser más costosa su extracción. Actualmente la tecnología no da salida a esta encrucijada sin políticas de ayuda, ya que las energías renovables en el año 2015 por ejemplo solo han constituido un 1,5% del total de la energía primaria mundial según datos de la entidad Energy Information Administration (World Energy Outlook ,2017 AIE). Además, otra de las innovaciones como fuente de energía como pudiera ser la pila de hidrógeno como combustible, presenta el inconveniente de que para

producir el hidrógeno necesario se requieren altas temperaturas. Estas se obtienen quemando gasolina, o bien a través de la descomposición química del agua en paneles fotovoltaicos que son de silicio. Este material es muy costoso por lo que de momento no parece ser una alternativa real a los combustibles fósiles. Ante este panorama de crisis solo a través de la combinación de respuestas tecnológicas y culturales creativas e innovadoras puede producirse una restauración ambiental y la superación del colapso económico que pudiera producir el agotamiento de los recursos fósiles.

En términos termodinámicos el Universo tiende a estados de máximo desorden y de mínima energía. Corresponde al hombre la ardua tarea de concentrar la energía que entra en la biosfera a través del Sol, de las mareas y de la actividad geológica, para poder sobrevivir. También para organizar el caos (al que tiende el Universo) y conseguir niveles mayores de organización, es necesaria energía, pues supone alejarse del máximo desorden al que tienden los sistemas. Como ejemplo sencillo que permita una mejor comprensión de estos conceptos físicos paso a hacer una ejemplificación. Si tenemos un gas aislado a alta temperatura y lo dejamos libre en contacto con el medio, tenderá a escapar ocupando así todo el volumen disponible y aumentando al máximo el desorden de sus moléculas. También tenderá a bajar su temperatura minimizando así la energía de sus moléculas de manera espontánea. Podemos extrapolar estos conceptos a otros sistemas diferentes de forma que, a mayores niveles de complejidad y organización de los recursos como ocurre con el conocimiento digital, los productos de electrónica, productos químicos y metálicos corresponderán mayores aportes energéticos necesarios. Esta energía se necesita para actuar sobre el sistema con el objetivo de concentrar su energía alejándolo por tanto del equilibrio, ya que su tendencia es al máximo desorden. En el extremo opuesto se encuentran el Sol, el viento y la lluvia que requieren de la menor energía por unidad de recurso, hecho que evidencia la necesidad de desarrollar las energías renovables por su mayor calidad. Un Julio de energía solar y un Julio de carbón no representan la misma calidad de energía debido a que en el caso del fósil son necesarias mayores cantidades de energía para hacer circular una unidad de recurso. Por lo tanto, existe una jerarquía de energías según su calidad Brown y Ulgiatti (2004). En los estudios ecológicos de medición de impacto ambiental es necesario introducir un nuevo concepto como es la emergía H.T. Odum (1989). Se define como la energía utilizada para producir un recurso que puede ser un bien o un servicio. Por ejemplo, en el caso de una botella de plástico, para hacer el recuento de energía empleada, habría que hacer balance tanto de las energías necesarias para extraer el petróleo, como para el destilado para obtener el GLP (gas licuado del petróleo), y para utilizar la técnica de moldeado por soplado para botellas. También hay que añadir el trabajo indirecto como son las cantidades de energía necesarias para su distribución y comercialización. Por último, hay que tener en cuenta el impacto ambiental derivado en la gestión de residuos o en el proceso de reciclado. En estudios ecológicos y ambientales se ha introducido el concepto de eco-exergía Jorgensen (1995). Es la energía útil de un sistema que se puede transformar en trabajo. En una reacción química normalmente hay una pérdida de energía en forma de calor que no se puede convertir en trabajo. Por tanto, se puede discernir entre la energía total del proceso y la eco-exergía que se correspondería con la

parte de esa energía total que si es posible rentabilizar como trabajo. Como ejemplo ilustrativo de la diferencia entre ambos conceptos tenemos el caso del agua del mar. En ella se acumula una inmensa cantidad de energía solar debido a su gran masa. Se estima que en un año la energía solar absorbida por los océanos es al menos 4.000 veces superior a la energía que actualmente consume la humanidad. Sin embargo, cuando la temperatura del agua es muy similar a la del medio que le rodea, no hay un gradiente significativo en forma de calor por lo que el sistema tiene una exergía asociada baja. En los mares tropicales, sin embargo, debido a la gran diferencia entre la temperatura de las aguas profundas y la de las superficiales (20°C de media), es posible convertir en trabajo la energía del agua para generar electricidad, es la llamada energía maremotérmica. Por tanto, en este emplazamiento el agua tiene una exergía asociada alta. La relación entre exergía, sostenibilidad e impacto ambiental radica en que aumentando la eficiencia exérgica se reduce el impacto ambiental y se favorece el desarrollo sostenible.

Hasta aquí he desarrollado la parte en que la técnica puede ayudar a resolver el problema medioambiental mejorando la eficiencia, pero hay que hacer hincapié en que una crisis de las dimensiones de la que nos ocupa requiere de un tratamiento interdisciplinar. La resiliencia socio-ecológica surge en este sentido para aprender a vivir con el cambio y la incertidumbre. Los sistemas socio-ecológicos se caracterizan por el cambio y no por la estabilidad, por lo que la conservación y sostenibilidad deben convertirse en dinámicas. La capacidad resiliente de los sistemas complejos adaptativos se focaliza en tres rasgos generales: -en aprender a vivir con el cambio, -alimentar la diversidad y -combinar diferentes disciplinas de conocimiento y crear oportunidades de autoorganización.

### *3. Análisis y discusión de resultados*

A lo largo de este estudio hemos hecho en primer lugar un resumen de las corrientes que ha habido en Antropología a la hora de abordar la relación entre las culturas y su adaptación al medio. Cuando comenzaron a utilizarse técnicas de medición de la energía se pudo demostrar que un mayor nivel de complejidad técnica no va asociado siempre a una mayor eficiencia en el uso de la energía de los ecosistemas. Para demostrar la falta de eficiencia que conlleva muchas veces el progreso hemos recopilado datos acerca de la demanda de energía a lo largo del tiempo considerado y con ellos hemos elaborado los gráficos siguientes.

En ellos se refleja la pérdida de eficiencia dado el continuo aumento de la energía per cápita (véase fig.1) a nivel mundial a lo largo del tiempo. Este hecho, junto con el aumento de la población, conducen a un consumo global de energía primaria mundial enorme. Desde 1970 la demanda a nivel mundial se ha duplicado en los últimos cuarenta años. Las previsiones a este nivel no son esperanzadoras como se muestra en la figura 2 ya que se prevé un aumento del gasto de energía primaria del 35% hasta 2040 con respecto del año 2014.

### 3.1. Evolución del consumo de energía per cápita a nivel mundial:

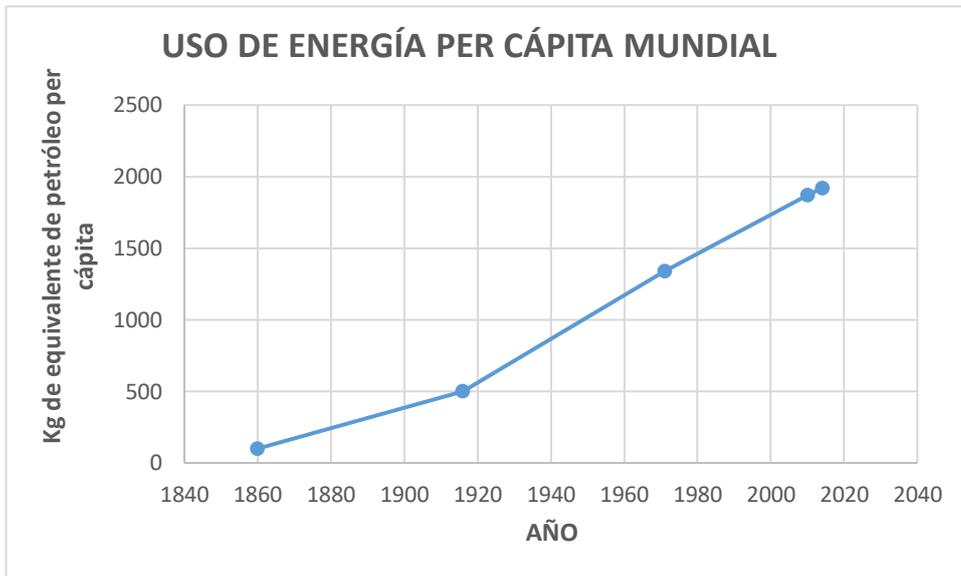


Fig. 1. Fuente: Gráfico elaborado a partir de datos obtenidos de AIE (Agencia Internacional de la Energía).

### 3.2. Evolución del consumo de energía global a nivel mundial

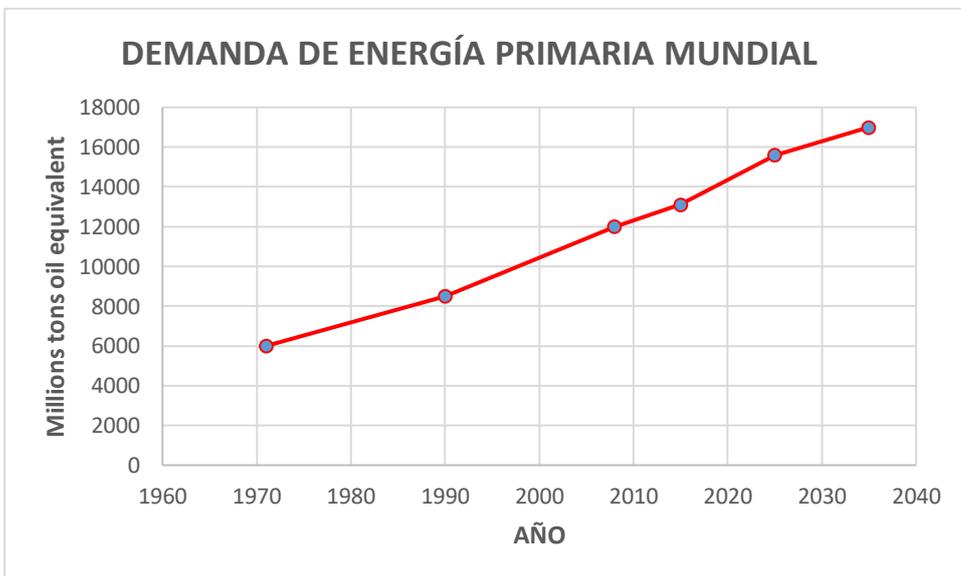


Fig.2 Fuente: Datos de World Energy Outlook 2017 AIE.

### 3.3. Consumo de energía total en España

En el caso de España, a la vista de la figura 3, concluimos que la cantidad de energía primaria necesaria se ha duplicado en cuarenta años desde 1973, siguiendo la misma tendencia que se da a nivel mundial.

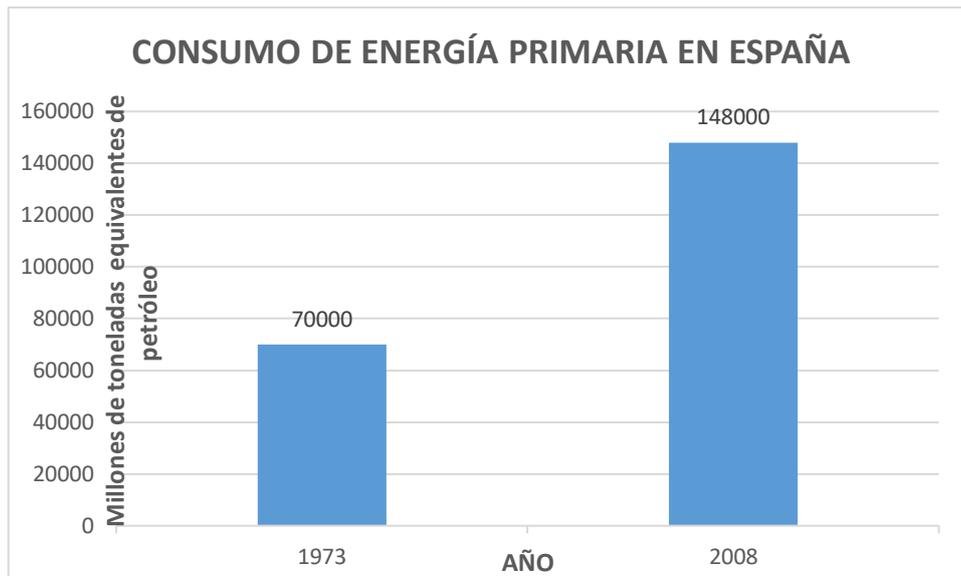


Fig.3 Fuente: Datos de Ecodes (Fundación ecología y desarrollo).

### 3.4. Energía en el sector agrícola: evolución desde los sistemas tradicionales hasta los industriales.

También he hecho un balance del uso de la energía en el sector agrícola que explicaría las causas de la crisis económica del sector agrario productivo. A la vista de la gráfica (figura 4) vemos como el número de calorías necesarias para obtener una caloría de alimento se ha triplicado con la industrialización respecto de los sistemas tradicionales, entre otras causas, sobre todo, por el aumento de la distancia entre el recurso y el consumidor.

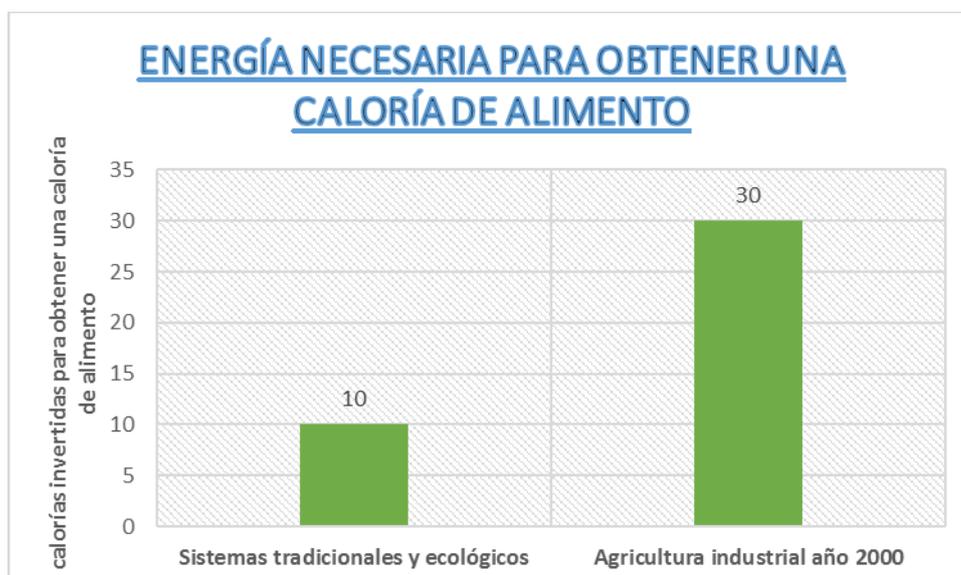


Fig.4 Fuente: Pimentel, D., El uso de la energía en la agricultura, 2005.

Además, la energía necesaria per cápita en las economías industrializadas es 125 veces mayor (véase fig.5) que en los sistemas de subsistencia de los cazadores-recolectores.

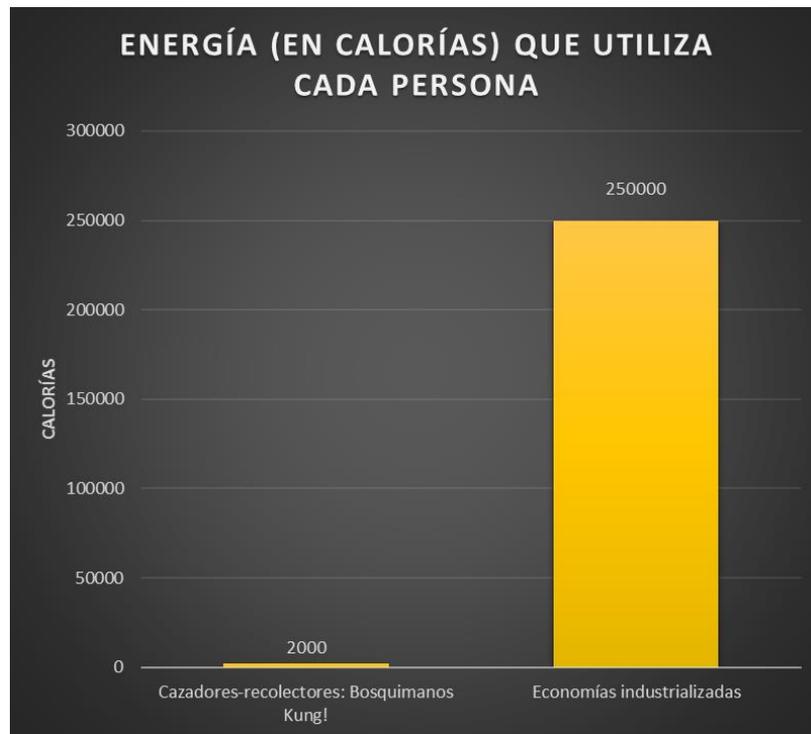


Figura 5 Fuente: Lee, Richard.,1981.

En la siguiente gráfica(fig.6) podemos apreciar la pérdida de eficiencia en el caso de la producción del maíz industrializado con respecto de los sistemas agrícolas tradicionales. Esta pérdida de eficiencia se aprecia con la disminución del coeficiente de energía obtenida por unidad de producto.

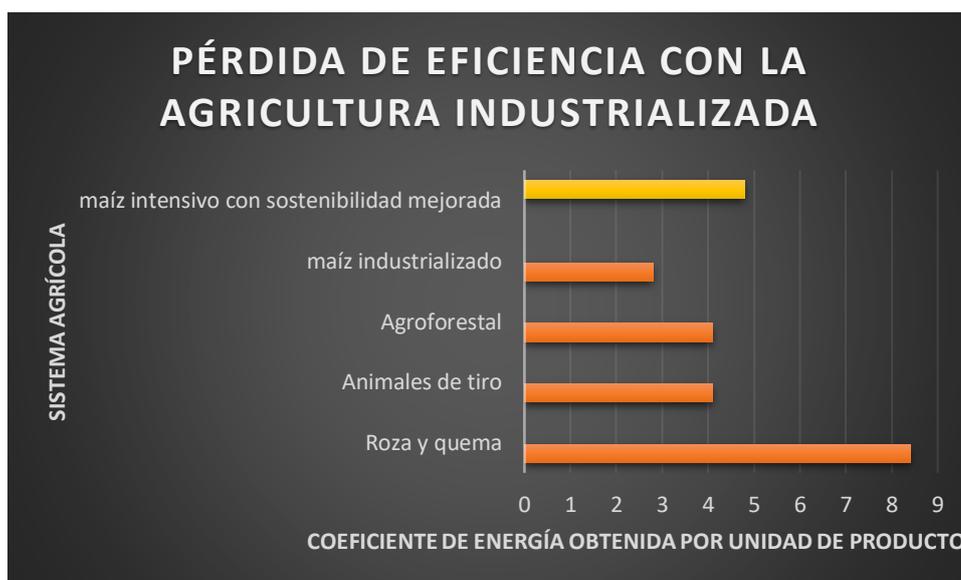


Figura 6 Fuente: Datos de Pimentel, D., 1996. Food, energy and society.

### 3.5. Energías renovables en la actualidad: la alternativa en el futuro.

La tecnología ofrece como alternativa a esta crisis el uso de las energías renovables, pero como muestra la figura 7 todavía representan un porcentaje del 1,5% del total, es decir muy lejos de constituirse en una alternativa viable.

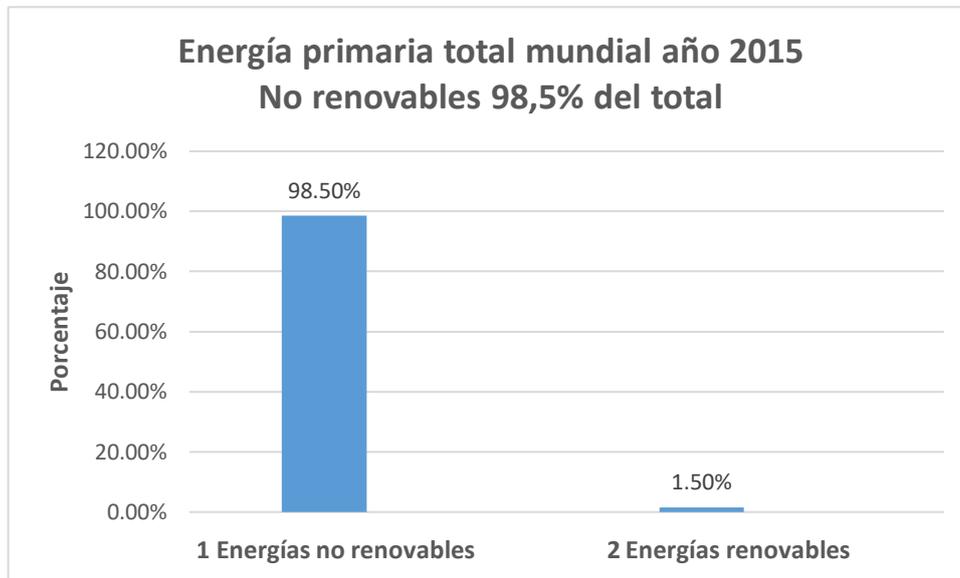


Fig.7 Fuente: Datos de IAE World energy statistics 2017

### 3.6. Evolución creciente de las emisiones de Dióxido de Carbono

La quema de los combustibles fósiles empleados entre otros usos en la industria y el transporte, junto con la producción del cemento, son los responsables del aumento de la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera como puede verse en la figura 8. Este gas, unido a los óxidos de nitrógeno y el metano, son los llamados gases invernaderos responsables del calentamiento global de la atmósfera.

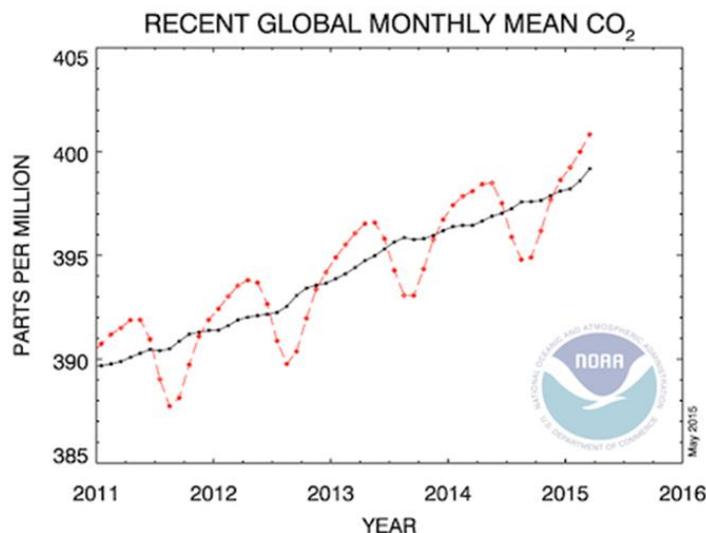


Fig. 8 Fuente: Administración Atmosférica y Oceánica de E.U.A. (NOAA)

#### *4. Conclusiones*

Como hemos indicado a lo largo del presente estudio la salida de la crisis medioambiental requiere de un tratamiento interdisciplinar. Muchas veces expresiones como cambio climático, efecto invernadero, agotamiento de recursos, de tan repetidas caen en el vacío y en el olvido. Las personas que viven de primera mano los efectos de estos fenómenos, como ocurre en caso extremo desgraciadamente con los refugiados climáticos, o bien los científicos que estudian los ecosistemas y son conscientes en sus ensayos de la gravedad de la crisis, son los colectivos más concienciados.

También en este estudio hemos intentado acercar los conceptos científicos necesarios para comprender los aspectos asociados a la energía de los ecosistemas y a los problemas que origina el uso de dicha energía. Consideramos que es crucial que la ciudadanía tenga unos conocimientos básicos de las cuestiones científicas para poder tomar decisiones informadas y no depender únicamente de la opinión de los expertos. Las gráficas elaboradas expresamente para este estudio (a excepción de la figura 8) muestran de manera más explícita y visual los datos que hemos recopilado en las fuentes en ellas señaladas. Permiten el estudio de la evolución de las necesidades de energía y de la eficiencia en su uso y obtención a lo largo del tiempo considerado.

Los estudios recientes en materia de energía introducen nuevos conceptos como son la emergía y la eco-exergía. Estos términos tienen en cuenta la calidad de la energía y su análisis apunta hacia el uso de las energías renovables como vía para una salida de la situación actual de la crisis en la que nos encontramos.

Los expertos señalan una misma idea que se ha generalizado en congresos y convenciones: -el futuro será sostenible o no será-. También añaden que necesitamos una retirada sostenible del caos en que nos encontramos ahora.

La capacidad para hacer frente a los cambios en situaciones de estrés y regenerarse, es lo que actualmente se conoce como resiliencia de un socio-ecosistema. Hoy más que nunca hay que superar una de las preocupaciones clásicas de los expertos, como es la relación compartimentada entre sociedad y naturaleza a la hora de buscar soluciones. La intervención ambiental debe atender los aspectos naturales o biofísicos en la misma medida que los aspectos sociales y a las normas culturales. La crisis de la biosfera es sobre todo una crisis cultural. A la vista de todo lo relatado en las páginas de este estudio, es evidente que es necesario diseñar estrategias de intervención con un alto peso específico de los aspectos sociales y culturales.

## 5. Referencias bibliográficas

Berkes, F y Seixas, C. (2005). Building resilience in Lagoon Social-ecological systems: a local-level perspective. *Ecosystems*, 8:967-974.

Bohannan, P. y Glazer, M. (1992). *Antropología Lecturas*. Madrid: McGraw-Hill.

Buxó, M. J. (1983) *Cultura y ecología en las sociedades primitivas*. Barcelona: Mitre.

Brown, M. y Ulgiati, S. (2005) Emergy, Transformity and ecosystem health. En *Emergy, Transformity, and ecosystem health Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*, (Ed.) Sven E. Jorgensen, CRC Press London.

Escalera, J. (2011). Resiliencia ecológica aportaciones y retos desde la antropología. *Revista de Antropología Social Universidad Complutense de Madrid*, (20):109-135.

Godelier, M. (1990). *Lo Ideal y lo Material: Pensamiento, Economías, Sociedades*. Madrid: Taurus Humanidades.

Harris, M. (1984). *Introducción a la antropología general*. Madrid: Alianza.

Jorgensen, S., Nielsen, S. y Mejer, H. (1995). Emergy, environ, exergy and ecological modeling. *Ecological Modelling*, 77: 99-109.

Lee, R. B. (1981). La subsistencia de los bosquimanos !kung: Un análisis de input-output. En *Llobera, J.R. (ed.), Antropología económica: Estudios etnográficos.*, Anagrama, Barcelona.

Lomas, P. I. (2007). La síntesis energética: una valoración de los servicios de los ecosistemas en clave termodinámica. *Ecosistemas*, 16(3): 37-45.

López, I.D. (2013). Análisis energético de la sostenibilidad ambiental del municipio de Palmira Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 4 (2): 68-96.

Odum, H.T. (1989). Emergy and evolution. In 33rd Annual Meeting of the International Society for the Systems Sciences, (3) P.W.J. Edinburgh:Ledington.

Pimentel, D y Pimentel, M. (1996) *Food, energy and society*. Niwot, Colorado: University Press.

Pimentel, D. y Pimentel M. (2005). El uso de la energía en la agricultura. *LEISA. Revista de Agroecología*, 21 (1):6-8.

Sahlins, M. (1977). *Economía de la edad de piedra*. Madrid. Akal.

Steward, J. (1955). Theory of culture change: The methodology of multilineal evolution.

Urbana: University of Illinois Press.

Fuentes web consultadas:

<http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/energia-en-la-finca>.

<http://www.bp.com/content/energy-economics/statistical-review-2016>.

<http://www.ecodes.com>.

<http://www.erenovable.com>.

<http://www.greenfacts.org/es/ecosistemas>.

<http://www.iaea.org>.

<http://www.millenniumassessment.org>.

<http://www.noaa.gov> Administración Nacional Atmosférica y Oceánica de E.U.A. (NOAA).

<http://www.ren21.net>.

<http://www.revistaecosistemas>.