

La importancia de la Luz en nuestras vidas¹

Un repaso por la apasionante historia y relevancia
actual de la Óptica y la Fotónica

Apuntes de la Asignatura

Jesús Mirapeix Serrano

Grupo de Ingeniería Fotónica
Universidad de Cantabria



¹Asignatura enmarcada en el Programa Sénior de la Universidad de Cantabria.



Figura 1. Imagen de Stephen Hawking y Barack Obama. Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público <http://bit.ly/2gQK2Hv>

Queda prohibida, salvo excepción prevista por en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transforamción de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sgts. Código Penal).

La importancia de la Luz en nuestras vidas

Mirapeix Serrano, Jesús

© 2020 Jesús Mirapeix Serrano

Universidad de Cantabria

39005 Santander

LA IMPORTANCIA DE LA LUZ EN NUESTRAS VIDAS

Estructura del Curso

Este curso se ha dividido en un total de **8 capítulos** en los que se pretende introducir al alumno los conceptos principales de la óptica y la fotónica: desde el uso de las primeras lentes de aumento hasta el uso del láser en infinidad de dispositivos y aplicaciones hoy en día.

▶ **Capítulo 1: Evolución histórica de la Óptica y la Fotónica**

Por medio de personajes clave como Arquímedes, Newton o Einstein, recorreremos la apasionante historia de la evolución de la Óptica hasta llegar a la Fotónica, con la invención de los omnipresentes láser y fibra óptica.

▶ **Capítulo 2: ¿Qué es la luz? Ondas y Partículas**

De una manera sencilla y amigable trataremos de acercarnos a uno de los “misterios” que más han preocupado y ocupado a cientos de científicos de los últimos siglos: ¿Qué es la Luz? ¿Es la luz una onda o una partícula?

▶ **Capítulo 3: Sol, Luz y Vida: comprendiendo el funcionamiento del Sol y la fotosíntesis**

La vida en nuestro planeta no existiría de no ser por el Sol y la energía que nos brinda cada segundo. De igual manera, la fotosíntesis, o lo que es lo mismo, la conversión que realizan las plantas de materia inorgánica a compuestos orgánicos gracias a la energía de la luz.

▶ **Capítulo 4: Láser, fibra óptica y su importancia en la sociedad actual: internet**

Nuestra sociedad no sería la misma si, allá por 1958, no se hubiese inventado el láser y, posteriormente, la fibra óptica. Internet, el gran fenómeno de las comunicaciones que ha revolucionado nuestra vida, no es más que luz (láser) que viaja a través del mundo por fibra óptica. Revisaremos brevemente la invención del láser, de la fibra óptica y sus fundamentos básicos.

▶ **Capítulo 5: Midiendo el mundo a través de los fotones: de la biomedicina a la ingeniería civil**

La luz no sirve sólo para comunicarnos a gran velocidad por medio de internet. También puede valernos para aplicaciones de lo más variado: desde delimitar de manera precisa células cancerígenas hasta evaluar en tiempo real el estado de un puente o una presa. En este capítulo mostraremos brevemente algunos ejemplos significativos que nos ayuden a comprender mejor esta faceta “oculta” de la luz.

▶ **Capítulo 6: El fenómeno de la visión: funcionamiento del ojo humano y animal**

Este acercamiento al mundo de la luz no sería completo si no somos capaces de comprender como funciona uno de los elementos más increíbles del cuerpo humano: el ojo y el sentido de la visión. Además, veremos las diferencias existentes con el sentido de la visión de otros miembros del reino animal.

▶ **Capítulo 7: Últimos avances de la fotónica y perspectivas de futuro**

En este capítulo final revisaremos algunos de los avances más recientes en el mundo de la óptica y la fotónica. Del mismo modo, veremos cuáles son las perspectivas de futuro de un campo de conocimiento fundamental en la actualidad y, sin duda, en las próximas décadas.

► **Capítulo 8: Experimentos en casa**

Por último, se propondrán a los alumnos una serie de sencillos experimentos que permitirán interiorizar los conceptos explicados a lo largo del curso.

Índice general

| | |
|---|-----------|
| Índice general | 1 |
| 3. Sol, luz y vida: generando luz en las estrellas y la fotosíntesis | 2 |
| 3.1. De la <i>Era Oscura</i> a los millones de estrellas | 2 |
| 3.2. El Sol como fuente de energía | 3 |
| 3.2.1. El proceso de fusión: la energía de las estrellas | 4 |
| 3.3. Usando la energía del Sol: la leyenda de Arquímedes | 8 |
| 3.4. Generadores de Fusión: emulando la energía de las estrellas | 11 |
| 3.5. Fotosíntesis: convirtiendo la energía del Sol | 12 |
| 3.5.1. Factores que participan en la fotosíntesis | 12 |
| 3.5.2. Fases de la fotosíntesis | 13 |
| 3.5.3. Importancia de la fotosíntesis | 13 |
| 3.6. La fotosíntesis artificial | 15 |
| Índice de figuras | 17 |

CAPÍTULO 3

Sol, luz y vida: generando luz en las estrellas y la fotosíntesis

3.1. De la *Era Oscura* a los millones de estrellas

Todos sabemos que el Sol es la **principal fuente de energía** de nuestro planeta y por lo tanto de vida en la Tierra. Como sabemos, el Sol es una de las muchísimas estrellas que hay en nuestra galaxia: la Vía Láctea. De hecho, este número se estima que se encuentra entre los **200 y 400 mil millones de estrellas**: no está mal ¿verdad? Para centrarnos y tener una idea de las dimensiones de nuestra galaxia, basta decir con que **su anchura se estima en unos 100.000 años-luz**. Esto significa que, montados en una hipotética nave capaz de viajar a la velocidad de la luz en el vacío¹, tardaríamos la nada despreciable cifra de 100.000 años en recorrer de lado a lado nuestra galaxia: ¡está claro que pequeña no es!

La siguiente pregunta que se nos puede ocurrir es: ¿y **cuántas galaxias hay en el universo**? Los astrónomos se conforman con indicar que hay centenares de miles de millones. Conclusión: hay una cantidad inimaginable de estrellas en el universo que generan luz y energía y, con ello, la posibilidad de facilitar la existencia de vida en millones de mundos.

Ante esta realidad, una reflexión interesante surge del hecho de que, atendiendo a las teorías actuales del mundo de la astrofísica, nuestro universo vivió una etapa conocida como “Dark Ages” o “Era Oscura” en la cual ¡no había luz! En este periodo (hablamos de hace mucho, mucho tiempo, unos 380.000 años tras el Big Bang) aún no se habían formado las estrellas, por lo que, lógicamente, no había luz.

¹Como ya sabemos, la velocidad de la luz en el vacío es de $v = 300.000 \text{ m/s}$



Figura 3.1. Imagen de la galaxia espiral NGC 6744, muy similar a nuestra Vía Láctea. Fuente: Wikimedia <http://bit.ly/2zUeRm1>

Importante 1.1: A la caza de exoplanetas

En la actualidad existe un gran esfuerzo investigador por **encontrar planetas similares a la Tierra**, donde el ser humano podría vivir y donde incluso podría haberse desarrollado vida extraterrestre. Al margen de las técnicas empleadas para detectar la existencia de esos planetas^a, se considera que para que pueda haberse desarrollado vida en un planeta, éste debe estar situado dentro de la denominada **Distancia de Zona Habitable** (HZD: *Habitable Zone Distance*), que depende de la temperatura y luminosidad de su estrella asociada.

En este sentido es interesante recordar que Stephen Hawking, uno de los grandes científicos de nuestro tiempo, ha alertado sobre la necesidad de buscar otros planetas habitables para que la humanidad pueda sobrevivir^b

^aExisten varias decenas de exoplanetas detectados que son potencialmente habitables. Para más información: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Exoplanetas_confirmados_potencialmente_habituables

^bNoticia sobre Stephen Hawking en La Vanguardia: <http://bit.ly/2tMF40t>.

3.2. El Sol como fuente de energía

Está claro, sin nuestra estrella, el Sol, no habría vida en la Tierra, y tampoco habría (prácticamente) energía que pudiésemos emplear. De manera directa (energía solar fotovoltaica/térmi-



Figura 3.2. Imagen de Stephen Hawking y Barack Obama. Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público <http://bit.ly/2gQK2Hv>

ca/termoelectrica) o indirecta (energía eólica, hidráulica, derivada del mar, biomasa, etc.) el Sol es responsable de casi toda la energía que el ser humano puede generar/convertir/utilizar, tan sólo algunas excepciones, como la energía geotérmica, pueden ser consideradas como ajenas al Sol.

Cuestión 2.1: El Sol como fuente de energía

¿No estaremos exagerando? ¿Acaso tiene el **Sol** algo que ver con los **combustibles fósiles**? Busca información al respecto y responde **con tus propias palabras**.

En la Figura 3.3 tenemos una representación más exacta de las formas de energía renovable disponibles en la Tierra. Como se puede observar existe una dependencia fundamental del Sol, que aporta 5.4 millones de EJ (exa-julios = 10^{18} julios). Puede apreciarse como otros mecanismos no directamente asociados a la radiación del Sol, como las mareas (en el que el Sol tiene cierta influencia) o los fenómenos de convección en los volcanes, aportan cifras mucho más pequeñas en comparación.

3.2.1. El proceso de fusión: la energía de las estrellas

Sin tener que recurrir a explicaciones físicas somos conscientes de que el Sol genera una ingente cantidad de energía que nos llega en forma de radiación luminosa¹. Sin embargo, conocer el proceso responsable, en este caso la **fusión nuclear**, puede ser un primer paso en un intento de

¹Hablamos de luz en su denición más amplia, no sólo de luz en el espectro visible, sino también de radiación óptica en el ultravioleta (UV) e infrarrojo (IR)

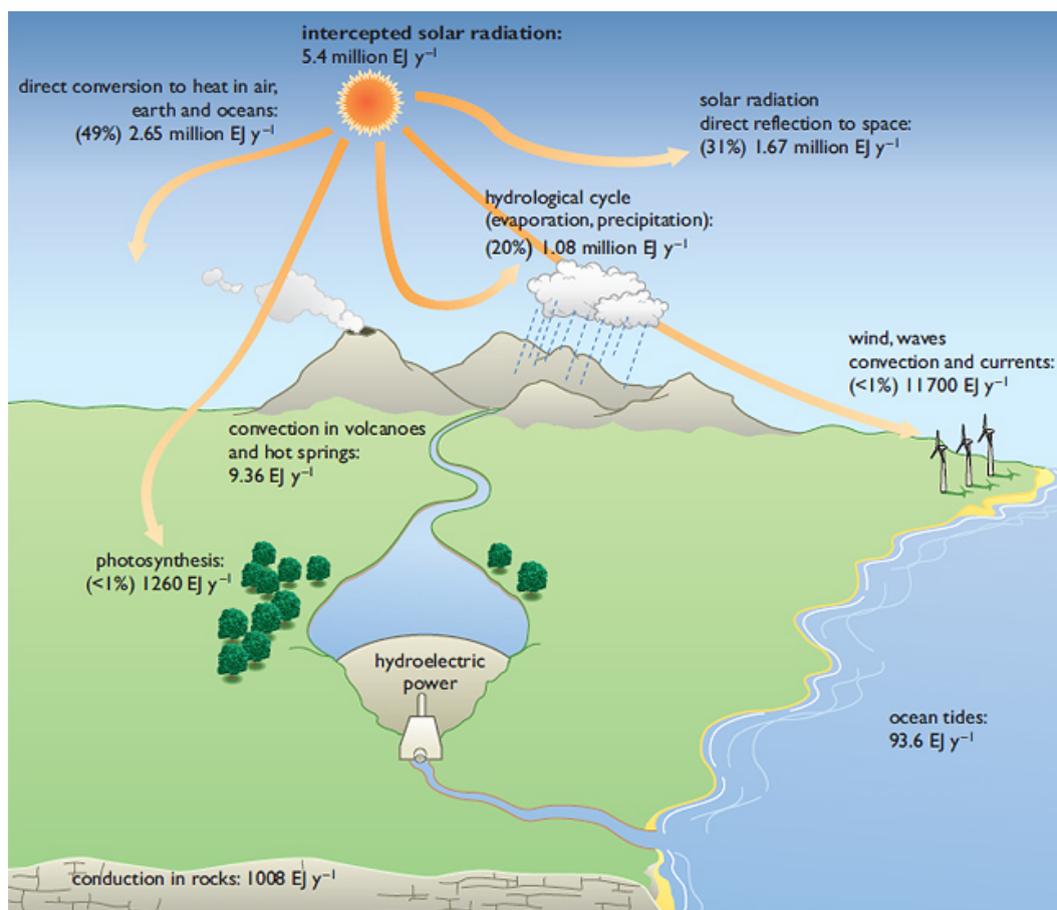


Figura 3.3. Esquema ilustrativo de la participación del Sol en la generación del recurso asociado a diferentes fuentes de energía. Fuente: http://www.open.edu/openlearn/ocw/pluginfile.php/411586/mod_oucontent/oucontent/12655/e788eacc/6634fd4b/renc_1_fig01wk1.jpg

replicar el mismo para obtener una poderosa fuente de energía renovable.

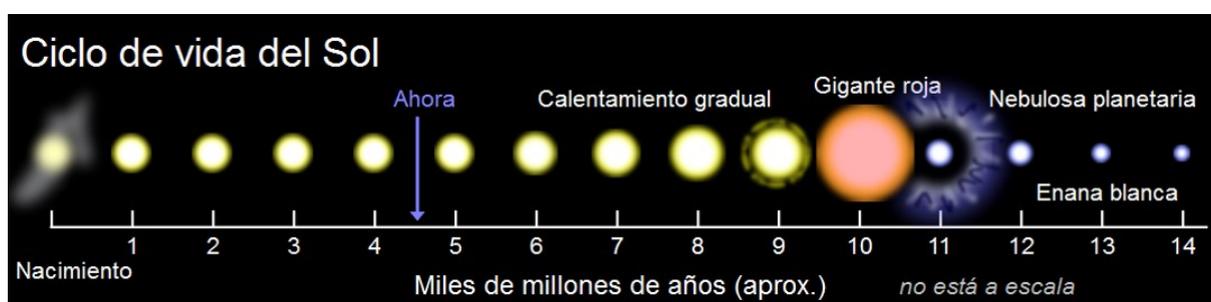


Figura 3.4. Evolución en la vida de una estrella y edad actual del Sol. Fuente: NACLE2 (Public Domain) https://es.wikipedia.org/wiki/Sol#/media/File:Solar_Life_Cycle_spa.svg

El Sol puede definirse como una gran bola de gas incandescente (un plasma), con un tamaño aproximado de un millón de veces el de la Tierra¹. El Sol tiene una edad de 4600 millones de años (ver Figura ??), lo que le sitúa aproximadamente a mitad de su ciclo de vida esperado.

¹La distancia del centro del Sol a su superficie es la equivalente a un viaje de ida y vuelta de la Tierra a la Luna

El Sol está fundamentalmente compuesto por hidrógeno (H, 73%) y Helio (He, 25%), con unas temperaturas estimadas de 5600°C en su superficie y 15 millones°C en su interior.

¿Cómo se genera la energía en el Sol? En el núcleo de una estrella la temperatura y la presión son tan grandes que las partículas (en este caso hablamos de los átomos de hidrógeno y helio) son aceleradas a velocidades tan altas que, cuando chocan entre ellas, se llegan a producir reacciones nucleares.

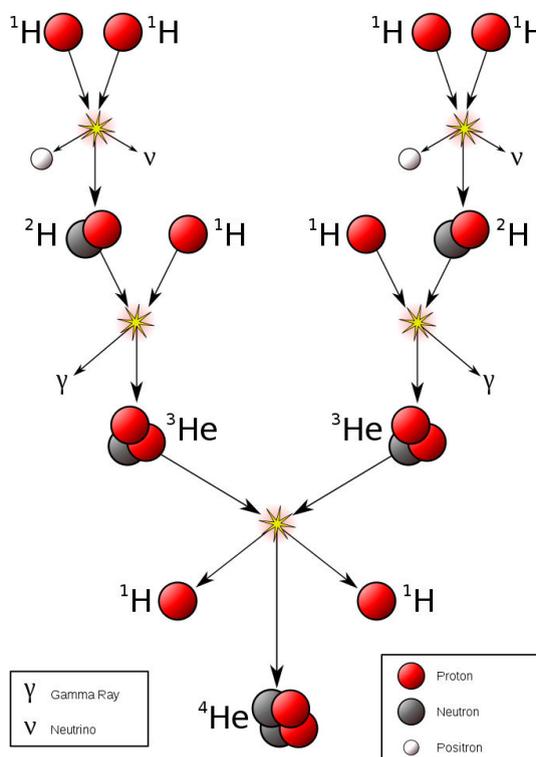


Figura 3.5. Representación esquemática del proceso de fusión nuclear en las estrellas. Fuente: Borb (CC BY-SA 3.0) https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fusion#/media/File:FusionintheSun.svg

En la Figura 3.5 tenemos un esquema de como se produce el **proceso de fusión nuclear**. La fusión nuclear desde un punto de vista simple puede entenderse como el proceso donde varios núcleos atómicos se unen para formar un núcleo más pesado, liberando además una gran cantidad de energía.

Cuestión 2.2: Fusión y Fisión Nuclear

En ocasiones los términos de **fusión y fisión nuclear** pueden confundirse. Ya sabemos que la fusión se refiere al proceso de generación de energía en las estrellas: **¿y la fisión?**

Busca información sobre este proceso y explica brevemente **con tus propias palabras** en qué consiste y en qué tipo de tecnología de generación de energía se emplea.

En el caso del proceso de fusión en el Sol, dos protones de hidrógeno se acercan lo suficiente como para que la interacción nuclear fuerte supere la repulsión eléctrica mutua. En este proceso

se forma Deuterio 2H que, posteriormente, al interactuar con otro protón proveniente de un átomo de hidrógeno, formará 3He liberando radiación en forma de rayos gamma. El proceso de fusión finaliza con la formación de 4He .

Pero, ¡un momento! ¿Estamos hablando de radiación de **rayos gamma**? Esto ¿no os suena mal?

Cuestión 2.3: Rayos gamma

¿Cómo es la energía y la longitud de onda de los **rayos gamma** en comparación con la radiación “visible”? Los rayos gamma, ¿en qué eventos del universo participan? ¿Se utilizan rayos gamma en la Tierra?

Afortunadamente para nosotros, la radiación que llega a la Tierra lo hace en forma de otras radiaciones: como bien sabemos en el rango visible, ultravioleta, infrarrojo, etc. ¿Por qué?

El fotón de rayos gamma, desde que se forma en el centro del Sol hasta que consigue escapar del mismo, puede tardar miles de años (algunos modelos lo cifran en ¡¡170.000!! años¹). Esto ocurre porque el fotón original, en su intento de escapar del Sol, se va encontrando con obstáculos (otras partículas) con las que choca, cambiando su dirección. En esos procesos los fotones van perdiendo energía hasta llegar niveles asociados con las regiones espectrales anteriormente comentadas.

¿Cuánta energía se genera en el Sol? Recurriendo a la famosa **ecuación de Einstein** que relaciona materia y energía, podemos encontrar una rápida respuesta a esta pregunta:

$$E = mc^2 \quad (3.1)$$

En la ecuación anterior E es la energía, m materia (masa) y c la velocidad de la luz en el vacío.

Para usar la ecuación anterior hay que tener en cuenta que en el Sol, en el proceso de fusión, se consumen **600 millones de toneladas de hidrógeno (por segundo)** para generar **596 millones de toneladas de He**. **¿Qué ocurre con las 4 millones de toneladas restantes?** En el proceso se han convertido en energía, así que sustituyendo en la ecuación anterior y empleando la constante c (velocidad de la luz), nos da un resultado de:

100.000.000.000.000.000.000 KWh de energía

La cifra anterior implica que, por segundo, en el Sol se genera una cantidad de energía superior al consumo mundial de energía en un año. Otra cosa es, por supuesto, como capturar y emplear esa energía de manera eficiente.

¹No confundir esta cifra con el tiempo que tarda un fotón en llegar desde la superficie del Sol a la Tierra: unos 8 minutos

Importante 2.1: Esfera de Dyson

Un concepto interesante en este sentido es el de la **esfera de Dyson**, que se refiere a una hipotética megaestructura, propuesta en 1960 por el físico Freeman Dyson, que serviría para, rodeando una estrella, aprovechar al máximo la energía generada por ésta.

Esta estructura, que supuestamente podría servir para detectar civilizaciones extraterrestres avanzadas, ha sido noticia en los últimos meses al haberse detectado una estrella (y recientemente una segunda) con un comportamiento (en sus patrones de luminosidad) para el que aún no se han encontrado teorías satisfactorias. Más información en: <http://www.sciencealert.com/researchers-just-found-a-second-dyson-sphere-star>.

3.3. Usando la energía del Sol: la leyenda de Arquímedes

En la actualidad, las energías renovables están experimentando un gran auge propulsado por diferentes situaciones, como el futuro agotamiento de los combustibles fósiles, el cambio climático o el incremento en el consumo energético a nivel global.



Figura 3.6. Centrales solares termoeléctricas PS10 y PS20 en Sevilla. Fuente: Wikimedia. Licencia: CC BY-SA 3.0 <http://bit.ly/2xNP8ei>

En los últimos años las energías renovables que dependen directamente del Sol han experimentado un gran auge. Hoy en día, la energía fotovoltaica es una de las principales tecnologías renovables, permitiendo la conversión de luz en energía eléctrica por medio de las células o paneles fotovoltaicos. Del mismo modo, la energía solar térmica, que usa la energía del Sol para el



Figura 3.7. Recreación de la supuesta defensa de Siracusa mediante un sistema de espejos diseñados por Arquímedes. Licencia: Dominio Público. Fuente: <http://irreductible.naukas.com/2009/11/27/el-rayo-de-arquimedes-de-siracusa-a-los-cazamitos/>.

calentamiento de líquidos como agua, o la energía solar termoeléctrica o CSP (Concentrating Solar Power / Energía Solar de Concentración) han ido tomando una mayor relevancia. España es el primer país por potencia instalada en la tecnología CSP, con grandes centrales en las que un gran número de espejos orienta la radiación del Sol a una torre donde se calienta un líquido que, posteriormente, es usado para generar energía eléctrica por medio de una turbina. En la Figura 3.6 se muestran las centrales CSP (termoeléctricas) PS10 y PS20 en Sevilla.

El uso por parte del hombre de la energía del Sol se remontan a la antigüedad, uno de los ejemplos más curiosos, precisamente muy cercano al concepto de la energía solar termoeléctrica, reside en la leyenda de la **defensa de Siracusa por parte de Arquímedes**.

Aunque el uso de espejos para cauterizar heridas y otros usos se remonta a épocas anteriores, se puede considerar a Arquímedes como uno de los “padres” de la energía solar térmica/termoeléctrica. Arquímedes es considerado uno de los científicos más importantes de la antigüedad, con aportaciones relevantes en el cálculo integral, el cálculo del número π , la explicación de la polea compuesta o la ley de la hidrostática, por mencionar algunos ejemplos.

Según la leyenda Arquímedes trató de defender su ciudad Siracusa del ataque de los romanos con un **sistema de grandes espejos capaces de concentrar la energía del Sol y quemar los barcos romanos**, aunque la veracidad de esta historia no está muy clara. Este supuesto sistema (que, de existir, no fue muy exitoso ya que Siracusa sucumbió al ataque, muriendo Arquímedes a manos de un soldado romano) ha tratado de ser replicado en múltiples ocasiones: desde el programa “Ca-

zadores de mitos”¹ al mismísimo MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts)², con resultados diversos.

Cuestión 3.1: Arquímedes y el ¿“Rayo de la Muerte”?

¿Crees que fue real el “rayo de la muerte” de Arquímedes?

Investiga (con los recursos bibliográficos que consideres necesarios) la supuesta veracidad de este episodio histórico y discute (**con tus propias palabras**) si crees que fue técnicamente viable la utilización de espejos para quemar las naves romanas.

Importante 3.1: Heliodysee

Heliodysee es un centro de información abierto al público y situado en Francia, en el departamento de los Pirineos Orientales. El centro gira entorno al Gran Horno Solar de Odeillo, compuesto por una serie de espejos que reflejan la radiación del Sol sobre una segunda superficie de espejos que, finalmente, concentran la radiación sobre un objetivo de unos 40 cm de diámetro (con una concentración equivalente de unos 10.000 soles). La historia de este centro es curiosa y se remonta al uso de un espejo con fines antiaéreos (imitando la famosa (y supuesta) defensa de Siracusa por parte de Arquímedes). Posteriormente se construyó el gran horno entre 1962-68, sirviendo como punto clave en la investigación para las actuales centrales termosolares.



Figura 3.8. Imagen del Horno Solar de Odeillo en Francia. Licencia: CCO Creative Commons. Fuente: <https://pixabay.com/es/horno-solar-odeillo-odeillo-francia-921116/>.

¹<https://youtu.be/kAWBvZcBZOU>

²http://web.mit.edu/2.009/www/experiments/deathray/10_ArchimedesResult.html

3.4. Generadores de Fusión: emulando la energía de las estrellas

En la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan al ser humano una generación energética sostenible, más allá de los combustibles fósiles, destaca especialmente el proyecto de desarrollar generadores de fusión nuclear. Se trataría, por tanto, de emular el proceso de generación de energía de las estrellas en nuestro planeta, por medio de pequeñas centrales que dispondrían de un potencial energético limpio e inmenso, sólo necesitando hidrógeno como fuente de energía.

El proyecto de este tipo de centrales, ejemplarizado por el proyecto ITER, es extremadamente complejo desde el punto de vista técnico y supone un auténtico reto científico. Hay que pensar que, por ejemplo, se necesitan materiales que puedan confinar el plasma (gas ionizado) que se generará a temperaturas altísimas (150 millones de °C).

El proyecto ITER toma forma el 24 de mayo de 2006 con sus siete socios originales: Unión Europea, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur, India, Rusia y China. La sede se estableció finalmente en Francia (Cadarache), asumiendo la UE un 40% de la financiación total del proyecto, y Francia y el resto de socios un 10% cada uno. Si bien la inversión (que se estima en unos 14000 millones de euros) es enorme, el avance del proyecto es lento y no se esperan hitos significativos hasta al menos 20 o 30 años.

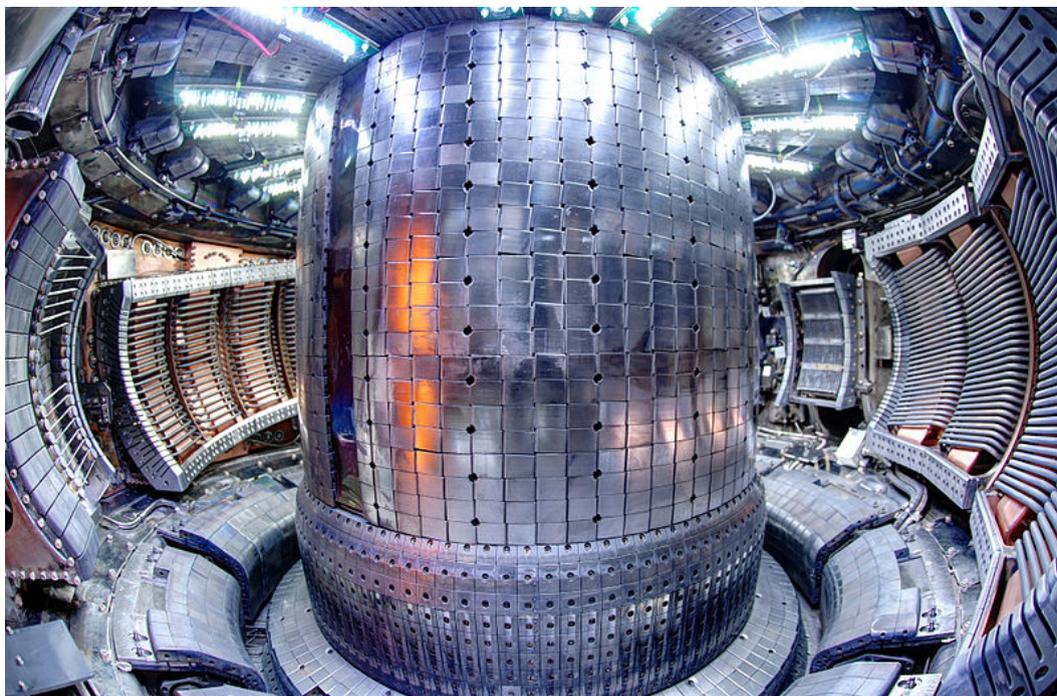


Figura 3.9. Imagen del interior de un prototipo de generador de fusión, en concreto del Alcator C-Mod (proyecto del MIT Plasma Science and Fusion Center. Licencia: CC-BY-SA 3.0. Fuente: <http://bit.ly/2hx6t1s>).

3.5. Fotosíntesis: convirtiendo la energía del Sol

Como ya se ha comentado, la existencia de una estrella cercana (en concreto, en un rango de distancias específico en función de su energía y de otros factores) es condición indispensable para la existencia de vida tal y como la conocemos. En nuestro caso el Sol es fundamental para que exista vida en nuestro planeta Tierra. Sin embargo, otros fenómenos como la **fotosíntesis** son también claves en este sentido.

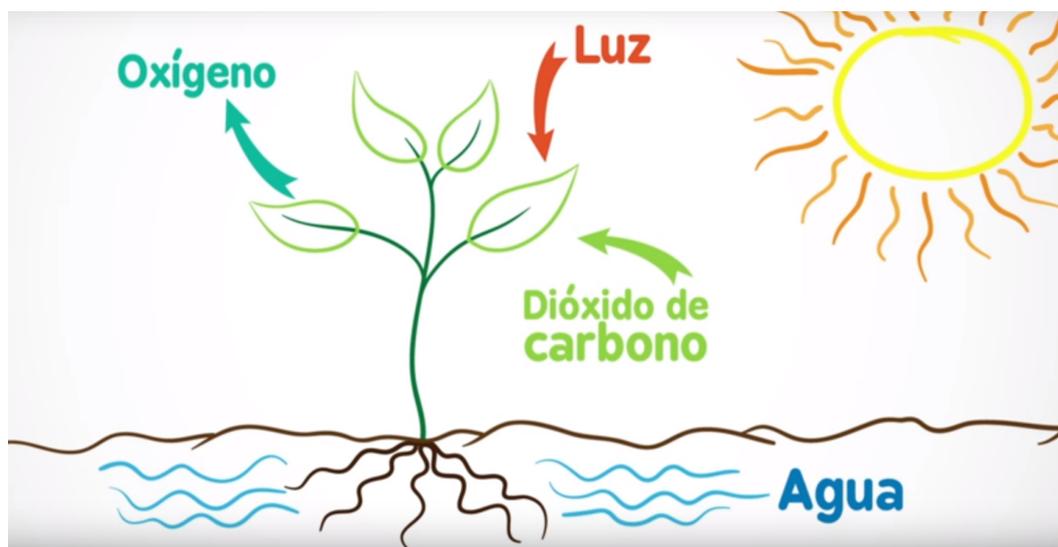


Figura 3.10. Ilustración del fenómeno de la fotosíntesis. Licencia: YouTube Estándar. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=vBGGVU2DIDo>.

La palabra **fotosíntesis** proviene de los términos griegos: *photos* (luz) y *syn-thesis* (formación de compuestos). Básicamente se trata de un proceso en el que las plantas, aprovechando la energía del Sol, generan su propia comida en forma de azúcares. Para ello, al margen de la luz solar, las plantas necesitan también agua, minerales y CO₂.

3.5.1. Factores que participan en la fotosíntesis

Como ya se ha comentado, **la luz** es un elemento clave en el proceso. Pero, **¿qué luz es la que realmente se emplea en el proceso?** Sabemos que la luz del Sol (luz blanca) se puede descomponer en sus diferentes componentes o colores, tal y como ocurre con el arco iris. Entonces: ¿todos los colores son empleados por igual en el proceso? La respuesta nos la da el propio color de las plantas.

Efectivamente, las plantas son de color verde así que, ¿será la luz verde la clave en el proceso? Pues la respuesta es negativa, ya que cuando apreciamos un objeto de un determinado color, lo que está haciendo esa superficie, tejido, etc. es precisamente reflejar ese color (esas longitudes de onda), por lo que precisamente el verde no es usado en las plantas para la fotosíntesis, sino que es reflejado por éstas y, lógicamente, no usado.

Además de la luz, para la fotosíntesis son fundamentales **el agua y el dióxido de carbono (CO₂)**, elementos con los que se puede producir la síntesis de los hidratos de carbono (CH₂O). La **temperatura** ambiente también juega un papel importante en el proceso, considerándose éste viable entre 0 y 50°C. Además, la **concentración de CO₂** también puede jugar un papel importante, ya que a mayor concentración de este gas, mayor será el rendimiento del proceso.

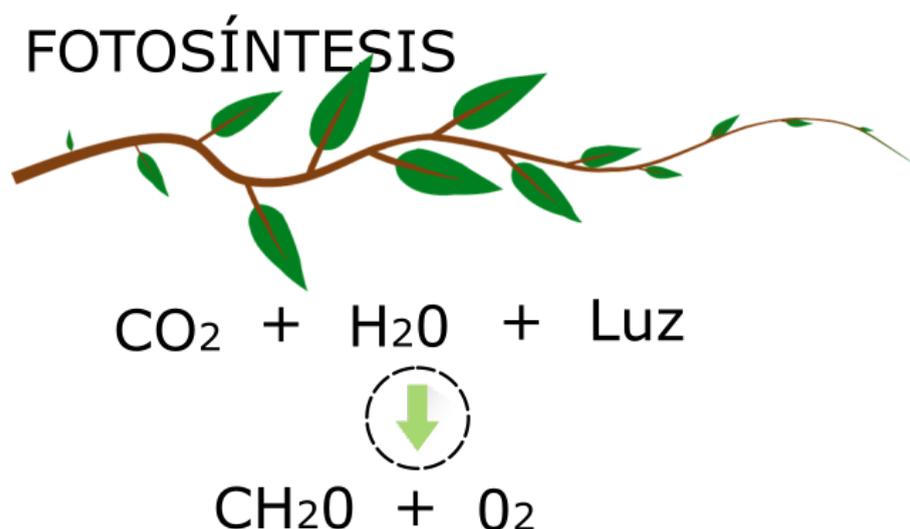


Figura 3.11. Representación esquemática del proceso de fotosíntesis. Licencia: Elaboración propia.

3.5.2. Fases de la fotosíntesis

La fotosíntesis se suele descomponer en dos fases: la fase fotoquímica (también conocida como fase “luminosa”) y la fase de fijación del CO_2 .

En la fase fotoquímica el elemento clave es la energía aportada por la luz, que es capturada por medio de los pigmentos, fundamentalmente la clorofila¹. Los fotones absorbidos excitarán a los electrones de la clorofila, generando una cierta corriente eléctrica que será fundamental en el proceso.

En la fase de fijación del CO_2 la energía obtenida en la fase anterior se emplea para generar materia orgánica desde materia inorgánica. La fuente de carbono del proceso es el CO_2 .

En términos generales, la fotosíntesis se lleva a cabo en las hojas de las plantas, en particular en los **cloroplastos**: estructuras de color verde (debido a la clorofila) características de las células vegetales.

3.5.3. Importancia de la fotosíntesis

Resulta obvio que la fotosíntesis ha sido un proceso clave para el desarrollo de la vida (tal y como la conocemos hoy) en nuestro planeta. Nuestra atmósfera original era muy rica en CO_2 , vapor de agua y nitrógeno, pero no tanto en oxígeno. Curiosamente, los primeros organismos vivos de nuestro planeta no necesitaban el oxígeno para sobrevivir. Esto cambió cuando el proceso de fotosíntesis comenzó en nuestro planeta por medio de algunas bacterias, aumentando así paulatinamente el nivel de oxígeno.

Hay que tener en cuenta también el papel fundamental de las plantas y la fotosíntesis en la fijación del CO_2 atmosférico. Es por ello por lo que fenómenos que acaban con grandes superficies forestales, como los incendios, son tan preocupantes desde el punto de vista del cambio climático.

¹Algunas algas marinas funcionan en base a otros pigmentos y sí son capaces de aprovechar la luz verde

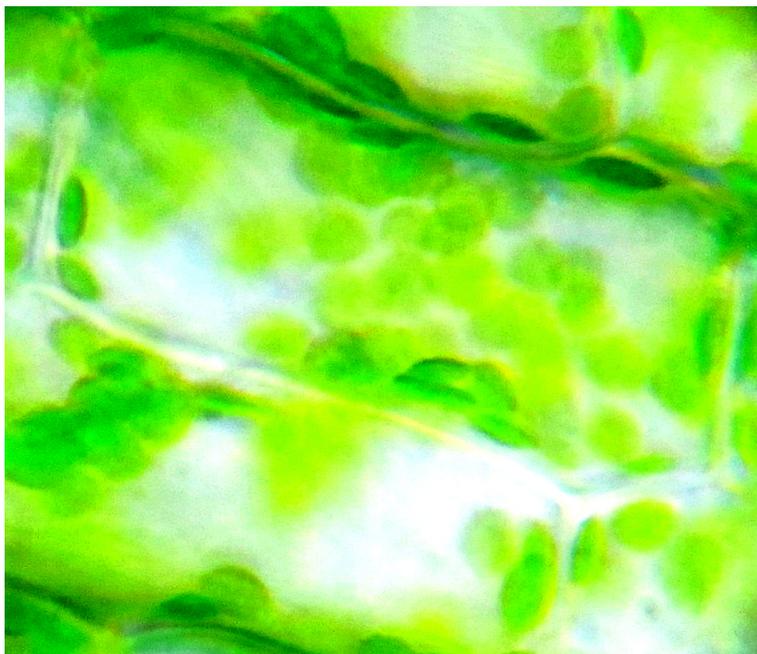


Figura 3.12. Imagen con un aumento de x400 que permite observar los cloroplastos de la Elodea (planta acuática). Fuente: Flickr. Licencia: CC-BY-SA 2.0.

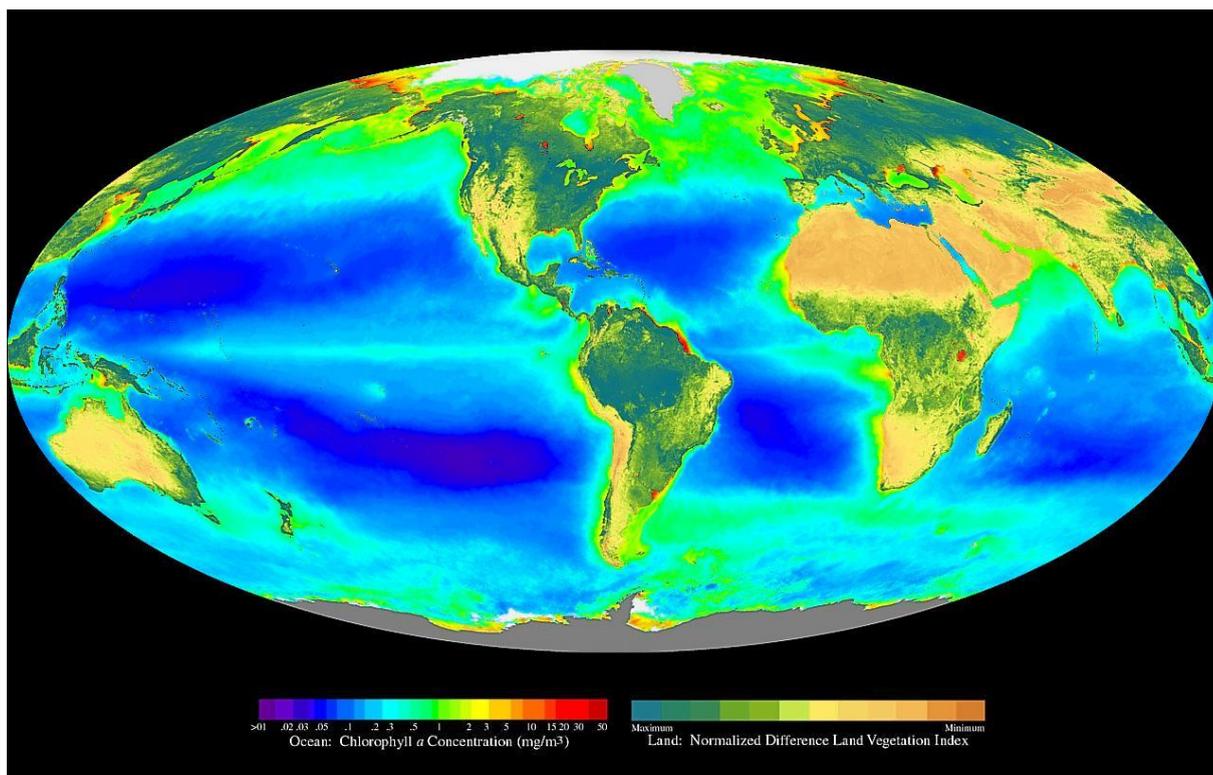


Figura 3.13. Distribución de la fotosíntesis en la Tierra (incluyendo la llevada a cabo por el fitoplancton en los océanos). Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público. <http://bit.ly/2z6x6b8>

3.6. La fotosíntesis artificial

Al igual que el ser humano está tratando de replicar el proceso de fusión nuclear en las estrellas con proyectos como el ITER, en la actualidad hay muchos esfuerzos investigadores centrados en la consecución de dispositivos que permitan llevar a cabo la **fotosíntesis artificial**.

Al igual que una célula fotovoltaica es capaz de convertir la luz del Sol en corriente eléctrica, la fotosíntesis artificial se basa en células solares capaces de replicar el proceso de fotosíntesis, esto es, de convertir agua, CO₂ y luz en energía, por ejemplo en **hidrógeno**.

En la actualidad hay varios proyectos de investigación que buscan hacer realidad este concepto, como el A-LEAF financiado por la comunidad europea y liderado por un grupo de investigación español¹.

Cuestión 6.1: Fotosíntesis Artificial

Busca información sobre proyectos en marcha centrados en la fotosíntesis artificial.

¿Cuál es su grado de madurez?

¿Crees que se trata de una tecnología con posibilidades de éxito en el futuro cercano?

¹<http://bit.ly/2iW6mUd>

Índice de figuras

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Imagen de Stephen Hawking y Barack Obama. Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público http://bit.ly/2gQK2Hv | ii |
| 3.1. | Imagen de la galaxia espiral NGC 6744, muy similar a nuestra Vía Láctea. Fuente: Wikimedia http://bit.ly/2zUeRm1 | 3 |
| 3.2. | Imagen de Stephen Hawking y Barack Obama. Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público http://bit.ly/2gQK2Hv | 4 |
| 3.3. | Esquema ilustrativo de la participación del Sol en la generación del recurso asociado a diferentes fuentes de energía. Fuente: http://www.open.edu/openlearn/ocw/pluginfile.php/411586/mod_oucontent/oucontent/12655/e788eacc/6634fd4b/renc_1_fig01wk1.jpg | 5 |
| 3.4. | Evolución en la vida de una estrella y edad actual del Sol. Fuente: NACLE2 (Public Domain) https://es.wikipedia.org/wiki/Sol#/media/File:Solar_Life_Cycle_spa.svg | 5 |
| 3.5. | Representación esquemática del proceso de fusión nuclear en la estrellas. Fuente: Borb (CC BY-SA 3.0) https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fusion#/media/File:FusionintheSun.svg | 6 |
| 3.6. | Centrales solares termoeléctricas PS10 y PS20 en Sevilla. Fuente: Wikimedia. Licencia: CC BY-SA 3.0 http://bit.ly/2xNP8ei | 8 |
| 3.7. | Recreación de la supuesta defensa de Siracusa mediante un sistema de espejos diseñados por Arquímedes. Licencia: Dominio Público. Fuente: http://irreductible.naukas.com/2009/11/27/e1-rayo-de-arquimedes-de-siracusa-a-los-cazamitos/ . 9 | 9 |
| 3.8. | Imagen del Horno Solar de Odeillo en Francia. Licencia: CCO Creative Commons. Fuente: https://pixabay.com/es/horno-solar-odeillo-francia-921116/ . 10 | 10 |
| 3.9. | Imagen del interior de un prototipo de generador de fusión, en concreto del Alcator C-Mod (proyecto del MIT Plasma Science and Fusion Center. Licencia: CC-BY-SA 3.0. Fuente: http://bit.ly/2hx6t1s | 11 |
| 3.10. | Ilustración del fenómeno de la fotosíntesis. Licencia: YouTube Estándar. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=vBGGVU2DIDo | 12 |
| 3.11. | Representación esquemática del proceso de fotosíntesis. Licencia: Elaboración propia. 13 | 13 |
| 3.12. | Imagen con un aumento de x400 que permite observar los cloroplastos de la Elodea (planta acuática). Fuente: Flickr. Licencia: CC-BY-SA 2.0. | 14 |

3.13. Distribución de la fotosíntesis en la Tierra (incluyendo la llevada a cabo por el fitoplancton en los océanos). Fuente: Wikimedia. Licencia: Dominio Público. <http://bit.ly/2z6x6b8> 14