



CLIMANTOPÍA: EL LIBRO ESCOLAR

Francisco Sónora Luna Aitor Alonso Méndez Antonio García Vinuesa

CLIMANTOPÍA: EL LIBRO ESCOLAR

AUTORES

- › **Francisco Sóñora Luna (Coordinador)**
Universidade de Santiago de Compostela
- › **Aitor Alonso Méndez**
Universidade de Santiago de Compostela
- › **Antonio García Vinuesa**
Universidade de Santiago de Compostela

MAQUETACIÓN

- › **Teresa Neves**
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Universidade de Aveiro

TRADUCCIÓN

- › **Carmen Marques**
Fábrica Centro Ciência Viva de Aveiro
Universidade de Aveiro

FOTOGRAFÍA

- › **Pedro García Losada**
- › **Juan Louro Cambeiro**
- › Plataformas Pixabay, Freepik y Google Earth

ILUSTRACIÓN

- › **Jorge Villanueva**
- › **Alba Vázquez**

Exención de responsabilidad

El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

Edita:

Edicións USC

Campus Vida

15782 Santiago de Compostela

ISBN 978-84-19679-95-6

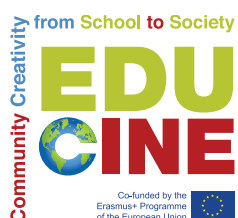
usc.gal/publicacions

DOI: <https://dx.doi.org/10.15304/9788419679956>

EduCinema Clima Tour Action:

*Creatividad Colectiva y Educación Comunitaria en la Alfabetización
Cinematográfica para un Turismo de Acción por el Clima*

Referencia: 2020-1-ES01-KA227-SCH-096314



1. Estudiamos el origen del cambio climático desde la escena de Polonia	6
1.1. El origen de la combustión del carbón desde la crisis de la madera	6
1.2. La obtención del acero mediante la combustión de carbón	15
1.3. La extensión de la combustión con los vectores energéticos del siglo XX	18
2. Cambio climático y ecosistemas marinos desde las escenas de los oceanarios de Lisboa y de A Coruña	29
2.1. ¿En qué puede afectar el cambio climático al aumento del nivel del mar?	29
2.2. ¿Por qué el calentamiento del océano debido al cambio climático pone en peligro la productividad oceánica?	40
2.3. La subida del nivel del mar y sus consecuencias en Europa: efectos sobre el turismo	43
2.4. Efectos sobre la biodiversidad marina europea. Consecuencias en especies invasoras y en las pesquerías del NE, SW e islas subtropicales	47
3. El cambio climático en la fertilidad del suelo y en los ecosistemas forestales desde las escenas de los eucaliptos y los incendios en Galicia	52
3.1. El suelo y los bosques como sumideros de dióxido de carbono	52
3.2. Relación de los incendios con el cambio climático y sus efectos en las propiedades edáficas	57
3.3. Buenas prácticas para retener el carbono en el suelo, mejorar la fertilidad y disminuir los efectos de los incendios	68
4. Transición energética desde las escenas de Canarias y de Polonia	74
4.1. La transición energética en Europa	74
4.2. La producción de electricidad mediante el uso de energía hidráulica y su incierto futuro en la transición energética europea	79
4.3. La energía eólica en la transición energética europea	82
4.4. La energía solar en la transición energética europea	85

4.5. El presente y el futuro de la energía marina, de la geotérmica y de los biocombustibles	88
4.6. Potencial del hidrógeno como nuevo vector de la transición energética	93
5. Urbanismo y turismo de acción por el clima	97
5.1. El urbanismo como disciplina científico-técnica	97
5.2. Carta de Leipzig sobre ciudades europeas sostenibles	103
5.3. Turismo y cambio climático	115
Referencias	118

1.1. EL ORIGEN DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN DESDE LA CRISIS DE LA MADERA

En la escena final de la película “*Cinema Climantopía*”, se visualiza la proyección del vídeo “*Un futuro sin carbono*” por el que se otorga a los estudiantes de Polonia el premio de la cumbre de cortometrajes escolares que la UNESCO celebró en Canarias. En ese vídeo se visualiza una central térmica activa con emisiones en la que los protagonistas analizan las consecuencias de esas emisiones, que están relacionadas con el inicio del cambio climático, con importantes repercusiones todavía en las emisiones de gases efecto invernadero.



Imagen 1: Fotograma del cortometraje “Un futuro sin carbono” en el que se visualiza al fondo una central térmica con dos grandes chimeneas emitiendo gases efecto invernadero.

El carbón en Polonia es un combustible muy usado para obtener electricidad, pero también en usos industriales e incluso en las calefacciones de los edificios. Este uso ha sido importante en Europa desde la revolución industrial, especialmente en la zona Norte de Europa, más industrial y fría en invierno que la zona Sur de la Península Ibérica. En esta región del NE de Europa en la que se ubica Polonia la transición ecológica con la que está comprometida la Unión Europea va más lenta de lo que se ambiciona. Sin embargo, se van cerrando centrales térmicas, en especial las más próximas a las poblaciones. El vídeo recoge el cierre de la central térmica actualmente situada en el núcleo urbano de Lodz para construir un centro cultural y una de las principales plazas de encuentro social de la ciudad. Con este cierre, además de cesar la contaminación del aire de la ciudad de Lodz, se permitió ubicar allí el planetario, el centro de ciencia y tecnología, un museo y un centro de arte contemporáneo. A través del uso de estas instalaciones y de la organización de exposiciones, eventos artísticos en su interior y de diversas actividades en la plaza, se convirtió en un símbolo del desarrollo de Lodz y en un motor del desarrollo cultural y turístico de la ciudad.

CAPÍTULO 1: ESTUDIAMOS EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA ESCENA DE POLONIA



Imagen 2: Fotograma del cortometraje “Un futuro sin carbono.”

Responde con lo que sabes ahora:

1. Busca información de centrales térmicas próximas a tu ciudad que estén activas e indica si hay planes para su cierre. En ese caso, expresa pasos que ya se han dado desde la minería para obtener carbón hasta las modificaciones que han tenido lugar para hacer frente a los efectos negativos de emisiones.
2. Busca información sobre alguna central térmica que cesara su uso en tu país como ha ocurrido con la central térmica del cortometraje, actualmente integrada en el núcleo urbano de Lodz. Expresa las estrategias que se han seguido para integrar sus minas y sus instalaciones en otros tipos de usos, tal y como se ha hecho con esta central polaca. Si no encuentras usos alternativos, haz propuestas que puedan ser atractivas y útiles a la población, en coherencia con las características del entorno en el que está situada.

¿Qué relación puede tener la aparición del uso del carbón con la crisis de la leña?

La energía hidráulica permitiría a finales del siglo XI, mediante una nueva innovación tecnológica que asociaba el movimiento de una rueda hidráulica impulsado por los saltos de agua, que a su vez generaba golpes de una maza sobre la mezcla de cenizas de madera con hierro fundido, la mejora de la forja del acero. Con la introducción del agua para golpear el acero en el proceso de forja, se liberó a la energía humana de los golpes en las forjas para conseguir la aleación del carbono con el hierro. Esta nueva tecnología facilitaba la mezcla de brasas de carbón vegetal incandescente con el hierro fundido. Esta mejora en el golpeo aprovechando la energía hidráulica permitió conseguir así acero más resistente y ligero

en cantidades mucho más importantes que en las forjas manuales, que funcionaban desde la transición del bronce al acero que se sitúa aproximadamente en unos 1.500 años a.C.

Con esta tecnología se mejoró y amplificó el uso del acero y eso motivó el impulso de una incipiente industria del acero vinculado a saltos de agua y alimentada de la madera como materia prima y fuente de energía. Por ese motivo los bosques que rodeaban a esas nuevas forjas hidráulicas fueron deforestados para posibilitar la obtención de acero en esas forjas hidráulicas.



Imagen 3: Representación de los dos procesos claves en la industria de la forja hidráulica: golpeo de la maza sobre la aleación de carbono y hierro y obtención del carbón vegetal mediante combustión y del hierro fundido.

A su vez la superficie deforestada fue aprovechada para generar nuevos campos de cultivo que se necesitaban en una población en aumento. Esto se vio facilitado también por el acero, puesto que en esa época se ideó el arado de hierro transversal que permitía labrar con más eficacia que el antiguo arado de madera romano, pudiendo arrancar incluso tocónes de los árboles cortados. La extensión del uso del arado de hierro dio lugar a lo que en la Historia de Europa es conocido por algunos autores como la primera revolución industrial, que supuso una auténtica revolución agrícola en Europa en el sentido de un aumento de los cultivos con un aumento en paralelo de la población.

Ese contexto histórico de un desarrollo agrícola en paralelo a la extensión de la obtención de acero mediante la forja hidráulica, sumado a los procesos de desarrollo de flotas y equipamientos para la conquistas de los países europeos en América llevó a que en los siglos XV y XVI la madera, que era la base energética de Europa, empezara a escasear como resultado de lo se puede entender como la primera gran crisis industrial.



Imagen 4: Fotografía de un arado.



Imagen 5: Representación de la deforestación de un bosque para alimentar la forja hidráulica y proceso de transformación de la superficie deforestada en un campo de cultivo mediante el uso del arado de hierro.

Según lo visto hasta ahora sobre el arado de hierro responde:

1. Los terrenos de cultivo de la Europa occidental son más pesados que los de Europa oriental. Explica las diferencias en función de la retención del agua teniendo presente el porcentaje de arcillas, la temperatura y las precipitaciones de ambas regiones.
2. El arado de hierro tuvo más éxito en la Europa occidental que en la oriental. ¿Qué razones se te ocurren teniendo en cuenta la respuesta de la actividad anterior?
3. La etapa conocida como primera revolución industrial dejó una importante ampliación de la superficie de cultivo en la Europa occidental. Aplica las respuestas de las dos actividades para explicarlo.

La madera se convirtió en la materia universal de la economía anterior a la revolución industrial porque de ella dependía la industria. Pero, al mismo tiempo, las máquinas de la industria eran igualmente de madera, así como las embarcaciones que también aumentaban para satisfacer las expediciones de ultramar. En aquella época, la madera jugaba el papel que desempeñan hoy día los metales en la industria y al mismo tiempo ocupaba el espacio que hoy ocupan los combustibles fósiles. Por eso la madera no solo se consumió por necesidad directa como materia prima de la industria de la forja y fundición, sino que también se usó de forma indirecta en la minería, en la navegación, en las vigas para entibar las galerías de las minas y para construir carros de madera que transportaban el mineral.

Con las expediciones de ultramar desarrolladas se impulsó la fabricación del barco de tres palos que permitía hacer viajes oceánicos de altura gracias a los cuales se pudo buscar recursos en otros lugares. El crecimiento de esta flota consumió cantidades ingentes de madera. Al mismo tiempo, y sobre todo con el descubrimiento de América, el desarrollo de armamento que requería de aceros ligeros y resistentes potenció la forja hidráulica. Por eso, aunque la tala de bosques para el cultivo disminuyó considerablemente la cantidad de madera disponible, la crisis definitiva se desencadenó como consecuencia del aumento de la producción de hierro y de la construcción de buques.

Este abuso de la madera motivó que en ciudades con inviernos duros fríos y húmedos, como Newcastle, aumentasen las muertes por congelación por falta de leña para calentarse. Para afrontar esta crisis, el rey de Inglaterra autorizó la extracción de carbón como fuente de energía alternativa. Esta crisis fue incrementándose y extendiéndose a otras regiones. Así, en el siglo XV, el papa Pío II dejó escrito que, durante una visita a Escocia, le había sorprendido ver, a las puertas de las iglesias, hileras de gente que recibían como limosna fragmentos de una piedra negra, refiriéndose al carbón.

Ese carbón fue autorizado por el rey para cubrir las necesidades de supervivencia porque, aunque se conocía su potencial calorífico, era tratado con desprecio, como una fuente de energía de calidad inferior, por ser sucio y producir mucha contaminación. Además era poco asequible mientras no se desarrolló una minería adecuada para su extracción.



Imagen 6: Representación de personas que están recogiendo el carbón para suplir la ausencia de leña.

Según lo visto hasta ahora sobre el uso del carbón:

1. Comenta el texto que recoge parte de un relato del Papa Pío II en relación a su visita a Escocia: “[...] Recibían como limosna trozos de una piedra negra con los que se retiraban satisfechos. Esta especie de piedra la queman en lugar de la madera, de la que su país está desprovista.”
2. Comenta la frase enunciada por Edmund Howes en 1631 teniendo presente la respuesta anterior: “Los habitantes se ven obligados a hacer fuego con carbón de turba y hulla, incluso en las cámaras de personajes honorables.”
3. Compara 1 kg carbón con un 1 kg madera en cuanto a su disponibilidad, facilidades para conseguirlos, emisiones y capacidad calorífica que proporcionan. En base a esta comparación ¿Qué sentido tiene el cambio en Gran Bretaña de la combustión de la leña al carbón?

¿Cómo se solventaron las dificultades para conseguir el carbón como la solución de la crisis de la madera?

Para conseguir el carbón se recurrió a las minas. Estas cada vez se hacían más profundas para buscar una roca de esta utilidad en esas regiones de duros inviernos de Gran Bretaña. A medida que se hizo necesario perforar minas más profundas para extraer el carbón fue resultando más difícil ventilar pozos y elevar carbón a la superficie. La dificultad de la extracción del carbón por la profundidad que fueron alcanzando las minas a lo largo del siglo XVII se vio agravada con la entrada de agua procedente de la capa freática o de aguas subterráneas profundas, que se iba infiltrando a través de las grietas. Esto supuso que, además de necesitar extraer el carbón hacia la superficie, fuese necesario extraer también el agua que se infiltraba hacia las galerías. Todos estos problemas derivados de la extracción del carbón a más profundidad exigieron soluciones tecnológicas que se resolvieron con la invención de la bomba de vapor. Esta innovación tecnológica supondría la primera máquina de vapor en el que la presión de vapor de agua generado por combustión en calderas hacía mover las poleas que generaban el ascenso.

Las primeras bombas de vapor funcionaban con leña. Con el paso del tiempo, a medida que se fueron cortando árboles próximos a las zonas de uso de estas máquinas de vapor, la crisis de la leña generó el paso al uso de la combustión del carbón para generar vapor de agua. Con esta invención el carbón pasó a ser accesible en la superficie en cantidades importantes para su consumo y se impulsó su comercialización a otras zonas de Gran Bretaña. En principio esta distribución se hizo en carros tirados por caballos. Pero este transporte se vio seriamente dificultado con los suelos embarrados derivados de los inviernos lluviosos propios de esa región. La necesidad de mejorar el transporte del carbón llevó a la invención de la locomotora de vapor y de la vía férrea primero, y al barco de vapor después que permitieron extender la máquina de vapor de las bombas, inicialmente usadas para la extracción de carbón, a los sistemas de transporte.

El ferrocarril, que representó una innovación tecnológica importante, ya en el siglo XIX empezó a utilizarse masivamente para el transporte de pasajeros. Eso supuso que las ciudades se fueran uniendo mediante vías de ferrocarril, convirtiéndose así estas vías en una prolongación de la mina de carbón que posibilitan el acceso del carbón a los diferentes puntos de demanda que iban aumentando a medida que se aceleraba la revolución industrial derivada del uso industrial de este combustible fósil. Como el coste del transporte del mineral aumentaba con la distancia, las indus-

trias pesadas tendieron a concentrarse cerca de las vetas carboníferas. Durante este siglo también se puso en funcionamiento el barco de vapor, que fue aumentando progresivamente de tamaño, de tal manera que en 1858 ya navegaba el Great Eastern, conocido como “monstruo del Atlántico”, de 691 pies de largo, 22 500 toneladas brutas y 1600 CV desarrollados por sus motores con hélices y 1000 CV en sus ruedas de paletas.

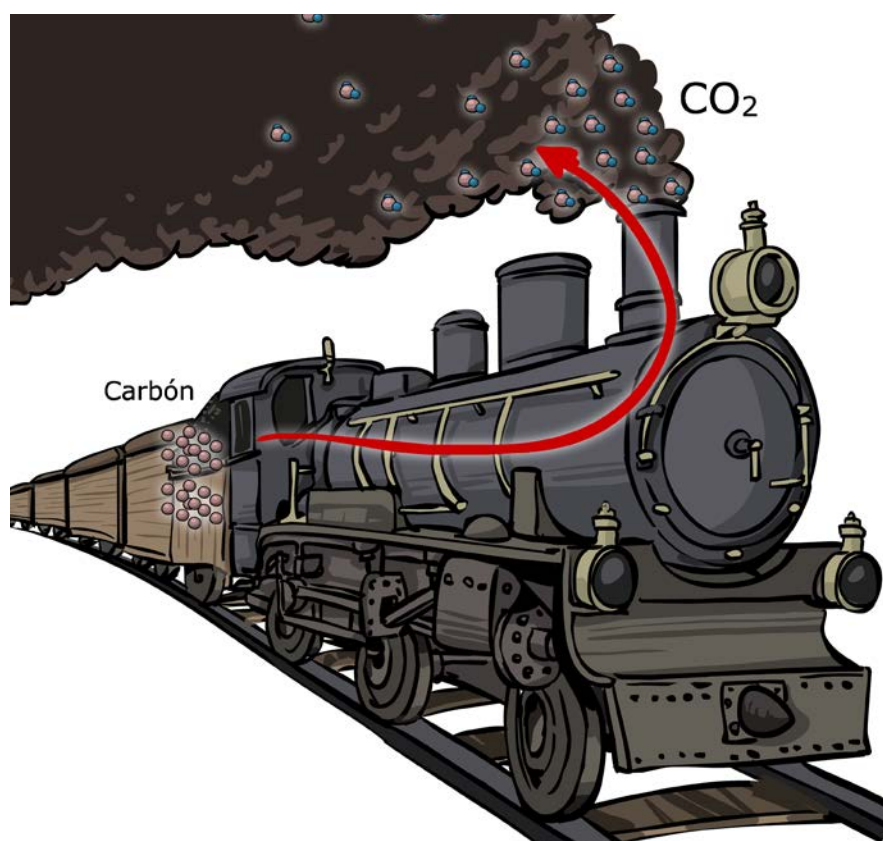


Imagen 7: Representación de una locomotora de vapor en la que se presenta el modelo de la combustión en el que los átomos de C enlazados en la roca de carbón se combinan con el O_2 para dar lugar al gas CO_2 que se libera como resultado de la combustión.

Según lo visto hasta ahora sobre la innovación tecnológica de la máquina de vapor:

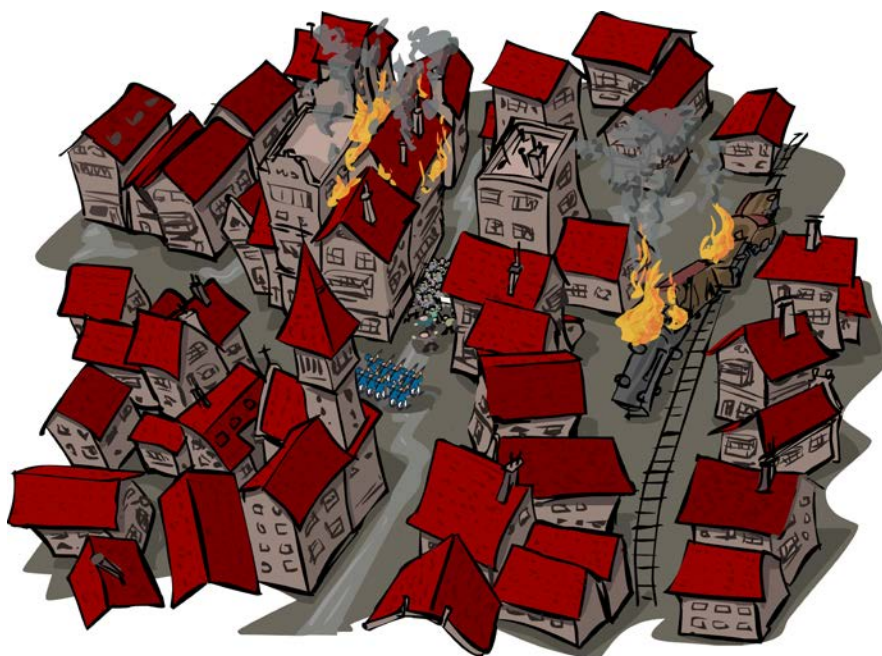
1. ¿Qué papel jugó la extracción de carbón en Inglaterra para el asentamiento de las bases tecnológicas de la era industrial?
2. Hoy en día se puede obtener veinte veces más cosecha en una hectárea de campo que en la Edad Media, pero para conseguir una caloría en forma de grano, se gasta veinte veces más energía. ¿Qué relación puede tener el uso de combustibles fósiles en el consumo energético actual teniendo en cuenta las labores de cultivo, cuidados, abonado, riego y cosecha?

CAPÍTULO 1: ESTUDIAMOS EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA ESCENA DE POLONIA

3. Comenta la frase: *“Los avances tecnológicos han supuesto una mayor potencia energética a costa de aumentar el desorden del medio y el consumo de recursos.”*
4. Expresa las relaciones que se te ocurren entre la invención de la máquina de vapor y el origen del cambio climático.

1.2. LA OBTENCIÓN DEL ACERO MEDIANTE LA COMBUSTIÓN DE CARBÓN

La universalización de la máquina de vapor en locomotoras y barcos aumentó la demanda de carbón – incluso en zonas de occidente donde el acceso a la madera aún era posible a finales del siglo XVIII, como era el caso de Rusia y de América – creciendo las poblaciones en las zonas de acceso a vías de ferrocarril y a puertos. De esta forma las poblaciones, de alguna manera, se fueron convirtiendo en una prolongación de la mina de carbón. Como las máquinas de vapor tenían un bajo rendimiento en pendientes superiores al 2%, eso motivó que las nuevas líneas siguieron los ríos y fondos de valles. Esto tendió a desplazar la gente hacia las ciudades terminales, en los empalmes y en las ciudades portuarias, aumentando también la tendencia a establecer nuevas comunidades urbanas a lo largo de las principales líneas de transporte. A partir de la segunda mitad del siglo XIX el ferrocarril llegó a Oriente, India, China y Japón, llevando consigo prácticas, métodos e ideas de esta civilización minera europea en la que apareció. Este tipo de asentamientos y reasentamientos poblacionales conllevaron procesos de reajustes y tensiones sociales.



***Imagen 8:** Representación de la complejidad urbanística asociada a la extensión del uso del carbón.*

Las tensiones urbanísticas, el aumento de tiempo laboral en entornos cerrados que demandó la actividad en las industrias basadas en la energía derivada de la combustión y los accidentes derivados de la extracción, transporte y combustión del carbón incrementó la conflictividad social, al

tiempo que aumentó la contaminación urbana por la tendencia a situar las industrias en el centro de las ciudades.

En la búsqueda de aumentar las cantidades reduciendo el tiempo de transporte, se buscaron máquinas de mayor tamaño y se incrementaron las redes de transporte por tierra en ferrocarril y por mar en barcos de vapor. En el caso del ferrocarril, para no superar las pendientes del 2% se desarrollaron túneles y grandes puentes. Para esas nuevas grandes máquinas, vías de comunicación y grandes puentes interesaba la construcción de estructuras maleables y resistentes. El material por excelencia para cumplir con esas premisas era el hierro forjado o acero que había impulsado, a través de la forja hidráulica, la conocida por muchos autores como primera revolución industrial. El acero tiene mucha resistencia, y además es ligero, por lo que se aprovechó para construir ferrocarriles y barcos de grandes dimensiones capaces de albergar grandes máquinas de vapor para conseguir el máximo de eficiencia.

Con el acero también se construyeron puentes de hierro importantes y vías de ferrocarril que permitían el desplazamiento en horizontal de las locomotoras. Esta cultura de la ingeniería del hierro dio paso a los primeros rascacielos de Chicago y a monumentos como la torre Eiffel, que en su momento representó la construcción más elevada del mundo y significó el cierre del siglo XIX, dejando la expresión de un homenaje a lo que significó el acero obtenido con las industrias de máquinas de vapor. Estas construcciones se fabricaron con acero obtenido en siderurgias alimentadas con carbón mineral, lo que supuso un aumento del consumo de combustibles fósiles, con el consiguiente incremento de emisiones de CO₂ procedente del uso de las rocas de carbón con C que procede de la fosilización de vegetales.

A su vez la resistencia y ligereza del acero posibilitó la extensión de su uso a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. En esta época el acero posibilitó el desarrollo de puentes de hierro importantes que facilitaron el desarrollo en horizontal de las vías férreas.

Esta cultura de la ingeniería del hierro dio paso a los primeros rascacielos armados sobre elevadas estructuras de acero posibilitadas por su resistencia y ligereza. Un buen ejemplo de ese desarrollo urbanístico basado en estructuras de acero de finales del siglo XIX lo tenemos en la ciudad de Chicago. La obtención de estas estructuras en siderurgias industriales alimentadas con carbón mineral supuso el inicio de un proceso industrial de elevado consumo de combustibles fósiles, lo que incrementó las emisiones a lo largo de la segunda mitad del siglo XX.



Imagen 9: Fotografía de un ferrocarril antiguo pasando por un puente de acero.



Imagen 10: Rascacielos de Chigago contruidos sobre armazones de acero.

Según lo visto hasta ahora sobre la innovación tecnológica de la máquina de vapor:

1. ¿Cómo influyó la máquina de vapor en el desarrollo del urbanismo?
2. ¿Qué cambios se dieron en la primera revolución industrial en la forma de obtener acero?
3. Explica qué se quiso simbolizar en la Exposición Universal de París de 1889 con la construcción de la Torre Eiffel como la construcción más elevada de París.
4. ¿Cuál fue la principal causa del aumento de las emisiones a finales del siglo XIX?

1.3. LA EXTENSIÓN DE LA COMBUSTIÓN CON LOS VECTORES ENERGÉTICOS DEL SIGLO XX

¿Cómo pudo acabar siendo el vector de la electricidad un problema para el cambio climático si apareció con el uso de la energía renovable hidráulica?

En la primera mitad del siglo XIX se dieron dos avances científico-técnicos que posibilitaron la aparición de la dinamo hidráulica. El primer avance que la hizo posible fue el trabajo sobre corrientes electromagnéticas realizado por Faraday en 1831. Este trabajo lo llevó a descubrir que un conductor que corta las líneas de fuerza de un imán crea una diferencia de potencial. Poco después recibió una carta anónima sugiriendo que su descubrimiento podría ser aplicado para construir grandes máquinas.



Imagen 11: Central Tambre I – Noia (A Coruña). Construida en el año 1932 y proyectada por el arquitecto Antonio Palacios mediante una arquitectura historicista gallega aplicada a través de una fachada de estilo románico trasladado a un edificio industrial.

El paso hacia la dinamo hidráulica se consiguió sumando este descubrimiento al perfeccionamiento de la turbina de agua hecho por Fourneyron en 1832, quien construyó una turbina de 50 CV. Esta turbina se alió con la dinamo inventada por Werner Siemens (1886) e incorporó también el alternador de Nicola Tesla (1887). A estos avances tecnológicos se le sumó, para llegar a la central eléctrica hidráulica, el sistema de distribución inventado por Edison (1882), dejando así configurado a finales del siglo XIX el avance tecnológico hacia el desarrollo de la central eléctrica hidráulica.



Imagen 12: Dinamo de la antigua de la Central Tambre I expuesta con fines museísticos delante de la fachada principal de la central.

La aparición de la electricidad significó un gran avance tecnológico y provocó cambios revolucionarios que afectaron a la situación y a la concentración de las industrias. Hasta la aparición de la electricidad las industrias dependían por completo de la mina de carbón como fuente de energía. Antes de la electricidad las industrias tenían que instalarse próximas a las minas o a medios baratos de transporte como puertos o vías de ferrocarril. La electricidad es un vector energético que transporta energía desde las centrales a los puntos de consumo. Con la corriente alterna y la alta tensión se puede llevar la energía a cualquier lugar para atender las necesidades que allí se tengan. El motor eléctrico permitió así trabajar en unidades independientes con desvinculación territorial, pudiendo trabajar a la velocidad necesaria y arrancar y parar según las necesidades y requerimientos energéticos, incrementando el rendimiento en al menos en un 50%.



Imagen 13: Transformación de la electricidad generada en una central para su transporte en alta tensión.

Durante la segunda mitad del siglo XX la electricidad aumentó significativamente a causa de las ventajas de acceso en cualquier punto, de la posibilidad de individualizar y coordinar unidades de producción y de interrumpirla cuando no fuera necesario. Esta disponibilidad inmediata de energía en cualquier lugar y en la potencia que se necesita permitió que se abusara de la electricidad hasta extremos que pueden rozar con el hedonismo energético, lo que fácilmente puede llevar a concluir que el problema energético tiene más de abuso en el consumo que de carencia en la producción.



Imágenes 14 & 15: Composición de dos ilustraciones que muestran malas prácticas que conllevan un excesivo consumo de electricidad.

El aumento de las demandas de electricidad domésticas y sobre todo industriales a lo largo de la primera mitad del siglo XX llevó a la sobreexplotación de las cuencas hidrográficas. Una vez agotadas todas las posibilidades de construir nuevos grandes embalses se desarrollaron centrales térmicas para seguir aumentando la disponibilidad y potencia. Las centrales térmicas generan vapor de agua con la presión necesaria para mover las turbinas y eso garantiza la obtención de energía constante. Esto supuso una ventaja en relación con las centrales hidráulicas que dependen del régimen hídrico y del estado de los embalses, que con el cambio climático se hace cada vez más irregular. De esta forma se impuso esta forma de obtener electricidad, permitiendo atender así a todos los aumentos de demanda. Por otro lado, los usos de energía final que permite el vector energético de la electricidad son múltiples, pudiéndose dar la paradoja de que la energía final sea la calorífica, al igual que la primaria usada en la combustión de la central térmica, llegando a esta energía calorífica a través de largos transportes y transformaciones.

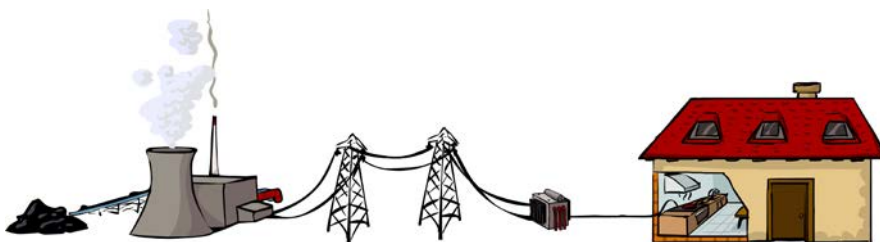


Imagen 16: Ilustración que muestra cómo la electricidad permite transportar a grandes distancias la energía, mediante transformaciones de tensión, con las consiguientes pérdidas para conseguir una energía final de la misma naturaleza que la térmica inicial generadora de la electricidad.

La electricidad se convirtió desde el siglo XX en una fuente de emisiones responsable del aumento del cambio climático. Pasó a aumentarse significativamente el consumo de electricidad como ocurre con el aumento del uso del aire acondicionado y en procesos de desalinización. La desalinización es cada vez más importante, en especial donde se da una disminución de los niveles de lluvia y una mayor irregularidad en su distribución a lo largo del año con el aumento de la población. Estas circunstancias se dan en las Islas Canarias donde debido a los efectos de las sequías, en general, se pueden observar consecuencias como la reducción de los caudales de los barrancos, la disminución de los niveles de agua en los acuíferos y embalses y la escasez de recursos hídricos para el consumo humano. Para combatir este problema de escasez de recursos hídricos para el consumo humano, determinado por el incremento de la sequía a medida que avanza el cambio climático y aumenta el turismo, Gran Canaria cuenta desde la década de los 70 con una planta desaladora de agua de mar cuyas instalaciones han ido creciendo y mejorando a lo largo de los años. En la actualidad esta desaladora y potabilizadora es una infraestructura vital para el suministro de agua potable en la isla de Gran Canaria al desempeñar un papel fundamental en el tratamiento y la distribución de agua segura y de calidad a la población de la isla. Actualmente tiene una capacidad de producción de aproximadamente 56.000 m³ de agua al día. De momento esta cantidad es suficiente para abastecer a una gran parte de la población de la isla, incluso en épocas de sequía o cuando la demanda de agua es alta. Este proceso se lleva a cabo a través de la tecnología de ósmosis inversa, un proceso en el que el agua de mar se somete a una serie de membranas semipermeables que eliminan la sal y otros contaminantes, produciendo así agua dulce y potable.

La desaladora utiliza energía eléctrica para impulsar el proceso de ósmosis inversa y garantizar una producción eficiente y continua de agua potable. Esta energía eléctrica proviene de la central eléctrica de Canarias que funciona con combustibles fósiles, por lo que libera a la atmósfera gran cantidad de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.



Imagen 17: Fotografía de una desalinizadora con su central térmica en la Isla de Gran Canaria.

¿Qué significó la aparición del motor de combustión interna con vectores del refinado del petróleo?

El petróleo se extrajo de pozos perforados por primera vez en 1859. Esto posibilitó que en la segunda mitad del siglo XIX se experimentara con el motor a gas utilizando los productos de la destilación más ligeros, hasta que fue perfeccionado por Otto en 1876.

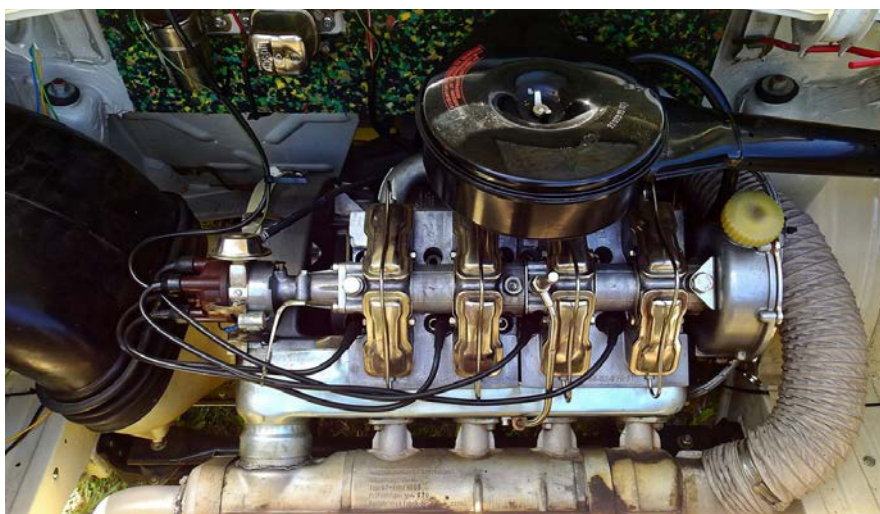


Imagen 18: Fotografía de un motor de combustión interna.

Con el perfeccionamiento del motor de combustión interna se abrió una nueva fuente de energía, con uso de vector energético al llevar los móviles los hidrocarburos refinados del petróleo, que muy pronto igualó en impor-

tancia a las antiguas vetas carboníferas, aunque, como se demostraría con el paso del tiempo, estaba destinado a consumirse a un ritmo mayor, debido a que estos derivados del petróleo son vectores energéticos muy fáciles de transportar y muy eficaces para el transporte de vehículos. La gasolina era más transportable que el diésel. Además, el petróleo permitía el transporte a través de tuberías permanentes mientras que los barcos petroleros lo transportan en grandes cantidades y a grandes distancias hasta las refinerías. Además, deja un residuo mínimo en su combustión, a diferencia de lo que ocurría con el carbón, siendo también mucho más fácil de almacenar.



Imagen 19: Fotografía de una plataforma petrolífera.

En principio el motor de combustión interna no logró grandes potencias y eficacias, por lo que en sus inicios no logró competir con el motor de vapor. Por eso, a finales del siglo XIX, el motor de combustión interna no logró competir. Logró imponerse en el siglo XX, cuando a partir del invento de diésel se logró construir motores de explosión de aceite pesado de alto rendimiento térmico que permitieron obtener potencias de hasta 15.000 caballos. Motores de este tipo eran más eficientes, por lo que el peso destinado a la movilidad era el combustible mismo (vector), en vez de llevar, como la máquina de vapor, la carga adicional de agua.

Con el automóvil el movimiento ya dejó de estar encadenado a trayectos de raíles y con muy poca pendiente. En consecuencia, un vehículo puede llegar a viajar tan rápido como un tren, siendo como es una unidad móvil mucho menor y capaz de ir por cualquier sitio. La única condición que requiere es ir por carreteras. Las primeras eran compartidas con los carros de caballos. Después de 1910 empezaron a pavimentarse con hormigón. Al igual que el vector de la electricidad, estos automóviles que llevan el combustible vector en el depósito fácilmente transportables pueden permitirnos vivir en cualquier sitio.

CAPÍTULO 1: ESTUDIAMOS EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA ESCENA DE POLONIA

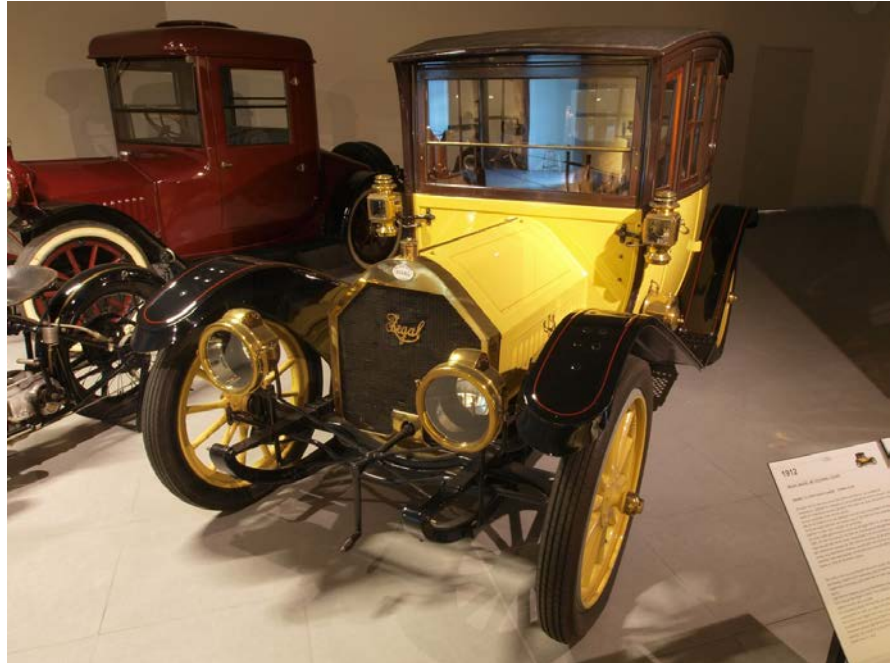


Imagen 20: Fotografía de coches antiguos.



Imagen 21: Ilustración que muestra los dos grandes vectores energéticos que permiten vivir en cualquier lugar.

Las cualidades de transporte rápido y seguro provocaron que el automóvil se expandiera muy rápido, al principio vinculado a los negocios y después entrando en todos los hogares. Esta introducción de los coches en las familias, muchas veces con más de uno por unidad familiar, se debió a que los coches pasaron a ser baratos con la aparición de la industria de

Henry Ford, que facilitó su producción en serie. Con el paso del tiempo este incremento llevó a grandes pérdidas debidas a atascos, en especial en las grandes ciudades, lo que supuso un incremento de las emisiones, sumadas a las derivadas del aumento de unidades.



Imagen 22: Fotografía de un atasco frecuente en las ciudades.

La introducción del motor de combustión interna en embarcaciones fue en paralelo con el desarrollo del automóvil. En 1903, los hermanos norteamericanos Wright inventaron el aeroplano, que dotaron también de un motor de combustión interna. Estos aeroplanos con motores de combustión empezaron a fabricarse a gran escala hasta 1910. La expansión de esta forma de desplazamiento se vio favorecida por la expansión de los centros anormalmente desarrollados con vastos y distantes terrenos de aterrizaje. De estos aeroplanos se pasó a aviones de hélices hasta llegar a los actuales reactores, que consumen gran cantidad de combustible. El desarrollo de la tecnología aeroespacial permitió fabricar aviones capaces de superar la velocidad del sonido, como el Concorde y los aviones de combate, además de naves espaciales y los modernos transbordadores, todos ellos con consumos ingentes de energía.

Esta extensión de dispositivos de combustión interna implica focos móviles con emisiones difusas y, por lo tanto, difíciles de controlar, sumado a las emisiones de las centrales térmicas productoras del vector electricidad, junto con el aumento de industrias como las fábricas de cemento, supuso un aumento significativo de CO_2 en la atmósfera, susceptible de producir un incremento de la temperatura. Esto se va cada vez acrecentando llegando a depender la movilidad en un porcentaje superior al 65% del petróleo, siendo responsable de aproximadamente un 25% de las emisiones, que en términos absolutos significan 7 200 000 toneladas de CO_2 , de las cuales los coches y camiones son los responsables en más de un 94%.

CAPÍTULO 1: ESTUDIAMOS EL ORIGEN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA ESCENA DE POLONIA



Imágenes 23 & 24: Composición fotográfica de un avión y de un crucero como otros medios de transporte de elevadas emisiones.

Cada litro de gasolina produce 2,5 kg de CO_2 y se calcula que un coche medio durante su vida útil produce 15 000 kg de CO_2 . Este consumo es variable dependiendo de la velocidad media, pues, si en vez de ir a 120 km/h, se va a 100 km/h, consume del orden de un 50% menos. El número de vehículos supera ampliamente los 50 millones de vehículos. Con este ritmo de crecimiento del consumo, teniendo en cuenta también los grandes desplazamientos por carreteras, océanos y aire, se calcula que el petróleo se agotará en el plazo de unos 50 años.

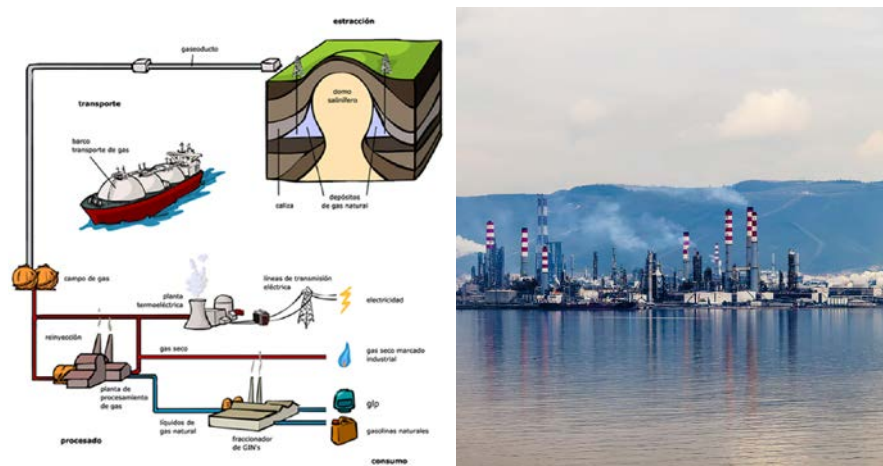


Imagen 25: Ilustración que muestra los transportes de mercancías a distancias intercontinentales que se están produciendo a diario mediante transportes con motores de combustión interna.

¿Por qué se dice que el gas natural es el último vector del siglo XX?

El gas natural es el último vector explotado en el siglo XX. En muchos sentidos se considera el combustible fósil ideal y se utiliza para producir electricidad en centrales con turbinas de gas que son compactas, muy eficientes y que pueden construirse cerca de núcleos de población, aprovechando la distribución de gas ciudad para producir electricidad y calor.

Su principal componente es el metano, el más simple de los hidrocarburos, con un único átomo de carbono (para generar la misma cantidad de energía que el carbón y el petróleo, la combustión de metano produce sólo la mitad de CO_2) por lo que en los últimos lustros su uso se vio impulsado desde el Protocolo de Kyoto. Pero el gas natural tiene riesgos como ocurre en el caso de las fugas, ayudando a incrementar el problema. Si las fugas suponen el 4%, el efecto invernadero es más de 3 veces superior que el de quemar carbón. Este riesgo es mayor, si se tiene en cuenta que en las zonas por donde pasan los conductos de gas es fácil que se produzcan ataques y fugas. Además, se cree que las reservas de gas a este nivel de uso no darán para mucho más de 20 años.



Imágenes 26 & 27: Fotografía de una planta de gas natural con una ilustración del proceso de transporte de este vector.

La central térmica de As Pontes de García Rodríguez es la mayor unidad generadora del sistema eléctrico español, con una potencia instalada de aproximadamente 1400 MW, lo que demuestra la apuesta que se fijó en la segunda mitad del siglo XX por centrales térmicas capaces de producir mucha potencia eléctrica. Esta central consumía lignito pardo de una mina adyacente, rico en azufre. Su eficacia es de un 35% y produce anualmente 9100 GWh de electricidad.

Según lo visto hasta ahora...

1. ¿Cómo afectó la electricidad a la actividad industrial?
2. ¿Cómo pudo pasar la electricidad de obtenerse con la energía renovable del agua a ser un vector de elevada responsabilidad en el cambio climático?
3. ¿Cómo se puede explicar que disminuyan las expectativas en la energía eléctrica hidráulica a medida que avanza el cambio climático?
4. ¿Por qué motivo el motor de combustión interna triunfó sobre el de vapor?
5. Justifica la conclusión: *“Los vectores energéticos del siglo XX fueron grandes aceleradores del cambio climático actual.”*
6. ¿Por qué se considera que el gas natural es un vector energético que influye menos en el cambio climático que los del refinado del petróleo si sigue siendo un combustible fósil?

2.1. ¿EN QUÉ PUEDE AFECTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO AL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR?

En una de las escenas de la película “*Cinema Climantopía*”, los alumnos polacos llegan al acuario de Lisboa, donde se encuentran con un grupo de alumnos portugueses con diferentes stands de demostraciones científicas. Cuando el alumno polaco le pregunta qué hacen, uno de los alumnos portugueses le responde “*mostraros lo que os está cambiando la vida.*”



Imagen 28: Fotograma de la película “Cinema Climantopía.”

Responde con lo que sabes ahora:

1. En parejas, pensad en el lugar donde vivís, sea costero o de interior, y responded a las siguientes preguntas: ¿crees que algún impacto del cambio climático en el océano puede *cambiarte la vida*? ¿Afectará del mismo modo y con la misma intensidad a otros países? ¿Cuáles crees que son los principales impactos del cambio climático en el océano?
2. Una vez que hayáis respondido estas preguntas podréis moveros por el aula interaccionando con otras parejas y compartiendo vuestras respuestas con el objetivo de realizar un resumen final lo más completo posible, incorporando aquella información proporcionada por otros compañeros que consideréis correcta para responder a las preguntas iniciales.

¿Está aumentando el nivel del mar?

El **aumento del nivel del mar** es uno de los impactos más evidentes del cambio climático, el cual continuará sucediendo durante siglos incluso si a día de hoy cesásemos de forma abrupta las emisiones de gases de efecto invernadero o si alcanzamos el objetivo del Acuerdo de París firmado en el año 2015, el cual propone mantener el aumento global de la temperatura por debajo de los 1.5-2 °C.

Desde el año 1850 se estima que el nivel del mar ha aumentado entre 20 y 24 cm de forma global y, en la actualidad, continúa aumentando a un ritmo cada vez mayor.

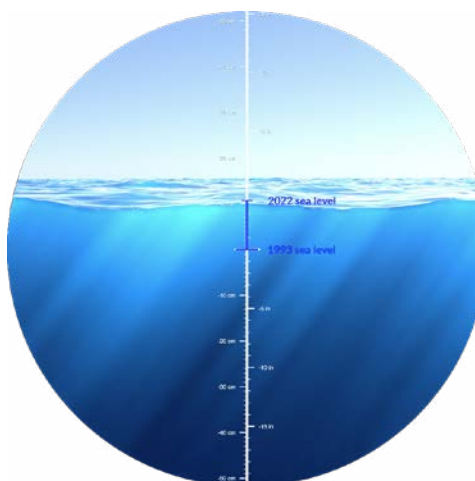


Imagen 29: Aumento del nivel del mar.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Por qué aumenta el nivel del mar?
2. ¿Aumenta de forma uniforme en todo el planeta?
3. ¿Qué consecuencias crees que tiene el aumento del nivel del mar y de su temperatura?

A pesar de que el aumento del nivel del mar es uno de los impactos del cambio climático más conocidos, a menudo la población no es consciente de sus verdaderos causantes. Dos son los motores responsables de este fenómeno, ambos derivados del aumento global de la temperatura: el **derretimiento del hielo continental** y la **expansión térmica del agua**. A continuación profundizaremos en cada uno de ellos:

1. El **derretimiento del hielo continental** es el principal responsable del aumento del nivel del mar. Este hielo, que antes se encontraba sobre el continente, pasa ahora a ocupar un volumen extra en forma de agua líquida en el océano, provocando el citado aumento del nivel del mar. Ello no es el caso del derretimiento del hielo flotante, como en el caso del Ártico, donde este hielo ya se encontraba ocupando un volumen concreto y, por lo tanto, no contribuye de forma directa al aumento del nivel del mar (aunque sí de manera indirecta mediante la reducción del albedo).

Es el caso del deshielo de:

- › **Groenlandia.** Se estima que desde el año 2002 Groenlandia ha perdido 274 mil millones de toneladas de hielo por año, una velocidad superior a la de la Antártida, siendo uno de los principales responsables del aumento del nivel del mar en la actualidad.
- › **Antártida.** Es el cuarto continente más grande tras Asia, América y África. Su superficie se encuentra en un 98% cubierta por hielo. Se estima que desde el año 2002 la Antártida ha perdido 151 mil millones de toneladas de hielo por año. Recordemos que tan solo las partes más vulnerables al deshielo de la Antártida nos protegen de un potencial aumento del nivel del mar global de 20 m.

En este sentido resulta especialmente preocupante la llamada *capa de hielo de la Antártida occidental* (a menudo conocida como WAIS debido a sus siglas en inglés *West Antarctic Ice Sheet*), donde el calentamiento y la pérdida de hielo se han producido durante los últimos años de forma mucho más intensa. Este deshielo se ve facilitado por el aumento global de la temperatura atmosférica y, además, porque agua a mayor temperatura se introduce en la base del continente.

- › **Glaciares.** Durante el verano, de forma natural, las grandes formaciones de hielo como los glaciares Alpinos se derriten y durante el invierno, gracias a la nieve, recuperan su superficie. Sin embargo, debido al aumento global de las temperaturas se ha observado como hay un desbalance entre ambos procesos, contribuyendo así al aumento del nivel del mar.
2. La **expansión térmica del agua** es un fenómeno a menudo desconocido debido a que no resulta tan visible como las impactantes imágenes del deshielo pero que juega un papel relevante en el

aumento del nivel del mar.

El océano, de forma global, ha almacenado más del **93% del calor derivado del cambio climático**. Ello ha permitido una gran amortiguación del aumento de la temperatura atmosférica pero también ha implicado grandes cambios en sus propiedades físicas e impactos para los seres vivos que en él habitan. Entre ellos, destaca un proceso conocido como expansión o **dilatación térmica**. Este fenómeno se basa en la tendencia de la materia a cambiar de volumen como respuesta a la temperatura: cuando calentamos una sustancia se produce un aumento de la movilidad de sus moléculas, manteniendo un mayor espacio entre ellas y, por lo tanto, aumentando de volumen.



Imagen 30: Placa en honor al glaciar Okjökull.

Así, una vez vistos los diferentes agentes responsables del aumento del nivel del mar, es hora de adquirir una visión conjunta y valorar la magnitud de cada uno. Resulta difícil cuantificar su contribución individual, pero de acuerdo a la información proporcionada por estudios recientes, en el periodo 1993-2016, el diferente papel de cada uno se representa en el siguiente gráfico:

■ Expansión térmica: 1.15 mm/año
■ Glaciares: 0.64 mm/año
■ Groenlandia: 0.6 mm/año
■ Antártida: 0.19 mm/año

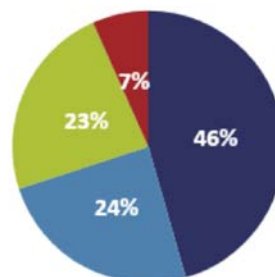


Imagen 31: Contribución al aumento del nivel del mar.

Según lo visto hasta ahora...

1. Compara tus respuestas iniciales con lo que has aprendido ahora. ¿Conocías todos los factores implicados en el aumento del nivel del mar?
2. Accede al siguiente [simulador](#) y analiza qué sucederá con tu ciudad (en el caso de que se trate de una ciudad costera) o con algún sitio turístico costero representativo de tu país si el nivel del mar aumentase 0,8m de forma global, tal y como se prevé a final de siglo si las emisiones continúan al mismo ritmo que al actual.
3. Realiza la práctica de laboratorio titulada “¿Por qué aumenta el nivel del mar?” del ebook “Diseño de prácticas de laboratorio sobre cambio climático para su divulgación mediante stands escolares en lugares turísticos” y responde a las siguientes preguntas:
 - a. ¿Qué sucede en cada uno de los modelos con el aumento del nivel del mar? En caso de que existan diferencias, ¿a qué se deben?
 - b. En el caso de que alguno de los modelos no influya en el aumento del nivel del mar, ¿tiene algún impacto global su derretimiento?
 - c. ¿Qué observas en la segunda parte de la práctica? ¿Cómo se relaciona con la práctica anterior?
 - d. Teniendo en cuenta ambas partes de la práctica, ¿cuáles son los motores responsables del aumento del nivel del mar?
 - e. Investiga sobre los posibles impactos del aumento del nivel del mar a nivel global.

Sin embargo, en este contexto de deshielo, es importante destacar que este fenómeno, además, tiene importantes **consecuencias** para la **fauna** de estas regiones.

En el **Ártico** destaca el caso del **oso polar**, el mayor depredador de esta región. En el Ártico se ha observado como durante los últimos años el ciclo de deshielo comienza antes y dura más tiempo. En otras palabras, cada año la capa de hielo del Ártico disminuye, lo cual hace que los osos polares vean dificultada la caza de focas y otros animales que constituyen su principal fuente de alimento. Antes del inicio del debilitamiento generalizado de la banquisa, los osos polares tenían una gran facilidad para cazar sobre hielo marino estable. Sin embargo, a raíz del deshielo los osos polares se ven obligados a nadar hacia las focas intentando pasar desapercibidos para intentar cazarlas mientras descansan en trozos de hielo flotante, existiendo una elevada tasa de fracaso en dicho fin. En este sentido, algunos investigadores apuntan a que podría deberse a que esta técnica requeriría una mayor cantidad de energía. Todo ello hace que estudios recientes hayan concluido que en 2050 las poblaciones de osos polares podrían reducirse en un 30%.



Imagen 32: Las poblaciones de osos polares (*Ursus maritimus*) podrían descender en un 30% en 2050.

Sin embargo, en la naturaleza las interacciones en el ecosistema son complejas y los impactos del cambio climático en el Ártico no afectan exclusivamente al oso polar. Como bien explica les Señorita Rojas a sus alumnos en la película “*Cinema Climantopía*”, las focas son precisamente otra de las especies afectadas por el impacto del cambio climático al ver una de sus fuentes de alimento reducidas:

SEÑORITA ROJAS

Eso es. Las focas son depredadores y presas. Lo que sucede es que con el cambio climático las aguas del Ártico se calientan y el bacalao que vive bajo el hielo marino se va hacia el norte o disminuye.

PROTAGONISTA EXTRANJERO 2

¿Y las focas comen bacalao?

SEÑORITA ROJAS

Eso es, como predadores se van a topa con ese problema.



Imagen 33: Fotograma de la película "Cinema Climantopía."

En el caso de la Antártida también encontramos impactos relevantes en la fauna de la región. Un ejemplo es el del pingüino emperador (*Aptenodytes forsteri*), el cual depende de la existencia de una desarrollada capa de hielo para su proceso de reproducción. Sus huevos son incubados principalmente sobre hielo firme durante el invierno antártico, necesitándose además varias semanas en dicha capa de hielo para que los polluelos crezcan y desarrollen su plumaje.

Un estudio del año 2023 publicado en la prestigiosa revista *Nature* analizó la variabilidad de las poblaciones de cinco colonias de pingüino emperador situadas en Bellingshausen (al oeste de la Antártida) y los resultados observados a raíz del intenso deshielo son alarmantes: cuatro de estas colonias perdieron a todos sus polluelos, cifrándose la muerte de unas 10.000 aves. Las crías fallecen ahogadas o incluso por hipotermia debido a que quedan sumergidas en el agua sin tener su plumaje desarrollado, de tal manera que no son capaces de soportar las bajas temperaturas y restan abandonadas por los adultos.



Imágenes 34 & 35: Ilustración y fotografía de un pingüino emperador con su cría.

Tras ver la película...

En la película “Cinema Climantopía” la Señorita Rojas les explica a sus alumnos lo siguiente: “Estos pingüinos viven en la Antártida, es el único polo donde podemos encontrarlos.”

1. Las previsiones de deshielo para el año 2100 hacen que la supervivencia de las poblaciones de pingüinos se vea en claro riesgo. Investiga en la red qué es la *capacidad de dispersión* de una especie. Una vez que conozcas dicho concepto, responde a la siguiente pregunta: en un contexto de cambio climático e intenso deshielo, ¿crees que los pingüinos podrían encontrar fácilmente nuevos hábitats adecuados a su ciclo biológico?

Las consecuencias del aumento del nivel del mar

En la escena de “Cinema Climantopía” que tiene lugar en el oceanario de A Coruña uno de los protagonistas afirma lo siguiente: “Fácil. Si sube el nivel del mar, este alcanza más terreno y, por lo tanto, se producen inundaciones.”

Después de visualizar la escena...

1. ¿Qué consecuencias crees que pueden tener las inundaciones de zonas costeras?
2. ¿Qué medidas crees que pueden tomarse en las zonas costeras para hacer frente a las mismas?



Imagen 36: Fotograma de la película "Cinema Climantopía."

A raíz de estas inundaciones se derivan muchas otras **consecuencias** del aumento del nivel del mar, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- » **Migraciones humanas:** dan lugar a lo que denominamos como refugiados climáticos. Algunos estudios apuntan que a final de siglo, más de 2 mil millones de personas habrán tenido que migrar de su país, la mayor parte de ellas procedentes de países empobrecidos con una capacidad de respuesta a los impactos del cambio climático significativamente inferior.
- » **Pérdida de zonas costeras, hábitats e infraestructuras.**
- » **Intrusión de agua salina** en acuíferos costeros. Si el nivel del mar aumenta, es más probable que el agua salina acceda a un acuífero subterráneo y lo contamine. Si a ello le sumamos un descenso de las precipitaciones, como se prevé en muchos territorios, vemos como se dibuja un escenario en el que escasee el suministro de agua dulce.
- » **Desaparición de islas** de baja altitud.
- » Aumento de la **erosión** costera.
- » **Intensificación de las crecidas de los ríos:** el nivel del mar marca el nivel base de los ríos, por lo que si este aumenta, el de los ríos también. Ello puede intensificar el efecto de las crecidas, hecho especialmente grave en aquellas zonas ya de por sí proclives a las inundaciones.

Sin embargo, aunque el aumento del nivel del mar es un fenómeno generalizado, este se produce de forma **irregular** a lo largo del globo por múltiples

fenómenos, entre los que toma un papel relevante la propia topografía del fondo oceánico. Así, por ejemplo, algunas zonas como el Pacífico más occidental han experimentado un aumento de 4 a 5 veces mayor a la media global (hasta 15 mm/año), región donde, a su vez, se encuentra el **mayor porcentaje de pobreza costera del mundo**.

Las poblaciones de estos países son especialmente vulnerables dado su menor desarrollo económico, presentando así **menos posibilidades de adaptación** de sus infraestructuras y de soporte a sus poblaciones ante el aumento del nivel del mar. Así, podemos concluir que la vulnerabilidad de un país al aumento del nivel del mar no solo depende de su altitud respecto al nivel del mar, sino también de su desarrollo socioeconómico.

Sucede por lo tanto que aquellas **poblaciones más vulnerables**, con una menor responsabilidad en relación a las emisiones de gases de efecto invernadero, son las más afectadas por el aumento del nivel del mar.

Uno de los casos más extremos en la actualidad lo encontramos en **Kiribati**, un país situado en el océano Pacífico conformado por 33 islas en el que habitan más de 100.000 personas. Es considerado como uno de los países más afectados por el aumento del nivel del mar, donde se espera que sus islas sean sumergidas de aquí a 15 años, motivo por el cual el país ha diseñado un programa llamado “migración con dignidad”, en el cual ofrece a sus habitantes la posibilidad de mudarse a otros países como Australia y Nueva Zelanda y bajo la cual ha llegado a comprar tierras en otros países para albergar a sus refugiados climáticos. Es uno de los ejemplos de como el cambio climático puede afectar no solo a las personas sino también al patrimonio cultural de la humanidad. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) destaca en su Sexto informe como la migración forzosa de los habitantes de Kiribati pone en riesgo la permanencia de su cultura, caracterizada entre otros aspectos por sus tradicionales artes marciales, músicas y danzas populares.

Según lo visto hasta ahora...

1. En la película “*Cinema Climantopía*” se muestran escenarios tan diferentes como puede ser el caso de las Islas Canarias o Polonia. Investiga en la red cuánto se prevé que aumente el nivel del mar en cada uno de estos territorios a final de siglo y compara las posibles consecuencias que puede tener para los mismos en función de sus características geográficas.
2. ¿Qué medidas de adaptación pueden llevarse en los entornos costeros para hacer frente al aumento del nivel del mar?



Imagen 37: Kiribati.

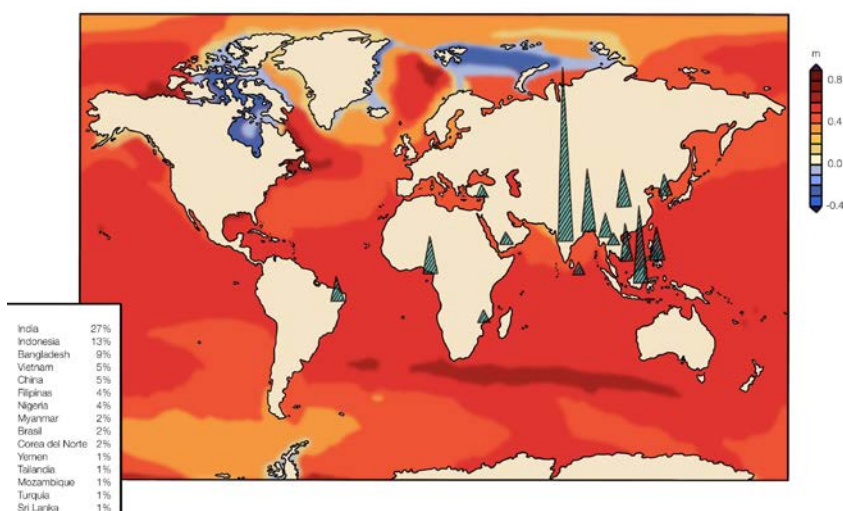


Imagen 38: Porcentaje de pobreza costera y subida del nivel del mar a final del siglo XXI.

Las previsiones del aumento del nivel del mar

Las **previsiones del aumento** del nivel del mar no son esperanzadoras. Si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan al mismo ritmo que en la actualidad, se espera que hacia **final de siglo** el nivel del mar, de forma global, aumente en **0.84 m** respecto al periodo 1986-2005.

Como hemos indicado al inicio del capítulo, el aumento del nivel del mar es ya un fenómeno imparable: la cantidad de calor inyectado a la atmósfera es tal que aunque cesáramos de repente las emisiones de gases de efecto invernadero, la inercia de los procesos que ya están en marcha es tan grande que no cesarían durante los próximos cientos o miles de años. En nuestra mano está, por lo tanto, hacer que al menos no se intensifiquen todavía más, generando consecuencias de magnitudes catastróficas.

2.2. ¿POR QUÉ EL CALENTAMIENTO DEL OCÉANO DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO PONE EN PELIGRO LA PRODUCTIVIDAD OCEÁNICA?

Los **océanos** cubren más del 70% de la superficie de nuestro planeta y, como hemos indicado antes, de acuerdo con los últimos datos del IPCC, el océano **almacena** más del **93% del calor** derivado del cambio climático.



Imagen 39: ¿A dónde va a parar el calor derivado del cambio climático?

En el presente apartado nos centraremos en dos grandes impactos de este aumento de la temperatura.

1. Estratificación oceánica

Si analizásemos cómo se distribuye el **calor** almacenado en el océano observaríamos que la mayor parte se acumula en los **700 m superficiales** de la columna de agua. Como consecuencia se produce un **descenso de la densidad del agua superficial**, hecho que va a tener grandes implicaciones en la producción primaria oceánica.

En las capas superficiales de la columna de agua reside el **fitoplancton** – del cual depende en gran medida la producción primaria oceánica – pues necesita vivir en la **zona fótica** para poder llevar a cabo la fotosíntesis. Al mismo tiempo necesita determinados **nutrientes inorgánicos (P, N y S)** que provienen del fondo oceánico y que llegan a la superficie mediante una gran variedad de mecanismos.

Como consecuencia del descenso de la densidad del agua superficial oceánica se **dificulta la comunicación** entre las **capas superficiales y profundas** de la columna de agua. Ello tiene dos grandes implicaciones:

- » En las **latitudes medias** la estratificación oceánica generada dificultará el ascenso de nutrientes hacia las capas superficiales donde reside el fitoplancton, de tal modo que se producirá un **descenso** de la producción primaria oceánica.

- » En las **latitudes polares** el factor limitante de la producción oceánica es el acceso a la luz. En estas zonas, la estratificación se genera principalmente debido al derretimiento del hielo como consecuencia del aumento de la temperatura, de manera que se produce la entrada de agua dulce (menos densa), generando un gradiente de densidades. Al generarse dicha estratificación oceánica, el fitoplancton permanece más tiempo en las capas superficiales, de tal forma que se espera que en un futuro la producción primaria oceánica aumente ligeramente en dichas latitudes.

Observamos así como el impacto del calentamiento oceánico se amplifica a lo largo de la cadena trófica, pues el descenso de la disponibilidad de fitoplancton supondrá un descenso de los sucesivos eslabones tróficos que en última instancia dependen del mismo.

Según lo visto hasta ahora...

Realiza la práctica de laboratorio titulada “¿Por qué nos preocupa tanto el calentamiento superficial del océano?” del ebook “Diseño de prácticas de laboratorio sobre cambio climático para su divulgación mediante stands escolares en lugares turísticos” y responde a las siguientes preguntas:

Primera parte de la práctica:

1. ¿Qué observas al retirar el tanque divisor? ¿Por qué sucede?
2. ¿Cómo crees que puede relacionarse este fenómeno con el cambio climático en la realidad?

Segunda parte de la práctica:

1. ¿Cómo se relaciona esta segunda parte de la práctica con la anterior? ¿Y con la realidad?
2. ¿Qué representa el movimiento de las cartulinas en la realidad?
3. ¿Qué sucede al añadir una capa de aceite? ¿Cómo afectará a la producción primaria oceánica?
4. En las latitudes polares el fitoplancton se ve sometido a grandes corrientes oceánicas que lo transporta a zonas más profundas. ¿Cómo crees que afectará la estratificación oceánica a las zonas polares?
5. ¿Cómo puede afectar la estratificación oceánica a la concentración de oxígeno del océano?
6. ¿Afectará por igual la modificación de la productividad oceánica a todos los países del mundo? Investiga en la red sobre sus impactos en la seguridad alimentaria.

2. Desoxigenación oceánica

El océano, al igual que la atmósfera, contiene oxígeno. Este procede bien de la acción de los organismos fotosintéticos marinos o bien de la propia atmósfera. La **desoxigenación oceánica** es un fenómeno a menudo desconocido pero de gran relevancia con el que nos referimos a una disminución de la concentración de oxígeno en las aguas más profundas. Ello se produce debido a **3 factores** principales:

- » El **aumento de la temperatura del océano**, que reduce la solubilidad del oxígeno.
- » La **estratificación oceánica**, que dificulta la difusión del oxígeno desde las capas superficiales hacia las capas profundas.
- » Los procesos de **eutrofización** de áreas costeras como consecuencia de la entrada de nutrientes que dan lugar a una excesiva proliferación del fitoplancton, impidiendo el acceso a la luz y al oxígeno a las comunidades acuáticas. De hecho, ya se han identificado más de 700 zonas costeras y mares semicerrados en el mundo con problemas de hipoxia.

De forma global, se estima que el **inventario mundial de oxígeno del océano** ha disminuido en torno a un **2%**. Esta cifra puede parecer insignificante pero tanto en las áreas costeras como en océanos abiertos la disminución del oxígeno da lugar a las conocidas como **áreas muertas**: áreas hipóxicas que no son compatibles con la vida aerobia.

2.3. LA SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR Y SUS CONSECUENCIAS EN EUROPA: EFECTOS SOBRE EL TURISMO

Las **islas** y las **zonas costeras** son uno de los **destinos turísticos más vulnerables** a los impactos del cambio climático debido a múltiples amenazas como los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de circulación de las corrientes marinas o la pérdida de ecosistemas.

El aumento del nivel del mar es una de las grandes amenazas del sector turístico debido tanto a la propia **inundación** de terrenos costeros como al aumento de la **erosión costera**, pues buena parte de las actividades turísticas tienen lugar en estas zonas. Así, el incremento de la erosión costera pondrá en riesgo no solo a las propias playas sino también infraestructuras de primera línea de costa como paseos marítimos, diques, espigones o puertos. En Europa, el estudio EUROSION evidenció que el **20% de la costa europea se encuentra en retroceso** o se está desestabilizando de forma artificial.

La **regla de Bruun**, aunque con limitaciones y condicionada por las características de cada zona, nos permite simplificar una relación entre el aumento del nivel del mar y el retroceso de la línea de costa. Esta estima un rango de 50-100 m de retroceso por cada metro de subida del nivel del mar.

Tomando como ejemplos ilustrativos algunos de los países de nuestra película “*Cinema Climantopía*” analizaremos algunas de las proyecciones del aumento del nivel del mar y su impacto en el turismo en algunas zonas europeas.

- » La **Península Ibérica**, las **Islas Canarias** y las **Islas Baleares**, con cerca de 8000 km de costa, presentan el turismo de sol y playa como un importante motor económico. España cuenta con una gran variedad de costas, que van desde impresionantes **acantilados verticales** hasta **extensas playas de arena**, de modo que el aumento del nivel del mar supondrá un importante retroceso en ambos tipos de costa debido a los procesos de erosión e inundación, poniendo en riesgo la actividad turística desarrollada en estas zonas.

En este sentido, España es uno de los países más vulnerables de Europa al aumento del nivel del mar, donde se estima un **retroceso de la línea de costa** para el año **2040** de **3 m** en el litoral **Cantábrico**, **Galicia** y norte de las **Islas Canarias**. A todo ello, se suma la necesidad de invertir una mayor cantidad de recursos en la prevención de estos impactos y protección de las infraestructuras costeras ya existentes.



Imágenes 40 & 41: Playa de Orzán (A Coruña, Galicia) y Playa de las Catedrales (Galicia).



Imagen 42: Playa de Maspalomas (Gran Canaria).

- » **Portugal.** La **costa portuguesa** se ha enfrentado durante los últimos años a un intenso proceso de **retroceso** debido, entre otros factores, a la menor tasa de **sedimentación** de los ríos como consecuencia de la construcción de presas y otras estructuras.

A medida que aumenta el **nivel del mar**, aumenta la profundidad del mismo y las olas que llegan a la costa albergan una mayor energía, aumentando su capacidad erosiva y de transporte de sedimentos. De este modo, el aumento del nivel del mar, y la consiguiente intensificación en la erosión costera, tendrá un efecto significativo en los ya deficitarios sedimentos de la costa portuguesa.

Ello conlleva importantes efectos en el **sector del turismo**, principalmente vinculados a la reducción, o incluso la pérdida total, de playas arenosas y a la pérdida de infraestructuras costeras relacionadas con la actividad turística como restaurantes, bares,

CAPÍTULO 2: CAMBIO CLIMÁTICO Y ECOSISTEMAS MARINOS DESDE LAS ESCENAS DE LOS OCEANARIOS DE LISBOA Y DE A CORUÑA

casas, etc. Es el caso de algunas de las zonas más turísticas de Portugal como el Algarve.



Imagen 43: Algarve (Portugal).



Imágenes 44 & 45: Ejemplos de protección de viviendas costeras en Portugal afectadas por la desaparición de las dunas ante un contexto de aumento del nivel del mar.

- » **Polonia.** Situada en Europa Central, Polonia cuenta con una pequeña extensión de costa en el mar Báltico. Esta área costera es de aproximadamente 500 km de longitud e incluye importantes ciudades turísticas como Gdansk, Gdynia y Sopot.

Ello hace que el aumento del nivel del mar suponga una amenaza para el norte del país, poniendo en riesgo diferentes entornos turísticos de gran relevancia para el país, algunos de los cuales han sido objeto de estudios recientes dada su vulnerabilidad como es el caso de Gdansk, Karwia o la Península de Hel. **Gdansk** es una zona con entornos rurales y urbanos ampliamente poblada que se encuentra amenazada por potenciales inundaciones y avenidas. La **Península de Hel** está formada por un gran banco de arena de más de 30 km de largo destinada al turismo que se halla en peligro de desaparición debido a la intensificación de los procesos erosivos. **Karwia**, por su parte, alberga marismas de gran valor ecológico también amenazadas en este contexto de aumento del nivel del mar.



Imágenes 46 & 47: Gdansk (Polonia) y retroceso de la línea de costa en Gdynia (Polonia). Imagen derecha licencia de CC por Tomasz Sienicki.



Imagen 48: Trzemeszów (noroeste de Polonia) en la costa del mar Báltico. Se observan las ruinas de una iglesia construida a principios del siglo XVI que fue destruida por el avance del mar.

2.4. EFECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD MARINA EUROPEA. CONSECUENCIAS EN ESPECIES INVASORAS Y EN LAS PESQUERÍAS DEL NE, SW E ISLAS SUBTROPICALES

¿Cómo impacta el calentamiento oceánico en la biodiversidad marina europea?

El **océano** resulta fundamental para la vida en la Tierra, albergando más de **200.000 especies conocidas**. Sin embargo, a pesar de su importancia, su estado de conservación resulta preocupante, motivo por el cual la protección de su biodiversidad es de uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030: el **ODS 14 (vida submarina)**.



Imagen 49: ODS 14: vida submarina.

La biodiversidad marina europea se encuentra bajo una gran presión en la actualidad. Múltiples especies marinas ya están en riesgo debido a diferentes impactos como la sobrepesca, la contaminación o la fragmentación de hábitats. El **calentamiento oceánico** puede intensificar la presión sobre estas especies generando efectos devastadores, especialmente sobre aquellas que ya están en los límites de su rango de **tolerancia térmica** y, además, provocar la **aparición de nuevas especies** propias de otras zonas que migran en búsqueda de condiciones óptimas para su desarrollo, si bien esto dependerá de su capacidad de dispersión.

De acuerdo con un informe publicado en 2019 por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) el estado actual de la biodiversidad de los mares de Europa se puede resumir en torno a dos grandes conclusiones: casi todas las especies marinas se encuentran en un mal estado de conservación y la mayor parte de los ecosistemas marinos europeos se encuentran en declive.

En este sentido, el aumento de la temperatura oceánica ha permitido que

especies procedentes de otras regiones más cálidas pueblen nuevas zonas marinas que antes resultaban demasiado frías para su desarrollo. A continuación veremos algunos ejemplos en diferentes regiones europeas.

El **Mar Mediterráneo** es un importante **punto caliente de biodiversidad** (*hotspot*). Estos son regiones que albergan una elevada biodiversidad y que se encuentran altamente amenazadas por la actividad humana. En concreto, el Mar Mediterráneo se calienta un 20% más rápido que la media global, experimentando en los últimos años un intenso proceso de **tropicalización** (aumento de especies no nativas de origen tropical), siendo uno de los mares con más especies invasoras del mundo.

A raíz del aumento de la temperatura en el Mar Mediterráneo han aparecido especies procedentes principalmente del Océano Índico y del Mar Rojo a través del canal de Suez. Es el caso del **pez conejo** (*Siganus rivulatus*), el cual resulta particularmente dañino para el ecosistema dado que tiende a alimentarse de la cubierta vegetal marina, convirtiendo bosques de algas submarinos en amplias áreas de roca desnuda, con el consiguiente impacto para las especies nativas que en ellos habitaban o que dependían de los mismos. Un estudio reciente, comparando áreas del Mediterráneo en la que esta especie estaba presente con otras en las que no, evidenció como su presencia daba lugar a una **reducción del 65% de la cobertura de algas** en la zona y del **60% de la biomasa de algas e invertebrados**.



Imagen 50: *Pez conejo (Siganus rivulatus).*

En el **Océano Atlántico** también son palpables los efectos del cambio climático, donde en algunas regiones también se ha observado un proceso de tropicalización en las últimas décadas. Es el caso de las **costas gallegas**, donde se ha observado un calentamiento de **0,24 °C por década** desde el año 1974. Como consecuencia, en los últimos años también se

han asentado diferentes especies de origen tropical. Entre las primeras especies que han llevado a cabo esta migración destacan el **pez ballesta** (*Balistes capriscus*) y el **lenguado de Senegal** (*Solea senegalensis*).

En los últimos años también han aparecido otras especies entre las que podemos destacar las **chopas** *Kyphosus sectatrix* y *Kyphosus vaigiensis*. Estas especies son herbívoras estrictas y, de forma análoga al caso expuesto en el Mediterráneo, se teme la repercusión que puedan tener sobre algas propias de la región, aumentando todavía más la preocupación por la disminución de algas templado-frías que ha tenido lugar en Galicia en los últimos años a raíz del aumento de la temperatura del agua.



Imagen 51: *Pez ballesta* (*Balistes capriscus*).

En el estudio “*Evidencias e Impactos del Cambio Climático en Galicia*”, impulsado por la Xunta de Galicia en el año 2009, ya se situaban en Galicia más de 50 especies comerciales que proceden de latitudes de aguas calientes. En contraposición, otras especies como las platijas o las algas laminarias están disminuyendo su densidad en aguas gallegas y aumentando en aguas de más al Norte, posiblemente debido a los impactos del aumento de la temperatura en su distribución.

En el **Mar Báltico** también encontramos reflejadas diferentes consecuencias del cambio climático en la biodiversidad marina, a los cuales se suman los de otros impactos ambientales entre los cuales destaca la **eutrofización**. El Mar Báltico también ha experimentado un proceso de subtropicalización que ha permitido que en los últimos años migren a él especies de gran importancia pesquera propias de áreas subtropicales como las **sardin**-**nas** (*Sardina pilcardus*) o la **anchoa** (*Engraulis encrasicolus*), disminuyendo la abundancia de otras como el **arenque** (*Clupea harengus*).



Imagen 52: Sardina (Sardina pilchardus).

La estratificación oceánica: un problema de seguridad alimentaria global

En un mundo con una población en tan rápido crecimiento como la humana, superando la vertiginosa cifra de los **8.000 millones de personas**, parece inevitable un aumento del consumo de pescado y otros alimentos procedentes del océano para dar alimento a toda la población del planeta. En este sentido, de acuerdo a datos del último informe del IPCC sobre océano y criosfera, en términos generales, se prevé que a lo largo del siglo XXI tenga lugar una significativa reducción de la biomasa de las comunidades marinas, con el consiguiente efecto en las potenciales capturas pesqueras futuras.

Por ello, ante este contexto, resultan realmente preocupante los **efectos** de la **estratificación oceánica** sobre la **producción pesquera**. Un estudio reciente desarrolló un modelo sobre cómo afectaría dicho cambio en la producción primaria a las capturas pesqueras de distintos países, esbozando un escenario futuro de incierta seguridad alimentaria. Este estudio reveló como, en líneas generales, aquellos países con una mayor dependencia de las pesquerías (tanto en términos económicos como de seguridad alimentaria), que a su vez albergan al mayor porcentaje de la población del planeta, verán sus capturas pesqueras disminuidas. Un porcentaje menor de países, entre los cuales destacan diferentes países europeos, por el contrario, presentando una menor dependencia de las pesquerías, verán sus capturas potenciales ligeramente incrementadas.

Una visión global...

El siguiente gráfico muestra como se espera que varíen las capturas pesqueras en el futuro en algunos países del mundo, así como su dependencia de las pesquerías en términos alimentarios y económicos. Una vez analizado el gráfico, responde a las preguntas planteadas:

1. ¿Qué tendencia representa cada uno de los cuadrantes en función de las variables estudiadas?
2. Compara la tendencia esperada para los países a los cuales pertenecen los protagonistas de la película y, en base a los contenidos estudiados en el presente capítulo, aporta una explicación para la misma.
3. Investiga sobre el número de habitantes de cada uno de los países representados en los diferentes cuadrantes. ¿Qué conclusión extraes?



Imagen 53: Porcentaje de cambio en capturas pesqueras potenciales en el futuro en algunos países del mundo.

Una vez terminada la unidad, responde de nuevo a las preguntas iniciales con lo que has aprendido:

1. ¿Por qué aumenta el nivel del mar?
2. ¿Aumenta de forma uniforme en todo el planeta?
3. ¿Qué consecuencias crees que tiene el aumento del nivel del mar y de su temperatura?

3.1. EL SUELO Y LOS BOSQUES COMO SUMIDEROS DE DIÓXIDO DE CARBONO

En la escena de Galicia de “Cinema Climantopía”, tres estudiantes participantes en la conferencia escolar de la Ría de Muros y Noia visualizan un eucaliptal que les parece que estropea el paisaje y por eso despierta su curiosidad. Se dirigen entonces a dos mariscadoras que están descansando de su actividad para preguntarles sobre esa especie.



***Imagen 54:** Fotograma del cortometraje “Cinema Climantopía” en el que se visualiza a tres estudiantes participantes en la conferencia escolar de la Ría de Muros y Noia interesándose por el eucaliptal que aparece a la izquierda de la imagen.*

La mariscadora Maruxa les señala la gran cantidad de eucaliptos que se visualizan desde allí y les explica que el problema de los eucaliptos es que absorben todo el agua, por lo que seca toda tierra y eso imposibilita que se pueda cultivar. Su compañera añade que ayudan a que se propaguen los incendios. Les dice que esos eucaliptos que visualizan son el motivo de que la gente diga “Galicia siempre está en llamas”. La alumna que se encarga del rol de periodista añade que también afectan al cambio climático. La mariscadora Maruxa vuelve a intervenir para decir que afecta a todo el ecosistema y los califica de una plaga porque están descontrolados como lo están también los incendios, por lo que vamos a sufrir las consecuencias.

Al día siguiente, al término de la final del torneo internacional de voley playa de la conferencia juvenil que disputaron España y Perú, los estudiantes aprovechan para visitar el Monte Pindo que se puede visualizar desde la pista del torneo.

Allí se encuentran con el Presidente de la Asociación Monte Pindo y dos de las estudiantes con rol de periodistas le piden una entrevista, que les concede, para saber sobre el gran incendio del año 2013.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 55: Fotograma del cortometraje “Cinema Climantopía” con dos mariscadoras que explican la problemática de los eucaliptos en la Ría de Muros y Noia.



Imagen 56: Fotograma del cortometraje “Cinema Climantopía” en el que se visualiza a España y a Perú jugando la final del torneo de la Conferencia sobre trabajos internacionales bilaterales Europa y América desarrollados durante la pandemia.

En la entrevista les explicó las alarmantes consecuencias del incendio de 2013 con los 3 días que aterró a la población, dañó viviendas y generó una gran cantidad de sedimentos que afectó al banco de marisqueo más próximo y dejó erosionado el terreno. Justificó la rápida expansión por la introducción de especies invasoras, especialmente el eucalipto. También se refirió a las medidas que tomaron para minimizar estos impactos como sembrar gramíneas y a la obtención de un banco de germoplasma para recuperar las especies arbóreas autóctonas pérdidas. Terminó implorando que no se queme el bosque y recomendando que se piense más en la prevención porque la apuesta política se centra demasiado en la extinción.

En este contexto actual de cambio climático, los suelos agrícolas y forestales están sometidos a impactos que implican su degradación pudiendo llegar a puntos de no retorno que conducen a la desertificación. Las causas de esta degradación son diversas y estas se están amplificando con el cambio climático. En la película “Cinema Climantopía” se recogen problemáticas de este tipo en Galicia como la expansión de especies pirófitas

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

como los eucaliptos que, con los periodos de fuerte sequía y olas de calor que acompañan al cambio climático en la región, aumentan el riesgo de incendios. Al mismo tiempo, las lluvias torrenciales, que están siendo cada vez más frecuentes, provocan fuertes erosiones y el paso de cantidades grandes de sedimentos que ponen en riesgo a los ecosistemas fluviales y de estuarios, bloqueando branquias o cubriendo superficies de sedimentos de marisqueo.



Imagen 57: Fotograma del cortometraje “Cinema Climantopía” en el que se visualiza la entrevista al Presidente de la Asociación Monte Pindo explicando los efectos del incendio de 2013.



Imagen 58: Ilustración de fuego de copa en eucaliptos (autora Sarela Lorenzo Robledo).

Las tierras de cultivo cubren un 12-14% de la superficie terrestre y son fundamentales para la nutrición de una población en constante crecimiento. La formación del suelo es un proceso que requiere de tiempos geológicos dilatados y en el que el clima es fundamental, hasta el punto de que rocas diferentes un clima puede dar suelos muy parecidos y una misma roca en climas diferentes pueden dar suelos también diferentes. Por ese motivo las influencias entre el suelo y el clima son mutuas, afectando el cambio climático a su estructura y productividad.

Una de las principales problemáticas que trae el cambio climático para el suelo es el estrés térmico. Este aumento de la temperatura de la superfi-

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

cie terrestre causó cambios en el inicio y finalización de las estaciones de cultivo, reducciones en el rendimiento de los cultivos y la disminución de la disponibilidad de agua dulce generando estrés hídrico sobre la vegetación.



Imágenes 59 & 60: Sequías inducidas por el cambio climático e inundaciones en el contexto de cambio climático.

Los cambios que está induciendo el cambio climático en el suelo son de tal magnitud que pone en riesgo el equilibrio dinámico que le ha permitido secuestrar aproximadamente el 30% de las emisiones totales de carbono de origen antropogénico. El calentamiento del suelo supone un mayor riesgo de mineralización de la materia orgánica que fertiliza el suelo, que puede suponer una pérdida de fertilidad al tiempo que estaría retroalimentando el problema, porque el suelo, después de los océanos, es el segundo sumidero de C. El cambio climático pone en riesgo este papel de sumidero, en cuyo caso, como retiene 2/3 del C de los ecosistemas terrestres, podría convertirse en una fuente de C, contribuyendo en ese caso a un incremento del calentamiento global.



Imagen 61: Fotografía de una muestra de suelo en la que se evidencia su riqueza en materia orgánica debido a su color negro.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

Otro factor del impacto del cambio climático sobre el suelo tiene que ver con los efectos del aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas. Lluvias cada vez más intensas conducen a mayores inundaciones en la superficie y erosión del suelo, así como a un mayor estrés hídrico de las plantas. Por eso las fuertes precipitaciones e inundaciones pueden retrasar la siembra, aumentar la compactación del suelo y causar pérdidas de cultivos por anoxia debido a la compactación de las raíces. Al mismo tiempo el aumento de las precipitaciones supone también un incremento del arrastre de componentes del suelo, con pérdidas de sales minerales que son nutrientes necesarios para la calidad de la fertilidad del suelo.



Imagen 62: Fotografía que muestra los efectos de las inundaciones eliminando los cultivos y surgiendo especies propias de suelos inundados.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Cómo afectan las temperaturas elevadas a la pérdida de carbono del suelo?
2. ¿Cómo influye el labrado de la tierra en la pérdida de carbono del suelo si coincide la labranza con días cálidos?
3. ¿Cómo afecta a la fertilidad del suelo los días de lluvias torrenciales continuas? ¿Son los mismos efectos si los suelos son muy arenosos (muy porosos) que muy arcillosos (poco porosos)? Justifica la respuesta.

3.2. RELACIÓN DE LOS INCENDIOS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LAS PROPIEDADES EDÁFICAS

¿Por qué se considera que el cambio climático puede agravar los riesgos de la ocurrencia de incendios?

Los regímenes de incendios forestales están impulsados principalmente por el clima y los fenómenos meteorológicos de olas de calor y fuertes vientos, los combustibles y las personas. A su vez los combustibles que dan lugar a los incendios suelen verse incrementados por el cambio climático porque con más CO₂ aumenta la tasa de fotosíntesis. Además, la alternancia de fuertes precipitaciones con períodos de sequía estimulan los combustibles del sotobosque y el crecimiento de los árboles.



***Imagen 63:** Fotografía que muestra la importancia del sotobosque en la proliferación de incendios forestales.*

Con el cambio climático, su incidencia en los combustibles y la extensión de grandes monocultivos de especies pirofíticas facilitadores de fuego de copa, como es el caso de los eucaliptos, se produce un mayor de riesgos para el aumento de los regímenes de incendios de muchas regiones del planeta. Así lo prevén investigaciones actuales que sugieren un aumento general en superficie afectada y ocurrencia de incendios. En esta línea existen estudios que relacionan el aumento de la superficie afectada en los últimos cuatro decenios con el cambio climático. Estudios sobre la región boreal, que representa un tercio de la superficie forestal del planeta, proyecta una tendencia a que, con el avance del cambio climático, los incendios aumenten bruscamente, pudiendo llegar a ser hasta 4-5 veces los valores máximos que había a finales del siglo XX.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



***Imagen 64:** Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza el riesgo de dejar almacenes de madera próximo a las casas, así como los demás elementos altamente combustibles.*

Ante este escenario preocupante de efectos del cambio climático sobre los incendios se deben abrir otros frentes que acompañen el ya clásico de la extinción. Apagando el fuego muchos estados y organizaciones han conseguido un nivel muy elevado de eficiencia en el manejo del fuego. Pero ante un clima futuro más cálido y más seco va a ser necesario consolidar los nuevos desafíos que ya se están presentando.

Estados muy bien equipados para la extinción como Canadá se vieron claramente superados en el año 2023, iniciándose en periodo inusual para los incendios en la región boreal, coincidiendo con un adelanto primaveral que últimamente se está viviendo en territorios boreales. Esta serie comenzó el día 1 de marzo de 2023, aumentando su intensidad durante tres meses, hasta su extinción el 5 de junio de 2023. Durante este tiempo, ha habido 2.214 incendios que han acabado con 3.800.000 hectáreas, lo cual supuso la pérdida del 0,4 de la superficie total de Canadá. A otra escala territorial, en la comunidad autónoma de Galicia desde el 3 de agosto hasta el 15 de agosto de 2006 ha registrado del orden de 2.000 incendios, castigando zonas habitadas y causando 4 fallecidos, generando serias dificultades respiratorias a muchas personas y un escenario dantesco. Esta quincena de incendios extendidos por todo el territorial queda en el recuerdo de los gallegos, a pesar de tratarse de una región europea con muchos incendios, debido a que tiene una de las mayores densidades de masa forestal de Europa, con veranos proclives a los incendios por tener varias semanas seguidas de calor y tiempo seco, con un suelo arenoso que no retiene el agua y, por tanto, en esas circunstancias provoca la sequía de la vegetación, coincidiendo ese tiempo seco con vientos del NE que pueden llegar a ser fuertes.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 65: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza un helicóptero que actúa como un medio técnico sofisticado y eficaz para la extinción.



Imagen 66: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza el descenso del incendio desde la cumbre.

Ejemplos como el de Galicia de 2006 evidenciaron que, siendo esta una de las comunidades autónomas españolas mejor equipadas y preparadas para extinguir incendios, ante una concentración de fuegos así la extinción eficaz desaparece. Por otro lado la descontextualización estacional de los incendios hacen que estos ocurran cuando los operativos estacionales están desactivados por ser una estación con unas condiciones climáticas de bajo riesgo. Eso fue que lo ocurrió también en Galicia entre el viernes 13 de octubre y el lunes 16 de octubre de 2017, en pleno otoño, una estación extremadamente húmeda en esta región de entrada de frentes atlánticos. En sólo 4 días, cuando ya estaban inactivos los servicios especiales de extinción, ardió una extensión que es aproximadamente cuatro veces la superficie de Vigo, su mayor ciudad. Aquellos incendios incontrolados se

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

debieron al efecto del huracán Ophelia, cuyos vientos hicieron expandirse las cenizas ardientes que iniciaban nuevos focos y pusieron en riesgo a la ciudad de Vigo. Pero ese evento extremo totalmente anómalo para el clima de esa región no tendría esos efectos si no se le sumará el calor anómalo de aquel mes de octubre y la escasez de lluvia. De nuevo, esta ola de incendios se cobró cuatro vidas gallegas.



Imagen 67: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza la llegada de las llamas al pueblo.

La preocupación por las vidas humanas debido a los incendios, en el contexto del cambio climático tiene que entrar con fuerza en las agendas políticas. Así se manifestó el Primer Ministro de Portugal, también en el 2017, cuatro meses antes de los incendios de Galicia ocurridos a mediados de octubre, durante el paso del huracán Ophelia. Esas manifestaciones se referían al trágico fallecimiento de más de 60 personas en el incendio de Pedrógão Grande. La tragedia generó también heridos hospitalizados. De los fallecidos, 30 fueron encontrados en sus vehículos en carreteras de Leiria, donde había plantaciones de eucaliptos.

Estos ejemplos de casos de incendios en Canadá, Galicia y Portugal son evidencias para ampliar las políticas de extinción a nuevos campos como la prevención, teniendo presente los escenarios de evolución del cambio climático. Esto es así porque en el futuro se espera que los regímenes de incendios sean impulsados por la temperatura en condiciones más cálidas y temporadas de incendios más largas junto con periodos climatológicos hasta ahora anómalos, adelantando y retrasando los periodos de incendios habituales hasta ahora.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 68: Fotografía del incendio de Pedrogão Grande de Lucília Monteiro (Fuente: Visão) em Portugal onde se visualizan os coches nos que faleceram os ocupantes.



Imagen 69: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza cómo desde la casa ofrece ayuda usando una manguera de la propia vivienda.

Se prevé que con el cambio climático sigan aumentando la ocurrencia y la severidad de los incendios, dando lugar a incendios mayores, en más estaciones, con más severidad y superficie afectada y, por tanto, más difíciles de extinguir. Según diversos estudios la superficie afectada en el próximo se puede multiplicar por un factor comprendido entre 2 a 5 veces en relación con la que fue afectada en el siglo XX. Este incremento de la frecuencia de incendios que se espera, que a su vez se prevé que sean de más magnitud, requiere que, sin bajar la guardia en la extinción, se pase a poner el acento en la prevención, incidiendo, ya desde la edad escolar, en la educación ambiental sobre esta materia para que sean partícipes de las medidas de prevención en las localidades en las que viven, pero también en aquellas que visiten como turistas.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 70: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que turistas se paran a visualizar los efectos desde la distancia.

Responde con lo que sabes ahora:

1. Explica los cambios en el régimen de incendios en las épocas de ocurrencia, en el aumento de la frecuencia y en la intensidad de la combustión que pueden estar inducidos por el cambio climático.
2. ¿Cómo es posible que el paso del huracán Ophelia por las proximidades de Galicia pudiera ocasionar a mediados de octubre, época inesperada para los incendios de Galicia, incendios de tal magnitud para poner en alarma parte de la ciudad de Vigo, y con el coste de 4 vidas?
3. ¿Cómo se puede relacionar el 50% de las víctimas de Portugal en el incendio trágico Pedrógão Grande con el sistema de gestión forestal en el trazado de las vías públicas?

¿Por qué se considera que los incendios aumentan la desertificación?

En nuestra área los fuegos suelen suceder en verano, estación seca y cálida, a la que le sigue la época de lluvias torrenciales, las cuales pueden erosionar grandes cantidades de suelo, suelo de mayor fragilidad si ha sufrido combustión de su materia orgánica, además del lavado de gran cantidad de nutrientes mineralizados por la combustión. Estos efectos erosivos son mayores cuando los bosques quemados están en zonas montañosas, principalmente porque las posteriores fuertes precipitaciones generarán arrastres erosivos del suelo.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 71: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se visualiza cómo quedó el Monte Pindo.

Aunque el calor afecta normalmente a los primeros centímetros del suelo, son frecuentes los incendios subterráneos que pueden consumir la materia orgánica del suelo en una lenta combustión debido a la baja disponibilidad de oxígeno durante mucho tiempo. Esto, a parte de dificultar la detección de la continuación del incendio y dificultar la extinción, facilita la combustión de las raíces aumentando los riesgos de erosión. Estos riesgos erosivos son especialmente importantes en suelos con elevadas pendientes. Radica en que el calor consume parte de la materia orgánica, en especial las raíces, que suelen arder por debajo de la tierra y puede alterar la estabilidad de agregados, eliminando parte importante de materia orgánica. Por otro lado, en el suelo descubierto tras el incendio disminuyen la absorción y retención de agua, la porosidad, la aireación y la capacidad de infiltración. Por eso después de un incendio se suele producir una reducción de la disponibilidad de agua en el interior del suelo y un aumento de la escorrentía superficial y por tanto de la erosión. Cuando los bosques quemados están en pendiente, con la llegada de fuertes precipitaciones, el agua genera importantes escorrentías pendiente abajo, arrastrando toda la materia que haya perdido sujeción como resultado del incendio, en especial por la pérdida de raíces que retienen la materia y la pérdida.

El proceso de desertificación se ve favorecido porque parte del nitrógeno total se pierde por volatilización. Pero la magnitud de temperatura es tal que otros nutrientes fundamentales como el fósforo, el magnesio o el calcio, y parcialmente el potasio, pueden ser devueltos, desde la materia orgánica quemada, por las cenizas, de forma que tras el incendio puede haber un aumento de fertilidad, efímero pero crucial, para la regeneración del monte, por lo que recomiendan sembrar masivamente semillas de gramíneas con la esperanza de que las primera lluvias sean suaves.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 72: Fotografía del incendio en el Monte Pindo de 2013 en el que se ve personal de extinción.

El mayor riesgo es la pérdida de nutrientes por lavado cuando llegan fuertes precipitaciones, ya sea por lixiviado o por erosión superficial, especialmente en pendientes fuertes o cuando no hay una estructura edáfica y una vegetación capaces de fijar y aprovechar rápidamente esa fertilidad, que se debe buscar favorecer con el sembrado masivo de semillas de gramíneas. Si hay acierto en el sembrado de gramíneas, que puede hacerse con vuelos sobre la zona, y suerte con el régimen de precipitaciones, incluso en zonas de pendiente se puede conseguir la recuperación del estado anterior al incendio en cuanto al contenido de nutrientes. Si las gramíneas germinan con eficacia puede restablecerse en pocos años la densidad y altura del matorral, previo al desarrollo de la cobertura arbórea, que garantice la protección eficaz del suelo para conseguir la regeneración incipiente del arbolado, que en sistemas en riesgo de inestabilidad, conviene acelerar mediante procesos de reforestación.

Los suelos que se encuentran bajo condiciones áridas o semiáridas, como ocurre con los suelos arenosos de origen granítico de Galicia, suelen ser más frágiles a las perturbaciones, ya que suelen tener contenidos en materia orgánica más bajos que suelos más arcillosos y básicos. Por eso estos suelos se ven desprovistos de la protección vegetal frente al poder erosivo de las torrenciales lluvias otoñales de esta zona durante mucho tiempo, algo que en Galicia está ocurriendo cada vez con más frecuencia. En estas condiciones edáficas y climáticas no se recupera de forma rápida la cubierta vegetal. Eso conlleva la pérdida de materia orgánica menos sujeta, y con ello, la actividad biológica del suelo. Esto acelera también la degradación física, disminuyendo cada vez más el potencial regenerativo de la zona. Con esta erosión la infiltración disminuye rápidamente, haciéndolo

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

de forma directa con la profundidad del suelo que se pierde con los arrastres. En la escorrentía que experimentan estos suelos forestales arenosos de pendientes, la propia vegetación del bosque desempeña un papel fundamental, disminuyéndola, e incrementando la dotación de agua retenida en los poros del suelo. Los bosques, sobre todo de especies frondosas, facilitan la infiltración del agua en el suelo aumentando el caudal de los acuíferos y evitando las riadas de agua y barro frecuentes en otoño.

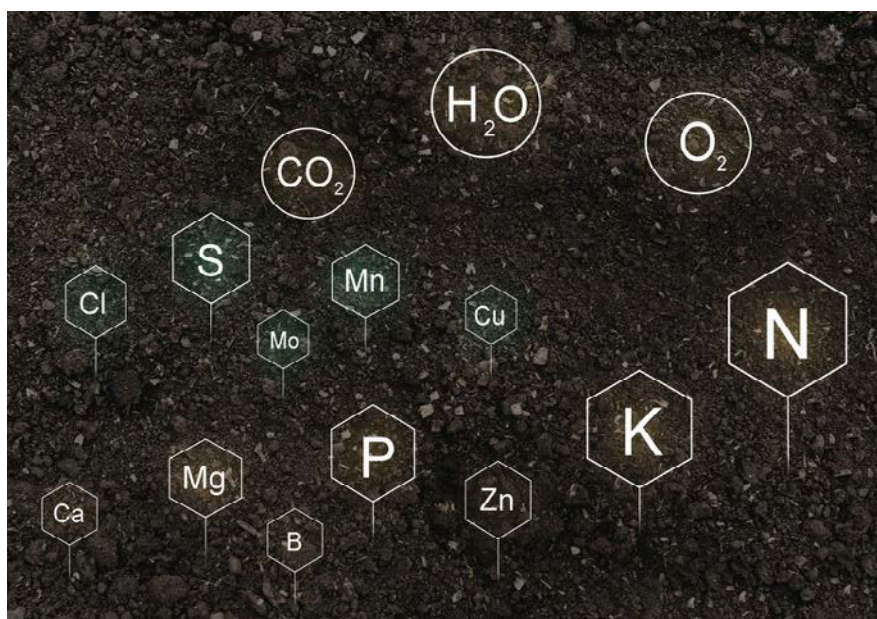


Imagen 73: Composición inorgánica del suelo.



Imagen 74: Bosque quemado sin cubierta vegetal.

En los suelos quemados, además de aumentar la escorrentía y disminuir la infiltración, con el posible aumento de la hidrofobicidad y pérdidas de raíces con el incendio, si se producen precipitaciones torrenciales tras el

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

incendio, lo cual es probable antes de que se recupere la cobertura vegetal, el impacto de las grandes gotas sobre el suelo desnudo contribuirá a destruir los agregados, cuyas fracciones taponan los poros reduciendo todavía más la velocidad de infiltración y, como consecuencia, aumentando la escorrentía superficial que favorece los arrastres de material del suelo, al tiempo que favorece la pérdida de nutrientes debido a su disolución en el agua de escorrentía. Por tanto, cuando los suelos pierden capacidad de infiltración de agua, paralelamente aumenta la proporción de agua de arrastre superficial o escorrentía, aumentando los efectos de la erosión. En laderas de pendiente escarpada, la lluvia puede desencadenar un proceso erosivo que conduzca a la desaparición del suelo y deje al descubierto la roca madre. Este efecto erosivo es especialmente evidente en el Monte Pindo, tal y como se puede ver en las imágenes aéreas en las proximidades de la cascada del Ézaro. Dichos procesos erosivos se ven favorecidos por la frecuencia con la que se repiten los incendios forestales sobre un mismo lugar, algo que en Monte Pindo ocurrió con una elevada frecuencia, tal y como cuenta en la película el Presidente de la Asociación Monte Pindo. Tal y como explica en su entrevista, los restos arrastrados van a los ríos y desde allí al mar, pudiendo afectar a diferentes organismos, entre los que destacan aquellos que tienen branquias, que estos restos taponan produciendo su muerte. También se ven favorecidos los procesos de eutrofización en los ríos y estuarios, debido a la gran cantidad de sales minerales que llevan disueltas las aguas de escorrentía.



Imagen 75: Incendio del Monte Pindo 2013. Pendiente de escorrentía que envía restos y sales minerales al estuario.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

Responde con lo que sabes ahora:

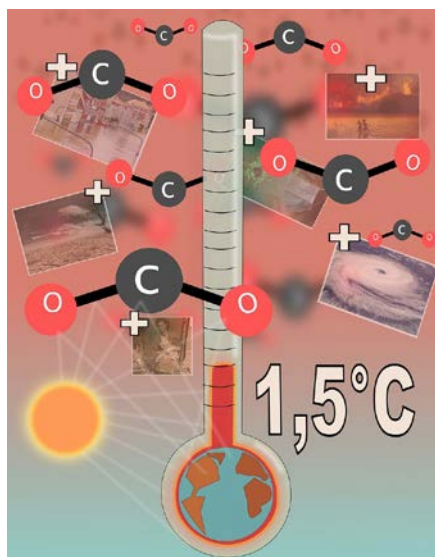
1. ¿Cómo pueden desaparecer las raíces de los árboles en los incendios si estos están bajo tierra?
2. ¿Por qué se siembran de gramíneas los bosques quemados en pendiente?
3. ¿Cómo se explica que si los suelos son arenosos sean más vulnerables a los incendios?
4. ¿Qué explica que los bosques incendiados tengan más escorrentía y menos infiltración que los mismos suelos antes del incendio?
5. ¿Por qué después de un incendio de un bosque en la cuenca hidrográfica de la desembocadura de un río, como ocurrió en Monte Pindo elimina zonas de marisqueo de bivalvos que viven en el sedimento?
6. ¿En qué medida interesa la reforestación de un bosque quemado y qué especies interesa introducir para la prevención de incendios futuros?
7. ¿Qué relación hay entre la reiteración de incendios en laderas montañosas con su desertificación?

3.3. BUENAS PRÁCTICAS PARA RETENER EL CARBONO EN EL SUELO, MEJORAR LA FERTILIDAD Y DISMINUIR LOS EFECTOS DE LOS INCENDIOS

¿Cómo se puede preservar el carbono orgánico en el suelo?

Se debe racionalizar el uso del suelo para lograr preservar el carbono orgánico del mismo mediante prácticas de manejo idóneas que inclinen la balanza a favor de la fijación o secuestro de carbono, procurando minimizar la salida del carbono del sistema edafológico, situando este recurso no renovable en un papel de sumidero, al tiempo que se preserva su fertilidad y se controla la liberación de gases de efecto invernadero por prácticas inadecuadas. Esto va a depender mucho del clima y del tipo de suelos. Por eso se deben promover estudios de dinámica del carbono de los suelos paradigmáticos de las diferentes regiones biogeográficas. En general se debe promover el uso de compostaje para enriquecer de materia orgánica el suelo y recurrir a las técnicas tradicionales como la rotación de cultivo o el barbecho.

En la COP21, en el marco de promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5 °C, buscando para ello que en la segunda mitad del siglo XXI se logre equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases efecto invernadero, surgió el proyecto “4 por mil de suelos para la seguridad alimentaria y el clima”. Este proyecto tiene como propósito aumentar mundialmente la materia orgánica en un 0,4% al año, a fin de compensar las emisiones planetarias de gases de efecto invernadero derivadas de fuentes antropogénicas para colaborar con ello a detener el incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera.



Imágenes 76 & 77: Cartel que expresa la finalidad de la COP21 y cartel que anuncia la COP21.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

Para llevarla a la práctica, la iniciativa 4 por 1000 incluye dos grandes programas de actividades.

Un programa de acciones para mejorar la gestión del carbono de los suelos, combatir la pobreza y la inseguridad alimentaria, y que en paralelo contribuya a la adaptación al cambio climático porque mitiga las emisiones. Este programa incluye prácticas que restauren el suelo, incrementen sus reservas de carbono orgánico y protejan los suelos con grandes reservas de carbono. Busca la financiación de proyectos que restauren, mejoren y conserven las reservas de carbono en los suelos, todo ello pensando en el suministro de productos agrarios amigables con los suelos.



Imagen 78: Terreno de cultivo en el que se están produciendo fugas de carbono.

Un segundo programa internacional de investigación y cooperación científica está destinado a estudiar los mecanismos y el potencial de almacenamiento de carbono en los suelos para diferentes regiones biogeográficas. Este programa evalúa prácticas agrícolas idóneas y su impacto en la captura de CO₂ en las regiones estudiadas, promoviendo en ellas innovaciones con políticas pertinentes, que monitorean y evalúan los cambios en las reservas de carbono de los suelos, teniendo presente el interés de los productores.

Se establecieron 20 regiones del mundo conceptualizando acciones para secuestrar carbono en el suelo, centrándose en cada región en los suelos con bajos contenidos iniciales de carbono en un periodo estimado de 20 años. Para ellos se establecen las mejores prácticas de manejo, teniendo presente que cuando alcancen el equilibrio ya no van a contribuir a aumentar el potencial de sumidero de gases efectos invernadero.

¿Cómo se puede gestionar los aumentos de riesgos de los incendios en el contexto del cambio climático?

Los riesgos que nos traen los incendios en los impulsos de su frecuencia, virulencia, y extensión de épocas requieren de una gestión territorial. Pero hay una serie de criterios generales a tener en cuenta en cualquier territorio.

Las viviendas no deben construirse en zonas forestadas y cuando las urbanizaciones tengan arbolado próximo se deben retirar para disminuir el riesgo sobre viviendas.



Imagen 79: Incendio del Monte Pino de 2013. Casa en riesgo.

Se deben minimizar las especies pirófitas facilitadoras de fuego de copa y cuando estas estén cerca de carreteras y vías de ferrocarril se deben retirar para evitar riesgos sobre los coches. Se deben mantener limpias de forma mantenida en el tiempo las cunetas y zonas próximas.



Imagen 80: Incendio del Monte Pino de 2013. Carretera con eucaliptos quedamos a ambos lados.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

Se deben favorecer reforestaciones con árboles autóctonos que no generen sotobosque y no faciliten la extensión de fuego de copa. Se favorecerá el desarrollo de bancos de germoplasma con semillas de especies autóctonas. Cuando se establezcan monocultivos forestales se harán distantes de las poblaciones y de vías de comunicación. Estas tendrán amplios cortafuegos siempre limpios. Se procederá así con los que ya existen.



Imagen 81: Incendio del Monte Pino de 2013. Diferencia entre el bosque quemado y el autóctono que no ardió.

Interesa que existan profesionales de teledetección de incendios y de prevención de los mismos contratados todo el año, a la vista de la ocurrencia de incendios en estaciones en los que no se producían. Es fundamental desarrollar planes de coordinación anual entre servicios de diferentes territorios para concentrar esfuerzos donde los incendios se resisten a la extinción.

Las casas deben tener salidas liberadas de arbolado garantizadas y fácil acceso a los servicios de extinción de incendios.

En los planes de edificación en zonas forestadas próximas interesa incluir sistemas de mangueras y bombas para poder humedecer las zonas próximas a las casas.

Se debe proceder a la siembra de gramíneas, incluyendo para ello medios aéreos, en bosques quemados que estén en pendientes.

Interesa tener a la población preparada para realizar labores de voluntariado de extinción para que puedan actuar, bajo criterios e instrucciones de las fuerzas del orden público, cuando corresponda y de la forma no arriesgada más eficaz.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA



Imagen 82: Incendio del Monte Pino de 2013. Incendio próximo a una casa en riesgo.



Imagen 83: Siembra de gramíneas en un suelo quemado.



Imagen 84: Monte Pino erosionado permanentemente por la reiteración de incendios.

CAPÍTULO 3: EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DESDE LAS ESCENAS DE LOS EUCALIPTOS Y LOS INCENDIOS EN GALICIA

Se debe prestar atención para no tener incendios reiterados en bosques que puedan conducir a desertificación dejando al descubierto la roca madre.

Responde con lo que sabes ahora:

1. Desarrolla un plan para evitar las pérdidas de carbono en zonas de cultivo próximas al lugar donde vives, teniendo presente el clima y las tendencias de los efectos del cambio climático.
2. Desarrolla un plan para la prevención, extinción y disminución de riesgos de incendios forestales en un lugar próximo a tu vivienda.

4.1. LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EUROPA

¿Cómo se conceptualiza la transición energética en la filmología del proyecto?

En el cortometraje que se proyectó como ganador al final de la película “Cinema Climantopía” y que se titula “Un mundo sin carbono” las presentadoras dicen que Polonia no está a la cabeza de los países con menos emisiones de Europa, sino que se sitúa más próxima a la cola.



Imagen 85: Fotograma de la presentación del contenido del cortometraje “Un mundo sin carbono” que aparece al final de la película “Climantopía” como ganador en la conferencia juvenil de Canarias.

Pero en esa presentación ya apuntan a avances importantes en los últimos años. Para ejemplificar, se desplazaron a entrevistar a una amiga cuya familia ha decidido poner en su vivienda unifamiliar paneles solares.



Imagen 86: Fotograma de la presentación del contenido del cortometraje “Un mundo sin carbono” que aparece al final de la película “Climantopía” como ganador en la conferencia juvenil de Canarias.

Esa amiga les explica que en la casa han puesto 30 paneles solares que son capaces de producir 10.000 Kw, cuando esa familia solo necesita 10 Kw al año. Lo que no logran consumir lo envían al distribuidor porque no

han adquirido las baterías especiales necesarias debido a su elevado precio. Las entrevistadoras cerraron la intervención aportando el dato de que en el 2022 los paneles solares suministraron, gracias a familias como esta, del orden del 7% de la energía consumida. En base a ese dato concluyeron que hay esperanzas de que algún día se liberen de las centrales contaminantes que se analizan en este cortometraje.

En la película “*Climantopía*” también se abordan contenidos sobre las energías renovables, en concreto sobre la energía eólica. La energía se aborda en el cortometraje polaco “*Un mundo sin carbono*” que se premia en la película. Lo hacen el día anterior a la gala de entrega de premios durante las visitas para conocer las islas. Dentro de ese programa visitaron un parque eólico que produce en este instante el 54% de la energía renovable.



Imagen 87: Fotograma de la película “Cinema Climantopía” en la que el grupo de participantes en el cortometraje que presenta Polonia conversan sobre energías renovables en sus territorios.

Una de las estudiantes de Polonia que interpreta a una presentadora en el cortometraje que presentan a la cumbre del día siguiente, recuerda que vieron muchos aerogeneradores en el alto de una montaña gallega cuando iban al torneo internacional de vóley playa del Ézaro. Una de las estudiantes gallegas aprovechó para presumir de que Galicia sólo está superada en energía renovable por Castilla y León. La estudiante polaca añadió entonces que, si Polonia adapta su legislación a la de la Unión Europea, podría cuadruplicar su capacidad eólica. Una estudiante canaria habló del potencial que tiene Canarias en la energía eólica por los vientos alisios, pero destacó que su crecimiento no debería ser en la superficie de las islas, porque en ella deberían priorizar la energía solar, que por razones obvias allí también tiene mucho potencial. Por ello se mostró favorable a poner aerogeneradores en el océano. Sobre esa idea la estudiante de Lisboa expresó la apuesta que estaba haciendo su gobierno por aumentar su potencial eólico marino. Sin embargo, las estudiantes gallegas expresaron su temor a que en Galicia se lleguen a poner en las rías por lo que supondría en términos de disminución de su valor paisajístico.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿A qué se deben las diferencias de posicionamiento de las estudiantes gallegas y de las canarias sobre la energía eólica marina?
2. Compara el potencial de energía solar en Canarias, Polonia y Galicia.
3. ¿Cuál es la diferencia entre el posicionamiento de las familias polacas y su gobierno con relación al uso de energías renovables?

¿Cómo abordó la Unión Europea su actual transición energética?

La transición energética arranca en octubre de 2014, cuando el Consejo Europeo acordó los objetivos de la Unión Europea para 2030. Se fija, de forma vinculante para el conjunto de la Unión Europea, una reducción en las emisiones de carbono de al menos un 40 por 100 frente a las registradas en 1990. Esa transición energética contemplada en el proyecto de unión energética se asienta sobre cuatro pilares: (a) mayor peso de las renovables; (b) una apuesta por la eficiencia energética; (c) mayor integración de los mercados eléctricos en Europa vía el desarrollo de las interconexiones; y (4) una mayor participación ciudadana, en la que la Educación toma un papel importante con la integración de los diferentes proyectos Erasmus+ orientados hacia el Horizonte 2020.



Imagen 88: Fotografía de la convergencia de las fuentes energéticas renovables claves en la transición energética europea (fuente: El Periódico de la Energía).

Con este enfoque de la transición energética la Unión Europea aspira a un claro liderazgo mundial en energías renovables, lo que se traslada en términos educativos a que el medio ambiente y la lucha frente al cambio climático se vaya posicionando en una línea estratégica para los proyectos educativos Erasmus+. Para conseguir ese liderazgo la transición energética se centró en el objetivo del incremento del peso de las renovables sobre el total de energía primaria consumida, hasta alcanzar el 27 por 100 en 2030. Para conseguir ese objetivo el Parlamento expresó el interés por un compromiso que extendiese el uso de energías renovables hasta alcanzar un porcentaje del orden del 35 por 100. Al mismo tiempo, fijándose en el largo plazo, la hoja de ruta 2050 fijó como objetivo la disminución de las emisiones contaminantes entre el 80 por 100 y el 95 por 100 respecto a las de 1990, con el objetivo intermedio de alcanzar una reducción del 60 por 100 para 2040.

La apuesta por las renovables se justificó en base a distintos criterios entre los que destacan los medioambientales. Los motivos medioambientales están claramente relacionados con el cambio climático: junto con la nuclear, las renovables son las únicas tecnologías de generación eléctrica que no emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera. Teniendo presente los riesgos a largo plazo de la energía nuclear, incluyendo la compleja e incierta gestión arriesgada de los residuos nucleares, las renovables pasan a ocupar un papel central para conseguir los objetivos de reducción de emisiones. Si con las renovables se abastece con eficacia al sector eléctrico, este se convierte así en el principal vector de descarbonización de la economía, al ser el sector que con mayor efectividad puede integrar las renovables en sus procesos productivos.

Gracias a la investigación sobre las renovables, en la que Europa lidera muchas iniciativas, la producción de electricidad con renovables ha experimentado fuertes reducciones de sus costes. Antes del 2005 la obtención de electricidad a través de renovables superaba en más de siete veces a la obtenida a través de las centrales térmicas. Pero con el desarrollo de la transición energética los costes de la eólica ya están en el orden del 50% y los de la solar fotovoltaica es todavía más relevante, consiguiéndose una reducción del orden del 80% por 100. Otras tecnológicas que están en un proceso madurativo en la investigación más básica, como la eólica marina, la biomasa o la térmico solar, también han conseguido ya reducciones importantes en los costes. La reducción de costes es de tal relevancia y genera tantas expectativas de futuro que está llevando a Europa a cerrar centrales térmicas muy importantes. En España se va a cerrar la más importante, la central térmica de As Pontes de García Rodríguez.

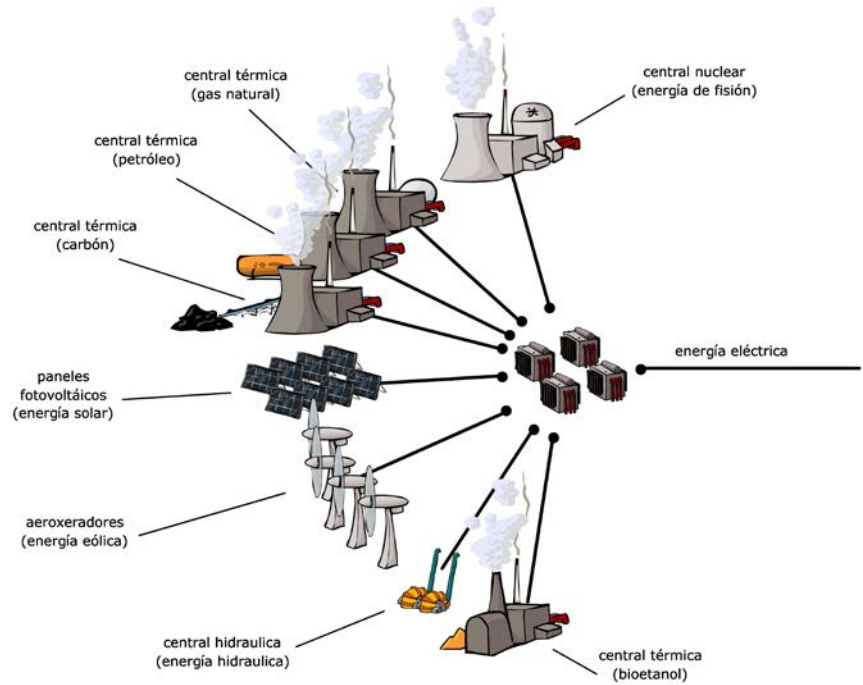


Imagen 89: Ilustración de la participación de las diferentes fuentes de energía en el abastecimiento energético del sector eléctrico.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Cuándo plantea la Unión Europea la transición energética y cuáles son sus principales motivaciones?
2. ¿Qué factores están empujando a los países de la Unión Europea a cerrar las centrales térmicas como es el caso de As Pontes de García Rodríguez en España?
3. ¿Cómo está repercutiendo la transición energética en el programa Erasmus+ y cuál es su significado social, económico y político?

4.2. LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA HIDRÁULICA Y SU INCIERTO FUTURO EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EUROPEA

La energía hidráulica es importante desde tiempos históricos pretéritos, siendo utilizada la transformación de la energía renovable hidráulica en la cinética, para generar movimientos circulares de piedras que permitían triturar el grano en harina.

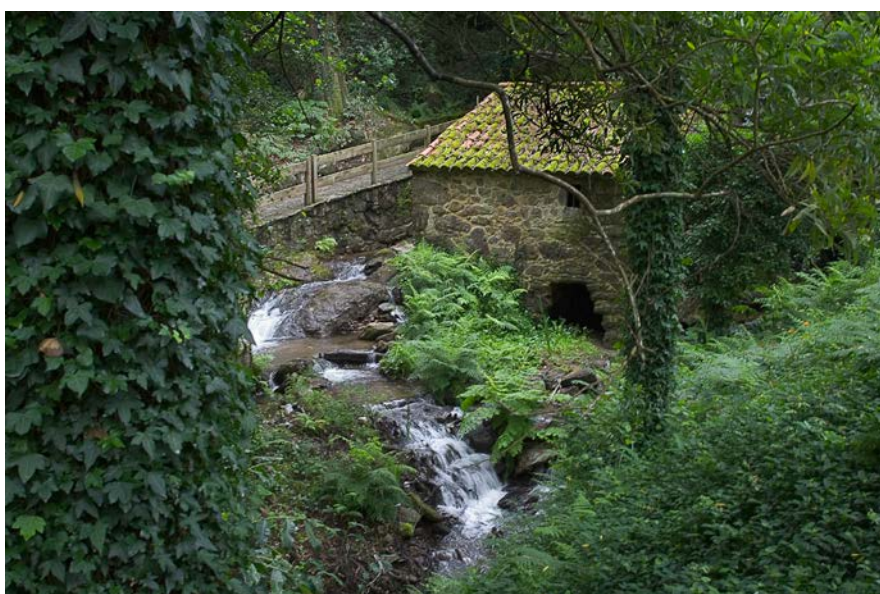


Imagen 90: Molino tradicional hidráulico de Galicia.

La hidráulica fue la primera fuente de energía que se utilizó para producir electricidad, construyéndose a nivel experimental la primera instalación para mover una turbina que producía electricidad mediante el invento de la dinamo hidráulica en Gran Bretaña en 1980. Aunque la primera construcción con impacto industrial es la construida en Appleton (Estado de Wisconsin – EE.UU) dos años después.

En España las primeras centrales llegan con el inicio del siglo XX y ya en la primera década se construyen grandes centrales hidroeléctricas, entre las que se puede destacar la del Molinar en el río Júcar, que abastecía de electricidad a Madrid con una línea de alta tensión de 60.000 voltios de unos 250 Km, que por aquel entonces, momento en el que las centrales hidráulicas se ponían próximas a los centros de consumo, era una de las de mayor longitud de Europa, derivada de la distancia de Madrid a grandes ríos.

España en la posguerra apostó decididamente por usar al máximo el potencial hidráulico de sus ríos, por lo que cuando llegó la democracia, España ya disponía de una explotación que se pueda considerar extensa de sus

grandes cuencas hidráulicas, teniendo una capacidad productiva de más de 14.000 MW. La energía hidráulica suponía el 50% de la potencia total instalada en España a finales de los años setenta, a pesar del incremento que tuvo la implantación de grandes centrales térmicas y la instalación de nucleares a partir de la década de los 50, cuando ya estaba muy explotado el potencial de grandes embalses.



Imagen 91: Vieja turbina y dinamo hidráulica de la central Tambre I.



Imagen 92: Fotografía de un embalse.

A partir de los años ochenta, buscando el incremento de potencia de la energía hidráulica, se llenó el territorio peninsular de minicentrales en sus pequeños ríos. Con todo, el incremento conseguido no alcanzó los 5.000 MW, y en la actualidad representa menos del 20% de la potencia instalada.

En Galicia, una región muy explotada y con un régimen pluviométrico muy elevado, la potencia de la energía eólica ya supera con claridad a la de la energía hidráulica.



Imagen 93: Fotografía de una minicentral hidráulica.

En el contexto actual de cambio climático, los embalses tienden a estar desabastecidos muchos meses, y cuando llueve la torrencialidad de las precipitaciones hace necesario facilitar la eliminación de agua que no se puede utilizar para turbinar. Además, los embalses tienden a colmatarse de sedimentos. Por eso cada vez se reducen cada vez más las expectativas en el futuro de la energía hidráulica con el avance del cambio climático, quedando un futuro incierto para esta fuente renovable.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Qué papel tuvo el descubrimiento de la dinamo hidráulica en la aparición de la electricidad?
2. ¿Por qué las primeras centrales hidroeléctricas tenían que estar cerca de las zonas de consumo? ¿Cómo se pudo avanzar en el distanciamiento?
3. ¿Por qué a partir de los años 80 del siglo pasado España no construyó grandes centrales hidroeléctricas y sí impulsó planes de minicentrales?
4. ¿Por qué se considera que la energía hidráulica no es la energía de futuro para la era del cambio climático?

4.3. LA ENERGÍA EÓLICA EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EUROPEA

El viento es otra fuente de energía clásica en la historia de la humanidad. Se sabe que ya se usaba como fuerza motriz de los barcos de vela hace 5000 años por los egipcios. También de muy antiguo fecha su uso para moler grano en los molinos.



Imagen 94: Fotografía de un viejo molino de viento en la localidad gallega de Catoira.

En la actualidad las técnicas de la moderna tecnología eólica supieron adaptar esos saberes tradicionales para la producción de electricidad a gran escala. Galicia destaca como comunidad autónoma con producción de energía eólica en España, y teniendo una baja implantación de energía solar, sólo está superada en renovables por Castilla y León. Pero la tendencia es a aumentar progresivamente su implantación en diferentes comunidades autónomas, entre las que destaca Canarias, que está apostando por la investigación en eólica marina.

La instalación de un parque eólico se realiza en varias etapas entre las cuales están el estudio meteorológico del régimen de vientos y la evaluación del impacto ambiental que puede producir su instalación en zonas altas de gran fragilidad ecológica y paisajística. Existen riesgos que pueden incrementarse con las tecnologías *offshore* (parques eólicos marinos), si no se establece una adecuada planificación y control. La evolución de este recurso va ligada al incremento de la potencia de los equipos, y ya se están construyendo prototipos de potencia superior a los 1000 kW.



Imagen 95: Fotografía de un parque eólico en la localidad gallega de Cabo Ortegal (autor Makinin en pixabay).

La energía eólica en la Unión Europea se promovió después de la COP 21 de París con el estudio *European Roadmap 2050* sobre políticas Europeas necesarias para alcanzar un objetivo de descarbonización del 80% respecto a los valores de emisión de 1990, en línea con la seguridad energética, la responsabilidad medioambiental y económica y los objetivos de la UE para el periodo 2015-2050, que aspira a que determinadas energías renovables entre las que destaca la eólica lleguen a proporcionar una mayor eficiencia que las fuentes de energía basadas en los combustibles fósiles. También interesa la implementación de energía eólica *Onshore* y *Offshore* para el almacenamiento térmico y energético, y también para el uso en sistemas de captación y absorción de CO₂ y ganar un espacio importante para este tipo de energía renovable en redes europeas que incorporen eólica de diversos países como son Dinamarca, Irlanda y el Norte de España, donde Galicia tiene un papel muy destacado.

La implementación de estas redes europeas donde la energía eólica vaya adquiriendo cada vez más peso específico, sitúa a la energía eólica en

un papel determinante a la hora de sustituir la producción de electricidad mediante fuentes de energía basadas en la combustión de combustibles fósiles, pasando a generar la electricidad con emisiones prácticamente nulas de carbono.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Cómo se puede explicar que Canarias teniendo los vientos alisios que soplan hacia el ecuador en dirección NE tenga menos desarrollo de energía eólica que Galicia donde los vientos son más intermitentes?
2. ¿Cómo podría resolverse la necesidad de parar el aerogenerador cuando en períodos de mucho viento la red no admite más carga?
3. ¿Qué ventajas tiene que los diferentes países de la Unión Europea conecten sus parques eólicos en red?
4. ¿Cuál es el potencial de los eólicos marinos y por qué en Galicia puede tener tantas reticencias a implantarlos cuando ha conseguido ser una comunidad pionera en el estado en este tipo de energía?

4.4. LA ENERGÍA SOLAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EUROPEA

La energía solar es una gran oportunidad para el aprovechamiento energético. De la energía radiante que nos llega del Sol recibimos más de 60 millones de billones de teps diarios, una cantidad que resulta muy prometedora para la transición energética europea, toda vez que la combustión de una tonelada de petróleo produce un tep de energía. Esta energía si lograra aprovecharse correctamente podría generar unas 20 veces la energía que contienen todas las reservas de combustibles fósiles. La tecnología actual nos da oportunidades en dos tipos de captación de la energía solar: Fotovoltaica o Térmica solar.

¿Qué es la energía fotovoltaica?



Imagen 96: Fotografía de un huerto solar.

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica. Presenta un importante desarrollo en algunos países de la Unión Europea, sobre todo en Alemania, uno de los líderes mundiales, con la mayor central de energía solar del mundo, Bavaria Solar-park, que tiene una extensión de paneles cercana a los 250.000 m². Uno de los principales problemas que enfrentan estos sistemas solares es la necesidad de grandes superficies, pues se trata de una energía difusa. La superficie de la Tierra recibe una potencia máxima de 1000 W/m². Otra limitación de esta energía es la intermitencia del suministro obligatorio. Esto obliga a disponer de sistemas eficaces de almacenamiento o conexión a la red eléctrica general de las cantidades que los propietarios de las placas solar fotovoltaicas no logren consumir, tal y como explica la estudiante polaca en la escena de los eólicos de Canarias de la película “Cinema Climantopía”.



Imagen 97: Placas fotovoltaicas de silicio.

En los años cincuenta del siglo pasado se fueron mejorando las celdas fotovoltaicas, fabricadas de silicio. Al incidir la luz solar en estas celdas de silicio se genera una diferencia de potencial debido al efecto voltaico que genera , corriente que puede ser de gran utilidad. Por lo general las celdas fotovoltaicas están compuestas por elementos semiconductores como el silicio. Para obtener un campo eléctrico cuando el sol incide en esas placas de silicio se debe hacer uso de una rejilla con un lado negativo y el otro lado positivo.

¿Qué es la energía térmica solar?

La energía solar térmica se basa en la utilización de un colector, que expuesto a la radiación solar absorbe su calor y lo transfiere a un fluido para su uso directo o su transformación en energía eléctrica. Ese fluido suele ser de naturaleza aceitosa para que alcance grandes temperaturas y caliente el circuito de agua que pasa en paralelo con los tubos del fluido que se caliente con el sol.

Uno de los usos más habituales de estos sistemas es para producir agua caliente en viviendas unifamiliares y también para calentar agua de piscinas, que a su vez permite evitar sobrecalentamiento del agua en los días muy soleados. Con una superficie de captación de unos 4 m² se alcanza la producción de 200 litros/día de agua caliente, durante todo el año. Esa cantidad suele ser suficiente para el uso de las viviendas. En Europa se recomendó su uso en todas las viviendas de nueva construcción, y por eso en España el código técnico de edificación estableció su uso obligatorio. Con eso se está consiguiendo evitar una cantidad importante de emisiones al calentar el agua de las nuevas viviendas con este sistema.

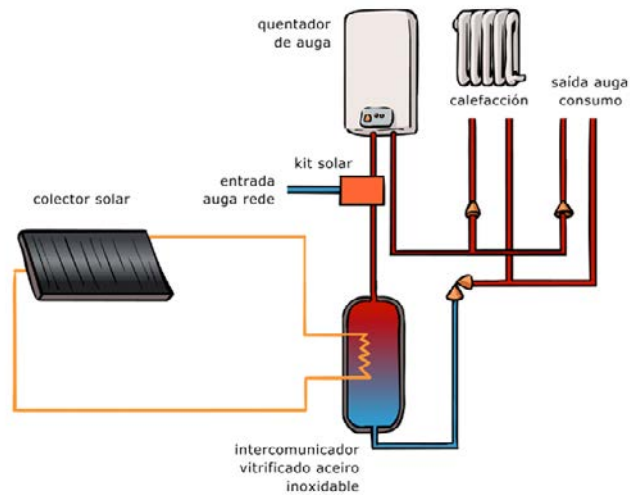


Imagen 98: Infografía del funcionamiento de colector solar de energía térmica solar.



Imagen 99: Fotografía de placas solares instaladas en un techo de una vivienda siguiendo las indicaciones del código técnico de edificación.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Por qué los usuarios de placas fotovoltaicas envían la sobreproducción a la red y no la almacenan?
2. ¿Cuál es el problema de la garantía de electricidad continua obtenida en las placas fotovoltaicas? ¿Es igual en Canarias que en Polonia? Justifica la respuesta.
3. ¿Por qué el código técnico de edificación obliga a poner placas térmicas solares?
4. ¿Cuál es la ventaja adicional de tener una piscina unida a las placas térmico solares además de disponer de agua caliente para bañarse?

4.5. EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LA ENERGÍA MARINA, DE LA GEOTÉRMICA Y DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

¿Cuál es el potencial de la energía marina?

La energía marina se usó a lo largo de la historia de la humanidad con el uso de los molinos de marea. Como durante seis horas sube la marea y a las seis horas siguientes baja, esos movimientos de las corrientes del agua se usaron para hacer molindas de cantidades importantes de grano.



Imagen 100: Fotografía del molino de mareas de Muros (A Coruña, Galicia).

En la actualidad se está investigando en el aprovechamiento energético de las olas y de las corrientes, entre las que también están las derivadas de las mareas. El potencial energético es muy grande en países con mucha costa, como ocurre en España. Si la investigación avanza con satisfacción en el año 2050 podría llegarse en España a un máximo de potencia instalada de 84,4 GW. Si se tiene éxito en estas investigaciones, se puede superar el 100% de la demanda eléctrica estatal que hay en la actualidad.

Para el aprovechamiento de la energía de las olas se tienen puestas muchas expectativas en los campos de boyas. Las boyas se colocan en la costa a profundidades que puedan anclarse al fondo marino. La energía cinética de las olas mueve las boyas, lo que impulsa un eje que acciona una bomba de fluido. El fluido llega a la turbina y, al expandirse, provoca su rotación y la posterior producción de electricidad en un generador emparejado a ella. En un campo de 220 m por 50 m, sobre el que reposen entre 6 y 12 boyas conectadas con los correspondientes sistemas para la obtención de energía podría generar la energía eléctrica equivalente al consumo de más de un millar de familias. También se podrían usar en sistemas de desalinización y en la producción de hidrógeno.

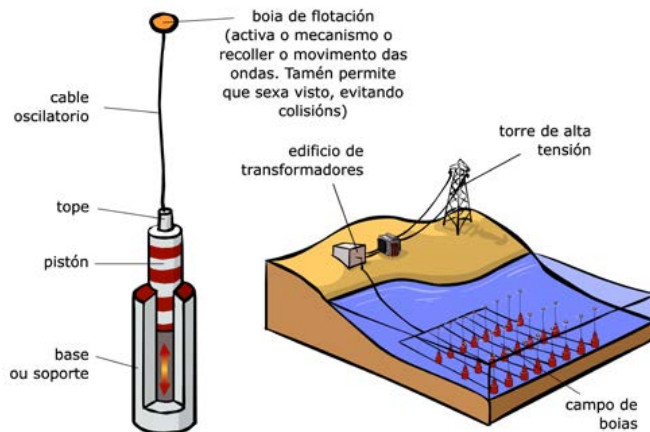


Imagen 101: Infografía de un campo de boyas para el aprovechamiento de la energía de las olas.

¿Cuál es el potencial de la energía geotérmica?

Se trata de la energía renovable que proviene del calor interno del planeta, que acompaña a la Tierra desde su origen y se pone de manifiesto en muchas ocasiones de manera violenta, con volcanes y terremotos, o con menor intensidad, formando géiseres o fuentes termales. El potencial geotérmico almacenado en los diez primeros kilómetros de la corteza terrestre supera con mucho las reservas mundiales de combustibles fósiles. Pero solamente una pequeña parte se puede aprovechar por el ser humano con las técnicas actualmente disponibles.

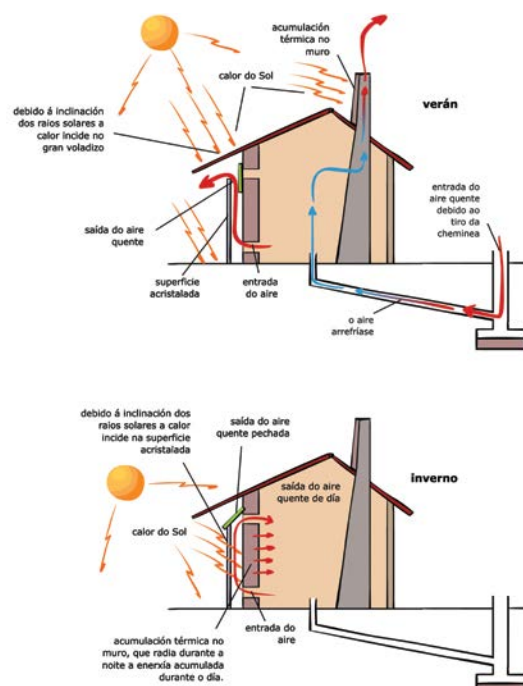


Imagen 102: Uso de energía geotérmica en bioconstrucción utilizada para calefacción en invierno y de ventilación en verano.

Es especialmente útil para la calefacción de viviendas, granjas e invernaderos. En yacimientos de alta temperatura, como los que existen en Islandia se puede utilizar para la producción de electricidad. En España existen recursos muy importantes de este tipo en las islas canarias de Lanzarote y La Palma. En los últimos años se impulsó su uso de forma importante en el Hierro.



Imagen 103: Central eléctrica geotérmica en Islandia.

¿Cuál es el potencial de los biocarburantes y que dudas genera su uso?

En la actualidad se está potenciando mucho el aprovechamiento de la biomasa primaria o vegetal con el objetivo de producir los llamados biocarburantes: combustibles líquidos o gaseosos obtenidos a partir de los llamados cultivos energéticos por procesos de fermentación. La producción mundial de biocarburantes para el transporte está encabezada por Brasil y EE. UU (bioetanol). En lo que se refiere al biodiésel, Europa es el mayor productor mundial.

Para obtenerlos se necesitan mucha superficie de cultivos de trigo, soja, colza o remolacha azucarera que permitan obtener biodiésel (usado para enriquecer el gasoil) y bioetanol (usado para enriquecer la gasolina). Por su potencial para mezclarse con combustibles obtenidos del refinado del petróleo, con la caída de las reservas petrolíferas va a hacer que estos combustibles sean cada vez más competitivos, pero el desarrollo de estas nuevas tecnologías está lleno de dudas y cuestiones sin resolver.

La transición energética que estamos desarrollando en la Unión Europea está impulsada por el hecho de que los combustibles fósiles sean cada vez más caros y escasos. Su sustitución por las fuentes renovables no está exenta de dificultades y conflictos, y los biocombustibles están entre los más destacados, en especial por los riesgos de ocupar campos de cultivo para la producción de biocombustibles, aumentando los riesgos de hambre para una población cada vez más numerosa.

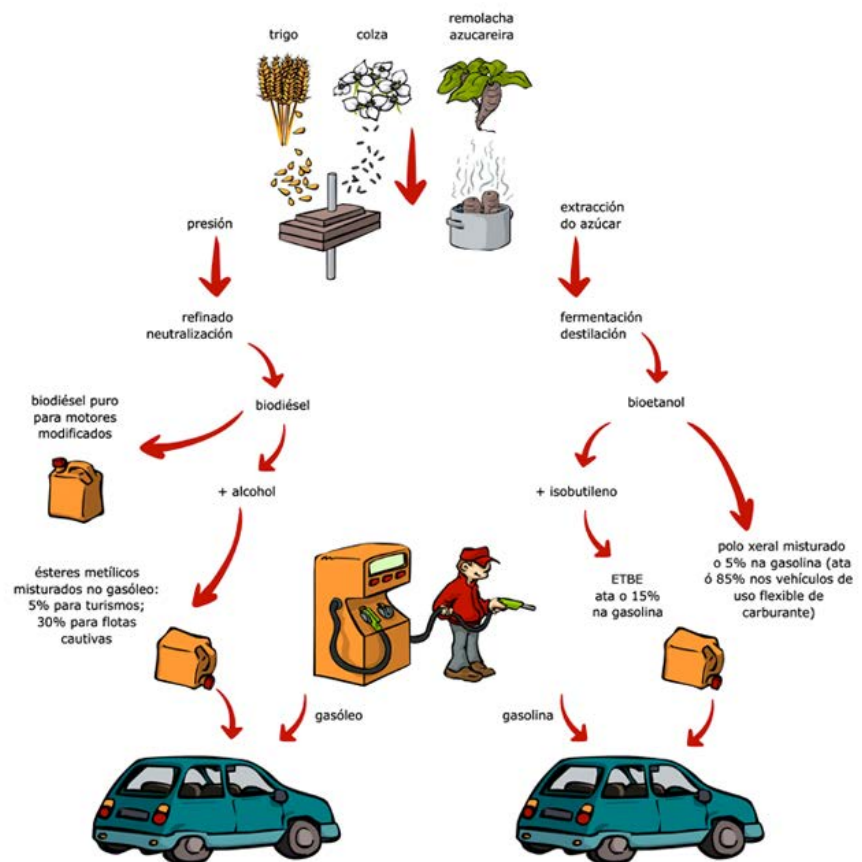


Imagen 104: Infografía que esquematiza el proceso de transformación de los vegetales en biodiésel para enriquecer el gasoil o bioetanol para enriquecer la gasolina.



Imagen 105: Fotografía de una planta de biodiesel.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Por qué en Vigo la energía marina puede tener más potencial que en Alicante?
2. ¿Por qué la energía geotérmica tiene más potencial de futuro en Islandia o en Canarias que en Galicia?
3. ¿Por qué nos preocupa que países como Brasil apuesten fuerte por la producción de biocombustibles?

4.6. POTENCIAL DEL HIDRÓGENO COMO NUEVO VECTOR DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La energía de la sociedad del futuro no puede proceder de los combustibles fósiles, porque urge afrontar el cambio climático y además el gas natural y el petróleo, al ritmo actual de consumo están llamados a agotarse a lo largo del siglo. Pero la humanidad aspira a tener vectores que permitan la potencia, transportabilidad, que posibiliten la movilidad y la globalidad que nos da el petróleo, y en estos momentos el hidrógeno promete ser ese vector capaz de ocupar el lugar que en la actualidad ocupan los derivados del petróleo.

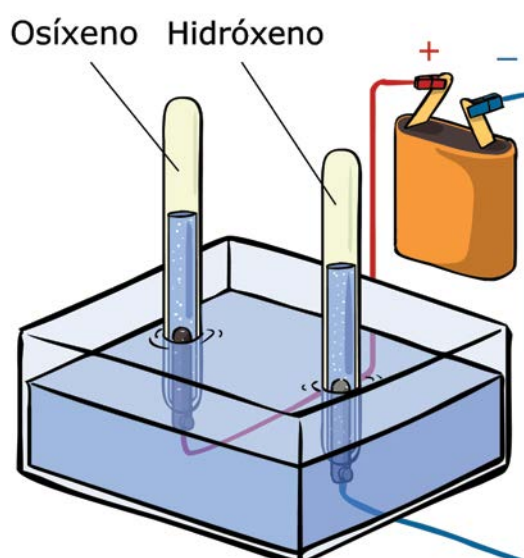


Imagen 106: Ilustración de la obtención de hidrógeno mediante la electrólisis del agua.

El hidrógeno es el elemento más común en el Universo, pues se encuentra en una concentración del 75%. En la Tierra, aunque no aparezca en estado libre y aislado, la selección natural lo llevó a conformar el 70% de los organismos. Fue descubierto en 1776 por Henry Cavendish, quien presentó un experimento consistente en producir agua a partir de oxígeno e hidrógeno mediante electricidad, reacción en la que ahora tenemos puestas elevadas expectativas para que sea el vector que sustituya a los obtenidos del refinado del petróleo. Pero no fue hasta 1920 cuando apareció la primera compañía que disocia por medio de la electrólisis el agua en oxígeno e hidrógeno con fines comerciales, que es la reacción en la que tenemos esperanzas de poder obtenerlo para su uso como vector. Este proceso consiste en la introducción de dos electrodos de distinta carga (positivo y negativo) en un tanque de agua pura en la que se disuelve un electrolito, y en la aplicación de corriente eléctrica continua a al mismo. El resultado es que el hidrógeno se va a desplazar hacia el cátodo (electrodo de carga

negativa) y el oxígeno hacia el ánodo (carga positiva). La electrólisis no es muy usada, pues resulta más caro este método (puede ser tres o cuatro veces más caro) que el de utilizar el gas natural como fuente de hidrógeno.

Ya en los años 30 del siglo pasado, el hidrógeno se empleó como combustible secundario en la aviación civil, como alternativa a una mezcla de gasolina y benceno. Posteriormente los ingleses y alemanes habían de utilizarlo de la misma forma en submarinos y torpedos de forma experimental.

Las propuestas que habían surgido en los años 20 sobre la utilización de hidrógeno como combustible no fueron retomadas hasta 1973, cuando sucedió la crisis del petróleo. En ese año se formaron grupos y asociaciones que defienden su uso y que lograron que los gobiernos invirtieran en este campo de investigación. Una vez superada la crisis del petróleo volvió a olvidarse la posibilidad de una nueva fuente de energía hasta los años 90 (del siglo pasado), cuando proliferaron los informes científicos que alertaban del rápido aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a consecuencia de la quema de combustibles fósiles.

En febrero de 1999, Islandia se destacó con una propuesta para dirigir su economía hacia el hidrógeno y eliminar así su dependencia de los combustibles fósiles. Comenzaría con la utilización en los medios de transporte del hidrógeno, y posteriormente se generaría electricidad para el abastecimiento de fábricas y hogares en el país. En Hawai en el 2001 surgió un plan similar, donde se proponía el aprovechamiento de la energía geotérmica y solar para convertirla en combustible de hidrógeno.

Por lo tanto, las energías renovables, como son la fotovoltaica, eólica, hidráulica o incluso la geotérmica, tienen un enorme potencial para generar la electricidad necesaria para ser usada en la producción de hidrógeno por electrólisis del agua. El hidrógeno, en esta asociación con las renovables, actuaría como almacén de energía (una vez sean superados los grandes problemas de coste de las infraestructuras necesarias), que estaría disponible para ser suministrada cuando fuera necesaria.

La diferencia fundamental entre las pilas de combustible y las baterías convencionales que utilizamos, por ejemplo, en nuestros reproductores de música es que estas últimas almacenan energía química que convierten en electricidad, y una vez agotada la pila queda inutilizada o puede recargarse, si es el caso, enchufando el cargador a la corriente eléctrica. Las pilas de combustible no almacenan energía química, sino que producen electricidad a partir de la energía química de un combustible que se le proporciona de una fuente externa. Por lo tanto, seguirán generando electricidad en la medida en que sean alimentadas de combustible y oxidante.

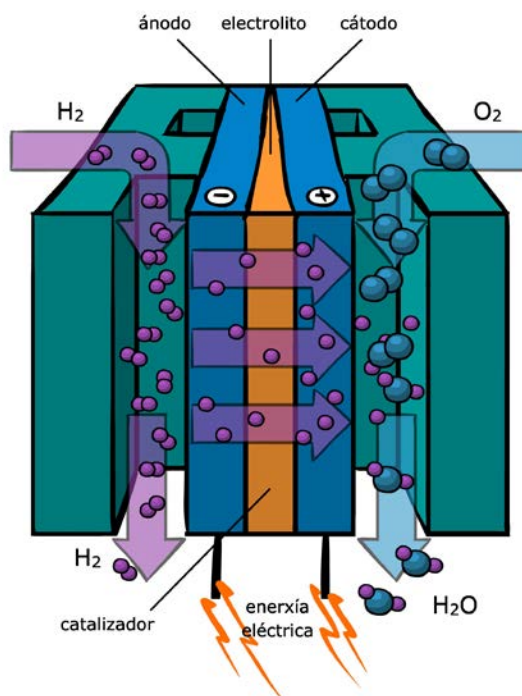


Imagen 107: Ilustración de almacenamiento de energía mediante la pila de hidrógeno.

Los reactivos que se utilizan son, por un lado, el hidrógeno (en el ánodo), y como oxidante, en el lado del cátodo, el oxígeno. Entre ambos aparece un electrolito o una membrana semipermeable que permitiría el paso de los átomos de hidrógeno del ánodo al cátodo. Los electrones liberados en la reacción química que rompe el átomo de hidrógeno en protones y electrones salen por un circuito externo como corriente eléctrica. Los electrones vuelven al cátodo donde reaccionan con el oxígeno y con los iones de hidrógeno generando agua como residuo.

A corto plazo, gastar menos combustible constituye el mejor modo de frenar el aumento del consumo de petróleo y a la sazón de las emisiones de gases invernadero de los motores de explosión, sobre todo, teniendo en cuenta que el parque móvil se prevé que en el año 2050 supere los 2.000 millones. Con estas previsiones, a largo plazo durante el siglo XXI deben aparecer vehículos de rendimiento elevado y emisiones cero. Siendo así, los vehículos del futuro deben alimentarse de sistemas como los dependientes de las conexiones de la red eléctrica y por combustible de hidrógeno.

Pensando en vehículos con pila de combustible en ellos se producirá la combinación del hidrógeno (el combustible) con el oxígeno del aire para generar la energía que alimenta un motor eléctrico. Además, los vehículos de pila de hidrógeno ofrecen una eficiencia varias veces mayor que la de los autos de gasolina actuales y por el tubo de escape emite sólo vapor de agua, con el que funcionan con emisiones cero.



Imagen 108: Infografía de una estación futurista para el suministro de hidrógeno a los coches.

¿Cómo se puede obtener el hidrógeno a partir del agua? ¿Qué producto se obtendrá con la combustión de hidrógeno? ¿Por qué se dice que un coche de hidrógeno funciona con emisiones cero? La energía para descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno mediante electricidad puede obtenerse de células solares, turbinas eólicas, placas fotovoltaicas, centrales geotérmicas y demás fuentes renovables. Esta nueva economía del hidrógeno requiere de I+D+i para conseguir vehículos atractivos, para desarrollar la obtención de hidrógeno en cantidades importantes a partir de energías renovables que permitan que un desierto se pueda dotar de placas fotovoltaicas que permitan obtener y almacenar en tanques el hidrógeno. Eso supone también desarrollar infraestructuras de distribución que ocupen los actuales sistemas de refinamiento y distribución de gasolina y gasóleo. La producción de la energía para la electrólisis podría producir en su totalidad de fuentes renovables.

Responde con lo que sabes ahora:

1. ¿Por qué hay buenas expectativas en que el hidrógeno pueda sustituir a los vectores derivados del refinado del petróleo?
2. ¿Por qué la energía térmica liberada de la reacción del oxígeno con el hidrógeno para dar agua no nos preocupa en el aumento del cambio climático?
3. ¿Cómo puede vincularse el hidrógeno a las placas fotovoltaicas o a los parques eólicos para un mayor aprovechamiento energético?
4. ¿Por qué la costa del desierto del Sahara puede ser interesante para traer hidrógeno a Europa aprovechando los actuales gasoductos?

5.1. EL URBANISMO COMO DISCIPLINA CIENTÍFICO-TÉCNICA

Busca en la escena de la Conceja y responde

1. Piensa en el lugar donde vives (ciudad, barrio, pueblo...) y reflexiona sobre los lugares que frecuentas, cómo llegas a ellos, cómo son los espacios, qué uso haces en ellos y qué obstáculos encontráis. Haz una lista.
2. Comparte esta lista con tus compañeros y compañeras en pequeños grupos y comparalas con las suyas de forma que construyáis una lista en común de espacios urbanos de los que hacéis uso.
3. Teniendo en cuenta las ideas aportadas por el grupo, pensad en conjunto en la forma en que podría mejorar vuestra vida diaria en el lugar donde vivís. ¿Qué sería necesario para lograrlo?
4. Finalmente compartid vuestras aportaciones con el resto de los grupos de clase.

¿Qué tiene que ver el urbanismo con la acción climática?

En la película “*Cinema Climantopía*”, la concejala de Lisboa presume de su ciudad presentándola como una ciudad sostenible hecha por y para las personas, mientras que los estudiantes reflexionan sobre el complejo reto que supone convertir una capital así en negativa en Carbono. La concejala les explica a los estudiantes los pasos dados entre los que destaca la limitación de determinadas zonas al tráfico de coches eléctricos e híbridos, la mejora del transporte público o el plan para alejar el aeropuerto de la ciudad para que el ruido de la aviación no moleste a los vecinos de Lisboa. ¿Estas actuaciones, son coherentes con las políticas urbanísticas sostenibles?, ¿Son suficientes?

Para dar respuestas a estas preguntas resulta interesante analizar la situación de la sostenibilidad urbana en Europa. En 2021, el 74,8%¹ de la población europea vivía en grandes ciudades, zonas periféricas a estas y otras ciudades más pequeñas, lo que equivale a más de 332 millones de personas. Esta situación obliga a la ciudadanía europea a enfrentarse y superar diversos retos medioambientales originados en nuestro día a día y que influyen en la calidad de vida de toda la población: contaminación del aire y del agua, altos niveles de ruido, dificultad de acceso a la vivienda, pérdida de biodiversidad y un largo etc. Además, estas localidades reciben a decenas

¹ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural_Europe_-_introduction

de millones de turistas a lo largo del año, aumentando el consumo de recursos urbanos como el agua, la vivienda o la electricidad, así como el uso de espacios públicos como las propias calles, parques o playas.

Todo esto sitúa la atención en las ciudades como un elemento determinante para la mitigación y adaptación al cambio climático, de forma global y local. Por tanto, es necesario reflexionar sobre la forma en que se planifica el desarrollo urbanístico en nuestras ciudades y pueblos con la finalidad de ser capaces de proponer respuestas participativas, sostenibles y equitativas.



Imagen 109: Concejala de Lisboa.



Imagen 110: Lisboa (Portugal).

Pero ¿qué es el urbanismo?

Las personas que trabajan en urbanismo se encargan de planificar y diseñar las ciudades y los pueblos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en ellos. El urbanismo es una disciplina compleja y multidimensional que debe tener en cuenta muchos aspectos de la convivencia de grandes grupos humanos, así como sus actividades sociales, culturales y económicas. El urbanismo atiende a diversos aspectos de la vida de las comunidades humanas, tales como:

- » La **planificación urbanística**, que atiende a cómo se utiliza el suelo urbano estableciendo para ello normativas que se basan en:
 - › La **clasificación del suelo**, a través de la planificación del uso del espacio urbano y que, generalmente, se divide en 3 tipos: suelo urbano, es decir, edificios construidos; suelo no urbanizable, que identifica el terreno donde no es posible construir debido a su valor paisajístico, histórico, ambiental, cultural...; y suelo urbanizable, que son aquellos terrenos que no pertenecen al suelo urbano ni al suelo no urbanizable y pueden ser objeto de transformación y de construcción.
 - La **calificación del suelo**, que se divide en dos categorías: usos generales y usos específicos del suelo. Los terrenos de uso específico tienen limitado su utilización en función de la finalidad que se les otorgue: residencial, industrial, zona verde, etc.
 - Las **tipologías edificatorias**, que establecen un uso determinado de las edificaciones pudiendo ser: edificios de viviendas, comerciales, de oficinas, públicas, sanitarias, industriales, etc.
- » La creación y mantenimiento de **infraestructuras y servicios públicos**. La infraestructura es el conjunto instalaciones, servicios y medios técnicos que sostienen el funcionamiento de las ciudades y permiten a la ciudadanía realizar determinadas actividades. Las **instalaciones** son fáciles de reconocer pues las constituyen carreteras, edificios, puentes, tuberías, carriles bici, aparcamientos y un largo etc. Entre los **servicios** encontramos la educación, la asistencia sanitaria, el transporte, la gestión de residuos, el abastecimiento de agua o los cuidados de población vulnerable, entre otros. Por su lado, algunos **medios técnicos** son menos reconocibles, pero son esenciales para el funcionamiento de la infraes-

estructura urbana, entre ellos se incluyen los vehículos y dispositivos tecnológicos, así como todo el personal humano que añade valor a la infraestructura en forma de conocimientos y experiencia.

- » Conservación del **patrimonio cultural y natural**. Este aspecto incide en la protección y gestión del patrimonio cultural como monumentos, edificios históricos, casco antiguo, obras artísticas, espacios arqueológicos, etc., y del patrimonio natural, que incluye parques, especies de flora y fauna emblemáticas, paisajes o ecosistemas de la ciudad, asegurando su conservación, su mantenimiento y el uso adecuado de este patrimonio público.
- » **Participación ciudadana**. Este elemento de la infraestructura urbana es de especial interés ya que no es tan visible como los demás. Como hemos visto, de la planificación y la gestión urbana dependen todos los elementos que permiten realizar nuestro día a día en el lugar en el que vivimos. Por ello, la participación ciudadana es esencial en esta labor de manera que se puedan atender y garantizar los intereses y necesidades de la población.

En resumen, el urbanismo sostenible es una disciplina multidisciplinaria que se basa en el conocimiento y la comprensión de las necesidades de la ciudadanía y de los recursos disponibles para crear ciudades más habitables y sostenibles. Por tanto, debemos considerar la organización de nuestras ciudades y pueblos como un elemento determinante en la acción climática. La mayor parte de nuestra huella de carbono la generamos en el lugar en el que vivimos y en los lugares que visitamos, de ahí la importancia de prestar especial atención al uso y gestión de nuestro entorno urbano para poder construir ciudades y pueblos desde la corresponsabilidad y la participación de toda la ciudadanía para dar respuesta a la emergencia climática.



Imagen 111: Infraestructuras.



Imagen 112: Brøndby Haveby (Dinamarca).



Imagen 113: Barcelona (España).



Imagen 114: Milán (Italia).

Según lo visto hasta ahora...

1. Busca la procedencia del latín de la palabra infraestructura (*infra* + *structus*) e intentad en grupo explicar su significado.
2. Teniendo en cuenta la lista de lugares de los que soléis hacer uso en vuestra vida cotidiana, y que ya indicasteis en las actividades anteriores identificad, en grupo, las instalaciones, los servicios y los medios técnicos necesarios para poder hacer uso de ese espacio de forma sostenible.
3. ¿Habéis encontrado algún déficit o posible mejora para el uso y disfrute de ese lugar? ¿Qué soluciones plantearíais para mejorar esos lugares? ¿Cómo haríais llegar vuestras propuestas a los encargados de urbanismo de vuestra ciudad o pueblo?
4. Las tres ciudades de las fotos muestran tres tipos de urbanismo diferente, busca en internet información sobre ellas e indica que problemas identificaron y que soluciones propusieron para su desarrollo urbanístico.

5.2. CARTA DE LEIPZIG SOBRE CIUDADES EUROPEAS SOSTENIBLES

Desde el año 2000 la cooperación entre gobiernos europeos ha centrado su atención en la sostenibilidad de sus ciudades. Desde entonces se han celebrado diversas reuniones en Lille, Francia (2000), Róterdam, Países Bajos (2004), Bristol (2005) o Leipzig, Alemania (2007). En esta última ciudad, se aprobó la Carta de Leipzig Sobre Ciudades Europeas Sostenibles que ofrece recomendaciones para los responsables urbanísticos de las ciudades europeas considerando simultáneamente, y con el mismo peso, todas las dimensiones del desarrollo sostenible: la prosperidad económica, el equilibrio social y un medioambiente saludable mientras que, al mismo tiempo, se debe prestar atención a los aspectos culturales y de justicia social.

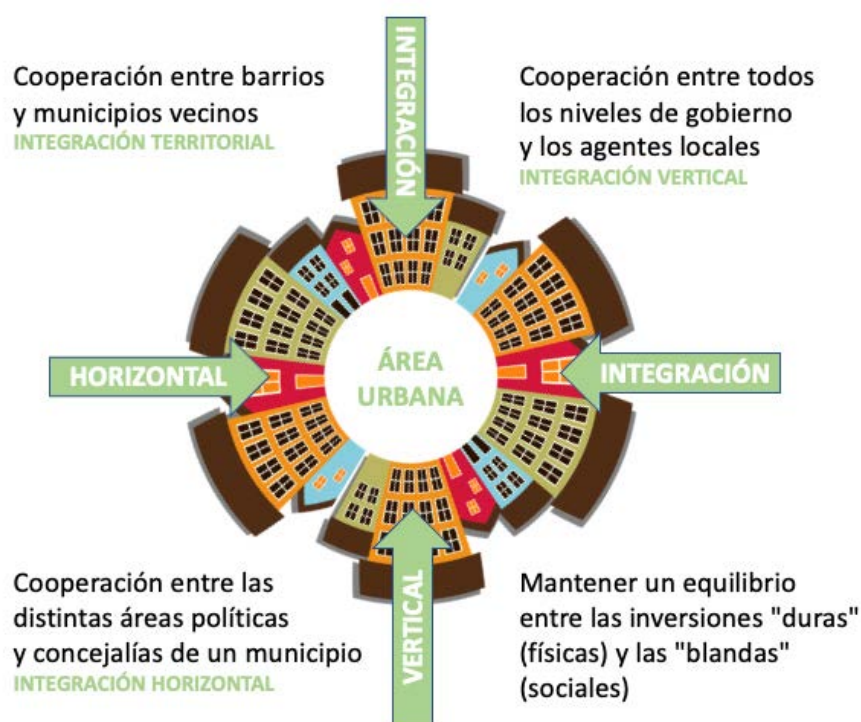


Imagen 115: Enfoque integrado del desarrollo urbano.

Estas recomendaciones se fundamentan en dos principios o ejes esenciales:

1. El primero establece la necesidad de un **enfoque integrado del desarrollo urbano**. Es decir, el enfoque integrado implica tener en cuenta a todos los actores que tienen intereses en cómo se planifica, desarrolla y se vive en una ciudad. De este modo, el estado, las regiones, las ciudades, la ciudadanía y los agentes económicos deben participar y ser considerados en la toma de decisiones sobre el desarrollo urbano. Este enfoque tiene como finalidad favorecer la

cohesión social y la calidad de vida en nuestro entorno más cercano a través de: la creación y consolidación de espacios públicos de alta calidad; la modernización de la infraestructura y mejora de la eficiencia energética; y la innovación proactiva y las políticas educativas.

Un enfoque integrado no puede llevarse a cabo considerando las ciudades como núcleos aislados, por tanto, es necesario lograr una asociación en términos de igualdad entre las ciudades, sus barrios y las zonas rurales, así como, entre las poblaciones pequeñas, medianas y grandes.

2. El segundo eje expresa la necesidad de **prestar especial atención a barrios y zonas menos favorecidas**, dentro del contexto global de la ciudad. Las ciudades son lugares donde existen diferentes realidades socioeconómicas que, además, van acompañadas de aspectos que condicionan el bienestar y la salud en función de la calidad medioambiental del barrio o zona en el que se vive (islas de calor, contaminación atmosférica, ventilación, zonas verdes, refugios climáticos, transporte público, etc.). Las desigualdades sociales y económicas son el motor más importante en la desestabilización de una ciudad, por tanto, las políticas de integración social destinadas a reducir las desigualdades y a prevenir la exclusión social son la mejor garantía para mantener nuestras ciudades seguras. En este sentido, la Carta de Leipzig recomienda: buscar estrategias para mejorar el medio ambiente físico de las zonas más vulnerables; promover políticas laborales que permitan estabilizar económicamente estas zonas desfavorecidas; crear políticas de formación para la infancia y la juventud; y fomentar un transporte urbano eficiente y asequible.

Según esto, es necesario y urgente que toda las personas e instituciones, tanto a nivel local (pueblo o ciudad), nacional (país) y europeo, coordinen sus acciones para que los procesos urbanísticos puedan desarrollarse desde una corresponsabilidad ciudadana y política acorde con los principios de la Carta de Leipzig. Para ello, es esencial el diálogo entre los diferentes actores involucrados, así como una formación adecuada para que se adquieran conocimientos y competencias básicas para hacer posible este diálogo, junto con las habilidades que permitan construir ciudades sostenibles.

1. ¿Cómo relacionarías estas imágenes con lo visto hasta ahora?
 Discútelas en pequeños grupos para después poner en común vuestras conclusiones con el resto de la clase.



Imagen 116

Ejemplos de sostenibilidad urbana: Ciudades Verdes²

Retomando la película “Cinema Climantopía”, la concejala de urbanismo de Lisboa señala orgullosa que Lisboa es una Capital Verde Europea. Pero, ¿qué significa eso? Podemos encontrar muchos ejemplos de sostenibilidad urbana en la Unión Europea. De hecho, en 2008 la Comisión Europea creó los premios Capital Verde Europea y Hoja Verde Europea con los que se pretende recompensar y visualizar a aquellas ciudades europeas que decididamente enfocaron su desarrollo urbanístico desde la perspectiva de la sostenibilidad en sus tres líneas de acción: social, ambiental y económica.



Imagen 117: Logotipo de los premios Capital Verde Europea y Hoja Verde Europea.

²https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment_en

Capital Verde Europea

El premio Capital Verde Europea está dirigido a todas las ciudades con una población mayor de 100.000 habitantes. El objetivo fundamental es mandar el mensaje de que la ciudadanía tiene derecho a vivir en zonas urbanas saludables y, por tanto, el desarrollo urbanístico de las ciudades debe esforzarse en mejorar la calidad de vida de las personas que residen en ellas, mientras que a su vez deben reducir su impacto en el medio ambiente mundial, es decir, desde la doble perspectiva local y global.

Para la evaluación de las ciudades candidatas la Comisión Europea establece 7 indicadores³ 3 directamente relacionados con el desarrollo urbanístico (*Imagen 115*).

La primera ciudad galardonada como Capital Verde Europea fue **Estocolmo (2010)**. Desde entonces, diversas acciones la han situado como un referente mundial en desarrollo urbano sostenible. A pesar de ser una de las ciudades europeas que más crece, pretende conseguir una huella de carbono negativa para 2040. Además, ha sido elegida como “Ciudad más Inteligente del Mundo” por saber combinar innovaciones medioambientales dirigidas a mejorar y mantener el bienestar de su ciudadanía. Entre sus innovaciones encontramos que, en uno de sus barrios, un sistema de tuberías a presión transporta los residuos hasta un centro de procesamiento sin necesidad de utilizar camiones que circulen emitiendo gases de efecto invernadero (GEI). Recogen datos de sensores para conocer los hábitos de desplazamiento y transporte de la ciudadanía y utilizan esta información para planificar el transporte de forma más eficaz. Además, la ciudad posee una red de calefacción que, entre otras fuentes de energía, se abastece del calor generado en centros de procesamiento de datos o de supermercados, aprovechando una energía calorífica que de otra forma se perdería en su origen. Para que nos hagamos una idea, en 2019, 30.000 apartamentos de Estocolmo fueron calentados a partir del calor generado en un solo centro de datos.

La integración y convivencia de la ciudad y la naturaleza es una de las principales líneas de acción a las que las ciudades galardonadas atendieron. En **Vitoria (2012)** llevan décadas de trabajos de recuperación y acondicionamiento de espacios naturales que han resultado en un anillo verde compuesto por 33 km de parques con varias lagunas. Un gran espacio que sirve como nichos ecológicos para la biodiversidad, acogiendo a centenares de especies. Igualmente, la ciudadanía puede hacer uso de estos espacios verdes de ocio y tiempo libre. En **Nantes (2013)**, una ciudad con

³ https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award_es

más de 100.000 árboles, cualquier persona que viva allí tiene una zona verde a menos de 300 m, al igual que **Valencia (2024)**, que ganó la última convocatoria del premio.

INDICADORES DE EVALUACIÓN CAPITAL VERDE EUROPEA	
	1. Calidad del aire
	2. Calidad del agua y eficiencia
	3. Biodiversidad, áreas verdes y uso sostenible del suelo
	4. Residuos y economía circular
	5. Ruido
	6. Cambio climático: mitigación y rendimiento energético
	7. Cambio climático: adaptación

Imagen 118: Criterios de evaluación para premiar a la Capital Verde Europea.



Imagen 119: Estocolmo (Suecia).

La gestión del tráfico de la ciudad es otro de los ejes para alcanzar varios de los indicadores que se evalúan. En este caso, **Copenhague (2014)** lleva tiempo apostando por la adaptación de los espacios públicos y por la racionalización de la movilidad de cero emisiones. De este modo han conseguido que el transporte público llegue hasta el 74% de su área, existiendo paradas de transporte a menos de 1km de distancia en toda su área urbana. Esta disponibilidad y eficiencia de su transporte público, junto a impuestos disuasorios sobre vehículos de combustión, permite que solo el 4% de sus vías se congestionen en horas punta. **Liubliana (2016)**, por su lado, modificó el flujo de tráfico dentro de la ciudad para limitar el tráfico motorizado y dar prioridad a peatones, ciclistas y transporte público.



Imagen 120: Nantes (Francia).



Imagen 121: Valencia (España).



Imagen 122: Copenhagen (Dinamarca).



Imagen 123: Liubliana (Eslovenia).

La mitigación y la adaptación al cambio climático es otra de las estrategias clave dentro de las ciudades verdes. Entre otros ejemplos cabe destacar el caso de **Essen (2017)**, que ha sido la primera ciudad minera galardonada por su exitosa transición de ser un centro urbano altamente contaminante y contaminado a una economía limpia y verde. Un ejemplo en el que la combinación de medidas a nivel nacional, estatal y local han logrado una alta reducción de emisiones de GEI y contaminación, reduciendo el uso de combustibles fósiles. Para ello, una de las estrategias principales fue combinar los sistemas de calefacción centrales y las energías renovables.

También destaca su cultura colaborativa con la creación de una agencia municipal que asesora sobre como redirigir el desarrollo urbanístico hacia prácticas más ecológicas. Otras ciudades, como **Tallin (2023)** o **Grenoble (2022)**, han optado por una transición económica basada en las nuevas tecnologías, convirtiéndose en sedes de empresas dedicadas a la I+D+i y las tecnologías de la información.



Imagen 124: Essen (Alemania) como ciudad minera.



Imagen 125: Essen (Alemania) en la actualidad.

Hoja Verde Europea

Este reconocimiento sigue la línea del premio Capital Verde Europea, pero en este caso son los centros urbanos con una población entre 20.000 y 100.000 habitantes los que pueden presentar su candidatura al premio Hoja Verde Europea. La finalidad es reconocer a aquellas ciudades que llevaron a cabo acciones de gestión medioambiental dentro de su desarrollo urbanístico y ayudar a mejorar sus esfuerzos y resultados. El premio se creó en 2015 con tres objetivos principales:

1. Reconocer y valorar las ciudades que demuestran un buen historial medioambiental y su compromiso con la generación de un crecimiento ecológico.
2. Animar a las ciudades a desarrollar activamente la concienciación y la implicación medioambiental de los ciudadanos.
3. Identificar ciudades capaces de actuar como “embajadoras verdes” y animar a otras ciudades a avanzar hacia mejores resultados de sostenibilidad.



Imagen 126: Tallin (Estonia).



Imagen 127: Grenoble (Francia).

Por otro lado, este premio ha permitido constituir la Red Europea de la Hoja Verde, integrada por más de 20 ciudades ganadoras y finalistas. La red ofrece a sus miembros oportunidades de colaboración para intercambiar ideas y experiencias con otras administraciones municipales fortaleciendo el conocimiento colectivo, la innovación y la participación como motores de las ciudades sostenibles. Entre sus acciones la Red organiza encuentros temáticos para tratar las siete áreas de trabajo relacionadas con los indicadores de evaluación de Capital Verde Europea (*Imagen 128*).



Imagen 128: Ciudades europeas galardonadas con el premio Hoja Verde Europea.



Imagen 129: Torres Vedras (Portugal).

Con la creación de estos premios, uno de los objetivos de la Comisión Europea era ofrecer recomendaciones, apoyo financiero y visualización internacional a aquellas ciudades europeas que apuesten por un desarrollo urbanístico sostenible y así, con su reconocimiento, impulsar una transición urbanística que sirva de modelo para el resto de las ciudades. En este sentido, muchas de las estrategias y acciones realizadas y planteadas son similares, lo que por otro lado justifica el éxito de esta convocatoria. Sin

embargo, se debe prestar atención al propio contexto de cada ciudad, a las necesidades particulares de cada población o a la financiación necesaria, entre otros aspectos. Además, no podemos olvidar los procesos educativos y de concienciación para que la ciudadanía reconozca y valore la importancia de las medidas necesarias para redirigir nuestro desarrollo urbanístico hacia posicionamientos de sostenibilidad.

Ciudades sostenibles...

1. En función de la lista de 7 indicadores por los que se evalúan a las ciudades candidatas a Capital Verde Europea, busca en el texto los ejemplos de acciones y políticas que las ciudades galardonadas llevaron a cabo y relaciónalas con los indicadores. Ten en cuenta que algunas acciones cumplen con más de un indicador.
2. En el texto no aparecen todas las ciudades reconocidas como Capital Verde Europea. En grupo, buscad la lista de todas las ciudades premiadas desde 2010. Poned un ejemplo de acciones urbanísticas realizadas en algunas de estas ciudades y que cumplan con cada uno de los siete indicadores. Compartid oralmente vuestros resultados con la clase.
3. ¿Crees que sería posible realizar alguna de estas iniciativas urbanísticas en tu pueblo/barrio/ciudad? ¿Qué dificultades y obstáculos crees que encontrarías para llevar a cabo esta acción?
4. En esta web puedes encontrar diversos datos e índices relacionados con la gestión del tráfico urbano <https://urbanmobilityindex.here.com/>. Explora la web y completa la siguiente tabla.

Ciudad	Frecuencia de transporte público	Cobertura del transporte público	Índice de congestión del tráfico	Porcentaje de espacios verdes	Número de bicicletas públicas
Viena	251 viajes por parada/día	71% del área urbana	5,2 sobre 10	27%	0,8 por cada 1000 habitantes

5. ¿Consideras que esta información es valiosa para comprender mejor la complejidad del desarrollo urbanístico? Responde y justifica tu respuesta.

5.3. TURISMO DE ACCIÓN POR EL CLIMA

Antes de seguir...

1. ¿Crees que el urbanismo tiene algún tipo de relación con el turismo? Piensa en la justificación de tu respuesta teniendo en cuenta alguno de los siete indicadores de evaluación de los premios para ciudades verdes.
2. Haced una puesta en común en clase sobre las relaciones urbanismo-turismo de la pregunta anterior, y componer conjuntamente una lista con los siete indicadores. Señalad, en cada uno, las posibles influencias del turismo, positivas o negativas, para alcanzar exitosamente estos indicadores.
3. ¿Qué crees que significa “la acción por el clima”? Discútelo con tus compañeros y compañeras.

Urbanismo y turismo

Como habéis podido comprobar, el desarrollo urbanístico sostenible es una disciplina muy compleja donde hay que tener en cuenta muchas variables: ambientales, sociales, culturales, políticas y económicas, con la finalidad de conocer y comprender las necesidades de la ciudadanía y los recursos disponibles para reconstruir las ciudades actuales en ciudades más habitables y sostenibles. De ahí que tener ejemplos y recomendaciones, como las que vimos, para responder a los retos de la sostenibilidad es un conocimiento útil para dirigir y acompañar nuestros esfuerzos, planes y estrategias en los que respecta al desarrollo urbano.



Imagen 130: Aveiro (Portugal).

El urbanismo está íntimamente relacionado con el turismo, mucho más, si cabe, en aquellas ciudades que dependen, casi de forma exclusiva, del sector turístico como principal actividad económica. Recordando algunos aspectos a los que atiende el urbanismo, la planificación urbana tiene una gran responsabilidad en la creación de un entorno atractivo para el turismo. Un buen diseño urbano puede hacer que la ciudad sea más atractiva y fácil de recorrer, con áreas turísticas accesibles, seguras, agradables y estéticamente atractivas. Por otro lado, es necesario una infraestructura turística que responda adecuadamente a periodos de alta ocupación con instalaciones (hoteles, restaurantes, parques, centros de información, etc.), servicios (gestión de residuos, abastecimientos de agua, salud, transporte, ocio, etc.) y medios técnicos (recursos humanos y otros medios como ambulancias, coches de policía, nuevas tecnologías, etc.) que aseguren satisfacer las necesidades de los visitantes, por supuesto, sin olvidar a los propios residentes.

Turismo y cambio climático

El sector turístico es muy vulnerable a las consecuencias del cambio climático y, al mismo tiempo, contribuye a la emisión de gran cantidad de GEI, los cuales contribuyen al mantenimiento y empeoramiento de la crisis climática. Ante esta situación, parece necesario y urgente acelerar **la acción por el clima** en el sector turístico con el objetivo de asegurar un futuro sostenible para el propio sector turístico y para toda la ciudadanía. La acción por el clima o acción climática se entiende como los esfuerzos para reducir las emisiones de GEI (mitigación) a la vez que se fortalezcan las capacidades adaptativas a los impactos derivados al cambio climático. Considerando que las actividades humanas son la causa del cambio climático, conseguir estos objetivos depende de las acciones y comportamientos de todos y de todas. Todos recibimos turistas en nuestras ciudades y pueblos y la mayoría somos turistas en momentos determinados de nuestra vida.

La idea de un turismo de acción climática se formalizó oficialmente en noviembre de 2020, durante la Conferencia de las Naciones Unidas COP26, con la firma de la Declaración de Glasgow que establecía el horizonte temporal de 2050 para alcanzar las emisiones netas cero del sector turístico. La declaración propone cinco vías para conseguirlo.

1. **Medición** de las emisiones relacionadas con los viajes y el turismo junto a su difusión accesible y transparente de los datos registrados.
2. **Descarbonización**, que incluye planes para reducir la emisión de GEI en la infraestructura turística: transporte, alojamiento, actividades de ocio, alimentación o gestión de residuos entre otros.

3. **Regeneración**, es decir, restaurar y proteger los ecosistemas. Podemos entender los ecosistemas como la infraestructura natural que ofrece diferentes servicios ecosistémicos como protección antes desastres, suministro de agua y alimento o refugio, entre otros, y que realizan un papel importante como capturadores de carbono de la atmósfera.
4. **Colaboración**, de todos los agentes implicados.
5. **Financiación**, que garantice los recursos necesarios para cumplir los objetivos, incluyendo aspectos de formación, investigación e implantación de herramientas fiscales y políticas efectivas.

Por un turismo de acción por el clima

1. Considerando lo que hemos visto hasta ahora, pensad en vuestras vacaciones, en vuestros comportamientos como turistas: cómo os desplazáis, que recursos utilizáis en vuestros destinos turísticos, donde os alojáis, qué coméis, que uso hacéis de la infraestructura de la ciudad que visitáis, etc. Compartir en grupos pequeños lo que habéis pensado y realizar una lista con los cambios necesarios para convertirlos en turistas sostenibles.
2. Ahora imaginad que formáis parte del gobierno de la ciudad. Qué propuestas realizaríais y qué cambios en la infraestructura serían necesarios llevar a cabo para poder ofrecer un turismo de acción por el clima en esa ciudad. ¿Qué obstáculos creéis que encontraríais?

REFERENCIAS

- › Bañón, R., Almón, B., Trigo, J., Dieste, J., & Junoy, J. (2019). Especies marinas exóticas e inmigrantes en las costas de Galicia. *Especies Exóticas Invasoras: Cátedra Parques Nacionales*; Junoy, J., Ed, 81-94.
- › Barange, M., Merino, G., Blanchard, J. L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E. H., ... & Jennings, S. (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change*, 4 (3), 211-216.
- › Bundesministerium des Innern und für Heimat (2020). *The new Leipzig charter. The transformative power of cities for the common good*. BMI.
- › Doney, S. C. (2006). Plankton in a warmer world. *Nature*, 444 (7120), 695-696.
- › European Environment Agency (2017). *Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016*. Copenhagen: Publications Office of the European Union.
- › Eurostat (2022). Urban-rural Europe. Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Urban-rural_Europe_-_introduction.
- › Fernández, I. (1997). *Influencia de los incendios forestales sobre la materia orgánica edáfica*. CSIC-Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG).
- › Ferreira, Ó., Dias, J. A., & Taborda, R. (2008). Implications of sea-level rise for continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 317-324.
- › Fioretti, C., Pertoldi, M., Busti, M. y Van Heerden, S. (2020). *Manual de estrategias de desarrollo urbano sostenible*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. ISBN 978-92-76-24537-7, <https://doi.org/10.2760/580641>.
- › Grant, G. R., Naish, T. R., Dunbar, G. B., Stocchi, P., Kominz, M. A., Kamp, P. J., ... & Patterson, M. O. (2019). The amplitude and origin of sea-level variability during the Pliocene epoch. *Nature*, 574 (7777), 237-241.
- › IPCC (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC, Geneva, Switzerland.

- › Jeffries, E., & Campogianni, S. (2021). The climate change effect in the Mediterranean. *Six stories from an overheating sea*. Retrieved from WWF website: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Meere/WWF-Report-The-Climat-Change-Effect-in-the-Mediterranean-2021.pdf>.
- › Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Baranova, O., García, H., Locarnini, R., Mishonov, A., Reagan, J., Seidov, D., Yarosh, E. y Zweng, M. (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters*, 39, L10603.
- › Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. *Incendios forestales, suelos y erosión hídrica*, 5-40.
- › McNeill, J. R. (2003). *Algo nuevo bajo el sol: historia medioambiental del mundo en el siglo XX* (Vol. 217). Alianza editorial.
- › Montero-Serra, I., Edwards, M., & Genner, M. J. (2015). Warming shelf seas drive the subtropicalization of European pelagic fish communities. *Global Change Biology*, 21 (1), 144-153.
- › Mumford, L.. (1971). *Técnica y civilización* Madrid Alianza editorial.
- › Organización Mundial del turismo (2019). *Panorama del turismo internacional*. Edición 2019. UNWTO
- › Paprotny, D., & Terefenko, P. (2017). New estimates of potential impacts of sea level rise and coastal floods in Poland. *Natural Hazards*, 85, 1249-1277.
- › Portela, N. F. (2018). La Unión Energética: instrumento para la transición energética en Europa. *ICE, Revista de Economía*, (902).
- › Pruszek, Z., & Zawadzka, E. (2008). Potential implications of sea-level rise for Poland. *Journal of Coastal Research*, 24 (2), 410-422.
- › Rifkin, J. (2007). *La economía del hidrógeno*. Barcelona. Paidós.
- › Unión Europea (2007). *Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles*. UE.
- › Unión Europea (2022). Portal Europeo de la Juventud. Capital Verde Europea y premio Hoja Verde Europea. https://youth.europa.eu/get-involved/sustainable-development/european-green-capital-and-european-green-leaf-award_es.

- › Vergés, A., Tomas, F., Cebrian, E., Ballesteros, E., Kizilkaya, Z., Dendrinis, P., ... & Sala, E. (2014). Tropical rabbitfish and the deforestation of a warming temperate sea. *Journal of Ecology*, 102 (6), 1518-1527.
- › Weatherdon, L., Magnan, A., Rogers, A., Sumaila, U., y Cheung, W. (2016). Observed and projected impacts of climate change on marine fisheries, aquaculture, coastal tourism, and human health: an update. *Frontiers in Marine Science*, 3 (48).



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

