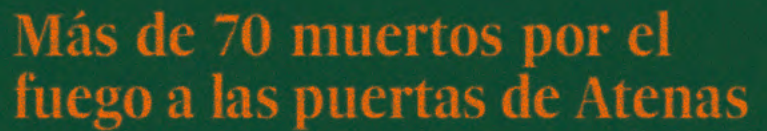




Del tamaño de Dinamarca, daños por los incendios en Australia

han dejado al menos 18 personas muertas, igual que cientos de miles de animales y cientos de casas destruidas. Prevén que hoy empeore la situación. Foto Ap



INCENDIOS [CADA VEZ MÁS] IMPREDECIBLES

Una propuesta interdisciplinar desde la Naturaleza de STEM.

Víctor Martínez-Martínez
Ileana María Greca Dufranc

UNIVERSIDAD
DE BURGOS

Esta obra es parte de los trabajos científicos pertenecientes al proyecto de investigación
LA NATURALEZA DE I-STEM (NOSTEM) PARA LA FORMACIÓN CIUDADANA.
Referencia: PID2020-118010RB-I00. Financiado por la Agencia Estatal de Investigación.



Textos y diseño de actividades:

Víctor Martínez Martínez. *Universidad de Burgos.*
Ileana María Greca Dufranc. *Universidad de Burgos.*

Diseño y maquetación:

Lara Lester

Portada realizada con recursos de diversas fuentes periodísticas *online* y de archivo.

© LOS AUTORES
© UNIVERSIDAD DE BURGOS

Edita: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional
UNIVERSIDAD DE BURGOS
Edificio de Administración y Servicios
C/ Don Juan de Austria, 1, 09001 BURGOS - ESPAÑA

ISBN: 979-13-87585-09-9

DOI: <https://doi.org/10.36443/9791387585099>

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
[Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



TABLA DE CONTENIDOS



PRÓLOGO

P.4



INTRODUCCIÓN

P.5



AGRADECIMIENTOS

P.8



CAPÍTULO 1

EL FUEGO Y LA HUMANIDAD

P.10



CAPÍTULO 2

CIENCIAS DEL FUEGO

P.29



CAPÍTULO 3

FUEGO, ECOSISTEMA Y SOCIEDAD

P.48



CAPÍTULO 4

HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE LOS INCENDIOS FORESTALES

P.61



CAPÍTULO 5

INCERTIDUMBRE, PREDICCIÓN Y CAOS

P.73



CAPÍTULO 6

COMUNICACIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

P.83

PRÓLOGO

Por Juli G. Pausas

*Profesor de Investigación,
Consejo Superior de Investi-
gaciones Científicas (CSIC).*

Actualmente, existe una visión muy negativa del fuego y de los incendios forestales. Pero el fuego nos hizo humanos. Permitió que aquellos simios que vivían en las sabanas africanas se convirtieran en seres pensantes. Nos ayudó a alimentarnos, a combatir el frío, a defendernos de las fieras y, especialmente, a socializar alrededor de una hoguera. Fue mirando esas hogueras donde aprenderíamos a conversar, y a crear los mitos y leyendas que nos han acompañado a lo largo de la historia. Más tarde, utilizaríamos el fuego para generar pastos, abrir y gestionar espacios agrícolas, y desarrollar la metalurgia; todo ello aceleró en gran manera la evolución cultural de la humanidad.

Pero el fuego ya existía mucho antes que los humanos; formaba parte de la naturaleza salvaje. A esos fuegos que se propagan por los ecosistemas naturales los llamamos incendios forestales. Ha habido incendios a lo largo de todos los millones de años de historia de las plantas terrestres; en algunas épocas han sido más frecuentes y en otras menos. Al igual que las lluvias y las sequías, estos incendios han moldeado nuestros sistemas naturales. Existen plantas adaptadas a los incendios, igual que existen plantas adaptadas a las sequías, a las inundaciones, a la herbivoría, o al frío. Tanto los incendios como las sequías son factores especialmente relevantes en las zonas de clima mediterráneo, y ambos han contribuido a generar la gran biodiversidad de nuestros ecosistemas. No es posible entender nuestra biodiversidad sin considerar el papel del fuego.

A pesar de su importancia para los humanos y la biodiversidad, seguimos teniendo una visión negativa del fuego. ¿Por qué? Nuestra sociedad está tan desconectada de la naturaleza que somos incapaces de reconocer su valor. Este libro que tenéis entre las manos es un manual para ayudarnos a reconectar con el fuego a través de la ciencia. La ciencia, que ha sustituido a aquellos mitos y leyendas forjados alrededor de las hogueras, es hoy el camino para comprender la naturaleza. Y el fuego, sin duda, es uno de sus elementos clave.

Valencia, España. Abril 2025.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático, como ya sabemos, no es solo una cuestión ambiental. Su impacto se extiende a todos los niveles de la vida humana: modifica ecosistemas enteros, altera las dinámicas económicas globales y locales, y transforma profundamente nuestras formas de vida y organización social. En los últimos años, hemos visto cómo las olas de calor, las sequías prolongadas y la creciente frecuencia de incendios forestales han provocado pérdidas irreparables: millones de hectáreas calcinadas, hogares destruidos, ecosistemas arrasados y, lo más dramático, cientos de víctimas mortales cada año. La realidad es que la crisis climática no es solo un desafío ambiental, sino una emergencia humana. Y en este contexto, el conocimiento científico se enfrenta a nuevas exigencias.

De hecho, los efectos del cambio climático no solo transforman los paisajes y los patrones meteorológicos, también cambia las reglas del juego de la ciencia. Frente a problemas complejos, inciertos, cargados de valores y urgentes, como es el caso de los incendios forestales, la ciencia tradicional encuentra límites en sus marcos interpretativos. Es aquí donde emerge la necesidad de una ciencia posnormal, es decir, una forma de pensar y hacer ciencia que reconoce la incertidumbre, integra saberes diversos, y se compromete éticamente con la toma de decisiones en contextos de alta relevancia social. Los incendios ya no son fenómenos previsibles ni fácilmente modelizables: se comportan de maneras inesperadas, se propagan con mayor velocidad y virulencia, y afectan a territorios que antes no eran considerados de riesgo. Esta nueva realidad exige respuestas educativas que estén a la altura de su complejidad.

En línea con los principios de la LOMLOE y con el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, este material didáctico se propone contribuir a una educación competencial. No se trata únicamente de adquirir conocimientos sobre los incendios o el cambio climático, sino de desarrollar capacidades para interpretar fenómenos complejos, evaluar críticamente la información científica, cooperar en la resolución de problemas reales y participar activamente en la construcción de un futuro más justo y sostenible. Así, esta propuesta se vincula de manera directa con objetivos como el ODS 13 (Acción por el clima), el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) y el ODS 4 (Educación de calidad), entendiendo que la alfabetización científica debe ser también una alfabetización ética, política y ecológica.

Por eso, este material nace con la intención de aprovechar el enorme potencial pedagógico de la ecología del fuego. Este campo de estudio, al articular conocimientos de biología, geografía, física, sociología y ética ambiental, permite abordar el fenómeno de los incendios desde una mirada interdisciplinar, contextualizada y profundamente humana. En lugar de enseñar contenidos aislados, proponemos aquí una aproximación basada en la Naturaleza de STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), entendida no como un conjunto de disciplinas jerarquizadas, sino como un entramado de saberes interdependientes que se construyen en diálogo con la sociedad. En este sentido, educar sobre incendios en el contexto actual requiere fomentar un pensamiento complejo, que permita superar los enfoques reduccionistas y las explicaciones lineales. No basta con explicar las causas físicas del fuego, ni con promover comportamientos individuales de prevención. Es necesario comprender las interacciones entre factores ecológicos, sociales, económicos, tecnológicos y culturales, y reconocer que los problemas contemporáneos no se pueden resolver desde una sola disciplina, ni sin tener en cuenta los valores y las decisiones colectivas implicadas. La propuesta que aquí presentamos busca precisamente eso: abrir un espacio educativo donde la ciencia se encuentre con la ética, la ciudadanía y la acción transformadora.

La propuesta no está diseñada como una secuencia cerrada de lecciones cronológicamente ordenadas, sino como una herramienta flexible y abierta que invita al profesorado a explorar, adaptar y reinventar. Es, en cierto modo, un libro de ideas: una fuente de inspiración para docentes que quieran abordar el tema de los incendios desde una perspectiva crítica, ética y comprometida con los desafíos del presente, con delineamientos conceptuales que abarcan diversas áreas del currículo, como Biología y Geología, Física y Química, Geografía e Historia, Tecnología, Lengua Castellana y Literatura, y Educación en Valores Cívicos y Éticos; y propuestas de múltiples actividades, que incluyen el uso de dispositivos electrónicos, como drones, y simulaciones. Además, de forma coherente con la LOMLOE, se usan metodologías activas y centradas en el alumnado, como la indagación, el estudio de casos, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en servicio. Aunque ha sido pensada especialmente para el tramo final de la Educación Secundaria Obligatoria, esto no impide que pueda resultar útil e inspiradora para el profesorado de otras etapas educativas, tanto anteriores como posteriores. Del mismo modo, aunque la propuesta se contextualiza en el territorio español, sus enfoques, principios y recursos pueden ser perfectamente trasladados a otros países hispanohablantes que también están enfrentando las consecuencias del cambio climático y la creciente

imprevisibilidad del fuego. En este sentido, recomendamos que las actividades relacionadas con incendios conocidos sean realizadas sobre casos que hayan tenido impacto mediático en la región geográfica, para acercar la temática a la realidad del alumnado.

Cabe destacar que el presente material surge de un trabajo de investigación en el contexto de una tesis de doctorado en el marco del proyecto Proyecto de Investigación La naturaleza de **I- STEM (NoSTEM) para la formación ciudadana** (PID2020-118010RB-I00), desarrollado en colaboración con investigadoras e investigadores españoles y argentinos. Esta unidad es una invitación a repensar cómo enseñamos ciencia en un mundo en transformación. Busca formar ciudadanas y ciudadanos capaces de comprender la complejidad de los fenómenos socioambientales, cuestionar modelos simplistas y actuar con responsabilidad. Al mismo tiempo, interpela al profesorado a ejercer su rol no solo como transmisor de contenidos, sino como mediador cultural y agente de cambio. En una época en la que la educación no puede mantenerse al margen de los grandes desafíos sociales y ambientales, esta propuesta quiere ser una herramienta que acompañe ese compromiso compartido con el conocimiento, la acción y la esperanza.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos nuestros colegas, investigadores y docentes tanto en España y como en Argentina, que han colaborado en el diseño y desarrollo de esta propuesta didáctica. Su compromiso y su entusiasmo por la educación han sido fundamentales en cada etapa del proceso.

Nuestro reconocimiento al alumnado y profesorado de la Escuela Nacional Ernesto Sábató, Tandil (Argentina), en la que se implementó parte del trabajo, por su implicación, disposición y mirada crítica durante el desarrollo de la propuesta.

Gracias a Jaime López Lomas por sus apuntes y correcciones realizados de forma generosa y desinteresada. Como ocurre en algunos incendios, hay especies que brotan con más fuerza después de la adversidad: vendrán tiempos mejores.

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Juli Pausas, quien, aunque no nos conocía, siempre se ha mostrado disponible para ayudarnos. Gracias por enviarnos uno de sus libros y por enriquecer este trabajo con su prólogo.

Por último, agradecemos a la Agencia Estatal de Investigación (España) por el apoyo financiero que ha hecho posible el desarrollo del proyecto y, en particular, la elaboración de este material educativo.

IMPORTANTE

Este es un libro interactivo. Cuando veas un "Click!" puedes acceder al contenido representado en cada componente.

CAPÍTULO 1

EL FUEGO Y LA HUMANIDAD

- Comprender la relación histórica entre el fuego y la humanidad.
- Explorar las representaciones artísticas que ha tenido el fuego.
- Ver el uso cotidiano que los humanos han dado al fuego.
- Comprender como el uso del fuego ha mejorado la vida de los humanos.
- Aproximarse a la Ecología del Fuego y comprender sus motivos de estudio.



Figura 1. Bombero de LAFD ayudando a extinguir el incendio de un auto el 24 de diciembre de 2024. [1]



ESQUEMA

Ciencias de fuego





HISTORIAS ALREDEDOR DE UNA HOGUERA

EL FUEGO EN LA IMAGINACIÓN HUMANA: LEYENDAS, MITOS Y SÍMBOLOS

Desde los *albores* de la humanidad, el fuego ha capturado nuestra imaginación y ha sido el centro de innumerables narrativas, mitos y leyendas en culturas de todo el mundo. Estas historias han servido para explicar el origen del fuego, explorar su poder y establecer su conexión con la humanidad. A medida que exploramos los mitos y leyendas del fuego, nos sumergimos en un mundo de creencias simbólicas y tradiciones que han moldeado nuestra percepción del fuego a lo largo de los siglos.

La mitología del fuego, presente en diferentes culturas, revela la fascinación humana por este elemento esencial. Desde la leyenda de Prometeo en la mitología griega, donde el titán roba el fuego de los dioses para darlo a los humanos, hasta las narrativas de culturas indígenas que explican el fuego como un regalo de los seres divinos, estas historias trascienden las fronteras geográficas y temporales. El fuego se convierte en un puente entre lo divino y lo humano, y en un símbolo de conocimiento y transformación.

El *folclore* del fuego, a menudo transmitido a través de cuentos, canciones y tradiciones orales, ha sido un medio de educación y transmisión de sabiduría ancestral. Los cuentos populares a menudo llevan consigo enseñanzas sobre cómo manejar el fuego, su importancia en la supervivencia y su papel en la sociedad. Las canciones, entonadas en torno a fogatas y hogueras, celebran

Albores: comienzo o principio de algo. Recibe este nombre porque la luz del alba es la primera del día.

Folklore: conjunto de costumbres, creencias y elementos culturales que comparte una determinada población. En los videojuegos o películas suele recibir el nombre de lore.

la relación entre el fuego y la comunidad, y preservan valiosas lecciones generación tras generación.

El imaginario colectivo del fuego se extiende a través del arte, la literatura y el cine. Desde las pinturas rupestres que retratan a antiguos cazadores reunidos alrededor de una hoguera hasta las novelas y películas contemporáneas que exploran temas de destrucción y renacimiento, el fuego ha sido un poderoso símbolo en la cultura humana. Estas representaciones influyen en nuestras emociones y actitudes hacia el fuego, condicionando cómo lo percibimos y comprendemos.

LA EVOLUCIÓN DE LAS NARRATIVAS DEL FUEGO: ENTRE LO DIVINO Y LO CIENTÍFICO

La hoguera, en sí misma, se convierte en un espacio social y comunitario de gran significado. Más allá de su función práctica, la hoguera es un lugar de encuentro, un espacio donde las historias se entrelazan y se transmiten. En muchas culturas, la hoguera ha sido un punto de reunión para compartir relatos, conocimientos y experiencias. Esta práctica fomenta el sentido de comunidad y conecta a las personas a través del tiempo y el espacio.

Con el avance de la ciencia, nuestras narrativas sobre el fuego han evolucionado. Las percepciones del fuego como regalo divino se han enriquecido con la comprensión científica de la combustión y los procesos químicos que la acompañan. A medida que la ciencia revela los misterios detrás del fuego, nuestras historias también se transforman, incorporando elementos de conocimiento y explorando cómo el fuego interactúa con el mundo natural y humano.

En conclusión, las historias alrededor de una hoguera forman una parte intrínseca de nuestra relación con el fuego. Desde los mitos y leyendas que explican su origen hasta las representaciones artísticas que influyen en nuestra percepción, estas narrativas han tejido una rica red de significado en torno a este fenómeno natural. Al explorar estas historias, obtenemos una visión más profunda de cómo el fuego ha sido tanto una fuente de maravilla como un catalizador de comprensión en la historia humana.

ACTIVIDAD 1.1

EL MITO DE PROMETEO

En esta actividad el alumnado explorará el mito de Prometeo, el titán griego que robó el fuego de los dioses para entregárselo a la humanidad. Al leer o representar el mito, los estudiantes se sumergirán en las complejidades del relato y reflexionarán

sobre su significado simbólico. Posteriormente, se llevará a cabo un debate abierto en el que los alumnos discutirán y analizarán los posibles significados del fuego en el contexto del mito y su relevancia en la comprensión humana.

Era un tiempo en el que existían los dioses, pero no las especies mortales. Cuando a éstas les llegó, marcado por el destino, el tiempo de la génesis, los dioses las modelaron en las entrañas de la tierra, mezclando tierra, fuego y cuantas materias se combinan con fuego y tierra. Cuando se disponían a sacarlas a la luz, mandaron a Prometeo y Epimeteo que las revistiesen de facultades distribuyéndolas convenientemente entre ellas. Epimeteo pidió a Prometeo que le permitiese a él hacer la distribución *"Una vez que yo haya hecho la distribución, dijo, tú la supervisas"*. Con este permiso comienza a distribuir. Al distribuir, a unos les proporcionaba fuerza, pero no rapidez, en tanto que revestía de rapidez a otros más débiles. Dotaba de armas a unas, en tanto que para aquellas, a las que daba una naturaleza inerte, ideaba otra facultad para su salvación. A las que daba un cuerpo pequeño, les dotaba de alas para huir o de escondrijos para guarnecerse, en tanto que a las que daba un cuerpo grande, precisamente mediante él, las salvaba.

De este modo equitativo iba distribuyendo las restantes facultades. Y las ideaba tomando la precaución de que ninguna especie fuese aniquilada. Cuando les suministró los medios para evitar las destrucciones mutuas, ideó defensas contra el rigor de las estaciones enviadas por Zeus: las cubrió con pelo espeso y piel gruesa, aptos para protegerse del frío invernal y del calor ardiente, y, además, para que cuando fueran a acostarse, les sirviera de abrigo natural y adecuado a cada cual. A algunas les puso en los pies cascos y a otras, piel gruesa sin sangre. Después de esto, suministró alimentos distintos a cada una: a una, hierbas de la tierra; a otras, frutos de los árboles; y a otras raíces. Y hubo especies a las que permitió alimentarse con la carne de otros animales. Concedió a aquéllas descendencia, y a éstos, devorados por aquéllas, gran fecundidad; procurando, así, salvar la especie.

Pero como Epimeteo no era del todo sabio, gastó, sin darse cuenta, todas las facultades en los brutos. Pero quedaba aún sin equipar la especie humana y no sabía qué hacer. Hallándose en ese trance, llega Prometeo para supervisar la distribución. Ve a todos los animales armoniosamente equipados y al hombre, en cambio, desnudo, sin calzado, sin abrigo e inerme. Y ya era inminente el día señalado por el destino en el que el hombre debía salir de la tierra a la luz. Ante la imposibilidad de encontrar un medio de salvación para el hombre, Prometeo roba a Hefesto y a Atenea la sabiduría de las artes junto con el fuego (ya que sin el fuego era imposible que aquella fuese adquirida por nadie o resultase útil) y se la ofrece, así, como regalo al hombre. Con ella recibió el hombre la sabiduría para conservar la vida, pero no recibió la sabiduría política, porque estaba en poder de Zeus y a Prometeo no le estaba permitido acceder a la mansión de Zeus, en la acrópolis, a cuya entrada había dos guardianes terribles. Pero entró furtivamente al taller común de Atenea y Hefesto en el que practicaban juntos sus artes y, robando el arte del fuego de Hefesto y las demás de Atenea, se las dio al hombre. Y, debido a esto, el hombre adquiere los recursos necesarios para la vida, pero sobre Prometeo, por culpa de Epimeteo, recayó luego, según se cuenta, el castigo del robo.

Platón, *Protágoras*

Figura 2. La creación del hombre por Prometeo. [2]



PROCEDIMIENTO

Lectura del mito de Prometeo: Los estudiantes leerán colectivamente el mito de Prometeo, explorando los detalles del robo del fuego y las consecuencias que este acto trajo tanto para Prometeo como para la humanidad.

Representación teatral (opcional): Para aquellos estudiantes interesados en la actuación, se les animará a representar una breve escena del mito de Prometeo. Esta actividad fomentará una comprensión más profunda del relato y permitirá una mayor conexión con los personajes y la trama.

INDAGACIÓN: EL FUEGO EN EL ARTE

Los estudiantes tendrán la oportunidad de sumergirse en diferentes representaciones artísticas del fuego a lo largo de diferentes géneros artísticos. A través de una investigación detallada y una composición creativa, el alumnado explorará diversas obras de arte que han capturado la esencia del fuego y su significado en el contexto de la expresión artística. Cada grupo se centrará en un género específico, como la pintura, el cine, la escultura o la literatura, para luego presentar sus hallazgos y reflexiones al resto de la clase.

PROCEDIMIENTO

Formación de grupos y selección de géneros artísticos: El alumnado se dividirá en grupos y elegirá un género artístico que les resulte interesante, como la pintura, el cine, la escultura o la literatura, para su investigación y composición.

Investigación y selección de obras representativas: Cada grupo se sumergirá en la búsqueda de obras significativas que representen el tema del fuego

Debate abierto: Tras la lectura o representación, se organizará un debate en el aula en el que los estudiantes discutirán y analizarán el simbolismo y el significado del fuego en el contexto del mito de Prometeo. Se alentarán preguntas como: ¿Qué representa el fuego en el mito? ¿Cuál es el papel de Prometeo en relación con el fuego y la humanidad? ¿Existen paralelismos entre este mito y la sociedad contemporánea? Los estudiantes podrán expresar sus propias interpretaciones y perspectivas, fomentando así un diálogo enriquecedor y un análisis crítico.

en el arte. Se alentarán a los estudiantes a explorar tanto obras clásicas como contemporáneas para obtener una visión amplia del tratamiento del fuego en su respectivo género artístico.

Creación de una composición de 3 obras representativas: Basándose en su investigación, cada grupo creará una composición que destaque tres obras representativas en su género artístico elegido. La composición debe incluir una descripción detallada de cada obra y un análisis crítico de cómo el artista ha retratado el fuego, así como el posible significado y las emociones que evoca.

Presentación y discusión en el aula: Cada grupo presentará su composición al resto de la clase, compartiendo sus hallazgos, análisis y reflexiones sobre las obras de arte seleccionadas. Se fomentará un debate enriquecedor sobre la interpretación y representación del fuego en el arte, así como su importancia cultural e histórica.

¿QUÉ ES EL FUEGO PARA MÍ?

En esta actividad se animará al alumnado a explorar su propia interpretación del fuego a través de la creación de una obra artística personalizada. A través de su expresión artística, los alumnos podrán reflexionar sobre la importancia del fuego en la sociedad moderna y examinar cómo las narrativas culturales influyen en nuestras percepciones y decisiones sobre su uso responsable.

PROCEDIMIENTO

Creación de una obra artística: Los estudiantes serán alentados a expresar su propia interpretación del fuego a través de una obra artística de su elección, como un dibujo, una pintura, un poema, un cuento, un cortometraje u otra forma de expresión artística. Se les animará a considerar cómo el fuego ha impactado la historia y la cultura humanas, y cómo sigue influyendo en la sociedad moderna.

Presentación y discusión en grupo: Cada estudiante presentará su obra artística al resto de la clase, explicando su enfoque y las emociones o ideas que intentaron transmitir a través de su representación del fuego. Posteriormente, se llevará a cabo un debate en grupo para discutir la importancia del fuego en la sociedad actual, considerando sus aspectos positivos y negativos, así como la responsabilidad en su uso.

Reflexión sobre las narrativas culturales: Se fomentará un análisis crítico de cómo las narrativas culturales y las representaciones del fuego en la literatura, el arte y los medios de comunicación influyen en nuestra percepción y comprensión del fuego en la vida cotidiana. Los estudiantes deberán considerar cómo estas representaciones moldean nuestras actitudes y comportamientos hacia el fuego y su uso responsable.



Figura 3. Prometeo crea al hombre y lo anima con fuego del cielo. [3]

EL FUEGO COMO HERRAMIENTA

EL FUEGO: HERRAMIENTA DE TRANSFORMACIÓN EN LA HISTORIA HUMANA

En el amplio repertorio de las interacciones humanas con la naturaleza, el fuego emerge como una de las herramientas más influyentes y omnipresentes. Su papel no solo se limita a calentar y dar luz, sino que abarca un diverso rango de aplicaciones que han moldeado nuestra civilización desde los comienzos de la humanidad. La relación entre los seres humanos y el fuego no solo ha transformado nuestra forma de vida, sino que también ha contribuido al desarrollo de culturas y la gestión de ecosistemas.

La historia del fuego está marcada por el proceso de domesticación, un hito trascendental en el cual los seres humanos aprendieron a controlar y utilizar el fuego a su favor. Esta transición no solo permitió a nuestros antepasados sobrevivir en entornos hostiles, sino también transformó la forma en que interactuaban con la naturaleza y entre sí. La domesticación del fuego no fue un evento aislado, sino un proceso gradual y fundamental que llevó a la creación de nuevos usos y posibilidades.

EL IMPACTO DEL FUEGO: COCINA Y HERRERÍA

Dentro de los usos tradicionales del fuego, uno de los más destacados es su papel en la cocina. En parte el fuego permitió agilizar el proceso digestivo y redireccionar esa energía sobrante a otras funciones vitales. Se cree que ha sido fundamental en el proceso del desarrollo cerebral y en el aumento del índice de *encefalización*. Pero no sólo mejoró la digestibilidad y la disponibilidad de nutrientes, sino que también transformó la cultura alimentaria humana. A través de la cocción, los sabores se intensificaron, las texturas se modificaron y los alimentos se volvieron más seguros para el consumo. Desde la preparación de carne asada en una hoguera prehistórica hasta la cocción de elaborados platos en cocinas modernas, el fuego sigue siendo un *catalizador* crucial en la evolución de nuestras preferencias culinarias.

Encefalización: proceso evolutivo donde el cerebro de una especie aumenta de tamaño en relación con su cuerpo.

Catalizador: proviene del campo de la química y hace referencia a un agente o sustancia que acelera una determinada reacción.



Figura 4. Representación artística de un herrero (El Herrero). [4]

Otro ámbito donde el fuego ha desempeñado un papel fundamental es la herrería y la metalurgia. La capacidad de calentar y manipular metales permitió la creación de herramientas, armas y objetos ornamentales que revolucionaron la forma en que las sociedades interactuaban con su entorno y entre sí. Desde la creación de herramientas de caza y defensa en la antigüedad hasta la forja de elementos estructurales en la era industrial, el fuego en la herrería encarna la transformación de la materia y la innovación tecnológica.

EL FUEGO FORJANDO NUESTRA CULTURA

En la intersección de la historia y la cultura, el fuego ha sido una constante. Ha proporcionado calor en los climas más fríos, ha iluminado las noches o las cuevas y ha sido el centro de reuniones sociales alrededor de hogueras y fogatas. La diversidad de usos tradicionales del fuego se manifiesta en las prácticas ancestrales de calefacción, iluminación y producción de herramientas. Desde la utilización de lámparas de aceite en la antigüedad hasta la invención de velas y lámparas modernas, el fuego ha sido una fuente de luz y confort esenciales para la humanidad.

El fuego ha sido más que una fuente de calor y luz. Ha sido una herramienta que ha dado forma a nuestra historia, cultura y formas de vida. La domesticación del fuego marcó un cambio crucial en la evolución humana, permitiendo la expansión de nuestras capacidades y la creación de una nueva relación con la naturaleza. Los usos tradicionales del fuego, desde la cocina hasta la herrería, son testimonios de la adaptabilidad y la creatividad humanas en la utilización de esta herramienta elemental. En última instancia, el fuego sigue siendo un vínculo entre nuestra historia pasada y nuestro presente, evocando la fragilidad y la potencia de nuestra relación con el mundo natural.

ACTIVIDAD 1.2

COCINAR NOS HIZO HUMANOS

Para esta actividad, se proponen tanto el artículo titulado *Cocinar nos hizo humanos* como el vídeo *Aprender a cocinar nos hizo humanos*, queda a la elección del profesorado que imparta la asignatura elegir uno u otro en función de las necesidades de su alumnado y la disponibilidad temporal. Se le pedirá al alumnado que examine críticamente los argumentos presentados en el artículo/vídeo y que reflexionen sobre el papel fundamental de la cocina en el desarrollo de la humanidad y la formación de la sociedad moderna.

PROCEDIMIENTO

Lectura del artículo: Los estudiantes recibirán el artículo “Cocinar nos Hizo Humanos”, el cual explora cómo el acto de cocinar ha influido en la evolución humana y en el desarrollo de la civilización. Se les animará a prestar atención a los argumentos presentados en el artículo y a identificar los puntos clave que destacan la importancia de la cocina en la historia humana.

Discusión en grupo: Se propondrán preguntas para estimular la reflexión y el análisis crítico sobre el contenido del artículo. Los estudiantes discutirán en grupos pequeños y luego compartirán sus ideas con toda la clase. Se espera que los estudiantes consideren los beneficios y las implicaciones de la cocina en la evolución humana, así como su impacto en la sociedad contemporánea.

Preguntas de reflexión sugeridas:

1 ¿Cuáles son los argumentos clave presentados en el artículo que destacan la importancia de la cocina en la evolución humana?



2 ¿De qué manera la cocina ha contribuido al desarrollo de la sociedad y la cultura humana a lo largo de la historia?

3 ¿Cuáles son los beneficios y las implicaciones de la cocina en la vida diaria de las personas en la sociedad contemporánea?

4 ¿Cómo se relaciona la evolución de la cocina con el desarrollo de habilidades sociales y culturales en las comunidades humanas?

5 ¿Cuál es tu opinión personal sobre la importancia de la cocina en la formación de la humanidad y la sociedad moderna?

Reflexión individual y redacción de ensayos cortos: Se pedirá a los estudiantes que reflexionen sobre las ideas discutidas en la clase y que redacten ensayos cortos que destaquen su comprensión y sus perspectivas personales sobre el papel de la cocina en la historia y la cultura humanas. Se les alentará a expresar su opinión fundamentada, respaldada por ejemplos relevantes y análisis crítico del artículo.

INDAGACIÓN: CÓMO EL CALOR CAMBIA LA QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

En esta actividad, los estudiantes tendrán la oportunidad de explorar los efectos del calor en la química de los alimentos. Se les pedirá que investiguen y comprendan diferentes reacciones químicas que ocurren durante la cocción y preparación de alimentos, como la reacción de Maillard, la caramelización y la desnaturalización de proteínas. Además, se les animará a proponer un experimento práctico para comprobar una de estas reacciones químicas en un entorno controlado.

PROCEDIMIENTO

Investigación y comprensión de reacciones químicas en la cocina: Los estudiantes realizarán una indagación sobre las reacciones químicas específicas que se producen en los alimentos durante la cocción. Se les proporcionará información sobre la reacción de Maillard, la caramelización y la desnaturalización de proteínas, y se les alentará a comprender los procesos químicos involucrados en cada una de estas reacciones.

Propuesta de experimento: Cada grupo de estudiantes propondrá un experimento práctico para observar una de las reacciones químicas estudiadas en un entorno controlado. Se les pedirá que elijan una de las reacciones y que diseñen un procedimiento experimental detallado que les permita observar y comprender los cambios químicos que ocurren cuando se aplica calor a los alimentos.

Ejecución del experimento y recopilación de datos: Los estudiantes llevarán a cabo el experimento propuesto y registrarán cuidadosamente los datos obtenidos durante el proceso. Se animará a los estudiantes a ser precisos en sus observa-

ciones y a tomar nota de cualquier cambio físico, químico o sensorial que ocurra durante la aplicación del calor a los alimentos.

Análisis y presentación de resultados: Después de completar el experimento, los estudiantes analizarán los datos recopilados y discutirán los resultados observados en relación con las reacciones químicas estudiadas. Cada grupo preparará una presentación detallada que incluya una explicación clara del experimento, los resultados obtenidos y una discusión sobre la importancia de comprender cómo el calor afecta la química de los alimentos en el contexto de la cocina.

Preguntas de reflexión sugeridas:

- 1 ¿Qué ocurre a nivel químico durante la reacción de Maillard, la caramelización y la desnaturalización de proteínas en los alimentos?
- 2 ¿Cómo influye la temperatura y el tiempo de cocción en la intensidad y el resultado de estas reacciones químicas?
- 3 ¿Qué cambios físicos y sensoriales se pueden observar durante la aplicación del calor a los alimentos en el contexto de estas reacciones químicas?
- 4 ¿Cómo pueden los conocimientos adquiridos sobre estas reacciones químicas mejorar la preparación y cocción de alimentos en la cocina cotidiana?

METALURGÍA: FUNDAMENTOS E HISTORIA

El alumnado podrá explorar mediante esta actividad la importancia de los metales en la fabricación de herramientas y armas a lo largo de la historia. Después de ver un vídeo sobre la producción del acero, se les animará a investigar y analizar qué otros metales se han utilizado históricamente para la fabricación de herramientas y armas. Los estudiantes deberán comprender las propiedades únicas de estos metales y explorar cómo se extraían, procesaban y utilizaban en diferentes períodos históricos, así como su impacto en el desarrollo tecnológico y social.

PROCEDIMIENTO

Visionado del vídeo sobre la producción del acero: Los estudiantes verán un vídeo que explique el proceso de producción del acero, centrándose en los métodos y las técnicas utilizadas en la fabricación de este metal. Se les pedirá que presten atención a las etapas clave del proceso y a las propiedades específicas del acero que lo hacen valioso en la fabricación de herramientas y armas en la actualidad.

Indagación sobre metales históricos para herramientas y armas: Cada estudiante o grupo de estudiantes investigará y recopilará información sobre otros metales que se utilizaron en la antigüedad para la fabricación de herramientas y armas. Se les animará a explorar la historia de metales como el bronce, el hierro, el cobre y otros que hayan tenido un papel significativo en el desarrollo tecnológico y social de diferentes civilizaciones.

Preguntas de reflexión sugeridas:

- 1 ¿Qué otros metales se han utilizado históricamente para fabricar herramientas y armas, aparte del acero?
- 2 ¿Cuáles eran las propiedades específicas de estos metales que los hacían valiosos en la fabricación de herramientas y armas en épocas antiguas?
- 3 ¿Cómo se extraían y procesaban estos metales en la antigüedad y cómo se refinaron estas técnicas a lo largo del tiempo?
- 4 ¿Qué impacto tuvieron estos metales en el desarrollo de la tecnología y la sociedad en diferentes períodos históricos y culturas?
- 5 A parte de las herramientas y armas, ¿Qué otros usos históricos crees que se le han dado a diferentes metales? ¿Qué importancia han tenido estos usos?

CLICK!



VIDEO 2
**FABRICACIÓN
DEL ACERO [7]**

Laura Cisneros

EL FUEGO COMO INCENDIO

¿QUÉ ES UN INCENDIO FORESTAL?

El estudio profundo del fuego se extiende más allá de su naturaleza elemental y adquiere una dimensión crítica en la investigación de incendios forestales. Al explorar este fenómeno, es esencial abordar diversos aspectos: desde los tipos de incendios hasta su comportamiento, la influencia del cambio climático, las tecnologías de estudio, las estrategias de prevención y la comunidad afectada.

Cuando hablamos de incendios forestal nos referimos a cualquier fuego de carácter descontrolado que este ocurriendo en un paisaje que no es ni urbano ni agrícola. Aunque el término forestal nos evoque al típico bosque atlántico, en el contexto del estudio del fuego hace referencia a una gran variedad de paisajes (*sabana, taiga, tundra, selva*, etc...).

Los incendios forestales son intrínsecos a muchos ecosistemas y pueden clasificarse en distintos tipos según su propagación y el área afectada. Los incendios de copas, en la cúspide de la vegetación, se caracterizan por su velocidad y altas temperaturas. Los incendios de superficie avanzan por la capa vegetal baja, mientras que los subterráneos arden en los suelos orgánicos bajo la superficie. Cada tipo de incendio tiene su propio comportamiento y consecuencias únicas, desde la regeneración necesaria hasta el impacto en la biodiversidad.

Sabana: llanura muy extensa, con escasa vegetación arbórea y abundantes plantas herbáceas, propia de zonas tropicales y subtropicales.

Taiga: bioma propio del norte de Rusia y Siberia, de subsuelo helado, formada en su mayor parte de coníferas y limitada al sur por la estepa y al norte por la tundra.

Tundra: terreno abierto y llano, de clima muy frío y subsuelo helado, falta de vegetación arbórea, con suelo cubierto de musgos y líquenes y pantanoso en muchos sitios.

Selva: ecosistema caracterizado por una vegetación densa y abundante, un clima cálido y húmedo, y una gran biodiversidad.

DESAFÍOS DE LOS INCENDIOS EN UN MUNDO CAMBIANTE

En la actualidad, el cambio climático agudiza la problemática de los incendios forestales. La relación entre temperaturas más altas, sequías prolongadas y la inflamabilidad del paisaje aumenta la frecuencia, intensidad y duración de los incendios. El impacto no solo afecta la vegetación, sino que también trae implicaciones directas para la gestión de recursos y la planificación territorial. La comprensión de esta relación es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de prevención y mitigación.

En el estudio de incendios forestales, las tecnologías y herramientas desempeñan un papel crucial. Satélites y sistemas de sensores remotos

proporcionan datos en tiempo real, permitiendo a los investigadores rastrear la ubicación y propagación del fuego. Los modelos de propagación predicen la dirección y velocidad del incendio, lo que es vital para la toma de decisiones en el terreno. Los sistemas de alerta temprana proporcionan información vital para evacuaciones y respuestas rápidas.

La prevención y mitigación de incendios forestales son elementos claves en la gestión de paisajes propensos al fuego. La educación pública sobre prácticas seguras y la planificación del uso de la tierra para crear barreras naturales son esenciales. La gestión de combustibles implica reducir la cantidad de vegetación inflamable a través de quemas controladas y despeje de maleza. La creación de *cortafuegos* también es una estrategia fundamental.

Más allá del impacto ambiental, los incendios forestales afectan directamente a las poblaciones próximas. La pérdida de viviendas, el desplazamiento de personas y los costos económicos son desafíos significativos. La recuperación y reconstrucción a menudo involucran la colaboración de agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y la comunidad local en su conjunto.

El estudio de los incendios forestales abarca múltiples dimensiones interconectadas. Desde la diversidad de sus tipos y su relación con el cambio climático, hasta las herramientas tecnológicas para su estudio y las estrategias para prevenir y mitigar su impacto, todo converge en la complejidad de este fenómeno. Reconociendo su alcance, es imperativo un abordaje multidisciplinario que combine la ciencia, la tecnología y la acción comunitaria para enfrentar el desafío de los incendios forestales.

Cortafuegos: espacio amplio artificial entre los bosques o cultivos para que no se propaguen los incendios. Este término da nombre a los programas informáticos que bloquean el acceso autorizado a una red o sistema (en inglés, firewall).

Figura 5. Cambio climático, incendios forestales y contaminación atmosférica. [8]



ECOLOGÍA DEL FUEGO

EL FUEGO Y EL ECOSISTEMA

La ecología del fuego se adentra en la compleja relación entre el fuego y los ecosistemas. Explora cómo el fuego ha moldeado las comunidades biológicas a lo largo de la historia de la Tierra y cómo los ecosistemas han evolucionado para adaptarse a su presencia constante. En este contexto, se abordan temas cruciales que abarcan desde las adaptaciones de la flora y la fauna al fuego hasta los efectos del fuego en las distintas especies y las estrategias de restauración de ecosistemas afectados por incendios. Dentro de la ecología del fuego, uno de los conceptos fundamentales son los regímenes de fuego, que se refieren a los patrones y características de los incendios en un ecosistema particular a lo largo del tiempo. Estos regímenes de fuego incluyen la frecuencia, intensidad, estacionalidad y extensión espacial de los incendios, y juegan un papel crucial en la determinación de la estructura y la dinámica de los ecosistemas afectados. Comprender los *regímenes de fuego* es esencial para evaluar la resiliencia de un ecosistema frente a los incendios y para implementar estrategias efectivas de gestión y restauración.

Regímenes de fuego: concepto que hace referencia a la frecuencia e intensidad con la que los incendios ocurren en un determinado bioma.

ADAPTACIONES Y CICLOS: LA RESILIENCIA DE LAS PLANTAS FRENTE A LOS INCENDIOS

Una de las adaptaciones más notables en los ecosistemas propensos al fuego es la de las plantas. Estas han desarrollado diversas estrategias para sobrevivir y prosperar en un entorno que a menudo se ha visto azotado por incendios. Algunas plantas han evolucionado con *morfologías* resistentes al fuego, como corteza gruesa u hojas que reducen la inflamabilidad. Otras han desarrollado adaptaciones fisiológicas, como la capacidad de rebrotar después del fuego, lo que les permite recuperarse rápidamente. Además, muchas plantas han evolucionado para producir semillas que pueden sobrevivir al calor intenso del fuego y germinar después de este, asegurando la regeneración del bosque.

Morfología: forma o estructura de algo. También hace referencia a un conjunto concreto de órganos de algunos seres vivos.

El ciclo del fuego en los ecosistemas es una secuencia compleja de eventos que involucra la ignición, la propagación, el consumo de combustible y los efectos sobre el suelo y los nutrientes. La ignición puede ser resultado de fuentes naturales, como rayos, o de actividades humanas. Una vez que el fuego ha comenzado, su propagación depende de una serie de factores,

incluyendo la vegetación presente, la topografía y las condiciones climáticas. A medida que el fuego consume combustible, libera nutrientes en el suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes para las plantas y, a su vez, la composición del ecosistema.

La regeneración post-incendio o sucesión ecológica es un fenómeno fascinante que sigue a la destrucción temporal de un ecosistema. Tras un incendio, las especies pioneras, que a menudo son plantas adaptadas al fuego, colonizan el área quemada. A medida que estas especies establecen sus raíces, crean un entorno propicio para la sucesión vegetal. A lo largo del tiempo, la biodiversidad vuelve a florecer a medida que las especies se establecen y compiten por los recursos.

EL IMPACTO DEL FUEGO EN LA FAUNA

El fuego no solo afecta a las plantas, también tiene un impacto significativo en la fauna y sus hábitats. Los incendios pueden alterar la disponibilidad de alimento y refugio para los animales, lo que puede conducir a cambios en la distribución de especies y en las interacciones entre presas y depredadores. Algunas especies animales han desarrollado estrategias para sobrevivir al fuego, como la movilidad rápida o la búsqueda de refugio en madrigueras.

Algunas especies de insectos ven favorecido su ciclo de vida gracias a los incendios: ponen sus huevos bajo tierra, por lo que los incendios de superficie no afectan a su descendencia y cuando eclosionan se alimentan de madera muerta, proporcionada por el fuego.

La restauración de ecosistemas afectados por incendios es un esfuerzo crítico para rehabilitar áreas dañadas y ayudar a restaurar las funciones ecológicas. Esto puede incluir medidas como la reforestación con especies nativas, la reintroducción de especies en peligro de extinción y la promoción de *prácticas de manejo* que reduzcan la amenaza de incendios futuros.

En última instancia, la ecología del fuego nos enseña la importancia de comprender y respetar la influencia del fuego en los ecosistemas naturales. Reconociendo su papel vital en la evolución de la vida en la Tierra, podemos trabajar para conservar y proteger estos ecosistemas tan valiosos.

Prácticas de manejo: conjunto de estrategias, intervenciones o acciones planificadas que se aplican sobre un ecosistema para reducir el riesgo de futuros incendios forestales y mejorar su resiliencia. Son decisiones técnicas y ecológicas que forman parte de la gestión del territorio, especialmente en zonas vulnerables al fuego.

ACTIVIDAD 1.3

YELLOWSTONE: UN CASO PARADIGMÁTICO EN LA ECOLOGÍA DEL FUEGO

En esta actividad se explorará el impacto del fuego en la ecología de los bosques, centrándonos en el caso del Parque Nacional de Yellowstone en el verano de 1988. Luego, analizaremos cómo el fuego influye en la sucesión ecológica y cómo las comu-

nidades vegetales se adaptan a él en regiones con incendios frecuentes. También discutiremos la estrategia de incendios controlados como medida preventiva y su efectividad.

Durante todo el verano de 1988, los incendios asolaron buena parte del parque de Yellowstone. Sólo con la llegada de las nieves, a mediados de septiembre, los fuegos empezaron a disminuir, aunque no se extinguieron del todo hasta principios del invierno, en el mes de noviembre. Sin embargo, históricamente, este no es un suceso singular, pues existen datos de incendios de parecidas proporciones hacia el año 1700. El fuego se inició al descargar una tormenta eléctrica en un bosque maduro de Yellowstone, compuesto por pino contorto, abeto y picas de Engelmann. Se destruyó la mayor parte de la vegetación pero las piñas protegieron a las semillas durante el incendio, posibilitando que después se abrieran, las liberaran y por último germinasen, al tiempo que rebrotaban las raíces de algunas plantas herbáceas y se desarrollaban las

semillas de otras. El bosque abierto que ha quedado, cobija muchas especies, incluidas golondrinas, pájaros carpinteros y alces. Las plátujas del pino crecen hasta 5 ó 6 metros. Transcurridos 50 años, durante cien años más, el bosque sigue desarrollándose, alcanzando los pinos alturas de 10 a 20 metros y formando masas densas que filtran la luz solar. Entre los 150 y 300 años, los pinos contortos se van sustituyendo por una segunda generación de árboles: la píceas de Engelmann o abetos. El incremento de la insolación estimula el crecimiento de la vegetación en el estrato herbáceo. Cuando el bosque ha alcanzado una edad de 300 años, mueren los árboles originales y aparecen grandes claros, se acumulan árboles jóvenes y ramas muertas, con lo que el bosque se vuelve de nuevo muy vulnerable al fuego.

Figura 6. Cartel del Parque Nacional Yellowstone. [9]



PROCEDIMIENTO

Lectura del texto proporcionado: el Parque Nacional de Yellowstone.

Responder a las preguntas propuestas: el alumnado puede trabajar por grupos para trabajar las siguientes preguntas:

1 Explique este caso de sucesión ecológica y las etapas involucradas.

2 El fuego es crucial en muchos entornos terrestres. En regiones con incendios frecuentes, las comunidades vegetales se adaptan a ellos, como las praderas del sudoeste de Norteamérica, donde incendios estacionales mantienen el equilibrio. ¿A qué equilibrio se refiere este enunciado? ¿Cómo actúa en este caso, el fuego como un agente regulador del ecosistema?

3 Hoy, se experimenta con incendios controlados para prevenir incendios masivos. ¿Por qué puede ser una estrategia efectiva? ¿Significa que las campañas preventivas son inútiles? Explique.

Figura 7. Campamento Madison durante el incendio en Yellowstone. [10]





RESUMEN DEL CAPÍTULO

El fuego ha inspirado narrativas y mitos que revelan la fascinación humana por este elemento, sirviendo como un puente entre lo divino y lo humano, transmitido a través de cuentos, canciones y tradiciones orales que preservan valiosas lecciones generación tras generación, además de influir en nuestras emociones y actitudes hacia el fuego a lo largo de la historia humana.

La hoguera ha sido un lugar de reunión social que fomenta el sentido de comunidad, transmitiendo historias y conocimientos a través del tiempo y el espacio, mientras que el avance de la ciencia enriquece nuestras percepciones sobre el fuego, incorporando elementos de conocimiento y explorando su interacción con el mundo natural y humano, lo que revela la intrínseca relación humana con este fenómeno natural y su papel como fuente de maravilla y comprensión a lo largo de la historia.

El fuego es una herramienta omnipresente en la historia humana, ha influido en diversas áreas como la cocina, la herrería y la cultura, demostrando su importancia en la evolución de la civilización y la transformación de la relación del ser humano con la naturaleza.

Los incendios forestales abarcan una amplia gama de ecosistemas y su estudio crítico aborda aspectos como sus tipos, comportamiento, influencia del cambio climático, tecnologías de estudio, estrategias de prevención y el impacto en la comunidad afectada, siendo esenciales para comprender su complejidad y gestión.

El cambio climático modifica los regímenes de incendios forestales, lo que requiere reajustar las estrategias de prevención y mitigación, educación pública, gestión de combustibles y colaboración comunitaria para abordar su impacto ambiental y social.

La ecología del fuego investiga la influencia de los incendios en los ecosistemas, incluyendo los regímenes de fuego, que abarcan patrones como la frecuencia, intensidad y extensión de los incendios, y son fundamentales para evaluar la resiliencia y aplicar estrategias de gestión y restauración.

Algunas plantas típicas de ecosistemas propensos al fuego han evolucionado con adaptaciones físicas y fisiológicas para sobrevivir y regenerarse después del fuego. El ciclo del fuego implica una compleja secuencia de eventos que afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la composición del ecosistema, seguido por la sucesión ecológica que fomenta la biodiversidad.

Los incendios alteran la disponibilidad de alimento y refugio para la fauna, aunque algunas especies han desarrollado estrategias de supervivencia, mientras que la restauración de ecosistemas afectados implica medidas como la reforestación y la reintroducción de especies, destacando la importancia de comprender y respetar la influencia del fuego en los ecosistemas naturales.

CAPÍTULO 2

CIENCIAS DEL FUEGO

- Relacionar el fuego con los procesos elementales que ocurren en física y en química.
- Comprender el papel de los incendios en la ecología y su importancia para la evolución de distintas especies.
- Aproximarse al papel de la tecnología y la ingeniería en relación a los incendios forestales.

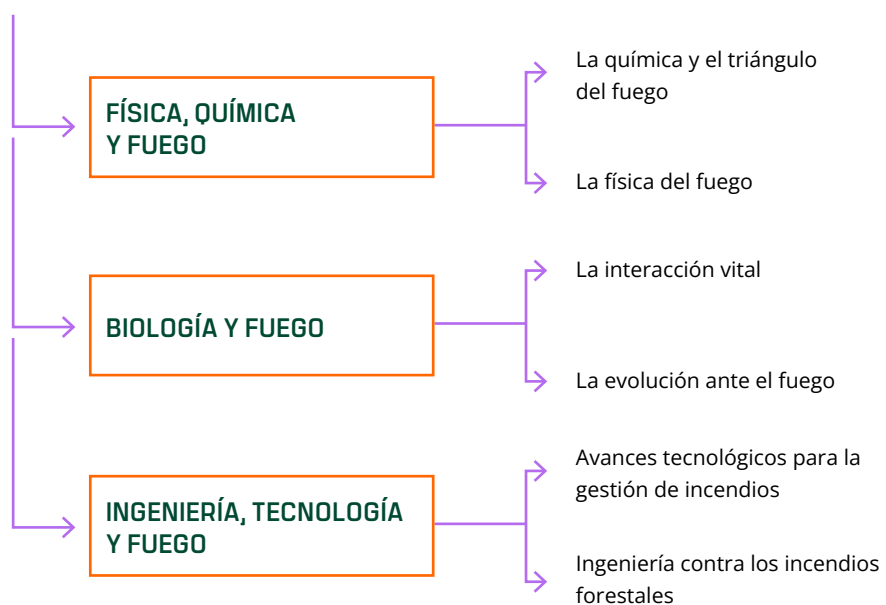


Figura 8. Herrera aprendiz. [11]



ESQUEMA

El Fuego y la Humanidad





FÍSICA, QUÍMICA Y FUEGO

El fuego es un fenómeno fascinante que puede ser comprendido en profundidad a través de los principios físicos y químicos que lo gobiernan. Estos principios son fundamentales para explicar cómo ocurre la combustión, qué elementos son necesarios para que el fuego exista y cómo se propaga a través de diferentes materiales. Además, es crucial entender la química de los productos de combustión y sus implicaciones para la salud y el medio ambiente.

LA QUÍMICA Y EL TRIÁNGULO DEL FUEGO: FUNDAMENTOS DE COMBUSTIÓN

En su esencia, la combustión es un proceso químico *exotérmico*. Esto significa que implica una reacción química que libera calor. En el contexto del fuego, esta reacción química ocurre cuando una sustancia, llamada combustible, reacciona con el oxígeno del aire. Durante esta reacción, se liberan calor, luz y una serie de productos de combustión. El calor es lo que percibimos como temperatura elevada, la luz se manifiesta como la luminosidad de las llamas y los productos de combustión son los gases y partículas que resultan de la reacción química.

Exotérmico: reacción química o proceso que libera calor en lugar de absorberlo, es decir, una reacción que desprende energía en forma de calor.

El Triángulo del Fuego es una representación gráfica que sintetiza los tres componentes esenciales necesarios para que el fuego ocurra y se mantenga: combustible, *comburente* (oxígeno) y calor. Si alguno de estos componentes falta o se retira, el fuego se extinguirá. Por ejemplo, en un incendio forestal, el combustible es la vegetación, el oxígeno está presente en el aire y el calor proviene de la *ignición* inicial.

Comburente: Se refiere a la sustancia que permite la combustión al reaccionar con el combustible y, por lo general, es el oxígeno presente en el aire.

Ignición: proceso de encender o prender algo, especialmente en relación con el fuego o la combustión de un material.

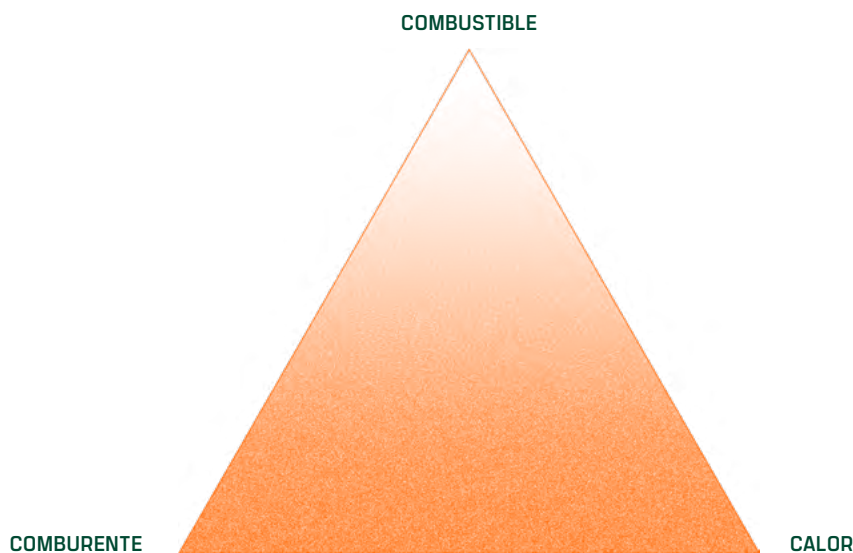
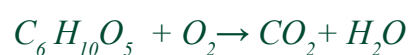


Figura 9. Triángulo de Fuego.

Una vez que el fuego ha comenzado, se establece una reacción en cadena que lo alimenta y lo mantiene en curso. Esto se debe a que el calor liberado por la reacción inicial calienta las sustancias cercanas lo suficiente como para que también comiencen a arder. Esta retroalimentación positiva es un componente fundamental de la propagación del fuego.

Desde una perspectiva química, las reacciones de combustión son un tipo particular de reacciones de oxidación rápida. En ellas, un compuesto que contiene carbono e hidrógeno —como la celulosa presente en la madera o en otras formas de biomasa vegetal— reacciona con el oxígeno del aire. El resultado de esta reacción es la liberación de energía (en forma de calor y luz), dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O), junto con otros productos secundarios si la combustión es incompleta (como monóxido de carbono, CO , o partículas sólidas).

En el caso de la combustión completa de la celulosa, una posible representación química sin ajustar sería:



Esta ecuación muestra los reactivos (celulosa y oxígeno) y los productos principales (dióxido de carbono y agua), pero no respeta la proporción exacta entre ellos. Para cumplir la ley de conservación de la masa —según la cual el número de átomos de cada elemento debe mantenerse constante antes y después de la reacción— es necesario realizar el ajuste estequiométrico de la ecuación.

La ecuación ajustada quedaría así:



Ahora, el número de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno es el mismo a ambos lados de la flecha. Este tipo de ajuste es fundamental en química para describir correctamente las reacciones y calcular proporciones de reactivos y productos.

Cuando la cantidad de oxígeno es insuficiente, la combustión se vuelve incompleta y los productos varían. En estos casos, además de liberar menos energía, se forman compuestos contaminantes como el monóxido de carbono (CO), que es tóxico, y partículas en suspensión (humo). Esto explica por qué los incendios forestales no solo representan un problema ecológico, sino también una fuente significativa de contaminación atmosférica y un riesgo para la salud.

LA FÍSICA DEL FUEGO: UNA MIRADA PROFUNDA A SUS PROPIEDADES TERMODINÁMICAS Y ELECTROMAGNÉTICAS

El fuego, en su esencia, es un fenómeno térmico que surge de la combinación de un combustible y una fuente de calor que desencadena una reacción exotérmica. La temperatura desempeña un papel crucial en este proceso, ya que es un indicador directo de la intensidad de la combustión. Cuanto más caliente sea el fuego, más eficiente será en la generación de luz y calor. La fuente de calor puede ser variada, desde una chispa eléctrica hasta la fricción, pero siempre es necesaria para iniciar el proceso de combustión.

Además de su naturaleza térmica, el fuego también está estrechamente relacionado con el espectro electromagnético. La radiación visible se manifiesta en la luminosidad de las llamas, que van desde el rojo tenue hasta el blanco brillante, dependiendo de la temperatura y del combustible. Al mismo tiempo, la radiación infrarroja emitida por el fuego es responsable de la transmisión de calor a los objetos que se aproximan a él.



Figura 10. Espectro de color de las llamas. [12]

También es importante conocer cómo distintos materiales reaccionan en presencia de altas temperaturas. Los materiales conductores, como el metal, tienen una alta capacidad de transferir calor y, por lo tanto, son propensos a calentarse rápidamente. Por otro lado, los materiales inflamables, como la madera o los plásticos, son propensos a la combustión cuando se exponen a temperaturas elevadas. La *dilatación* térmica es un fenómeno que ocurre en muchos materiales cuando se calientan, lo que resulta en un aumento en su volumen o longitud. Esta dilatación puede desencadenar cambios estructurales significativos, especialmente en los metales, que pueden conducir a deformaciones o fallas en su estructura.

Dilatación: el aumento en el volumen o en las dimensiones físicas de un material debido al aumento de la temperatura.

ACTIVIDAD 2.1

INFOGRAMA SOBRE LOS INCENDIOS

En esta actividad de indagación guiada, los estudiantes tendrán la oportunidad de explorar en profundidad el concepto del Triángulo del Fuego y su relevancia en la propagación y el control de incendios. Mediante una serie de experimentos y discusiones, los estudiantes podrán comprender cómo la interacción entre el calor, el combustible y el oxígeno desempeña un papel crucial en la formación y la extinción de incendios. Se espera que esta actividad fomente una comprensión más profunda de los principios científicos detrás de los incendios y promueva la conciencia sobre la prevención de incendios en entornos diversos.

PROCEDIMIENTO

Introducción al Triángulo del Fuego: El profesor presentará el concepto del Triángulo del Fuego y sus elementos clave, y guiará a los estudiantes para que comprendan cómo la presencia simultánea de calor, combustible y oxígeno es fundamental para la ocurrencia y la propagación de incendios.

Experimentos sobre la interacción entre los elementos del Triángulo del Fuego: Los estudiantes se dividirán en grupos y se les pedirá que diseñen y realicen una serie de experimentos que ilustren la importancia de cada elemento del Triángulo del Fuego en la generación y extinción de incendios. El profesor apoyará a los grupos en la formulación de hipótesis y en la planificación de sus experimentos.

Análisis de los resultados y discusión: Después de llevar a cabo los experimentos, los grupos presentarán sus hallazgos y analizarán cómo los

cambios en la cantidad de calor, combustible u oxígeno afectan la propagación y la extinción del fuego. Se fomentará la discusión entre los grupos para comparar y contrastar los resultados obtenidos en los diferentes experimentos.

Reflexión sobre la prevención de incendios: Los estudiantes reflexionarán sobre la importancia de comprender el Triángulo del Fuego en el contexto de la prevención de incendios. Se les pedirá que propongan medidas prácticas para prevenir la formación de incendios y para controlar su propagación en entornos domésticos y comunitarios.

Preguntas guía sugeridas:

- 1 ¿Cómo se relacionan el calor, el combustible y el oxígeno en el contexto del Triángulo del Fuego?
- 2 ¿Qué sucede cuando alguno de los elementos del Triángulo del Fuego se reduce o se elimina por completo?
- 3 ¿Cómo podríamos aplicar estos conocimientos para prevenir incendios en nuestra comunidad?
- 4 ¿Qué acciones podríamos tomar para controlar un incendio una vez que ha comenzado, considerando la interacción entre los elementos del Triángulo del Fuego?

INDAGACIÓN SOBRE LA INTENSIDAD DE UN INCENDIO

En esta actividad los estudiantes tendrán la oportunidad de comprender la intensidad de un incendio mediante el diseño de un experimento adaptado al laboratorio escolar. A través de la emulación de la cantidad de agua evaporada en función del calor generado, los estudiantes explorarán cómo medir la intensidad de un incendio utilizando un calorímetro. Se espera que esta actividad fomente la comprensión de los principios científicos detrás de la intensidad de los incendios y promueva la conciencia sobre la importancia de medir y controlar el calor en situaciones de emergencia.

PROCEDIMIENTO

Introducción al concepto de intensidad de un incendio: El profesor proporcionará una breve explicación sobre la importancia de medir la intensidad de un incendio y presentará el uso de contenedores de agua en situaciones reales para calcular la cantidad de agua evaporada como indicador de la intensidad del calor. Se discutirán los conceptos de calor específico y cambio de estado de agua durante la evaporación.

Diseño del experimento con calorímetro escolar: Los estudiantes se dividirán en grupos y se les pedirá que diseñen un experimento con un calorímetro escolar para emular la cantidad de calor generada por un incendio. Se les guiará para que elijan los materiales necesarios y establezcan un protocolo para medir la cantidad de calor transferida al agua en el calorímetro.

Realización del experimento y recopilación de datos: Los grupos llevarán a cabo el experimento siguiendo el protocolo diseñado y registrarán la cantidad de agua evaporada en el calorímetro como indicador de la intensidad del calor gene-

rado. Se les alentará a tomar lecturas precisas y a mantener un registro detallado de los datos obtenidos durante el experimento.

Análisis de resultados y discusión: Después de recopilar los datos, los grupos presentarán y analizarán los resultados de sus experimentos con el calorímetro. Se fomentará la discusión entre los grupos para comparar y contrastar los datos obtenidos y para evaluar la precisión del diseño del experimento en la emulación de la intensidad de un incendio.

Reflexión sobre la importancia de la medición de la intensidad de un incendio: Los estudiantes reflexionarán sobre la relevancia de medir la intensidad del calor en situaciones de emergencia y discutirán cómo esta información puede ser útil para los bomberos y los equipos de respuesta en la gestión de incendios.

Preguntas guía sugeridas:

- 1 ¿Cómo podemos emular la cantidad de calor generado por un incendio en un entorno de laboratorio escolar utilizando un calorímetro?
- 2 ¿Qué aspectos del diseño del experimento podrían influir en la precisión de las mediciones de la intensidad del calor?
- 3 ¿Qué conclusiones podemos extraer de los datos recopilados sobre la cantidad de agua evaporada en el calorímetro como indicador de la intensidad del calor generado?
- 4 ¿Cómo podríamos aplicar estos conocimientos sobre la intensidad del calor en la gestión y control de incendios en situaciones reales?

HISTORIA DE LA QUÍMICA: LAVOISIER Y EL FLOGISTO

Los estudiantes explorarán la evolución histórica del concepto del fuego, desde la antigua teoría del flogisto hasta la revolución química propuesta por Antoine Lavoisier. A través del análisis de textos históricos y la vida y obra de Lavoisier, los estudiantes comprenderán cómo los cambios en la comprensión del fuego a lo largo del tiempo contribuyeron al desarrollo de la química moderna y la teoría del oxígeno.

PROCEDIMIENTO

Introducción a la teoría del flogisto: se proporciona el siguiente texto como resumen de la teoría del flogisto.

Cuando un joven Lavoisier de 17 años dejó el Colegio de las Cuatro Naciones de París en 1761, la química difícilmente podría considerarse ciencia, tal y como la entendemos hoy. A diferencia de la física, que había alcanzado su mayoría de edad gracias al trabajo de Isaac Newton un siglo antes, la química todavía estaba sumida en el legado de los filósofos griegos. La noción de los cuatro elementos de Aristóteles — tierra, aire, fuego y agua — había sido modificada lentamente por los alquimistas medievales, que agregaron su propio lenguaje y simbolismo arcano.

En el corazón de esta mezcla de saberes yacía el concepto de flogisto. Desarrollado por el científico alemán Georg Ernst Stahl a principios del siglo XVIII, el flogisto era un concepto químico dominante de la época, ya que parecía explicar muchas cosas de una manera simple. Stahl creía que cada sustancia combustible contenía un componente universal del fuego, al que llamó flogisto, procedente de la palabra griega para decir inflamable. Debido a que una sustancia combustible como el carbón pierde peso cuando se quema, Stahl razonó que este cambio se debía a la pérdida de flogisto, que pasaba a formar parte del aire.

Por lo tanto, se pensaba que cuanto menos residuo dejaba una sustancia después de ser quemada, mayor era su contenido de flogisto. Pasando de sustancias orgánicas a metales, Stahl sabía que una cal metálica (lo que hoy conocemos como óxidos), formaba el metal original al calentarla con carbón. Para explicarlo, propuso que el flogisto del carbón vegetal se unía con la cal. Por lo tanto, los metales también se clasificaban como combustibles, ya que se pensaba que contenían flogisto.

La dificultad de este marco teórico residía en la reacción inversa. Cuando los metales se calentaban al aire, el producto resultante pesaba más que el metal original. No menos, como era de esperar si el metal hubiera perdido el componente de flogisto. Esta inconsistencia hizo que algunos flogistonistas sugiriesen que el flogisto tenía un peso negativo. Lavoisier conoció el flogisto gracias a Guillaume François Rouelle, a cuyas conferencias asistió mientras estudiaba derecho. En 1772, después de haber abandonado las leyes para emprender su carrera científica, Lavoisier dirigió su curiosidad al estudio de la combustión.

Figura 11. Retrato de Laurent Lavoisier. [13]



Experimentos de cátedra: puede explicarse la teoría del flogisto al modo de experimentos de cátedra: realizando experimento de combustión en frente del alumnado y explicando como los químicos previos a Lavoisier entenderían las reacciones. Por ejemplo, mientras se muestra la combustión de una vela dentro de un recipiente cerrado se puede explicar:

La teoría afirmaba que cuando una vela ardía, por ejemplo, el flogisto se transfería de ella al aire circundante. Cuando el aire se satura con flogisto y no puede contener más, la llama se apaga. Respirar también era una forma de eliminar el flogisto de un cuerpo. Una prueba típica para determinar la presencia de flogisto era colocar un ratón en un recipiente y medir cuánto tiempo vivía. Cuando el aire del recipiente no aceptase más flogisto, el ratón moriría.

Análisis de la vida y obra de Lavoisier: Los estudiantes se dividirán en grupos y se les asignará la tarea de investigar la vida y contribuciones de Antoine Lavoisier a la química. Se les guiará para que exploren su revolucionaria teoría de la combustión y su papel en el descubrimiento del oxígeno como elemento clave en la reacción del fuego.

Comparación y contraste de las teorías del flogisto y la revolución química de Lavoisier: Cada grupo preparará una comparación detallada entre la teoría del flogisto y la teoría de Lavoisier sobre la combustión y el fuego. Se les alentará a examinar cómo las ideas de Lavoisier desafiaron y reemplazaron gradualmente la teoría del flogisto, y cómo su trabajo sentó las bases para la química moderna.

Presentación y discusión de hallazgos: Cada grupo presentará sus hallazgos al resto de la clase, seguida de una discusión abierta sobre la importancia de la revisión de conceptos en el avance de la ciencia. Se fomentará la reflexión sobre cómo la investigación y la experimentación han contribuido a una mejor comprensión del fuego y la química en general.

Preguntas guía sugeridas:

- 1** ¿Cuál era la teoría del flogisto y cómo se relacionaba con la comprensión del fuego en la antigüedad?
- 2** ¿Cuáles fueron las contribuciones clave de Antoine Lavoisier a la química y cómo su teoría de la combustión desafió la teoría del flogisto?
- 3** ¿Cuál fue el impacto de la revolución química de Lavoisier en el campo de la química y cómo sentó las bases para la comprensión moderna del fuego y la combustión?

INDAGACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES ANTE EL CALOR

En esta actividad, los estudiantes realizarán una indagación guiada sobre cómo distintos materiales se comportan ante el calor, centrándose en la dilatación térmica y las reacciones de los materiales frente al fuego. A través de una serie de experimentos y observaciones, los estudiantes comprenderán las propiedades únicas de diversos materiales y cómo estas propiedades influyen en su comportamiento en situaciones de alta temperatura. Se espera que esta actividad fomente la apreciación de la importancia de la selección de materiales adecuados en entornos expuestos al calor y el fuego.

PROCEDIMIENTO

Introducción a la dilatación térmica: El profesor proporcionará a los estudiantes una visión general sobre la dilatación térmica y sus aplicaciones en la vida cotidiana. Se discutirá cómo la dilatación térmica puede afectar diferentes materiales y su importancia en el diseño de estructuras y objetos.

Experimentos sobre el comportamiento térmico de distintos materiales: Los estudiantes se dividirán en grupos y se les asignará la tarea de investigar cómo distintos materiales se dilatan frente al calor. Se les guiará para que realicen experimentos utilizando distintos materiales como metales, distintos plásticos y otros compuestos, y registren sus observaciones sobre la magnitud de la dilatación en cada caso.

Observación del comportamiento de los materiales frente al fuego: Cada grupo llevará a cabo un experimento para observar cómo distintos materiales reaccionan ante el fuego. Se les pe-

dirá que anoten las reacciones específicas de los materiales y cualquier cambio notable en su estructura o apariencia durante y después de la exposición al calor.

Clasificación de los materiales según su comportamiento ante el calor y el fuego: Utilizando los datos recopilados, cada grupo clasificará los materiales en función de su comportamiento frente al calor y el fuego. Se les animará a identificar patrones comunes y a discutir las propiedades físicas y químicas subyacentes que determinan las reacciones de los materiales en situaciones de alta temperatura.

Preguntas guía sugeridas:

- 1 ¿Cómo varía la dilatación térmica entre diferentes materiales en respuesta al calor?
- 2 ¿Cuáles son las diferencias en el comportamiento de los materiales al ser expuestos al fuego?
- 3 ¿Qué propiedades específicas de los materiales podrían influir en su resistencia al calor y al fuego?

BIOLOGÍA Y FUEGO

LA INTERACCIÓN VITAL: INCENDIOS FORESTALES Y ADAPTACIONES ECOLÓGICAS

Los incendios forestales desempeñan un papel vital en la configuración y el mantenimiento de los ecosistemas, influenciando directamente la vida vegetal y animal. En muchos *biomas*, el fuego es un componente natural que ha impulsado la evolución de adaptaciones específicas en la flora y la fauna. Los regímenes de fuego varían según el tipo de ecosistema, desde los bosques templados hasta las praderas y los *matorrales* áridos. Estos regímenes consideran factores como la frecuencia, intensidad y estacionalidad de los incendios, lo que moldea la diversidad biológica de cada región.

En los *ecosistemas* adaptados al fuego, ciertas especies de plantas se han especializado para prosperar en condiciones de incendio recurrente. Algunas han desarrollado semillas resistentes al calor, que solo germinan tras la exposición al fuego, como ocurre en muchas especies con *serotinia*, entre ellas *Pinus halepensis* o *Banksia*. Otras presentan cortezas gruesas que protegen sus tejidos internos de las altas temperaturas, como ocurre en los eucaliptos y algunas secuoyas. También existen especies con estructuras subterráneas de reserva, como *rizomas* o *lignotubérculos*, que permiten el rebrote tras el incendio. Gramíneas de sabanas y matorrales mediterráneos muestran esta capacidad de regeneración rápida. Algunas especies incluso exhiben una alta inflamabilidad de sus hojas o cortezas como estrategia para promover fuegos de baja intensidad que favorezcan su propia reproducción y limiten la competencia.

Estas adaptaciones no aparecen exclusivamente en grupos emparentados, sino que han surgido de forma independiente en distintos linajes vegetales, como *gimnospermas* (pinos), *dicotiledóneas* (eucaliptos, jaras) y *monocotiledóneas* (gramíneas), lo que constituye un ejemplo claro de evolución convergente. El fuego actúa aquí como una presión selectiva que favorece a las especies capaces de resistirlo, reproducirse tras él o incluso beneficiarse de sus efectos ecológicos.

De manera similar, algunos animales han evolucionado para aprovechar los recursos que surgen después de un incendio —como carroñeros, depredadores de presas expuestas o insectos que detectan el calor a distancia—, mientras que otros han desarrollado estrategias de escape, refugio subterráneo o migración temporal durante los episodios de fuego.

Bioma: es una gran comunidad ecológica, también llamada paisaje bioclimático o área biótica, que comparte características climáticas, de flora y fauna similares, formando una región identificable.

Matorral: comunidad de plantas de pequeño tamaño y arbustos densamente agrupados, que se encuentran típicamente en áreas secas y áridas, como sabanas o zonas de transición entre bosques y praderas.

Ecosistema: sistema complejo formado por comunidades de organismos vivos en conjunción con el entorno físico en el que interactúan y se nutren mutuamente.

Serotinia: estrategia adaptativa presente en algunas plantas que consiste en retrasar la liberación de semillas hasta que se produce un estímulo ambiental específico, generalmente el calor del fuego.

Rizomas: tallo subterráneo horizontal que crece generalmente bajo la superficie del suelo y cumple funciones de almacenamiento de nutrientes y regeneración vegetativa.

Lignotubérculos: estructura subterránea leñosa que actúa como órgano de reserva y regeneración.

Gimnospermas: grupo de plantas vasculares, con semillas, pero sin frutos ni flores. Generalmente leñosas, muchas de ellas árboles o arbustos de gran porte, y suelen tener hojas aciculares.

Dicotiledóneas: grupo de plantas con flores que se caracterizan, principalmente, por tener dos cotiledones —es decir, dos hojas embrionarias— en la semilla.

Monocotiledóneas: un gran grupo de plantas con flores que se caracterizan por tener un solo cotiledón en la semilla.

Tras un incendio, se produce un proceso de sucesión post-incendio que guía la recuperación y regeneración del ecosistema. Las especies pioneras, adaptadas al fuego, colonizan el área quemada y preparan el terreno para la sucesión vegetal. Con el tiempo, la biodiversidad se restablece a medida que las plantas y los animales se asientan y compiten por los recursos. Este proceso dinámico de sucesión ecológica refleja la capacidad de los ecosistemas para recuperarse y adaptarse a los efectos del fuego, destacando la interdependencia fundamental entre la biología y los incendios en la naturaleza.

INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y FUEGO

La intersección entre la ingeniería, tecnología y fuego es una área de innovación y aplicaciones prácticas que impactan directamente en nuestra seguridad y entorno construido. En este apartado, exploraremos cómo la ingeniería y la tecnología se entrelaza con el estudio, prevención y control de incendios, aportando soluciones que pueden marcar la diferencia entre la catástrofe y la seguridad.

AVANCES TECNOLÓGICOS PARA LA GESTIÓN DE INCENDIOS

La tecnología ha desempeñado un papel crucial en la gestión y prevención de incendios forestales, ofreciendo herramientas avanzadas para la detección temprana, monitoreo y extinción efectiva de los incendios. En términos de prevención, se han implementado una serie de técnicas innovadoras, como el uso de sistemas de alerta temprana basados en pronósticos meteorológicos y análisis de datos de riesgo. Estos enfoques preventivos ayudan a identificar zonas propensas a incendios y a implementar medidas proactivas, como la reducción de la vegetación inflamable y la creación de cortafuegos estratégicos.

En el ámbito de la detección, se han utilizado diversos dispositivos tecnológicos para identificar incendios forestales en sus etapas iniciales. Los satélites de observación terrestre han demostrado ser instrumentos valiosos para la vigilancia y detección de anomalías térmicas que puedan indicar la presencia de fuego. Además, los sensores terrestres y los drones equipados con cámaras térmicas y de alta resolución han mejorado la capacidad de detección en áreas de difícil acceso, lo que permite una respuesta más rápida y precisa.

En cuanto a la lucha contra incendios, la tecnología ha permitido el desarrollo de herramientas avanzadas para el combate y control de incendios forestales. Los aviones y helicópteros equipados con sistemas de descarga de agua y retardantes son utilizados para contener y reducir la propagación del fuego. Actualmente se estudian diversos sistemas de extinción de incendios basados en la dispersión de productos químicos especiales que pueden sofocar las llamas de manera más eficiente y controlada. Estos avances tecnológicos han demostrado ser fundamentales en la protección de los ecosistemas forestales y en la reducción de los impactos devastadores de los incendios forestales.

INGENIERÍA CONTRA LOS INCENDIOS FORESTALES: INNOVACIÓN Y PREDICCIÓN

La ingeniería ha desempeñado un papel fundamental en la lucha contra los incendios forestales, demostrando una capacidad constante de innovación y optimización para abordar este desafío. Los ingenieros han desarrollado una variedad de técnicas y tecnologías especializadas para la prevención y control de incendios, incluyendo sistemas de alerta temprana basados en datos meteorológicos y modelos de riesgo predictivo. Esta capacidad de anticiparse a las condiciones propicias para los incendios forestales ha permitido una respuesta más rápida y eficiente en la prevención de incendios.

En el ámbito de la ingeniería de materiales, se ha dedicado una atención considerable al desarrollo de materiales *ignífugos* y retardantes de llama. Estos materiales han demostrado ser vitales en la construcción de infraestructuras y estructuras resistentes al fuego, lo que ayuda a mitigar la propagación de incendios y reduce el riesgo de daños catastróficos. La ingeniería de materiales ignífugos ha permitido la creación de productos innovadores que brindan una mayor protección contra incendios, tanto en entornos urbanos como en áreas forestales.

Ignífugo: material o sustancia que es resistente al fuego y que es difícilmente inflamable.

Además, la capacidad de la ingeniería informática para desarrollar modelos avanzados y sistemas de predicción ha revolucionado la forma en que se aborda la gestión de incendios forestales. Mediante la recopilación y el análisis de grandes conjuntos de datos, los ingenieros informáticos han creado algoritmos y modelos predictivos que permiten anticipar la propagación y el comportamiento de los incendios. Estos modelos proporcionan una comprensión más profunda de los patrones y las dinámicas de los incendios, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica para la gestión de incendios forestales.

ACTIVIDAD 2.2

LOS PROFESIONALES DEL FUEGO

Se escuchará una entrevista a un profesional experimentado en la gestión y prevención de incendios. A través de la entrevista, los estudiantes obtendrán información valiosa sobre las responsabilidades, desafíos y experiencias de trabajo de los profesionales en este campo. Posteriormente, se les guiará para que investiguen sobre distintos roles y especialidades dentro de la lucha contra incendios, con el fin de comprender mejor la diversidad de profesionales involucrados en la prevención y control de incendios.

PROCEDIMIENTO

Escucha de la entrevista con un profesional de los incendios: Los estudiantes escucharán atentamente la entrevista a Luis Gil, ingeniero de montes.

PODCAST 1

ADAPTACIONES DE LOS
PINOS AL FUEGO [14]

Documentos Radio Nacional de España



Preguntas sobre la entrevista:

- 1 ¿Qué porcentaje de incendios son causados por el ser humano?
- 2 ¿Qué fenómeno provoca principalmente los incendios naturales?
- 3 ¿Qué papel ha jugado el fuego tradicionalmente en los bosques mediterráneos? ¿De qué manera compara su papel con los hongos?



4 ¿Cómo se han adaptado alguna especies de pinos a los incendios? Hay varias respuestas a los largo del audio.

5 Busca en internet que son los conos seróti- nos y explica como hace que los pinos sean más resistentes a los incendios.

Investigación sobre distintos profesionales relacionados con la lucha contra incendios: Los estudiantes se organizarán en grupos y se les asignará la tarea de investigar diferentes roles y especialidades dentro del ámbito de la prevención y control de incendios. Se les guiará para que investiguen profesiones como bomberos, especialistas en prevención de incendios, ingenieros de seguridad contra incendios, científicos forestales y otros profesionales relacionados con la gestión de incendios. Es una oportunidad para que comprueben los planes de estudio de distintas titulaciones, que entiendan el funcionamiento de la formación y la preparación necesaria y quizás que puedan expresar su interes por realizar alguno de estos estudios.

Análisis comparativo de las responsabilidades y desafíos de cada profesional: Cada grupo preparará un informe detallado que destaque las responsabilidades clave, los desafíos específicos y las habilidades necesarias para cada rol o especialidad dentro de la lucha contra incendios. Se les alentará a comparar y contrastar las experiencias y habilidades requeridas para cada profesión en función de la información recopilada durante su investigación.

Discusión y reflexión en grupo: Cada grupo compartirá sus hallazgos con el resto de la clase, seguido de una discusión abierta sobre las similitudes y diferencias entre los distintos roles profesionales en la lucha contra incendios. Se alentará a los estudiantes a reflexionar sobre la importancia de la colaboración y la coordinación entre los distintos profesionales para una gestión efectiva y segura de situaciones de emergencia.

EVALUACIÓN DE LA COMBUSTIBILIDAD DE UNA ZONA A TRAVÉS DE LA OBSERVACIÓN CON DRONES

En esta actividad los estudiantes tendrán la oportunidad de comprender la importancia de evaluar la combustibilidad de un área específica utilizando tecnología de drones. A través de esta exploración, los alumnos podrán comprender cómo los drones pueden ser utilizados para analizar y evaluar el riesgo de incendios en zonas específicas. Además, podrán aprender sobre los diferentes factores que contribuyen a la combustibilidad y cómo la tecnología puede ayudar en la prevención y planificación de incendios.

PROCEDIMIENTO

Introducción a la evaluación de la combustibilidad con drones: El profesor proporcionará una breve introducción sobre la importancia de evaluar la combustibilidad de una zona determinada, así como una explicación sobre cómo los drones pueden ser utilizados para este propósito. Se destacarán los diferentes parámetros que los drones pueden medir para evaluar el riesgo de incendios en una región específica.



Figura 13. Equipo de OAS (Office of Aviation Services) preparándose para quema con PSD (Plastic Sphere Dispenser). [16]

Diseño de la ruta de vuelo y análisis de la zona:

Los estudiantes se dividirán en grupos y se les asignará la tarea de diseñar una ruta de vuelo para un dron que cubra una zona específica. Se les pedirá que elijan una zona con vegetación diversa y que identifiquen los posibles puntos de riesgo de incendio. Además, deberán analizar cómo la topografía y la densidad de la vegetación podrían afectar la combustibilidad de la zona.

Observación y recopilación de datos con el dron:

Cada grupo realizará la observación en tiempo real de la zona utilizando el dron y recopilará datos relevantes relacionados con la combustibilidad, como la densidad de la vegetación, la humedad del suelo y la presencia de posibles

fuentes de ignición. Se alentará a los estudiantes a documentar sus observaciones y tomar fotografías o videos para analizar más a fondo en el aula.

Análisis y presentación de resultados:

Cada grupo analizará los datos recopilados y elaborará un informe detallado sobre la combustibilidad de la zona observada. Se les pedirá que identifiquen los factores que contribuyen al riesgo de incendio y propongan posibles estrategias de prevención y mitigación. Posteriormente, cada grupo presentará sus hallazgos al resto de la clase y participará en una discusión abierta sobre las implicaciones de los resultados y la importancia de la evaluación de la combustibilidad con drones.

¿QUÉ SABEMOS HASTA AHORA?

En esta actividad metacognitiva los estudiantes profundizarán en su comprensión de los capítulos “El Fuego y la Humanidad” y “Las Ciencias del Fuego” a través de la creación de mapas conceptuales. Mediante esta exploración visual y organizada, los alumnos podrán identificar y conectar los conceptos fundamentales presentados en los capítulos, lo que les permitirá sintetizar y retener la información clave de manera efectiva.

PROCEDIMIENTO

Lectura y comprensión de los capítulos asignados: Los estudiantes leerán detenidamente los capítulos “El Fuego y la Humanidad” y “Las Ciencias del Fuego” para identificar los conceptos y temas fundamentales abordados en cada uno. Se les animará a tomar notas y destacar los puntos clave para facilitar la creación del mapa conceptual.

Identificación de conceptos principales: Los alumnos elaborarán una lista de los conceptos y términos más relevantes y significativos presen-

tados en los capítulos asignados. Se les pedirá que identifiquen las interrelaciones entre estos conceptos y cómo se conectan con la comprensión global del tema del fuego y su relación con la humanidad, así como su estudio científico.

Creación del mapa conceptual: Utilizando herramientas digitales o en papel, los estudiantes elaborarán un mapa conceptual que visualice las conexiones entre los conceptos identificados en los capítulos. Se les alentará a emplear colores, flechas y etiquetas para resaltar las relaciones y jerarquías entre los conceptos clave.

Reflexión y análisis metacognitivo: Una vez finalizados los mapas conceptuales, los estudiantes reflexionarán sobre su proceso de creación y analizarán cómo la representación visual les ayudó a comprender y organizar la información de los capítulos. Se les pedirá que reflexionen sobre la importancia de identificar conceptos clave y relaciones para fortalecer su comprensión del tema.

Figura 14. Ingenieros estudiando el suelo quemado en Liétor, Albacete. [17]





RESUMEN DEL CAPÍTULO

La combustión implica una reacción química exotérmica que libera calor y luz, junto con productos de combustión. Esta reacción se produce cuando un combustible reacciona con el oxígeno del aire. El Triángulo del Fuego resume los tres elementos cruciales para que el fuego ocurra y persista: combustible, comburente (oxígeno) y calor.

El fuego es un fenómeno térmico derivado de la reacción exotérmica entre un combustible y una fuente de calor, cuya temperatura influye en la intensidad de la combustión y en la generación de luz y calor. Además, está relacionado con el espectro electromagnético, manifestándose en la luminosidad de las llamas y la radiación infrarroja.

La interacción del fuego con distintos materiales revela cómo los conductores como el metal se calientan rápidamente, mientras que los inflamables como la madera son propensos a arder. La dilatación térmica puede causar cambios estructurales en los materiales, lo que afecta su estabilidad y resistencia.

Los incendios forestales desempeñan un papel vital en la configuración y mantenimiento de los ecosistemas, influyendo en la vida vegetal y animal. En diversos biomas, el fuego ha impulsado adaptaciones específicas en la flora y fauna, con regímenes que varían según factores como la frecuencia, intensidad y estacionalidad de los incendios.

Tras un incendio, el proceso de sucesión post-incendio guía la recuperación y regeneración del ecosistema, permitiendo que la biodiversidad se restablezca a medida que las especies colonizan y compiten por los recursos disponibles.

La tecnología ha sido fundamental en la gestión de incendios (con el uso de satélites, sensores terrestres y drones) y en la lucha contra el fuego (aviones y helicópteros con sistemas de descarga, productos químicos especiales).

La ingeniería ha sido clave en la lucha contra incendios forestales, impulsando la innovación en sistemas de alerta temprana, modelos predictivos de riesgo y materiales ignífugos.

La ingeniería informática ha permitido la creación de modelos avanzados para predecir la propagación de incendios, mejorando la toma de decisiones y la planificación estratégica en la gestión de incendios forestales.

CAPÍTULO 3

FUEGOS, ECOSISTEMAS Y SOCIEDAD

- Comprender la distinción entre fuegos naturales y antrópicos
- Identificar las diferencias clave entre los fuegos accidentales y los provocados
- Comprender la naturaleza de los fuegos planeados.
- Analizar los efectos ambientales y sociales de los incendios en los ecosistemas, la economía y la salud pública.

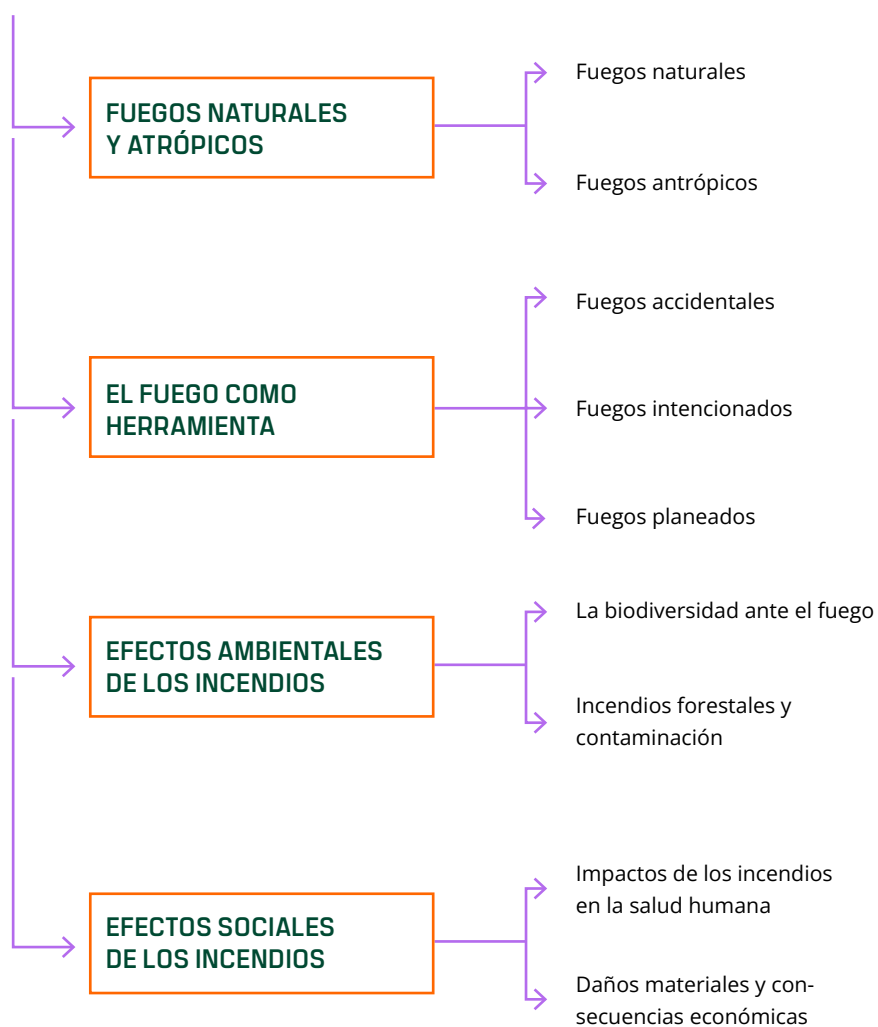


Figura 15. Esther Sánchez, coordinadora de medios aéreos en incendios forestales, en la base aérea de Zaragoza. [18]



ESQUEMA

Fuegos, Ecosistemas y Sociedad





FUEGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS

En el mundo en el que vivimos, los fuegos no son todos iguales. Algunos surgen de manera espontánea en los rincones más remotos de la naturaleza, mientras que otros son provocados directa o indirectamente por la actividad humana. En este apartado, exploraremos esta distinción crucial entre los incendios naturales y los fuegos *antrópicos*, desentrañando sus causas, impactos y la importancia de gestionarlos adecuadamente.

Antrópico: fenómenos o eventos que son causados o influenciados por la actividad humana

FUEGOS NATURALES

Los incendios naturales son eventos de combustión que surgen espontáneamente en entornos no controlados, generalmente como resultado de fenómenos naturales y condiciones ambientales específicas. Estos incendios pueden ser provocados por una variedad de factores, incluyendo la actividad volcánica, los rayos, la fricción de rocas, la actividad sísmica y procesos *geotérmicos*. Entre todos estos, los incendios provocados por rayos son uno de los principales impulsores de los incendios naturales en diversas regiones del mundo.

Cuando un rayo golpea un área con suficiente combustible seco, como pastizales, matorrales o bosques densos, la energía liberada por la descarga eléctrica puede encender rápidamente los materiales inflamables. La alta

Geotérmico: energía que proviene del calor interno de la Tierra. La energía geotérmica se utiliza para generar electricidad y calor, y se obtiene a partir de la extracción de calor de la corteza terrestre o de fuentes de agua subterránea caliente.

temperatura y la presencia de oxígeno facilitan la rápida propagación del fuego. Este proceso puede ser especialmente desafiante en regiones propensas a la sequía y con vegetación densa, donde la acumulación de material vegetal seco proporciona un combustible abundante para el fuego.

Los incendios naturales tienden a seguir patrones estacionales y se correlacionan con las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, en las regiones con estaciones secas prolongadas, los incendios naturales son más comunes debido a la acumulación de material vegetal seco que actúa como una fuente de combustible altamente inflamable. La frecuencia y la intensidad de estos incendios pueden variar dependiendo de la topografía del terreno, la humedad del suelo y la disponibilidad de material combustible. Los incendios naturales pueden tener efectos significativos en los ecosistemas, alterando la composición de la flora y la fauna, modificando los ciclos de nutrientes y dando lugar a procesos de sucesión ecológica.

FUEGOS ANTRÓPICOS

Los incendios antrópicos son aquellos provocados por la actividad humana, ya sea de forma intencional o accidental. Estos incendios pueden surgir como resultado de una amplia gama de actividades humanas, como la quema de desechos agrícolas, fogatas descuidadas, quema de pastizales para la renovación de pastos, quemas forestales no controladas, encendido de fuegos artificiales en áreas propensas a incendios y descuidos en la manipulación de materiales inflamables. La distinción entre todos ellos se hará en el apartado siguiente.

La frecuencia de los incendios antrópicos varía según la región y las prácticas culturales y económicas de las comunidades locales. En áreas con una mayor dependencia de la agricultura, la ganadería y otras actividades que requieren la gestión del paisaje, los incendios antrópicos pueden ser más comunes. Del mismo modo, en regiones donde el clima propicia la sequía y la aridez, el riesgo de incendios provocados por el ser humano puede aumentar, especialmente en épocas de condiciones climáticas extremas.

FUEGOS ACCIDENTALES Y PROVOCADOS

FUEGOS ACCIDENTALES

Los incendios accidentales son aquellos que se originan sin intención por parte de ninguna fuente externa, ya sea natural o humana. Estos incendios pueden surgir como resultado de una combinación de condiciones ambientales propicias y factores fortuitos que desencadenan una rápida propagación del fuego. Ejemplos comunes de incendios accidentales incluyen chispas generadas por equipos eléctricos defectuosos, rayos durante tormentas eléctricas, combustión espontánea de materiales inflamables y otros eventos imprevistos.

La ocurrencia de incendios accidentales puede estar asociada con una variedad de circunstancias, como condiciones climáticas extremas, materiales inflamables mal almacenados o manejados, y situaciones en las que los protocolos de seguridad no se implementan de manera efectiva. Además, factores como la falta de mantenimiento de equipos, la ausencia de sistemas de prevención y extinción de incendios adecuados, así como la negligencia en el manejo de sustancias peligrosas, pueden contribuir a la aparición de incendios accidentales.

En entornos industriales, los incendios accidentales pueden ocurrir como resultado de la manipulación inadecuada de sustancias químicas, la sobrecarga de equipos eléctricos o el incumplimiento de estándares de seguridad. De manera similar, en el hogar, los incendios accidentales pueden desencadenarse por el mal uso de electrodomésticos, velas encendidas sin supervisión, sistemas de calefacción defectuosos o cortocircuitos eléctricos. En muchos casos, los incendios accidentales podrían evitarse con la implementación adecuada de medidas de seguridad y una mayor conciencia sobre las prácticas de prevención de incendios.

FUEGOS INTENCIONADOS

Los incendios intencionados, también conocidos como incendios provocados o incendios premeditados, son aquellos que se inician deliberadamente por acción humana con la intención de causar daño, destrucción o para obtener algún beneficio específico. Estos incendios son considerados un crimen y pueden tener consecuencias devastadoras para la vida humana, la propiedad y el medio ambiente. Las motivaciones detrás de los incendios intencionados pueden variar, desde el deseo de venganza o el vandalismo hasta el intento de ocultar pruebas de otros crímenes o el beneficio económico a través del fraude de seguros.

La ocurrencia de incendios intencionados puede estar relacionada con una variedad de factores, como disputas personales, conflictos legales, rivalidades comerciales o intereses financieros. En algunos casos, individuos con trastornos mentales o emocionales pueden iniciar incendios como un medio de expresar emociones internas o aliviar la ansiedad. Además, los incendios intencionados pueden ser utilizados como herramientas en conflictos criminales o como forma de protesta política.

Los incendios intencionados plantean desafíos significativos para la seguridad pública y requieren esfuerzos concertados por parte de las fuerzas del orden y los equipos de extinción de incendios para prevenir y controlar tales incidentes. La identificación de los responsables y el enjuiciamiento de los incendiarios intencionados son elementos clave en la disminución de la incidencia de estos crímenes.

FUEGOS PLANEADOS

Los incendios planeados son aquellos que se originan como resultado de una cuidadosa planificación y preparación, generalmente con un propósito específico en mente. A diferencia de los incendios intencionados, los incendios planeados se llevan a cabo con medidas de seguridad y control cuidadosamente consideradas para minimizar el riesgo para las personas y la propiedad circundante. Estos tipos de incendios suelen tener objetivos específicos, como la gestión de la vegetación, la limpieza de áreas o la promoción de la regeneración de ciertos ecosistemas.

En el ámbito de la gestión de la tierra y los bosques, los incendios planeados, también conocidos como quemas controladas o *prescritas*, son utilizados como una herramienta para reducir la acumulación de material vegetal inflamable y prevenir incendios más destructivos. Estas quemas controladas se llevan a cabo bajo condiciones controladas, generalmente durante períodos climáticos favorables, y son supervisadas por equipos especializados que tienen en cuenta factores como la velocidad y dirección del viento, la humedad y la disposición de la vegetación circundante.

Prescritas: en el contexto de incendios forestales, "quemas prescritas" se refiere a incendios controlados y planificados que se utilizan como una herramienta de gestión para reducir la acumulación de material vegetal inflamable y prevenir incendios más destructivos.

Además de su uso en la gestión de la vegetación y la prevención de incendios, los incendios planeados también pueden ser implementados en la agricultura y la *silvicultura* para promover la regeneración de ciertas especies de plantas y mejorar la productividad del suelo. Al eliminar selectivamente la vegetación no deseada o muerta, estos incendios pueden fomentar el crecimiento de plantas más deseables y mejorar la salud general de un ecosistema determinado.

Silvicultura: ciencia y práctica de cultivar, mantener y gestionar bosques y recursos forestales. La silvicultura implica el manejo cuidadoso de los bosques con el objetivo de garantizar su sostenibilidad y productividad a largo plazo, así como de proteger la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos asociados con los bosques.

Los incendios planeados requieren una cuidadosa planificación y coordinación para garantizar que se logren los objetivos deseados sin poner en peligro la seguridad humana ni causar daños innecesarios al medio ambiente. La implementación de medidas de seguridad y el cumplimiento estricto de las regulaciones pertinentes son fundamentales para garantizar que los incendios planeados se realicen de manera segura y efectiva, minimizando al mismo tiempo los posibles efectos negativos en el entorno.

ACTIVIDAD 3.1

INFOGRAMA SOBRE LOS INCENDIOS

En esta actividad los estudiantes explorarán y organizarán información sobre la clasificación de los incendios y sus respectivos porcentajes de incidencia. A través de la creación de un esquema detallado y un infograma informativo y visualmente atractivo, los alumnos podrán comprender mejor la naturaleza de los incendios y su impacto en diferentes entornos.

PROCEDIMIENTO

Investigación de la clasificación de incendios:

Los estudiantes, si no se les ha impartido la información de los epígrafes “Fuegos Naturales y Antrópicos” y “Fuegos Accidentales y Provocados”, recopilarán información sobre la clasificación de los incendios, centrándose en los diferentes tipos según su origen, comportamiento y características específicas. Se les animará a recopilar ejemplos y descripciones detalladas de cada tipo de incendio para enriquecer su comprensión.

Búsqueda de estadísticas relevantes: Los alumnos realizarán una investigación para determinar el porcentaje de ocurrencia de cada tipo de incendio en diferentes entornos y regiones. Se les pedirá que recopilen datos confiables y actualizados para respaldar su esquema y el diseño del infograma posterior.

Creación de un esquema detallado y un infograma:

Los estudiantes organizarán la información recopilada en un esquema claro y conciso, resaltando los diferentes tipos de incendios y sus características distintivas. Se les alentará a utilizar viñetas, diagramas y subcategorías para facilitar



Figura 16. Especialista en fuego de la BLM (Bureau of Land Management) AFS (Alaska Fire Service), Brita West, en una operación de fuego planeado. [19]

la comprensión y la visualización de la información. Utilizando herramientas digitales de diseño o de forma manual, los estudiantes crearán un infograma visualmente atractivo que muestre la distribución porcentual de los distintos tipos de incendios. Se les animará a utilizar gráficos, colores y símbolos significativos para representar la información de manera clara y efectiva.

DEBATE SOBRE LAS QUEMAS CONTROLADAS

En esta actividad de juego de rol, los estudiantes se dividirán en dos grupos: uno a favor de las quemas controladas y el otro en contra. Se les presentará un escenario ficticio en el que un organismo gubernamental está considerando implementar una legislación más estricta sobre el uso del fuego como herramienta agrícola y forestal. Los alumnos asumirán roles específicos y trabajarán en la elaboración de argumentos convincentes, basados en investigaciones y datos relevantes, para presentar ante un “juez” que tomará decisiones basadas en las exposiciones de ambos grupos. Al final, se llevará a cabo una discusión y se extraerán conclusiones para evaluar los posibles efectos de la legislación propuesta.

PROCEDIMIENTO

Asignación de roles: Los estudiantes se dividirán en dos grupos equitativos: uno que defiende las quemas controladas y otro que se opone a ellas. Se les proporcionará información sobre los puntos de vista de cada grupo y se les alentará a asumir sus roles respectivos de manera auténtica y comprometida.

Investigación y recopilación de argumentos: Cada grupo llevará a cabo una investigación exhaustiva para recopilar argumentos sólidos y basados en evidencia que respalden sus respectivas posturas sobre las quemas controladas. Se les animará a buscar ejemplos de casos reales, estudios científicos y estadísticas relevantes para respaldar sus argumentos.

Preparación de exposiciones: Los grupos trabajarán en la elaboración de presentaciones convincentes que destaquen los aspectos po-

sitivos y negativos de las quemas controladas. Se les pedirá que presenten sus argumentos de manera clara y persuasiva, utilizando recursos visuales y ejemplos concretos para respaldar sus puntos de vista.

Debate y conclusión: Cada grupo presentará sus argumentos ante un “juez” que evaluará las exposiciones en función de la solidez de los argumentos, la claridad de la presentación y la calidad de las investigaciones. Tras las presentaciones, se llevará a cabo una discusión abierta en la que los estudiantes podrán plantear preguntas y desafíos a los argumentos presentados. Finalmente, se extraerán conclusiones sobre los posibles efectos de una legislación más estricta sobre las quemas controladas en el contexto agrícola y forestal.



Figura 17. Reproducción de posteo en X de la Unidad Militar de Emergencias sobre una quema controlada. [20]

EFFECTOS AMBIENTALES DE LOS INCENDIOS

LA BIODIVERSIDAD ANTE EL FUEGO

Los incendios tienen efectos significativos en la biodiversidad y el equilibrio ecológico de los ecosistemas. Aunque ciertos incendios son parte del ciclo natural y pueden ser beneficiosos para la regeneración de ciertas especies, los incendios más intensos y extensos pueden tener impactos devastadores en la biodiversidad. La destrucción de hábitats naturales, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos naturales pueden resultar en la disminución de poblaciones de especies animales y vegetales, lo que puede afectar negativamente la resiliencia y estabilidad de los ecosistemas.

Los incendios pueden alterar la composición y estructura de los ecosistemas, afectando la regeneración natural de la vegetación y la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios ambientales esenciales. La pérdida de vegetación y la degradación del suelo pueden dar lugar a la erosión del suelo y la alteración de los patrones hidrológicos, lo que a su vez puede provocar problemas como la desertificación y la pérdida de suelo fértil.

INCENDIOS FORESTALES Y CONTAMINACIÓN

En cuanto a los efectos de los incendios en la contaminación, los incendios forestales pueden tener consecuencias significativas en la calidad del aire y del agua, así como en la liberación de una variedad de productos químicos y partículas dañinas. Durante un incendio, se liberan grandes cantidades de partículas finas y compuestos orgánicos volátiles, lo que puede tener efectos perjudiciales en la calidad del aire y la salud humana. La exposición a humo y partículas finas puede causar problemas respiratorios y agravar condiciones médicas existentes.

Los incendios pueden contaminar los cuerpos de agua cercanos a través de la *escorrentía* de cenizas y sedimentos, lo que puede afectar la calidad del agua potable y el hábitat acuático. La presencia de productos químicos tóxicos y residuos de combustión en los cuerpos de agua puede tener efectos nocivos en la vida acuática y en los ecosistemas fluviales. La gestión adecuada de los incendios y la implementación de medidas de *mitigación* son fundamentales para reducir el impacto de los incendios en la biodiversidad y la contaminación ambiental.

Escorrentía: proceso por el cual el agua fluye sobre la superficie del suelo, generalmente como resultado de la lluvia u otras formas de precipitación. La escorrentía puede transportar diversos materiales, incluyendo sedimentos, contaminantes y nutrientes, y puede tener un impacto significativo en la erosión del suelo y la calidad del agua.

Mitigación: acción de reducir, contrarrestar o minimizar los efectos negativos de un fenómeno o problema determinado.



Figura 18. Foto de archivo de la UME en un incendio. [21]

ACTIVIDAD 3.2

ESTUDIO DE CASOS (1ª PARTE)

En esta actividad los estudiantes se sumergirán en un estudio detallado de casos de incendios forestales reales. Se les pedirá que recopilen información exhaustiva sobre cada uno de los incendios, utilizando diferentes fuentes, medios de comunicación y redes sociales, con el objetivo de comprender plenamente las causas, la duración y el impacto tanto natural como social de estos desastres. Se alentará a los estudiantes a identificar cualquier conexión personal con los incendios y a considerar cómo podrían haberse evitado o mitigado.

PROCEDIMIENTO

Investigación exhaustiva: Los estudiantes trabajarán en grupos para investigar a fondo los incendios. Se les animará a utilizar una variedad de fuentes para obtener una comprensión completa de los detalles de cada incendio. Se proponen los incendios en Cáceres en 2020, en Sierra Bermeja en 2021, en la Sierra de la Culebra

en 2022 y en Canarias en 2023 por su impacto y relevancia. Si algún alumno propone un caso concreto por ser más familiar para él se verá como algo muy positivo.

Clasificación de las causas: Cada grupo analizará las posibles causas de cada incendio, considerando factores como condiciones climáticas, actividad humana, negligencia, así como otros desencadenantes potenciales. Se les pedirá que presenten un informe detallado que identifique las causas subyacentes de cada incendio y su relación con el entorno circundante.

Evaluación de duración y extensión: Los estudiantes recopilarán datos sobre la duración y la extensión de cada incendio, incluyendo el tiempo que tomó controlarlo y la cantidad de tierra afectada. Se les pedirá que analicen cómo estas variables podrían haber impactado la respuesta de emergencia y la eficacia de las estrategias de contención utilizadas.

Análisis del impacto natural y social: Cada grupo considerará los impactos naturales, como la destrucción de la vida silvestre y el ecosistema, así como los impactos sociales, como el desplazamiento de comunidades y la pérdida de recursos económicos. Se les pedirá que evalúen cómo estos impactos podrían haberse prevenido o reducido con una planificación y preparación adecuadas.

Presentación y discusión: Cada grupo presentará sus hallazgos y conclusiones al resto de la clase, seguido de una discusión abierta sobre los patrones comunes y las lecciones aprendidas de los distintos casos de estudio. Se alentará a los estudiantes a reflexionar sobre la importancia de la prevención y la gestión de incendios forestales en el futuro.

Preguntas guía sugeridas:

- 1** ¿Cuál fue el origen del incendio? Clasifícalo en la tabla que hemos visto en el capítulo.
- 2** ¿Cuál fue su extensión y duración?
- 3** ¿Se clasificó su intensidad en algún tipo de escala?
- 4** ¿Cuales fueron los principales daños ambientales?, ¿que especies (fauna y flora) fueron afectadas? Si no aparece en la noticia puede investigar que especies son endémicas de la zona.
- 5** 5. ¿Afectó a alguna población?, ¿cual era la relación de esas poblaciones con el bosque incendiado; es decir los utilizaban como sitio de recreo, era una atracción turística, explotaban alguno de sus recursos naturales?



Figura 19. Bombero luchando contra las llamas durante el brutal incendio de la Sierra de la Culebra en Zamora. [22]



RESUMEN DEL CAPÍTULO

Los incendios naturales son eventos de combustión que ocurren espontáneamente en entornos no controlados, debido a fenómenos naturales como la actividad volcánica, los rayos y la fricción de rocas, entre otros. Estos incendios, a menudo iniciados por rayos, pueden propagarse rápidamente en áreas con abundante combustible seco, como pastizales y bosques densos, especialmente en regiones propensas a la sequía.

Los incendios antrópicos son aquellos provocados por la actividad humana, ya sea intencional o accidentalmente. Estos incendios pueden surgir de diversas actividades humanas como la quema de desechos agrícolas, fogatas descuidadas, quemas no controladas de pastizales y bosques, entre otros.

Los incendios accidentales se originan sin intención y pueden ocurrir debido a condiciones ambientales favorables o a factores fortuitos, como chispas generadas por equipos eléctricos defectuosos o rayos durante tormentas eléctricas.

Los incendios intencionados son provocados deliberadamente por personas con motivaciones que van desde el vandalismo hasta el fraude de seguros o la expresión de emociones internas. La identificación y el enjuiciamiento de los responsables son esenciales para reducir la incidencia de estos crímenes.

Los incendios planeados se llevan a cabo con medidas de seguridad y control cuidadosamente consideradas para gestionar la vegetación y promover la regeneración del ecosistema, lo que requiere una cuidadosa planificación y coordinación para minimizar el riesgo para las personas y el entorno.

Los incendios representan una amenaza significativa para la salud humana, especialmente para aquellos que viven en áreas cercanas a las zonas afectadas y para la economía de determinadas comunidades, incluyendo la destrucción de propiedades, la interrupción de actividades comerciales y agrícolas, así como la pérdida de bienes personales y recursos naturales.

CAPÍTULO 4

HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE LOS INCENDIOS FORESTALES

- Comprender la importancia de los estudios previos a un incendio para la mejor gestión del mismo.
- Reconocer la relevancia de la recopilación de datos durante el curso del incendio.
- Apreciar la necesidad de estudios posteriores al incendio para mejorar la recuperación del ecosistema.
- Desarrollar habilidades a comprensión integral de los incendios forestales en todas sus fases.

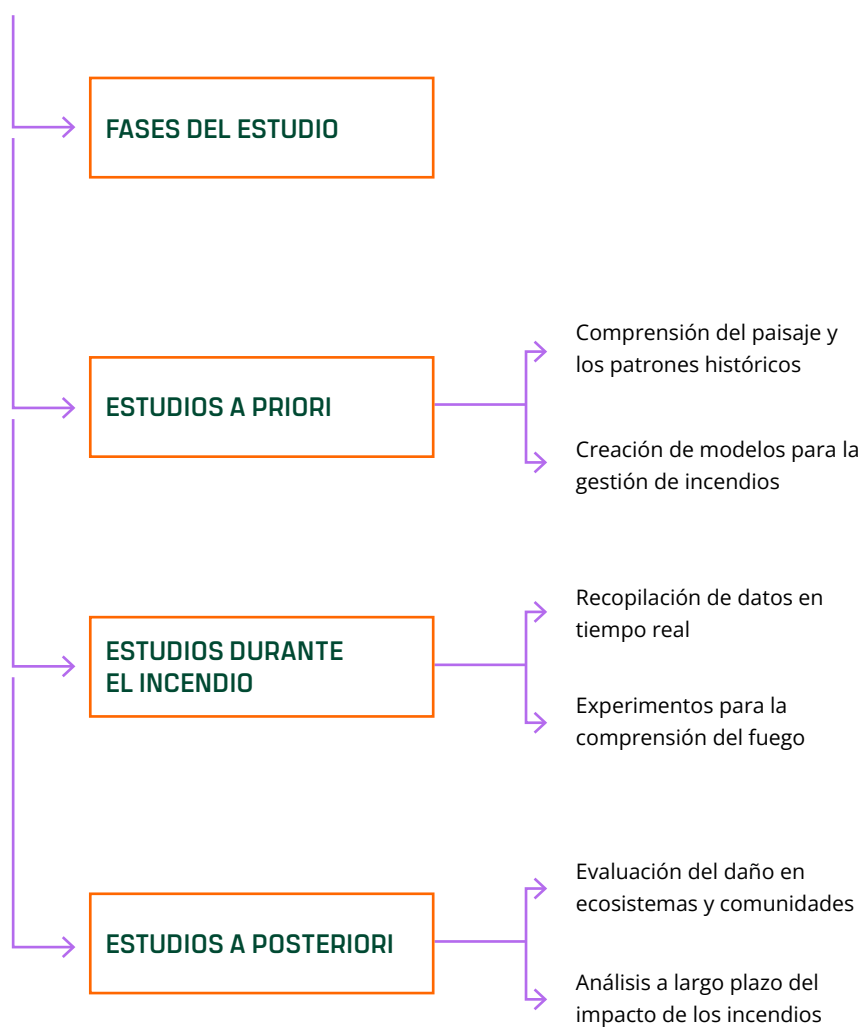


Figura 20. Monitores de incendios forestales de la Universidad de California en San Diego mostrando un incendio en Topanga Canyon en Los Ángeles. [23]



ESQUEMA

Herramientas y Procedimientos en el estudio de los incendios forestales





FASES DEL ESTUDIO

En el estudio de los incendios forestales, es esencial comprender las distintas fases que nos permiten desentrañar su complejidad. Estas etapas son como piezas de un rompecabezas, y al encajarlas adecuadamente, obtenemos un panorama completo de lo ocurrido y cómo prevenirlo en el futuro.

La primera fase, la identificación y documentación, implica recopilar minuciosamente todos los datos relevantes: dónde y cuándo empezó el incendio, las condiciones climáticas y la *topografía*. Estos detalles son como pistas iniciales en una investigación detectivesca.

Luego, el análisis de la causa busca determinar por qué se desató el fuego. ¿Fue por causas naturales, como rayos, o humanas, como negligencia? Aquí, entrevistas, evidencias físicas y registros son como las pruebas presentadas en un tribunal.

La tercera fase, la evaluación del comportamiento del fuego, implica entender cómo se movió el incendio: su velocidad, intensidad y patrones. Esto se logra mediante herramientas sofisticadas como modelos de computadora y análisis de imágenes satelitales, que revelan patrones ocultos.

Otra fase es la evaluación de los impactos. Un incendio tiene consecuencias ambientales y sociales sustanciales: la pérdida de vegetación, cambios en los ciclos naturales y alteraciones en el aire y el agua. Aquí, las evaluaciones a largo plazo y los estudios detallados son nuestra brújula.

Finalmente, la recopilación de lecciones aprendidas cierra el ciclo. Esta fase no solo mira atrás, sino hacia adelante: ¿cómo podemos mejorar la prevención y gestión? Estos aprendizajes son como un manual de instrucciones para evitar futuros desastres.

Topografía: La representación detallada y precisa de la forma tridimensional de la superficie terrestre, incluyendo sus características naturales y artificiales, como montañas, valles, cuerpos de agua y otros elementos.

ESTUDIOS A PRIORI

COMPRENSIÓN DEL PAISAJE Y LOS PATRONES HISTÓRICOS

Antes de que ocurra un incendio, es crucial llevar a cabo una serie de estudios previos y recopilación de datos para comprender mejor la ecología y los patrones históricos del paisaje. La recopilación de datos históricos relacionados con los incendios anteriores en la región puede proporcionar una visión significativa de los patrones de propagación del fuego, las áreas más propensas a los incendios y las condiciones ambientales que pueden haber contribuido a incendios anteriores. Esto incluye analizar la frecuencia de los incendios, la intensidad de los mismos y los factores desencadenantes asociados.

Un análisis previo detallado del paisaje y la topografía es esencial para evaluar la vulnerabilidad de un área específica a los incendios. Estos estudios pueden incluir la identificación de áreas con mayor acumulación de materiales vegetales secos, la evaluación de la densidad y distribución de la vegetación, y la comprensión de los patrones climáticos locales y su impacto en la sequedad del paisaje. Además, se consideran factores como la topografía del terreno y la accesibilidad a fin de comprender la posible velocidad y dirección de la propagación del fuego en caso de un incendio.

La combinación de datos históricos y el análisis exhaustivo del paisaje pueden proporcionar una base sólida para la formulación de estrategias de prevención y gestión de incendios efectivas. Estos estudios pueden permitir a los equipos de gestión de incendios priorizar áreas de alto riesgo, implementar medidas preventivas adecuadas y desarrollar planes de acción en caso de emergencia. Asimismo, estos análisis pueden ayudar a informar a las comunidades locales y a las autoridades sobre la importancia de prácticas de manejo del paisaje y la prevención de incendios para reducir el riesgo de incendios devastadores.

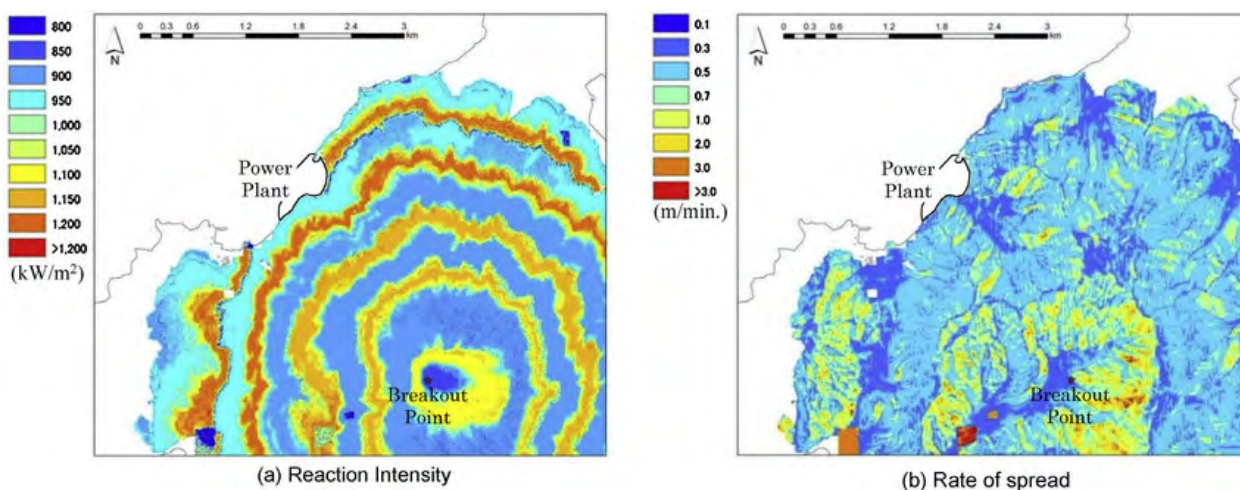
CREACIÓN DE MODELOS PARA LA GESTIÓN DE INCENDIOS

Antes de un incendio, se pueden realizar estudios exhaustivos para recopilar datos que permitan la creación de modelos matemáticos e informáticos precisos. Estos modelos son fundamentales para predecir y simular la propagación potencial del fuego, lo que ayuda en la planificación y preparación adecuada para la gestión de incendios. La recopilación de datos puede incluir información detallada sobre la topografía del terreno, la densidad y la composición de la vegetación, las condiciones climáticas históricas y actuales, así como la infraestructura y la distribución de poblaciones cercanas. Mediante el uso de tecnologías avanzadas, como sistemas de información geográfica (SIG) y datos satelitales, se pueden recopilar y analizar datos *geoespaciales* precisos para crear modelos predictivos sofisticados.

Estos modelos matemáticos e informáticos pueden simular escenarios potenciales de propagación de incendios en función de diversos factores, como la velocidad y dirección del viento, la humedad del suelo, la temperatura y la inflamabilidad de la vegetación circundante. La integración de estos datos en modelos computarizados sofisticados permite a los expertos en gestión de incendios prever la posible trayectoria del fuego y evaluar los posibles impactos en áreas vulnerables. Además, estos modelos pueden ayudar a identificar zonas de alto riesgo y desarrollar estrategias efectivas de prevención y control de incendios, lo que contribuye a una toma de decisiones informada y una respuesta oportuna ante posibles emergencias.

Geoespaciales: relacionado con la recopilación, análisis y presentación de datos que están asociados con un lugar o ubicación específica. Incluye información geográfica y datos espaciales que pueden representarse en forma de mapas, imágenes de satélite y coordenadas.

Figura 21. Simulación de propagación de fuego. [24]



ESTUDIOS DURANTE EL INCENDIO

RECOPILACIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL

Durante un incendio, se llevan a cabo estudios cruciales para comprender y gestionar eficazmente la situación. Estos estudios se centran en la recopilación de datos en tiempo real y la evaluación de condiciones cambiantes. Los equipos de respuesta a incendios y los especialistas en gestión de desastres trabajan en conjunto para llevar a cabo investigaciones detalladas mientras luchan contra las llamas.

Uno de los estudios fundamentales realizados durante un incendio es la recopilación de datos meteorológicos. Esto implica medir la velocidad y la dirección del viento, la humedad relativa del aire y la temperatura. Estos datos ayudan a predecir la propagación del incendio y a evaluar el riesgo para las áreas circundantes. Además, se realizan mediciones de la calidad del aire para evaluar los peligros asociados con el humo y las partículas finas liberadas por el incendio.

Otro enfoque clave es la monitorización de la propagación del incendio. Los especialistas utilizan tecnología avanzada, como sistemas de mapeo por satélite y drones equipados con cámaras infrarrojas, para rastrear la expansión del fuego y evaluar su intensidad. Estos datos en tiempo real permiten a los equipos de extinción tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos y la evacuación de áreas en peligro.

También se llevan a cabo estudios sobre la dinámica del fuego. Esto incluye la observación de patrones de comportamiento del incendio, como la velocidad de avance y la formación de frentes de llama. Los datos recopilados durante el incendio se utilizan para refinar modelos matemáticos que ayudan a prever el comportamiento futuro del fuego. Estos estudios permiten una gestión más precisa de los recursos y una respuesta más eficaz.

EXPERIMENTOS PARA LA COMPRENSIÓN DEL FUEGO

Durante un incendio, llevar a cabo experimentos controlados y observaciones directas puede proporcionar información científica valiosa sobre el comportamiento del fuego y sus efectos en el entorno. Uno de los experimentos comunes implica la medición de la temperatura y la velocidad del viento en diferentes etapas y zonas del incendio para comprender mejor la dinámica del fuego y su propagación. Además, los científicos pueden evaluar la composición química y la cantidad de partículas y gases liberados durante el incendio para comprender sus impactos en la calidad del aire y la salud humana.

Los experimentos realizados durante un incendio son esenciales para ampliar nuestra comprensión de los factores que afectan la severidad y la propagación del fuego. Esta información ayuda a mejorar las estrategias de prevención y control de incendios, así como a desarrollar técnicas más efectivas para proteger la vida humana, la propiedad y el medio ambiente.

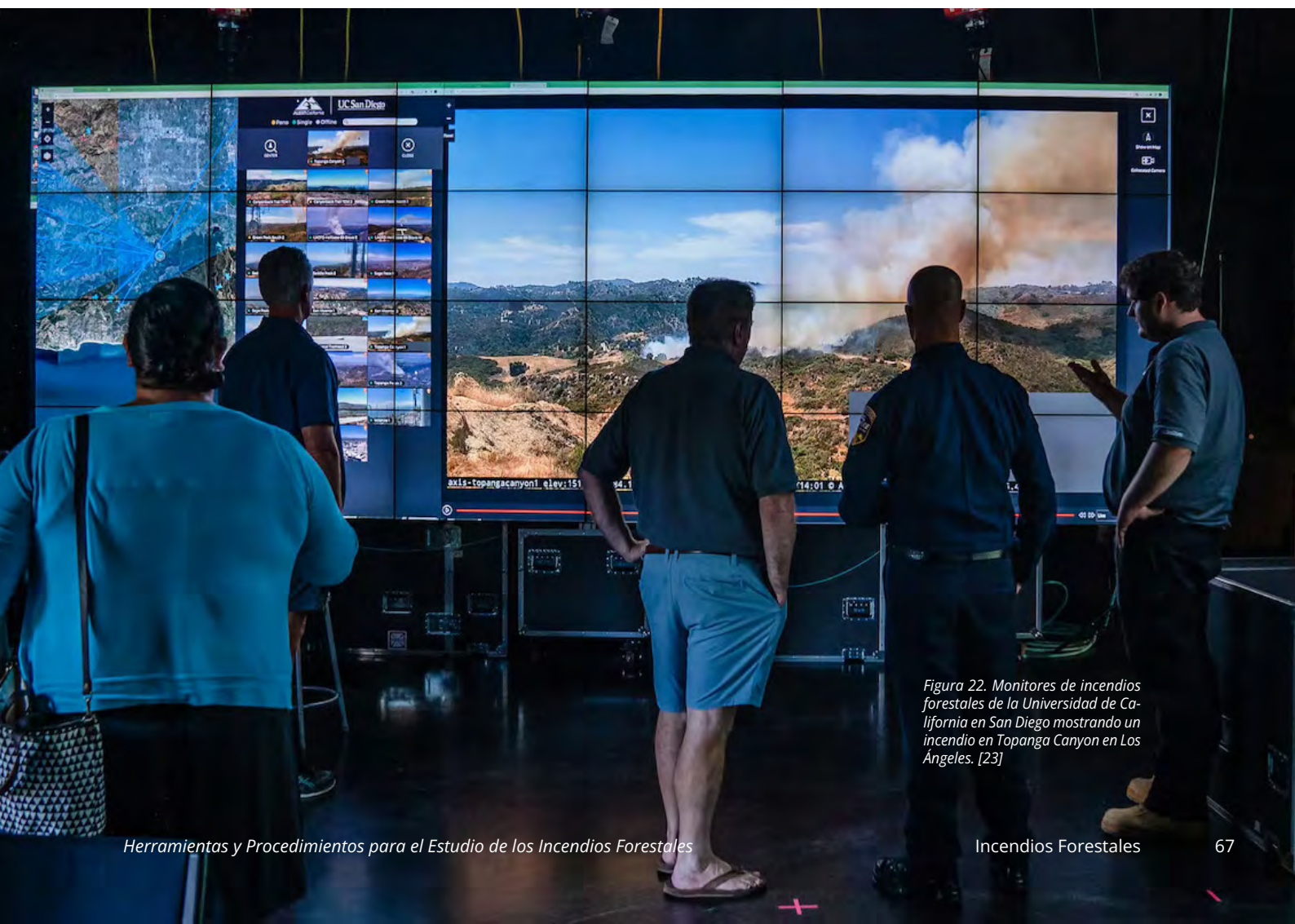


Figura 22. Monitores de incendios forestales de la Universidad de California en San Diego mostrando un incendio en Topanga Canyon en Los Ángeles. [23]

ACTIVIDAD 4.1

HERRAMIENTAS EN LA TOMA DE DATOS: DRONES Y ESTACIONES METEOROLÓGICAS

En esta actividad los estudiantes tendrán la oportunidad de comprender la importancia de la recopilación de datos ambientales utilizando drones y estaciones meteorológicas. A través de la experimentación práctica, los estudiantes aprenderán cómo estas tecnologías pueden proporcionar información crucial sobre el clima, la calidad del aire y otros factores ambientales. Se les animará a analizar y comparar los datos recopilados para obtener una comprensión más profunda de la interacción entre el medio ambiente y los fenómenos meteorológicos.

PROCEDIMIENTO

Introducción a las estaciones meteorológicas: El profesor presentará a los estudiantes diferentes tipos de estaciones meteorológicas y explicará su importancia en la recopilación de datos cruciales para la predicción de incendios forestales. Se resaltarán la relevancia de factores como la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, así como las precipitaciones, en la evaluación del riesgo de incendios.

Introducción a los drones y su uso en la detección de incendios: El profesor presentará a los estudiantes los conceptos básicos de los drones y explicará cómo se utilizan en la detección y monitoreo de incendios forestales. Se resaltarán las capacidades de los drones para obtener imágenes de alta resolución y datos geoespaciales que son fundamentales para la evaluación de la situación y la toma de decisiones en la gestión de incendios.

Configuración de una estación meteorológica en el aula: Los estudiantes trabajarán en grupos

para configurar una pequeña estación meteorológica en el aula, utilizando instrumentos básicos como termómetros, higrómetros y anemómetros. Se les pedirá que tomen medidas regulares y registren los datos durante un período de tiempo determinado.

Operación y control de drones: Los estudiantes recibirán una sesión práctica sobre cómo operar y controlar un dron. Se les enseñará cómo maniobrar el dron para obtener vistas amplias de las áreas afectadas por incendios y cómo ajustar la altitud y la orientación para capturar imágenes detalladas y datos relevantes.

Análisis de los datos recopilados: Después de recopilar datos durante un período específico, los estudiantes analizarán los patrones y tendencias observados en los datos meteorológicos registrados, además de las imágenes tomadas por los drones. Posteriormente las podrán comparar con datos oficiales como imágenes de satélite (Google Earth Engine o Copernicus) y con estaciones meteorológicas gubernamentales cercanas a la zona (AEMET).

Simulación de escenarios de riesgo: Tras familiarizarse con el uso de herramientas típicas en la lucha contra incendios pueden desarrollar un trabajo comparativo de los datos extraídos de distintas herramientas para una zona que haya sufrido un incendio. Se compararán los datos de antes, durante y después del incendio. Deberán analizar cómo la topografía del terreno y las condiciones meteorológicas, como la velocidad del viento, la humedad y la temperatura afectan la propagación y el comportamiento de los incendios.

ESTUDIOS A POSTERIORI

EVALUACIÓN DEL DAÑO EN ECOSISTEMAS Y COMUNIDADES

La evaluación del daño posterior a un incendio implica la recopilación detallada de datos y la realización de análisis exhaustivos para determinar el alcance de la destrucción y los posibles caminos de recuperación. Durante este proceso, los investigadores examinan minuciosamente los efectos sobre la biodiversidad, la calidad del suelo, la *hidrología* y los recursos naturales, entre otros aspectos ambientales.

Los estudios a posteriori también se centran en evaluar los impactos sociales y económicos del incendio. Esto implica examinar la magnitud de la pérdida de propiedades, infraestructuras y medios de vida, así como entender las implicaciones a largo plazo en la salud y el bienestar de las comunidades afectadas. Además, se realizan evaluaciones detalladas de los costos económicos directos e indirectos asociados con el incendio, incluyendo la interrupción de actividades comerciales, la restauración de la infraestructura y los esfuerzos de recuperación comunitaria.

Estos estudios a posteriori también proporcionan información valiosa para el desarrollo de estrategias de gestión y prevención de incendios futuros. Al comprender mejor los patrones y las causas del daño, las autoridades pueden implementar medidas preventivas más efectivas, como la planificación de zonas de protección contra incendios, la promoción de prácticas de gestión forestal sostenible y la sensibilización pública sobre la prevención de incendios. Asimismo, estos estudios sirven como base para la implementación de políticas de restauración y rehabilitación que fomenten la recuperación de los ecosistemas afectados y la reconstrucción de las comunidades locales.

Hidrología: el estudio científico del movimiento, la distribución y la calidad del agua en la Tierra, incluidos los procesos relacionados con las precipitaciones, el escurrimiento, la evaporación, la transpiración y el almacenamiento del agua en todas sus formas.

ANÁLISIS A LARGO PLAZO DEL IMPACTO DE LOS INCENDIOS

Los estudios a posteriori de incendios son fundamentales para comprender plenamente los efectos a largo plazo en los ecosistemas y las comunidades afectadas. Estos análisis exhaustivos abarcan aspectos diversos, desde la evaluación de la regeneración natural de la vegetación hasta la vigilancia de la biodiversidad y los cambios en la dinámica de los ecosistemas. A lo largo de los años, los científicos han realizado investigaciones detalladas para comprender cómo los incendios afectan la composición y la estructura de los paisajes, así como para evaluar la *resiliencia* de los ecosistemas a largo plazo. Los estudios a largo plazo también examinan cómo las comunidades se adaptan y se recuperan después de un incendio, analizando los cambios en la utilización de la tierra, la salud del suelo y la biodiversidad local. Estos análisis son esenciales para informar estrategias de gestión forestal sostenible y prácticas de prevención de incendios más efectivas, así como para proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la planificación de la conservación y restauración de los ecosistemas afectados.

Resiliencia: La capacidad de un sistema, comunidad o individuo para recuperarse y adaptarse frente a situaciones adversas, cambios repentinos o crisis.

Figura 23. Un piloto preparándose para volar el dron para una misión de mapeo en un incendio. [25]



ACTIVIDAD 4.2

ESTUDIO DE CASOS (2ª PARTE)

Los estudiantes se sumergirán en un estudio detallado de cuatro incendios forestales. Los alumnos recopilarán información de diversas fuentes, incluidos datos de satélites y sitios web meteorológicos, para comparar las condiciones antes y después de los incendios. Posteriormente, utilizarán un simulador para verificar si el comportamiento de la simulación refleja con precisión los eventos de los incendios reales.

PROCEDIMIENTO

Recopilación de datos e información: Los estudiantes deberán buscar y recopilar información detallada sobre las condiciones meteorológicas, la topografía y la vegetación antes, durante y después de los incendios forestales en las áreas de Cáceres (2020), Sierra Bermeja (2021), Sierra de la Culebra (2022) y Canarias (2023). Deben utilizar una variedad de fuentes, como datos satelitales y informes meteorológicos, para obtener una comprensión completa de los diferentes contextos de los incendios. En el caso de las imágenes satelitales recomendamos el uso del [satélite europeo Copernicus](#) ya que proporciona información por fecha y permite ver diferentes filtros de información, como los datos sobre el estado de la vegetación (capa NDMI). Para la información meteorológica recomendamos la web de [AEMET](#) por su gran cantidad de información.

Análisis comparativo: Los estudiantes compararán y analizarán críticamente las condiciones preexistentes y posteriores al incendio en cada una de las ubicaciones mencionadas. Deberán identificar similitudes y diferencias significativas en términos de factores ambientales, caracte-

rísticas geográficas y otros elementos relevantes que puedan haber influido en la propagación y la gravedad de los incendios.

Simulación y comparación: Utilizando un simulador de incendios forestales, los estudiantes introducirán los datos recopilados de los incendios reales y observarán cómo se comporta la simulación en comparación con los eventos reales. Deberán identificar y explicar cualquier desviación o similitud entre los resultados de la simulación y los incendios reales, destacando posibles áreas de mejora o discrepancia en la simulación. Un simulador útil que permite introducir diferentes variables del incendio y contempla la topografía y condiciones de la vegetación es el que proporciona libremente la [Universidad de Córcega](#).

Informe y conclusiones: Cada grupo preparará un informe detallado que documente los hallazgos del análisis comparativo y la simulación. Se espera que los estudiantes presenten conclusiones fundamentadas sobre la efectividad de la simulación y cómo podría mejorarse para reflejar con mayor precisión la realidad de los incendios forestales. Además, se les pedirá que propongan recomendaciones basadas en sus observaciones y análisis.



RESUMEN DEL CAPÍTULO

Antes de que ocurra un incendio, es esencial realizar estudios previos y recopilar datos históricos para comprender los patrones de incendios en la región y la creación de modelos matemáticos e informáticos a partir de estos datos facilita la simulación de la propagación del fuego, considerando factores como el viento, la humedad del suelo y la inflamabilidad de la vegetación.

Durante un incendio, se llevan a cabo estudios cruciales para comprender y gestionar eficazmente la situación. Estos estudios se centran en la recopilación de datos en tiempo real y la evaluación de condiciones cambiantes. Los equipos de respuesta a incendios y los especialistas en gestión de desastres trabajan en conjunto para llevar a cabo investigaciones detalladas mientras luchan contra las llamas.

Los experimentos controlados y las observaciones directas durante un incendio proporcionan información valiosa sobre el comportamiento del fuego y sus efectos en el entorno, lo que ayuda a mejorar las estrategias de prevención y control de incendios.

La evaluación del daño posterior a un incendio implica la recopilación detallada de datos y la realización de análisis exhaustivos para determinar el alcance de la destrucción y los posibles caminos de recuperación.

Los análisis a largo plazo del impacto de los incendios abarcan aspectos diversos, desde la evaluación de la regeneración natural de la vegetación hasta la vigilancia de la biodiversidad y los cambios en la dinámica de los ecosistemas, informando así estrategias de gestión forestal sostenible y prácticas de prevención de incendios más efectivas.

CAPÍTULO 5

INCERTIDUMBRE, PREDICCIÓN Y CAOS

- Comprender los conceptos de sistema complejo y caos dentro del ámbito científico.
- Valorar el papel de la incertidumbre en el avance y la visión social de la ciencia.
- Analizar de manera crítica la capacidad predictiva de la ciencia.

Figura 24. Marlene Nogueira, piloto de helicóptero contra incendios. [26]





ESQUEMA

Incertidumbre, predicción y caos

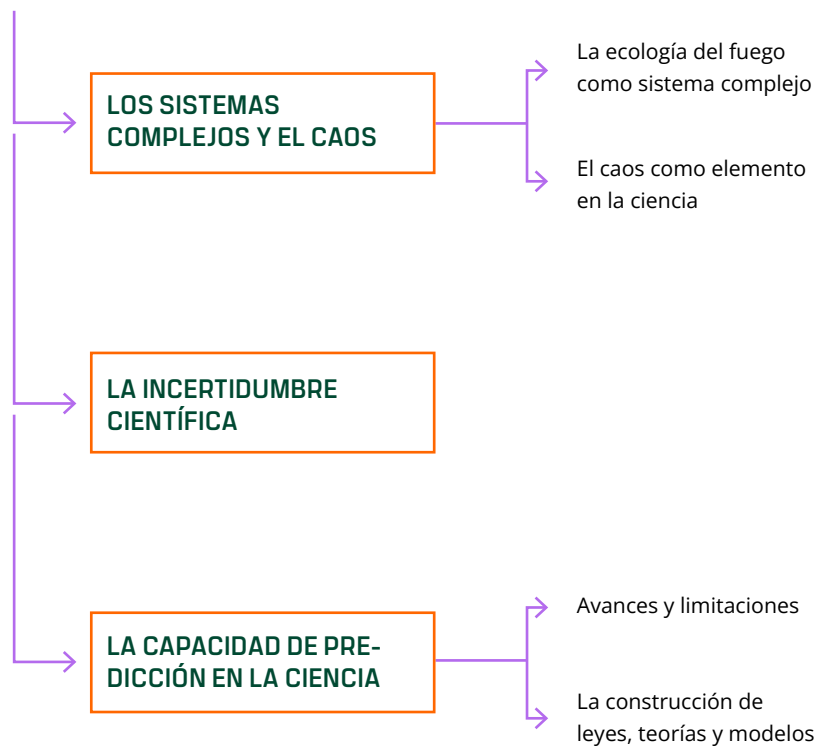




Figura 25. Incendio en Shirley por la noche en Old State Rd (California), mientras un helicóptero vuela en círculos sobre él. [27]

ACTIVIDAD 5.1

DEBATE: CONCEPCIONES PREVIAS SOBRE INCERTIDUMBRE Y PREDICCIÓN CIENTÍFICA

Los estudiantes participarán en un debate en forma de mesa redonda para reflexionar sobre conceptos clave relacionados con la ciencia, la incertidumbre y la predicción de eventos naturales. Se les proporcionarán una serie de preguntas guía para fomentar un debate reflexivo y crítico sobre la naturaleza de la ciencia y sus limitaciones en la predicción de fenómenos.

PROCEDIMIENTO

Introducción al tema: El profesor introducirá el tema y proporcionará una breve explicación sobre los conceptos de ciencia, incertidumbre y predicción en el contexto científico. Se animará a los estudiantes a reflexionar sobre su propia comprensión de estos términos antes de iniciar el debate.

Debate de mesa redonda: Los estudiantes se dividirán en grupos y se asignarán preguntas específicas para debatir. Se les alentará a expresar sus opiniones y a respaldar sus argumentos con

ejemplos concretos y casos relevantes. El debate se estructurará en torno a las preguntas proporcionadas, fomentando la participación equitativa y el intercambio de ideas entre los grupos.

Preguntas guía sugeridas:

- 1** ¿Qué entiendes por “ciencia”? ¿Crees que la ciencia puede predecir todo lo que sucede en el mundo? ¿Por qué sí o por qué no?
- 2** ¿Alguna vez has oído hablar de la incertidumbre en el contexto científico? ¿Qué crees que significa? ¿Crees que la incertidumbre puede afectar la credibilidad de los resultados científicos? ¿Por qué?
- 3** ¿Piensas que los científicos siempre pueden predecir con precisión los resultados de un experimento o un fenómeno natural? ¿Qué ejemplos conoces en los que la predicción científica no fue del todo precisa? ¿Cómo crees que se maneja la ciencia frente a tales situaciones?

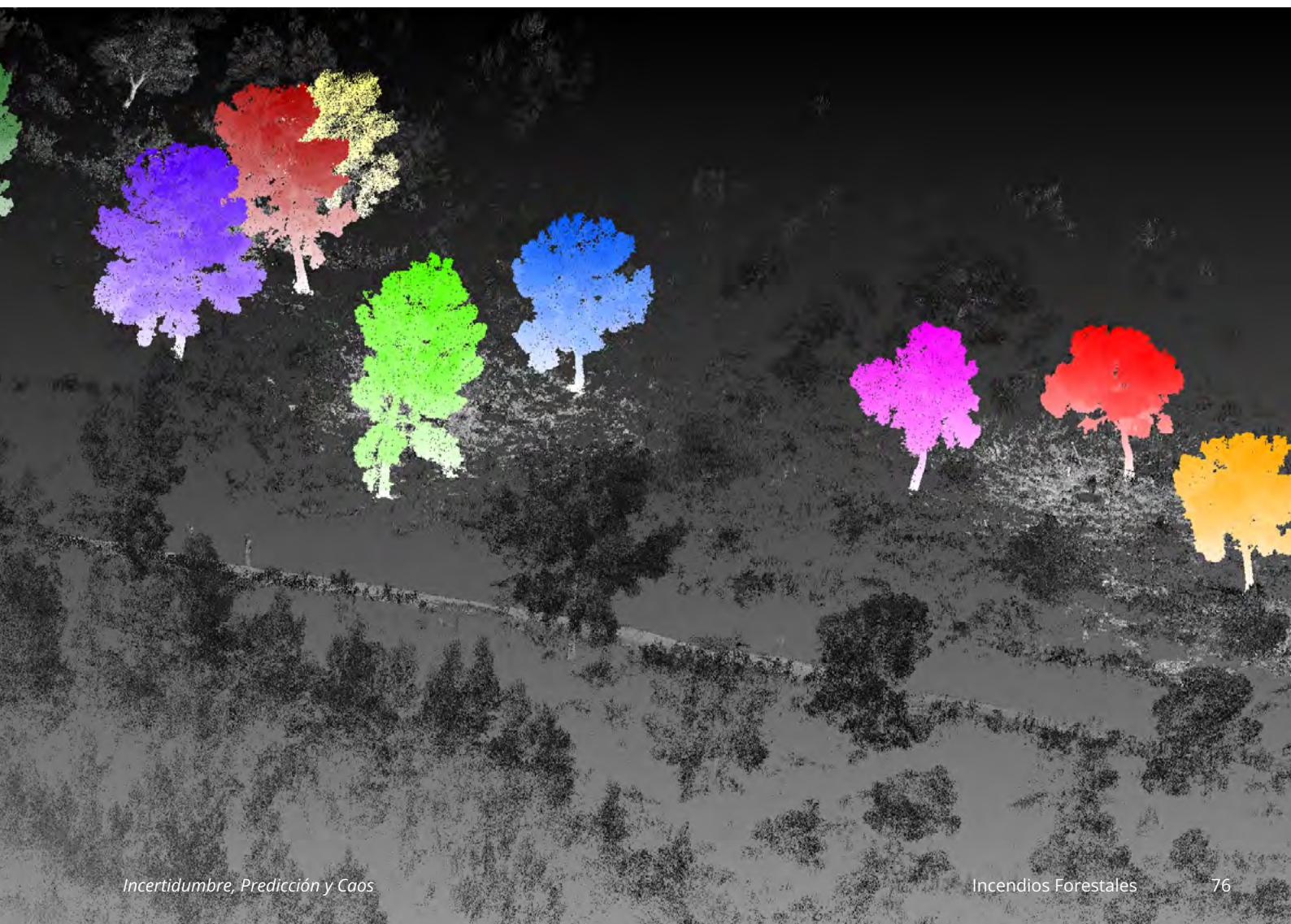
4 ¿Has escuchado alguna vez acerca del caos en el contexto científico? ¿Cómo crees que se relaciona con la capacidad de predecir eventos futuros? ¿Puedes proporcionar ejemplos de sistemas caóticos en la naturaleza?

5 ¿Crees que la incertidumbre en la ciencia es algo negativo o positivo? ¿Por qué? ¿De qué manera la incertidumbre puede influir en la forma en que vemos y confiamos en la ciencia?

6 ¿Cómo crees que los científicos utilizan modelos y teorías para predecir eventos naturales? ¿Qué papel desempeñan los modelos en la comprensión de la ciencia? ¿Puedes dar ejemplos de modelos utilizados en diferentes disciplinas científicas?

Resumen y conclusiones: Al final del debate, se llevará a cabo una sesión de resumen y conclusiones en la que los estudiantes compartirán los puntos clave discutidos en la mesa redonda. Se les pedirá que reflexionen sobre los argumentos presentados por ambos lados y que lleguen a conclusiones informadas y equilibradas sobre la naturaleza de la incertidumbre y la predicción en la ciencia.

Figura 26. Resultado del curso "Nuevas técnicas de teledetección para cartografía de estructura forestal en 3D y modelización de incendios" por la UPV. [28]



LOS SISTEMAS COMPLEJOS Y EL CAOS

LA ECOLOGÍA DEL FUEGO COMO SISTEMA COMPLEJO

Los sistemas complejos juegan un papel fundamental en la ciencia contemporánea, representando entidades interconectadas y dinámicas cuyo comportamiento global surge de la interacción de múltiples componentes individuales. Un ejemplo elocuente de un sistema complejo es la ecología del fuego, que abarca una red intrincada de variables interrelacionadas que incluyen la densidad y la composición de la vegetación, las condiciones climáticas locales, la topografía del terreno y la presencia de agentes ignífugos naturales.

Para comprender cabalmente la ecología del fuego y sus impactos, los científicos deben analizar en conjunto una variedad de factores. La propagación de un incendio forestal, por ejemplo, está influenciada no solo por la disponibilidad de material combustible, sino también por la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa del aire y la temperatura. Además, la interacción compleja entre la vegetación, la fauna y los ciclos naturales del ecosistema influye en la capacidad de recuperación del paisaje después de un incendio. No se pueden estudiar un sistema complejo como el que se presenta si solo se tienen en cuenta sus variables aisladas: se deben tener en cuenta también las relaciones entre las variables.

La comprensión de la ecología del fuego como un sistema complejo requiere un enfoque *holístico* e interdisciplinario, que integre conocimientos de biología, meteorología, ecología y ciencias ambientales. Al abordar la ecología del fuego desde esta perspectiva, los científicos pueden elaborar modelos predictivos más precisos y estrategias de gestión más efectivas. Además, este enfoque fomenta una comprensión más profunda de las interacciones ecológicas y promueve la adopción de medidas de prevención y mitigación que consideren la complejidad inherente del sistema. Mediante el estudio de sistemas complejos como la ecología del fuego, la ciencia avanza hacia una comprensión más integral y matizada de los fenómenos naturales, lo que a su vez facilita el desarrollo de estrategias de gestión más informadas y sostenibles.

Holístico: enfoque que considera un sistema o fenómeno en su totalidad, en lugar de analizarlo por partes individuales.

EL CAOS COMO ELEMENTO EN LA CIENCIA

El caos en ciencia se refiere a la presencia de sistemas dinámicos altamente sensibles a las condiciones iniciales, lo que resulta en un comportamiento impredecible a largo plazo. Los regímenes caóticos representan un estado en el que los sistemas complejos exhiben patrones aparentemente aleatorios pero que aún siguen ciertas reglas subyacentes. Un ejemplo convincente de este fenómeno en la ciencia es la ecología del fuego, donde las interacciones complejas entre el clima, la vegetación, los patrones de propagación y los factores humanos pueden dar lugar a resultados impredecibles y caóticos.

La ecología del fuego, como sistema caótico, ilustra cómo pequeños cambios en los factores iniciales pueden conducir a resultados drásticamente diferentes. Los incendios forestales, por ejemplo, pueden manifestarse en patrones imprevistos de propagación y comportamiento, influenciados por condiciones climáticas cambiantes, la estructura de la vegetación y las interacciones complejas entre los elementos del ecosistema. La presencia de factores aleatorios, como ráfagas de viento inesperadas o cambios repentinos en la humedad, puede desencadenar eventos caóticos, lo que resulta en una variabilidad significativa en la intensidad y el alcance de los incendios.

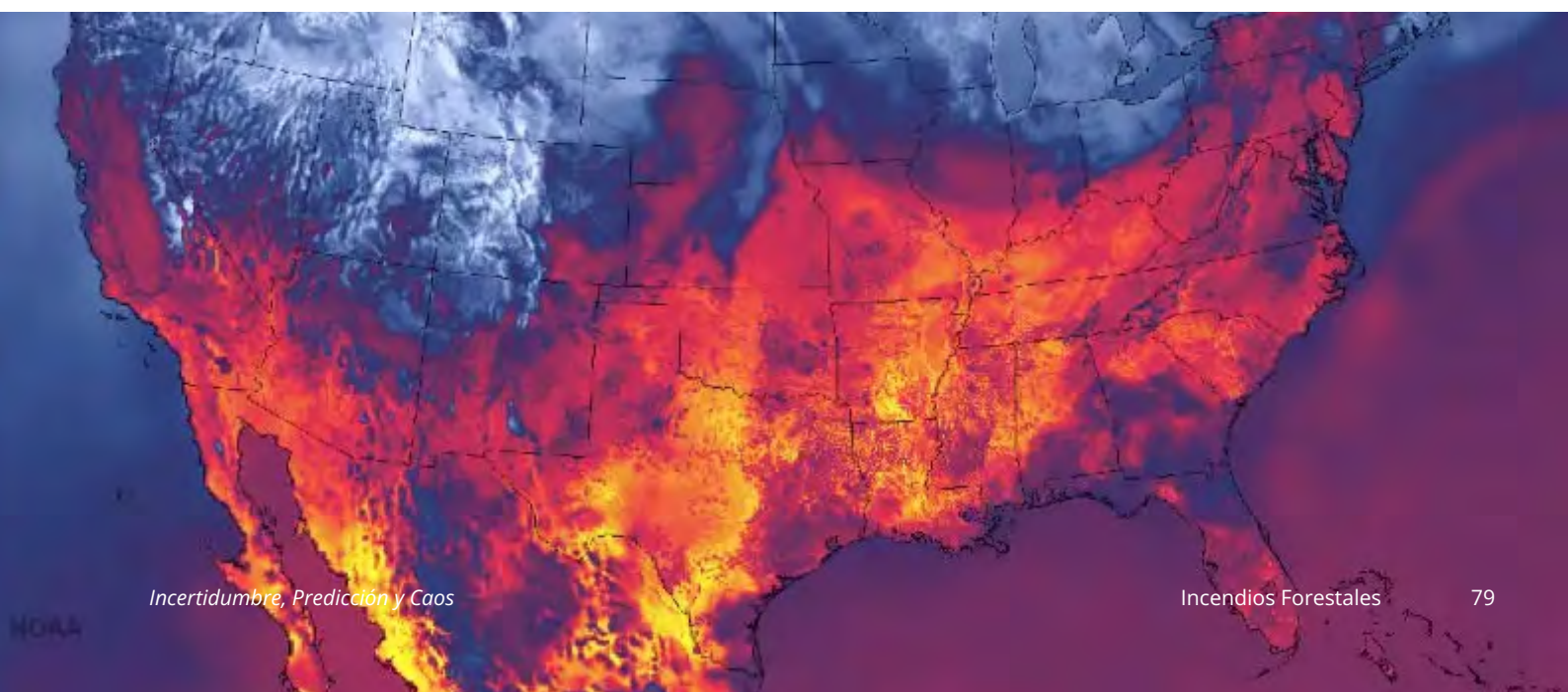
La comprensión del caos en la ecología del fuego implica el reconocimiento de la naturaleza interconectada de las variables involucradas y la apreciación de la sensibilidad del sistema a cambios sutiles. Esto destaca la necesidad de enfoques científicos que integren la modelización matemática y los análisis de datos para capturar la complejidad inherente. La investigación en este campo implica la consideración de una variedad de factores, desde la meteorología y la ecología de la vegetación hasta la geografía y el comportamiento humano, con el objetivo de comprender y predecir los patrones caóticos de los incendios forestales. A pesar de su naturaleza impredecible, la comprensión del caos en la ecología del fuego es crucial para desarrollar estrategias de gestión de incendios más efectivas y fomentar la resiliencia de los ecosistemas en entornos propensos al fuego.

LA INCERTIDUMBRE CIENTÍFICA

La incertidumbre en la ciencia desempeña un papel fundamental en la búsqueda del conocimiento y la comprensión del mundo que nos rodea. A menudo, la ciencia se enfrenta a límites en la comprensión completa de fenómenos complejos, lo que da lugar a un reconocimiento de la incertidumbre inherente en los procesos naturales y en la investigación científica en sí misma. En lugar de ser una limitación, la incertidumbre impulsa a los científicos a cuestionar las suposiciones establecidas y a buscar respuestas más profundas y completas. Fomenta la exploración de nuevas teorías, enfoques y metodologías que pueden ayudar a abordar las lagunas en el conocimiento actual y a ampliar los límites del entendimiento humano.

Sin embargo, la presencia de la incertidumbre puede afectar la percepción general de la ciencia en la sociedad. La incapacidad para proporcionar respuestas definitivas y la presencia de resultados ambiguos pueden crear una sensación de escepticismo o desconfianza hacia la comunidad científica. La falta de certeza absoluta en determinados hallazgos científicos a menudo es malinterpretada como una señal de debilidad o inexactitud, lo que puede socavar la confianza pública en la credibilidad de la ciencia. Esto destaca la importancia de una comunicación clara y transparente por parte de los científicos, donde se reconozca la presencia de la incertidumbre y se expliquen los límites actuales del conocimiento científico. Al reconocer la incertidumbre como una característica inherente en el proceso científico, se promueve una comprensión más profunda y realista de la naturaleza de la ciencia y se fomenta una apreciación más matizada de sus logros y limitaciones.

Figura 27. Mapa de fuego y hielo de Estados Unidos. [29]



LA PREDICCIÓN EN CIENCIA

AVANCES Y LIMITACIONES

La capacidad de predicción de la ciencia ha sido un factor crucial en el avance de la comprensión humana del mundo que nos rodea. A través de la recopilación y el análisis de datos, así como del desarrollo de teorías y modelos, la ciencia ha logrado prever eventos y fenómenos con una notable precisión en muchas áreas, desde la física y la química hasta la biología y la economía. La capacidad de prever fenómenos naturales y eventos futuros ha permitido a la humanidad tomar medidas preventivas y desarrollar estrategias de mitigación en diversas áreas, desde la planificación urbana y la gestión de desastres hasta la toma de decisiones empresariales y políticas.

Sin embargo, es fundamental reconocer que la capacidad de predicción de la ciencia tiene sus límites inherentes. A menudo, la complejidad de los sistemas naturales y sociales hace que la predicción sea un desafío continuo. Factores imprevistos, interacciones no lineales y la presencia de variables desconocidas pueden dificultar la predicción precisa de ciertos eventos. Además, la incertidumbre en las mediciones y la limitación de los modelos matemáticos también pueden obstaculizar la capacidad de la ciencia para prever con precisión el comportamiento futuro de un sistema.

La comprensión de las limitaciones de la capacidad de predicción en la ciencia ha llevado a un enfoque más realista y matizado en la interpretación de resultados científicos. Se reconoce cada vez más la importancia de comunicar la incertidumbre asociada con las predicciones científicas, lo que ayuda a los responsables de la toma de decisiones y al público en general a comprender mejor los riesgos y las posibles implicaciones de las acciones basadas en tales predicciones. Además, esta conciencia de las limitaciones de la predicción científica ha llevado al desarrollo de enfoques más adaptables y flexibles en la formulación de políticas y estrategias, reconociendo la necesidad de considerar escenarios alternativos y prepararse para posibles resultados no deseados.

LA CONSTRUCCIÓN DE LEYES, TEORÍAS Y MODELOS

La creación de leyes, teorías y modelos desempeña un papel fundamental en la capacidad de predicción de la ciencia. Las leyes científicas son descripciones fundamentales y generalizadas de fenómenos naturales que se han comprobado de manera rigurosa a través de la observación y la experimentación. Estas leyes proporcionan un marco conceptual sólido sobre el cual se pueden construir teorías más amplias que explican y relacionan diversos aspectos del mundo natural. Las teorías científicas, a su vez, representan explicaciones integrales y bien fundamentadas de un conjunto de fenómenos interrelacionados, brindando una comprensión profunda de las relaciones causales y los principios subyacentes.

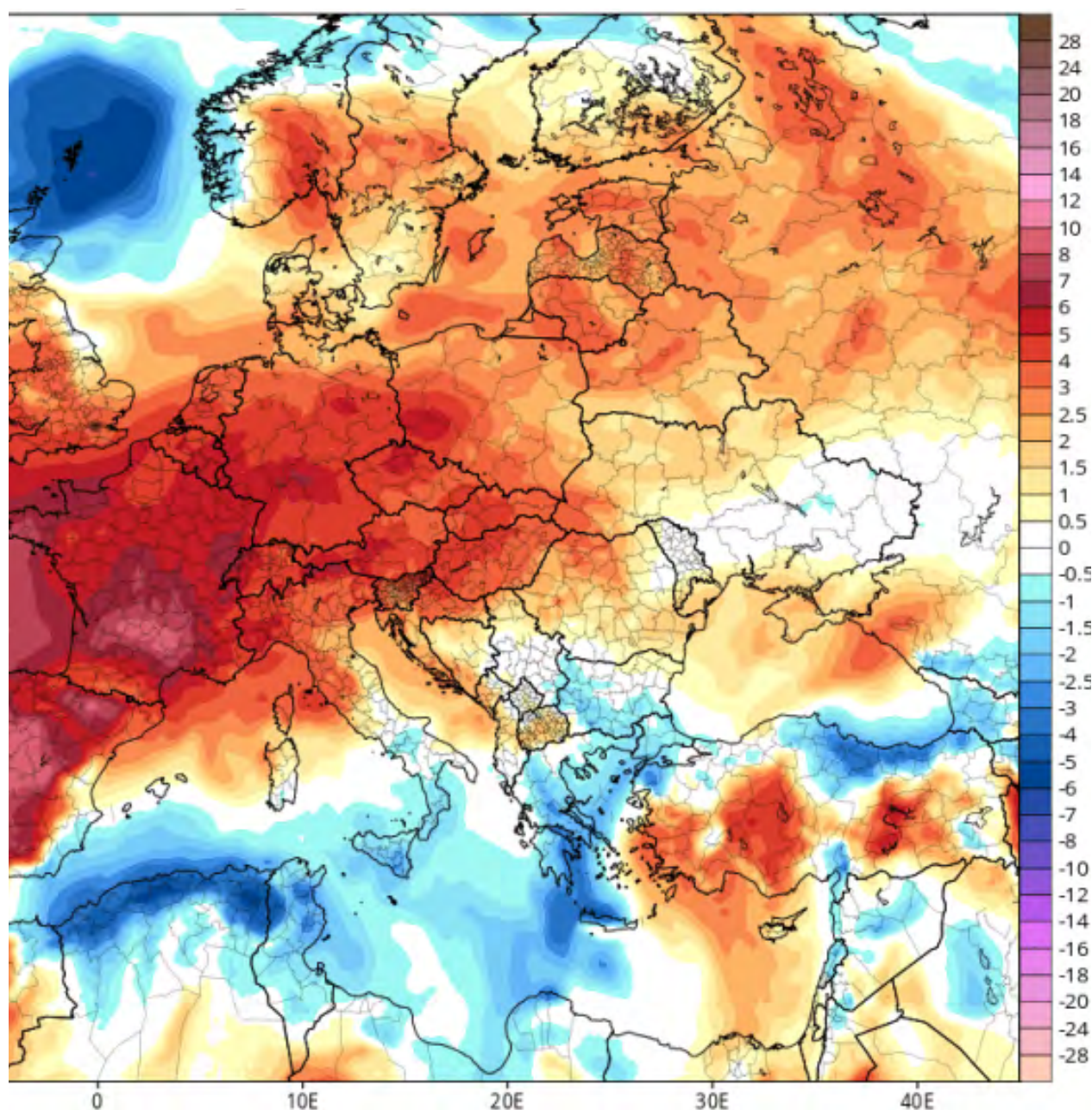
Sin embargo, la formulación de modelos científicos es un componente crucial para prever eventos futuros y comprender fenómenos complejos. Los modelos científicos son representaciones simplificadas y abstractas de sistemas y procesos del mundo real, que permiten a los científicos simular y predecir el comportamiento de fenómenos naturales. Estos modelos se basan en las leyes y teorías establecidas y se construyen mediante la integración de datos empíricos y principios científicos fundamentales. La capacidad predictiva de los modelos radica en su capacidad para capturar la complejidad de los sistemas naturales y permitir la *extrapolación* de resultados en diferentes condiciones y contextos.

Los modelos pueden ser matemáticos, computacionales o basados en simulaciones, y pueden variar en su nivel de complejidad y enfoque. Los modelos más simples, como los modelos lineales, a menudo se utilizan para predecir tendencias generales y patrones básicos de comportamiento. Por otro lado, los modelos complejos, como los modelos basados en redes neuronales o los modelos de sistemas dinámicos, pueden capturar interacciones más intrincadas y no lineales en sistemas complejos, lo que les permite predecir fenómenos con mayor precisión y detalle.

Extrapolación: Es el acto de estimar o inferir el valor de algo más allá de un conjunto de datos específico, utilizando un método que se basa en la proyección de tendencias o patrones ya conocidos.

A pesar de su utilidad, los modelos científicos también presentan limitaciones significativas en términos de predicción. La incertidumbre inherente en la complejidad de los sistemas naturales, la presencia de variables desconocidas y la imposibilidad de considerar todos los factores relevantes dificultan la capacidad de los modelos para predecir eventos futuros con absoluta certeza. Además, la sensibilidad de los modelos a las condiciones iniciales y a pequeñas variaciones en los parámetros puede conducir a resultados divergentes y errores de predicción a largo plazo. Por lo tanto, es crucial reconocer que los modelos científicos son representaciones simplificadas de la realidad y que, si bien pueden proporcionar información valiosa, sus predicciones deben considerarse dentro del contexto de su nivel de precisión y las limitaciones inherentes de su construcción.

Figura 28. Mapa de temperaturas extremas en Europa con riesgo alto de incendio. [30]



ACTIVIDAD 5.2

ESTUDIO DE CASOS (3ª PARTE)

Los estudiantes analizarán y compararán los resultados de incendios reales y simulados utilizando los datos recopilados previamente de cuatro incendios específicos (Canarias 2023, Cáceres 2020, Sierra Bermeja 2021 y Sierra de la Culebra 2022). Luego, se les pedirá que reflexionen críticamente sobre la calidad del simulador y la precisión de las predicciones en función de los datos reales. Además, se les instará a considerar las limitaciones de la ciencia y la forma en que la incertidumbre puede afectar la toma de decisiones en el contexto de los incendios forestales.

PROCEDIMIENTO

Análisis de los resultados simulados y reales:

Los estudiantes revisarán y analizarán los datos recopilados tanto de los incendios reales como de los simulados en el estudio anterior. Se les pedirá que identifiquen similitudes y discrepancias entre los resultados y que evalúen la precisión del simulador en la reproducción de los incendios reales.

Reflexión sobre la calidad del simulador y las predicciones: Los estudiantes reflexionarán críticamente sobre la calidad del simulador utilizado y la capacidad de este para predecir los resultados de los incendios. Se les alentará a considerar las posibles limitaciones del simulador y a discutir cómo estas limitaciones podrían influir en la precisión de las predicciones y en la toma de decisiones basadas en dichas predicciones.

Discusión sobre las limitaciones de la ciencia y la incertidumbre: Los estudiantes participarán en una discusión grupal en la que analizarán las



Figura 29. Incendio forestal declarado en Las Hurdes y la Sierra de Gata. [31]

limitaciones inherentes a la ciencia y a la predicción de fenómenos complejos como los incendios forestales. Se les pedirá que reflexionen sobre cómo la incertidumbre puede afectar la toma de decisiones y la gestión de emergencias en situaciones de crisis como los incendios forestales.

Preguntas guía sugeridas:

1 ¿Cuáles fueron las principales similitudes y diferencias entre los resultados simulados y los incendios reales? ¿En qué aspectos el simulador reprodujo con precisión los incendios y en cuáles no?

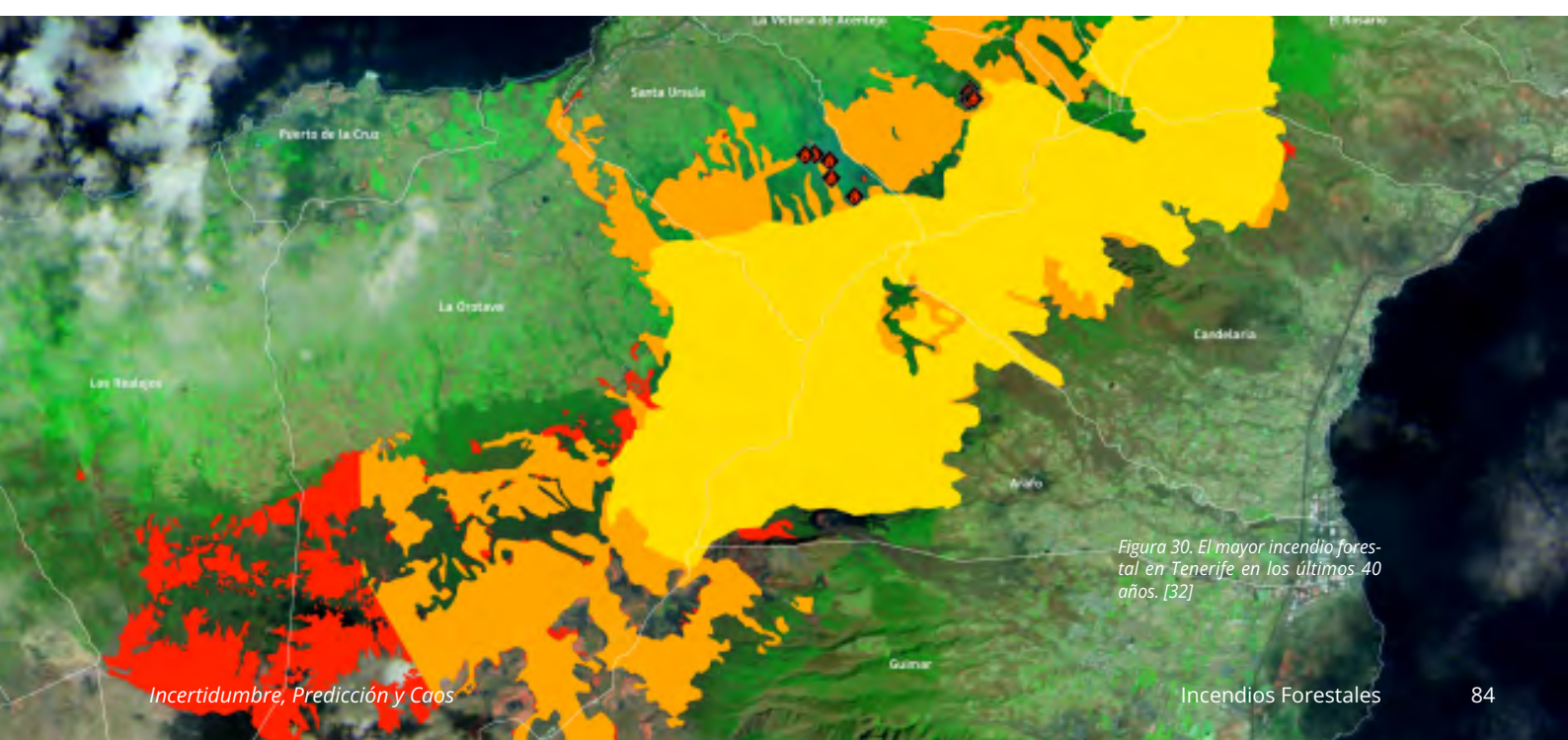
2 ¿Qué aspectos de la calidad del simulador podrían haber afectado la precisión de las predicciones de incendios? ¿Cómo podrían mejorarse estos aspectos para lograr una mayor precisión en la simulación de incendios?

3 ¿Cómo pueden las limitaciones de la ciencia afectar la predicción de fenómenos naturales, como los incendios forestales? ¿Qué desafíos se presentan al tratar de predecir y gestionar los incendios forestales en función de estas limitaciones?

4 ¿Cómo podría la incertidumbre en la predicción de incendios forestales influir en la toma de decisiones de gestión de emergencias y en la planificación de la prevención de incendios a largo plazo?

5 ¿Qué recomendaciones propondrían para mejorar la precisión de los simuladores y la toma de decisiones basada en las predicciones de incendios forestales? ¿Cómo podrían abordarse las limitaciones identificadas y qué enfoques podrían implementarse para mitigar la incertidumbre en la gestión de incendios?

Elaboración de conclusiones y recomendaciones: Los estudiantes formularán conclusiones basadas en su análisis y discusión, y propondrán recomendaciones para mejorar la precisión de los simuladores y la toma de decisiones en la gestión de incendios forestales. Se les pedirá que presenten sus hallazgos y recomendaciones en un informe detallado que destaque los aspectos clave discutidos durante la actividad.





RESUMEN DEL CAPÍTULO

La ecología del fuego representa un ejemplo significativo de sistemas complejos en la ciencia contemporánea, donde la interacción de múltiples factores como la vegetación, el clima y la topografía influye en su comportamiento global.

El caos en la ciencia se refiere a sistemas dinámicos altamente sensibles a condiciones iniciales, resultando en comportamientos impredecibles a largo plazo. Los regímenes caóticos representan un estado en el que sistemas complejos muestran patrones aparentemente aleatorios pero siguen ciertas reglas subyacentes.

La incertidumbre en la ciencia impulsa la búsqueda de conocimiento y la comprensión del mundo, confrontando los límites en la comprensión de fenómenos complejos. Esta incertidumbre no es una limitación, sino que impulsa a los científicos a cuestionar suposiciones y a explorar nuevas teorías y enfoques. No obstante, puede afectar la percepción pública de la ciencia, generando escepticismo y desconfianza si no se comunica de manera clara y transparente. Reconocer la incertidumbre como parte inherente del proceso científico promueve una comprensión más realista de la ciencia y una apreciación más equilibrada de sus logros y limitaciones.

La capacidad de predicción de la ciencia ha sido esencial para el progreso del conocimiento humano en una variedad de campos. Sin embargo, la complejidad de muchos sistemas naturales y sociales presenta desafíos considerables para la predicción científica, lo que lleva a reconocer sus límites inherentes.

Aunque los modelos científicos desempeñan un papel crucial en la capacidad de predicción, presentan limitaciones significativas debido a la naturaleza simplificada de su representación de la realidad y a su sensibilidad a las condiciones iniciales y a las variaciones en los parámetros.

CAPÍTULO 6

COMUNICACIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Comparar los distintos niveles de comunicación que se manejan en ecología del fuego.
- Comprender la importancia de la toma de decisiones y la gestión de emergencias.
- Evaluar la efectividad de las campañas de concienciación en función del público al que va dirigida.

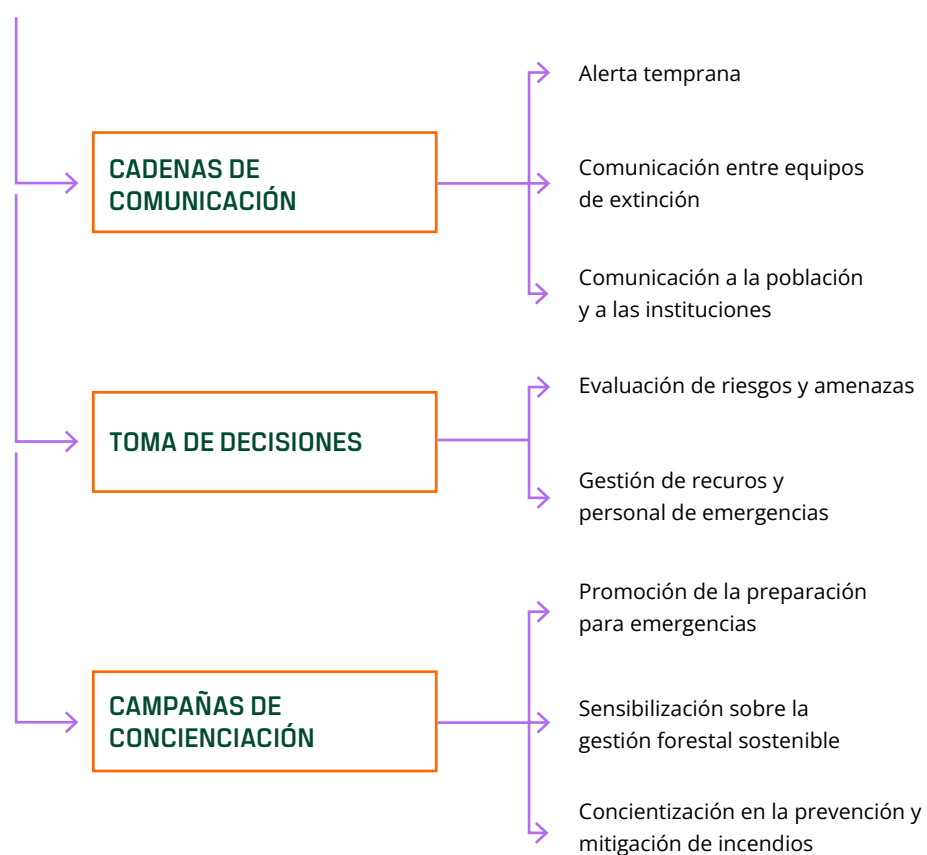


Figura 31. Un Despachador de Aeronaves colocando un imán en el mapa de aviación, que se utiliza para rastrear los recursos de aviación en tiempo real. [33]



ESQUEMA

Comunicación y transmisión de la información





CADENAS DE COMUNICACIÓN

ALERTA TEMPRANA

La capacidad de alertar tempranamente sobre incendios forestales proporciona a las autoridades y a las comunidades la oportunidad de prepararse y responder de manera proactiva ante posibles amenazas. La *implementación* de sistemas de alerta temprana, que incluyen la vigilancia por satélite, el monitoreo meteorológico y el uso de tecnologías de detección especializadas, permite una identificación rápida y precisa de los incendios forestales en sus etapas iniciales.

Implementación: puesta en marcha o la ejecución de un plan o una acción.

La difusión de información precisa sobre la ubicación, el comportamiento y la intensidad del fuego es esencial para coordinar una respuesta eficaz y proteger vidas y propiedades. La rápida comunicación de datos actualizados a través de canales de difusión eficientes, como aplicaciones móviles, sistemas de alerta por mensajes de texto, y comunicados en medios de comunicación locales y redes sociales, proporciona a las comunidades afectadas la información necesaria para tomar decisiones informadas y actuar de manera oportuna.

La utilización de sistemas de alerta temprana y la difusión de información en tiempo real permiten a las autoridades locales implementar planes de evacuación efectivos, movilizar recursos de respuesta de emergencia y coordinar estrategias de control de incendios de manera más eficiente. Además, la difusión de información precisa también contribuye a reducir la propagación de rumores y la desinformación, promoviendo la confianza pública

en los esfuerzos de gestión de emergencias y facilitando una respuesta coordinada y unificada por parte de la comunidad.

La combinación de alertas tempranas y difusión de información precisa no solo facilita la protección de vidas humanas y recursos, sino que también contribuye a la preservación de la biodiversidad y los ecosistemas naturales, al permitir una respuesta oportuna que limite el impacto devastador de los incendios forestales en áreas sensibles y vulnerables. En última instancia, la implementación efectiva de estos sistemas es fundamental para fomentar la resiliencia comunitaria y la capacidad de adaptación en entornos propensos a los incendios forestales, promoviendo así una gestión *sostenible* y una mayor preparación ante futuros eventos adversos.

Sostenible: hace referencia a aquello que puede mantenerse a lo largo del tiempo sin dañar el medio ambiente o los recursos naturales.

COMUNICACIÓN ENTRE EQUIPOS DE EXTINCIÓN

La comunicación entre equipos de extinción de incendios es de suma importancia en la gestión efectiva de los incendios forestales y en la protección de comunidades y ecosistemas vulnerables. La coordinación y el intercambio de información en tiempo real entre los equipos de bomberos, los especialistas en incendios forestales y otros profesionales involucrados en la extinción son esenciales para garantizar una respuesta rápida y coordinada frente a situaciones de emergencia.

La implementación de sistemas de comunicación avanzados, que incluyen radios bidireccionales, tecnologías de transmisión de datos en tiempo real y sistemas de mensajería instantánea, permite una interacción fluida y una colaboración efectiva entre los distintos equipos desplegados en el terreno. Estos sistemas facilitan la transmisión de actualizaciones críticas sobre la evolución de las condiciones del incendio, la ubicación de los frentes de fuego, la distribución de recursos y las *estrategias* de extinción en curso, lo que garantiza que todos los miembros del equipo estén plenamente informados y coordinados en sus acciones.

Estrategias: planes o acciones diseñados para alcanzar un objetivo determinado.

La comunicación efectiva entre los equipos de extinción también fomenta la sincronización de esfuerzos y la optimización del uso de recursos, lo que resulta en una respuesta más eficiente y en una mayor capacidad para controlar y contener los incendios forestales de manera oportuna. La capacidad de compartir información crítica, como mapas detallados del área afectada, análisis de riesgos y pronósticos meteorológicos actualizados, permite una

toma de decisiones informada y estratégica, que se adapta dinámicamente a la evolución de la situación en el terreno.

La comunicación efectiva entre los equipos de extinción de incendios fomenta la creación de una red de apoyo y cooperación entre diferentes organismos y departamentos, lo que promueve una respuesta integral y multidisciplinaria ante desafíos complejos. La colaboración entre bomberos, brigadas forestales, servicios de emergencia y agencias gubernamentales fortalece la capacidad colectiva para enfrentar situaciones de crisis y desastres naturales, al tiempo que promueve una cultura de trabajo en equipo y solidaridad en la protección y salvaguardia de la vida humana y el medio ambiente.

COMUNICACIÓN A LA POBLACIÓN Y A LAS INSTITUCIONES

La comunicación a la población debe ser accesible y comprensible para asegurar que se tomen las medidas adecuadas en respuesta a la amenaza del fuego. Esto implica la difusión de alertas tempranas y recomendaciones de evacuación, así como la divulgación de pautas claras sobre las medidas de prevención y seguridad. Además, es crucial proporcionar actualizaciones periódicas sobre el desarrollo de la situación del incendio, lo que puede contribuir a mitigar el pánico y aumentar la confianza en las autoridades encargadas de la gestión de emergencias.

Por otro lado, la comunicación con las instituciones involucra la transmisión de información detallada y precisa sobre la evolución de los incendios, la respuesta operativa y los informes de daños. Esta comunicación facilita la coordinación de recursos, tanto humanos como materiales, y permite una planificación estratégica más efectiva en la lucha contra los incendios forestales. Además, los informes detallados sobre los daños causados por el fuego son fundamentales para evaluar el impacto en los ecosistemas, la infraestructura y la economía local, lo que a su vez puede respaldar la asignación de recursos para la recuperación y la reconstrucción de las áreas afectadas.

TOMA DE DECISIONES

EVALUACIÓN DE RIESGOS Y AMENAZAS

Durante la gestión de incendios forestales, la toma de decisiones efectiva es crucial para salvaguardar vidas y propiedades, así como para minimizar los impactos negativos en los ecosistemas y en las comunidades circundantes. La evaluación de riesgos y amenazas desempeña un papel fundamental en este proceso, ya que permite a los equipos de respuesta identificar y comprender los posibles peligros asociados con el fuego en términos de su comportamiento, velocidad de propagación y dirección. Esta evaluación implica una cuidadosa consideración de factores como la topografía del terreno, la densidad de la vegetación y las condiciones climáticas actuales y previstas. Al comprender los riesgos potenciales, los equipos de gestión de incendios pueden implementar estrategias de prevención y control más efectivas, lo que contribuye a la protección de las comunidades y los ecosistemas.

GESTIÓN DE RECURSOS Y PERSONAL DE EMERGENCIAS

La gestión de recursos y personal de emergencias durante los incendios es esencial para garantizar una respuesta coordinada y eficiente. La asignación adecuada de equipos de extinción, equipos de soporte logístico y otros recursos, como vehículos especializados y equipos de protección, es fundamental para optimizar la capacidad de respuesta en el terreno. Además, la coordinación efectiva del personal de emergencias, incluidos los bomberos, voluntarios y especialistas en incendios forestales, desempeña un papel crucial en la implementación de estrategias de control y prevención. La asignación de roles claros y la comunicación fluida entre los diferentes equipos son elementos esenciales para garantizar una respuesta rápida y coordinada, lo que contribuye a la eficacia en la contención y extinción de los incendios.

CAMPAÑAS DE CONCIENCIACIÓN

PROMOCIÓN DE LA PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

Estas campañas suelen destacar la necesidad de contar con planes de evacuación claros, la importancia de mantener áreas libres de maleza y la preparación de kits de emergencia. Además, se resalta la relevancia de estar informado sobre las condiciones climáticas locales y las regulaciones relacionadas con el uso del fuego en áreas boscosas. Al alentar a las comunidades a estar preparadas y alertas, se busca reducir los riesgos y minimizar los impactos potenciales de los incendios forestales en las zonas habitadas.

PROMOCIÓN DE LA PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

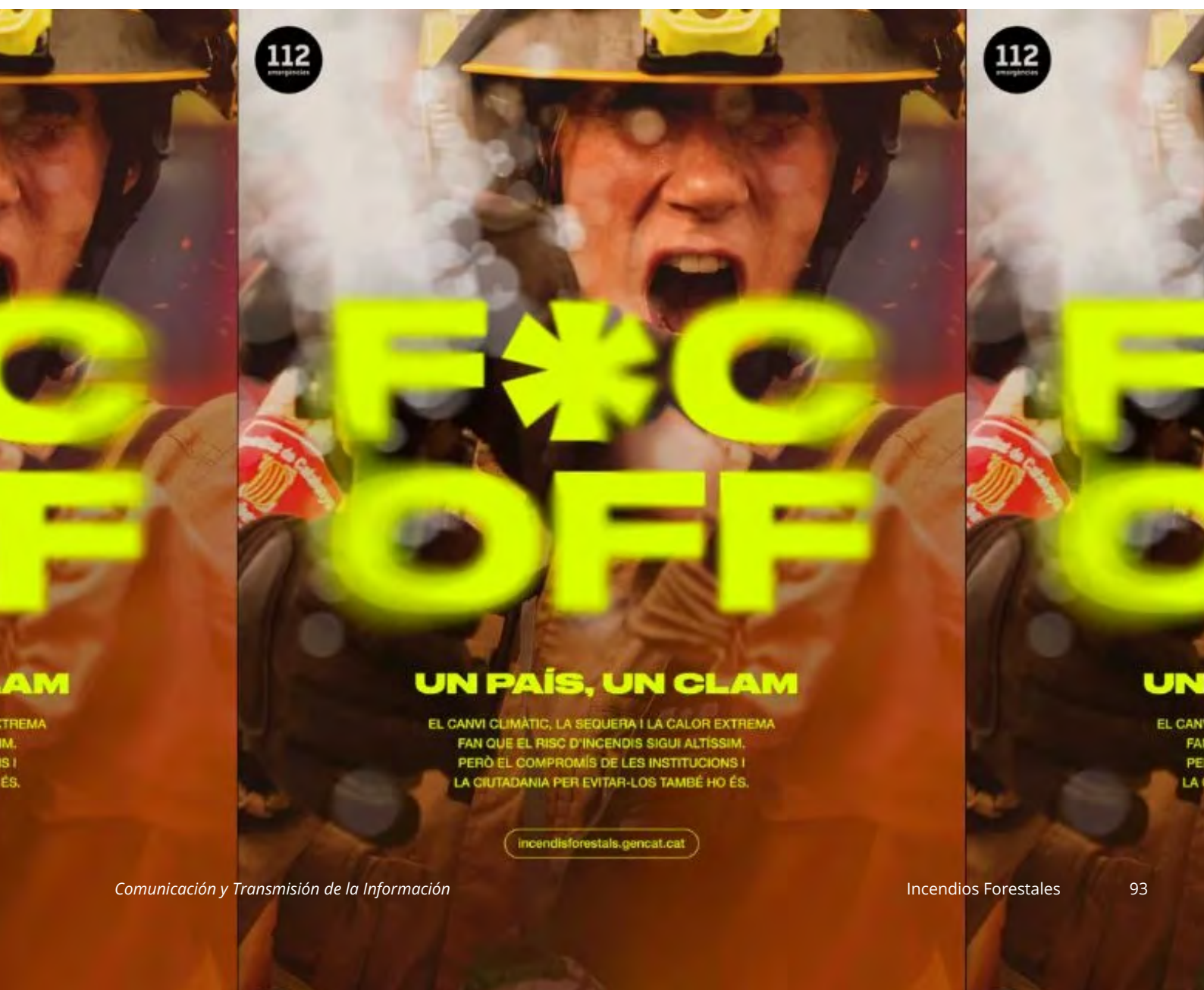
Asimismo, las campañas de concienciación también tienen como objetivo sensibilizar sobre la importancia de la gestión forestal sostenible. Estas iniciativas buscan resaltar la relación entre prácticas forestales responsables y la reducción de la vulnerabilidad de los bosques a los incendios. Se destacan prácticas como la *reforestación* adecuada, el control de la tala ilegal y la promoción de métodos de silvicultura respetuosos con el medio ambiente. Al aumentar la conciencia sobre la importancia de la preservación de los bosques y la biodiversidad, se fomenta un mayor compromiso con la protección y conservación de los ecosistemas forestales, lo que a su vez contribuye a la reducción de la incidencia de incendios y a la promoción de entornos forestales más saludables y sostenibles.

Reforestación: proceso de plantar árboles en zonas que han sido deforestadas o devastadas por incendios u otras causas.

CONCIENCIACIÓN EN LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS

Las campañas de concienciación están dirigidas a fomentar una mayor comprensión de las prácticas de prevención y mitigación de incendios entre las comunidades locales. Estas iniciativas se centran en la importancia de adoptar medidas proactivas, como la prohibición del uso de fuego en condiciones de sequía, la promoción de tecnologías alternativas de limpieza de maleza y la sensibilización sobre el manejo responsable del fuego en áreas forestales. Al educar sobre las causas comunes de los incendios y sobre cómo prevenir su propagación, se pretende empoderar a las comunidades para que adopten comportamientos responsables y contribuyan a la protección de los bosques y los ecosistemas naturales.

Figura 32. Campaña "FOC OFF" de la Generalitat de Catalunya que lucha contra los incendios forestales. [34]



ACTIVIDAD 6.1

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE CAMPAÑAS DE CONCIENCIACIÓN

En esta actividad los estudiantes se organizarán en grupos para diseñar y desarrollar una campaña de concienciación creativa y efectiva que aborde la prevención de incendios forestales. Se les animará a utilizar diferentes formatos, como carteles, vídeos, folletos u otros medios de comunicación visual, para transmitir mensajes claros y persuasivos sobre la importancia de la prevención y el cuidado responsable de los entornos forestales. Además, se llevará a cabo una evaluación grupal para determinar la efectividad de cada campaña en función de su capacidad para sorprender, concienciar y generar un impacto positivo en la audiencia.

PROCEDIMIENTO

División en grupos y asignación de roles: Los estudiantes se dividirán en grupos y se les asignarán roles específicos, como líder del proyecto, diseñador gráfico, redactor de contenido y coordinador de presentación. Cada grupo será responsable de desarrollar una campaña de concienciación sobre prevención de incendios forestales.

Investigación y planificación: Cada grupo realizará una investigación exhaustiva sobre las causas y consecuencias de los incendios forestales, así como las estrategias efectivas de prevención y respuesta. Se les pedirá que desarrollen un plan detallado que incluya el enfoque creativo, el mensaje clave y los objetivos de la campaña.

Creación de materiales de la campaña: Los grupos utilizarán la información recopilada para diseñar y producir materiales visuales impactantes, como carteles, folletos, vídeos o presentaciones multimedia. Se les animará a

utilizar enfoques innovadores y creativos para captar la atención del público y transmitir mensajes claros sobre la importancia de la prevención de incendios forestales.

Presentación y evaluación de la campaña: Cada grupo presentará su campaña al resto de la clase, seguida de una evaluación grupal en la que se analizará la efectividad de cada campaña en términos de su capacidad para sorprender, concienciar y generar un impacto positivo en la audiencia. Se llevará a cabo una votación basada en criterios como el estilo creativo, la originalidad del mensaje y la claridad en la transmisión de la información sobre la prevención de incendios forestales.



Figura 33. Capacitación sobre el uso y manejo de extintores para 80 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Portoviejo. [35]



Figura 34. Campaña creada para S.I.N.A.E. y la Dirección Nacional de Bomberos. [36]

ALTERNATIVA

La campaña de concienciación será diseñada por diferentes clases, que se dividirán en grupos para diseñar y desarrollar materiales visuales impactantes, como carteles, folletos y vídeos, entre otros.

Cada clase tendrá la tarea de crear una campaña original y motivadora que transmita un mensaje claro y persuasivo sobre la importancia de la prevención y el cuidado responsable de los entornos forestales. Se alentará a los estudiantes a adoptar enfoques creativos e innovadores para captar la atención del público y generar una conciencia ambiental duradera.

Una vez finalizadas las campañas, se llevará a cabo una presentación de cada una de ellas en el centro escolar, donde todos los alumnos y profesores podrán visualizar los materiales creados.

Posteriormente, se realizará una votación para elegir la campaña más original y motivadora, la cual será propuesta al ayuntamiento como una iniciativa para la próxima temporada de incendios.

La intención es trascender las barreras del colegio y llevar este mensaje crucial de concienciación y responsabilidad ambiental a la comunidad local y más allá. A través de esta actividad, se busca no solo educar a los estudiantes sobre la importancia de la prevención de incendios forestales, sino también promover un compromiso activo con la protección de los valiosos ecosistemas naturales que nos rodean.



RESUMEN DEL CAPÍTULO

La implementación de sistemas de alerta temprana, como la vigilancia por satélite y el monitoreo meteorológico, permite identificar rápidamente los incendios en sus etapas iniciales. La difusión oportuna de datos actualizados a través de aplicaciones móviles y sistemas de alerta por mensajes de texto permite que las comunidades tomen decisiones informadas y actúen rápidamente.

Los sistemas de comunicación avanzados, como radios bidireccionales y tecnologías de transmisión de datos en tiempo real, facilitan la colaboración entre equipos desplegados en el terreno. Esto garantiza que todos estén informados y coordinados en sus acciones, lo que a su vez promueve una respuesta eficiente y una mayor capacidad para controlar y contener los incendios de manera oportuna.

La comunicación con la población debe ser clara y comprensible para garantizar respuestas adecuadas frente a la amenaza del fuego. Por otro lado, la comunicación con las instituciones implica transmitir información detallada sobre la evolución de los incendios, la respuesta operativa y los informes de daños.

Durante la gestión de incendios forestales, la evaluación de riesgos y amenazas es crucial para tomar decisiones efectivas y proteger vidas, propiedades y ecosistemas. Esta evaluación implica comprender factores como la topografía, la vegetación y las condiciones climáticas para implementar estrategias de prevención y control eficaces.

En cuanto a la gestión de recursos y personal de emergencias, es fundamental una asignación adecuada de equipos de extinción, soporte logístico y otros recursos especializados. La coordinación efectiva del personal, incluidos bomberos y especialistas en incendios forestales, es esencial para implementar estrategias de control y prevención.

La promoción de la preparación para emergencias se centra en la necesidad de planes de evacuación claros, el mantenimiento de áreas libres de maleza y la preparación de kits de emergencia.

La sensibilización sobre la gestión forestal sostenible promueve prácticas responsables como la reforestación, el control de la tala ilegal y métodos de silvicultura respetuosos con el medio ambiente.

Las campañas de concienciación se enfocan en aumentar la comprensión de prácticas de prevención y mitigación de incendios, como la prohibición del uso de fuego en condiciones de sequía y la promoción de tecnologías de limpieza de maleza.

REFERENCIAS

IMÁGENES

1. Los Angeles Fire Department. Bombero de LAFD ayudando a extinguir el incendio de un auto el 24 de diciembre de 2024. [Internet]. Flickr. 2024. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/lafd/54232048705/>
2. Fügler HF. La creación del hombre por Prometeo [Internet]. Liechtenstein Collections. 1823. Disponible en: <https://www.liechtensteincollections.at/en/collections-online/the-creation-of-man-by-prometheus>
3. de Baudous R. Prometeo crea al hombre y lo anima con fuego del cielo [Internet]. National Gallery of Art. 1655. Disponible en: <https://www.nga.gov/artworks/128988-prometheus-making-man-and-animating-him-fire-heaven>
4. McNeill Whistler J. Representación artística de un herrero (El Herrero) [Internet]. The Metropolitan Museum of Art. 1895. Disponible en: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/372945>
8. Cambio climático, incendios forestales y contaminación atmosférica [Internet]. Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: <https://wmo.int/es/media/news/cambio-climatico-incendios-forestales-y-contaminacion-atmosferica-un-circulo-vicioso-que-acarrea>
9. Cartel del Parque Nacional Yellowstone [Internet]. National Park Service. Disponible en: <https://www.nps.gov/features/yell/slidefile/graphics/signs/Images/14566.jpg>
10. Kerbs J. Campamento Madison durante el incendio en Yellowstone [Internet]. The Billings Gazette. 1988. Disponible en: https://billingsgazette.com/news/state-and-regional/former-fire-behavior-analyst-shares-photos-from-yellowstone-park-fires-of-1988/collection_37e0223a-f3c9-5d10-9248-e69f2855a5b3.html#1
11. Cockington Court. Herrera aprendiz [Internet]. Disponible en: <https://cockingtoncourt.org/rex-latham/>
12. OddlyTube. Espectro de color de las llamas [Internet]. Lin H, editor. Reference. 2021. Disponible en: <https://www.reference.com/science-technology/color-hottest-flame-ea25c95668a5b0d1>
13. Alix PM. Retrato de Laurent Lavoisier [Internet]. Paris Musée les Collections. 1790. Disponible en: <https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr/musee-carnavalet/oeuvres/portrait-d-antoine-laurent-lavoisier-collection-des-grands-hommes#infos-principales>
15. Argentinat. Pino carrasco [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.argentinat.org/observations/70680586>

16. U.S Forest Service - Pacific Northwest Region. Equipo de OAS (Office of Aviation Services) preparándose para quema con PSD (Plastic Sphere Dispenser) [Internet]. Flickr. 2018. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/forestservicenw/42523701450/>
17. RTVE CASTILLA - LA MANCHA. Ingenieros estudiando el suelo quemado en Liétor, Albacete. [Internet]. RTVE. 2021. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20210823/investigar-suelo-incendios-forestales-prevenir-desertificacion-cambio-climatico/2163483.shtml>
18. Jiménez F. Esther Sánchez, coordinadora de medios aéreos en incendios forestales, en la base aérea de Zaragoza [Internet]. Heraldo. 2024. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20210823/investigar-suelo-incendios-forestales-prevenir-desertificacion-cambio-climatico/2163483.shtml>
19. Ipsen B. Especialista en fuego de la BLM (Bureau of Land Management) AFS (Alaska Fire Service), Brita West, en una operación de fuego planeado [Internet]. Alaska Wildland Fire Information. 2022. Disponible en: <https://akfireinfo.com/2022/05/12/prescribed-burn-operations-planned-on-military-training-lands-in-fnsb-to-reduce-wildfire-threat/>
20. UME. Reproducción de posteo en X de la Unidad Militar de Emergencias sobre una quema controlada [Internet]. X (Anteriormente Twitter). 2019. Disponible en: <https://x.com/umegob/status/1118454172481916928>
21. EFE. Foto de archivo de la UME en un incendio [Internet]. El Confidencial. 2021. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2021-09-09/mas-de-400-desalojados-por-el-incendio-forestal-de-sierra-bermeja-malaga_3281178/
22. Fraile E, Europa Press. Bombero luchando contra las llamas durante el brutal incendio de la Sierra de la Culebra en Zamora. [Internet]. El Independiente. 2022. Disponible en: <https://www.elindependiente.com/espana/2022/06/19/el-infierno-que-se-traga-la-sierra-de-la-culebra-en-zamora-avanza-como-un-autentico-monstruo/>
23. Drehsler A. Monitores de incendios forestales de la Universidad de California en San Diego mostrando un incendio en Topanga Canyon en Los Ángeles. [Internet]. The New York Times. 2023. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2023/08/24/us/wildfires-ai-detection-california.html>
24. Yamano H, Okano Y. Simulación de propagación de fuego [Internet]. ResearchGate. 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/FARSITE-simulation-result-of-the-reference-case-Prevailing-wind-speed-of-0-m-s-ambient_fig7_281221261
25. Battaglia R. Un piloto preparándose para volar el dron para una misión de mapeo en un incendio [Internet]. Jefferson Public Radio. 2022. Disponible en: <https://www.ijpr.org/wildfire/2022-09-13/southern-oregon-wildfire-teams-deploy-drones-that-shoot-flaming-ping-pong-balls>

26. Diario de Avisos. Marlene Nogueira, piloto de helicóptero contra incendios [Internet]. 2020. Disponible en: <https://diariodeavisos.lespanol.com/2020/08/marlene-nogueira-la-piloto-contra-incendios/>
27. Palley S, Cater News. Incendio en Shirley por la noche en Old State Rd (California), mientras un helicóptero vuela en círculos sobre él. [Internet]. Daily Mail. 2014. Disponible en: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-3170640/Red-sky-night-photographer-s-delight-Stunning-images-capture-beauty-California-s-devastating-wildfires.html>
28. Universidad Politécnica de Valencia. Resultado del curso “Nuevas técnicas de teledetección para cartografía de estructura forestal en 3D y modelización de incendios” por la UPV [Internet]. RUVID. 2024. Disponible en: <https://ruvid.org/la-upv-reune-a-expertos-estadounidenses-britanicos-y-espanoles-en-nuevas-tecnicas-de-teledeteccion-y-modelizacion-de-incendios/>
29. National Oceanic and Atmospheric Administration. Mapa de fuego y hielo de Estados Unidos [Internet]. NewScientist. 2014. Disponible en: <https://www.newscientist.com/article/dn26322-super-tailed-weather-map-shows-us-of-fire-and-ice/>
30. Tropical Tidbits. Mapa de temperaturas extremas en Europa con riesgo alto de incendio [Internet]. Severe Weather Europe. 2018. Disponible en: <https://www.severe-weather.eu/mcd/extreme-fire-danger-during-the-intense-heat-wave-across-spain-and-portugal-this-week/>
31. Ical. Incendio forestal declarado en Las Hurdes y la Sierra de Gata [Internet]. Salamanca 24 Horas. 2023. Disponible en: https://www.salamanca24horas.com/galeria-incendio-forestal-declarado-en-hurdes-sierra-gata-caceres-muy-cerca-provincia-salamanca_32545_113/15090280.html
32. Copernicus. El mayor incendio forestal en Tenerife en los últimos 40 años [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/biggest-wildfire-tenerife-last-40-years>
33. Pacific Southwest Forest Service. Un Despachador de Aeronaves colocando un imán en el mapa de aviación, que se utiliza para rastrear los recursos de aviación en tiempo real. [Internet]. Flickr. 2025. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/usfsregion5/>
34. Generalitat de Catalunya. Campaña “FOC OFF” de la Generalitat de Catalunya que lucha contra los incendios forestales [Internet]. MarketingDirecto.com. 2024. Disponible en: <https://www.marketingdirecto.com/creacion/campanas-de-marketing/foc-off-campana-generalitat-catalunya-lucha-contra-incendios-forestales>
35. Benemérito Cuerpo de Bomberos Portoviejo. Capacitación sobre el uso y manejo de extintores para 80 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Portoviejo [Internet]. 2024. Disponible en: <https://bomberosportoviejo.gob.ec/2024/07/>
36. DBB Uruguay. Campaña creada para S.I.N.A.E. y la Dirección Nacional de Bomberos. [Internet]. Behance. 2016. Disponible en: <https://www.behance.net/gallery/35463613/National-Campaign-Against-Forest-Fires>

VIDEOS

5. Punset E. Aprender a cocinar nos hizo humanos [Internet]. RTVE. 2008. Disponible en: <https://www.rtve.es/play/videos/redes/redes-aprender-cocinar-hizo-humanos/5427312/>
7. Cisneros L. Fabricación del acero [Internet]. YouTube. 2016. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=vMjmf6XJ4Gc>

LECTURAS

6. Redacción National Geographic. Cocinar nos hizo humanos [Internet]. nationalgeographic.es. 2017. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/cocinar-nos-hizo-humanos>

PODCAST

14. Gil L. Adaptaciones de los pinos al fuego [Internet]. RTVE. 2021. Disponible en: <https://www.rtve.es/play/audios/esto-es-ingenieria/palabra-ingeniero-adaptaciones-pinos-fuego-281221/6264013/>

OTRAS LECTURAS

37. Pausas JG. ¿Qué sabemos de? Incendios Forestales. Catarata. 2012;
38. Petrucci RH, Herring FG, Madura JD, Bissonette C. Química General. 11a ed. Pearson; 2017.
39. Campbell NA, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Reece JB. Biología. 12a ed. Pearson; 2021.
40. Begon M, Townsend CR, Harper JL. Ecología: De individuos a ecosistemas. 4a ed. Omega; 2006.
41. Tipler PA, Mosca G. Física. 6a ed. Reverté; 2008.
42. Garrido Rivero R, Carreira Fernandez R, Iglesias Montes R. Defensa y prevención de incendios forestales. Editorial Síntesis; 2008.
43. Payne SJ. Fire: A Brief History. University of Washington Press; 2001.
44. Navarro J. Los rescoldos de la Culebra. Libros del K.O; 2024.
45. Kampourakis K, McCain K. Uncertainty: How It Makes Science Advance. Oxford University Press; 2020.

A. Ciudadanos furiosos enfrentaron ayer al primer ministro Scott Morrison, a quien acusaron de "dejar arder" el país con los devastadores incendios forestales, que han dejado al menos 18 personas muertas, igual que cientos de miles de animales y cientos de casas destruidas. Prevén que hoy empeore la situación. Foto Ap