



El monitoreo y la evaluación de los efectos del fuego

Manual del estudiante



¿Cómo citar?

Tricone F and Anderson TR (2020) El monitoreo y la evaluación de los efectos del fuego: manual del estudiante. Sarteneja, Belize, p.36

INTRODUCCIÓN	3
MÓDULO 1 - CONCEPTOS BÁSICOS DE ECOLOGÍA DEL FUEGO	4
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	4
PRIMERO, ¿QUÉ ES EL FUEGO?	4
ENTONCES, ¿QUÉ ES LA ECOLOGÍA DEL FUEGO?	4
<i>Efectos del fuego de primer orden</i>	5
<i>Efectos del fuego de segundo orden</i>	5
DEFINICIONES CLAVE DE LA ECOLOGÍA DEL FUEGO	6
<i>Inflamabilidad</i>	6
<i>Tiempo de residencia</i>	6
<i>Intensidad de fuego vs. Severidad del fuego</i>	6
<i>Resiliencia</i>	6
<i>Vulnerabilidad</i>	6
<i>Especies sensibles al fuego</i>	6
<i>Especies resistentes al fuego</i>	6
<i>Especies adaptadas al fuego</i>	7
RESPUESTA Y ADAPTACIÓN AL FUEGO	7
<i>¿Cómo afecta el fuego a las plantas?</i>	7
<i>¿Cómo afecta el fuego a los ecosistemas?</i>	8
<i>¿Cómo afecta el fuego al suelo?</i>	10
<i>¿Cómo afecta el fuego al aire?</i>	11
<i>¿Cómo afecta el fuego a la vida silvestre?</i>	11
MÓDULO 2 - CONOCIMIENTO SOBRE LOS COMBUSTIBLES PARA LOS EFECTOS DEL FUEGO	12
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	12
TIPOS DE COMBUSTIBLE Y TIPOS DE FUEGO	13
<i>Tipos de combustibles</i>	13
<i>Tipos de incendios</i>	14
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES	15
<i>Cantidad / carga</i>	16
<i>Tamaño y forma</i>	16
<i>Profundidad de la capa de combustible</i>	16
<i>Compactación</i>	17
<i>Disposición</i>	17
<i>Continuidad</i>	17
<i>Contenido de químico</i>	17
<i>Contenido de humedad</i>	17

Cerrar la brecha entre la ciencia y
el manejo del fuego

CATEGORÍAS DE COMBUSTIBLE MUERTO PARA MEDICIONES DE CARGA DE COMBUSTIBLE	21
<i>Concepto de tiempo de retardo (timelag): lo que necesita saber</i>	21
<i>Concepto de tiempo de retardo (timelag) – en detalles</i>	21
COMBUSTIBLES EN ECOSISTEMAS TROPICALES	22
MÓDULO 3 – USO DEL MANEJO INTEGRADO DE FUEGO Y DEL MANEJO ADAPTATIVO	23
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	23
MANEJO INTEGRAL DE FUEGO	23
MANEJO ADAPTATIVO	24
DESARROLLAR METAS Y OBJETIVOS	25
<i>Definir metas y objetivos de manejo de incendios.</i>	25
<i>Ejemplos de programas de manejo de incendios con metas y objetivos adecuados</i>	26
SELECCIÓN DE VARIABLES DE SEGUIMIENTO DE INTERÉS PARA EL MANEJO	27
MÓDULO 4 - MÉTODOS PARA EL MONITOREO DE EFECTOS DE FUEGO	28
INTRODUCCIÓN	28
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	28
¿QUÉ PUEDE HACER EL MONITOREO DE LOS EFECTOS DEL FUEGO POR USTED?	28
<i>Cambios en la vegetación y los combustibles después de un incendio</i>	28
<i>Comunicación a gerentes, tomadores de decisiones y al público</i>	29
<i>Datos de referencia para investigaciones más específicas</i>	29
<i>Ayuda a emparejar el comportamiento del fuego observado con los efectos</i>	29
DISEÑO DEL PROGRAMA DE MONITOREO	29
<i>Diseño e instalación de la parcela - Tamaño del programa</i>	30
<i>Seleccionar protocolo(s) - Duración de la recopilación de datos</i>	30
<i>Calendario de monitoreo: frecuencia de la recopilación de datos</i>	31
<i>Equipo y capacitación del personal: recursos necesarios</i>	31
<i>Calidad y manejo de datos - control de calidad</i>	31
PROGRAMA DE EVALUACIÓN	32
<i>Año piloto del programa de monitoreo de fuego</i>	32
EVALUAR LOS RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN DE DATOS	32
<i>Se cumplen los objetivos</i>	33
<i>No se cumplen los objetivos</i>	33
<i>Los datos no son concluyentes</i>	33
INFORMES PARA LA COMUNICACIÓN Y LA EDUCACIÓN	33
<i>Resúmenes periódicos</i>	33
<i>Informes finales de monitoreo</i>	34
<i>Compartir resultados</i>	34
REFERENCIAS	35

Introducción

Este es el manual del estudiante para el curso virtual titulado **“El monitoreo y la evaluación de los efectos del fuego”**. Este manual contiene los conceptos básicos que los estudiantes necesitarán para completar con éxito esta oportunidad de aprendizaje y abarca los conocimientos esenciales para los 4 módulos de aprendizaje. Este manual es una referencia esencial para completar las sesiones del aula virtual en línea y las tareas de aprendizaje del curso.

Los temas contenidos en este manual están diseñados para proporcionar a los estudiantes conocimientos y habilidades fundamentales en Ecología Básica del Fuego, Combustibles y Efectos del Fuego, Manejo Integral del Fuego y en el diseño de un programa de monitoreo de efectos del fuego simple y efectivo.

Al final del curso, los estudiantes podrán:

1. Comprender los conceptos básicos de la ecología del fuego, incluida una descripción general de los impactos del fuego en el aire, el agua y el suelo;
2. Identificar los tipos de combustibles y su relación con el comportamiento y los efectos del fuego;
3. Aplicar los conceptos de Manejo Integral de Fuego y de Manejo Adaptativo; y
4. Diseñar un programa de monitoreo de los efectos del fuego relevante para sus tipos de combustibles y ecosistemas.

Módulo 1 - Conceptos básicos de ecología del fuego

Introducción

En este módulo aprenderemos conceptos básicos de ecología del fuego. También describiremos los efectos del fuego y la relación de los combustibles con la ecología del fuego. Si bien, proteger la vida y la propiedad es el objetivo principal durante las acciones de supresión de los incendios, la protección y gestión de los sistemas ecológicos también es un objetivo para los conservacionistas y los gerentes de tierras. Comprender la ciencia de la ecología del fuego es la base para una respuesta eficaz a los incendios forestales. Este módulo presenta a los estudiantes la ciencia de la ecología del fuego.

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este módulo, los estudiantes podrán:

- Describir los efectos del fuego de primer y segundo orden.
- Usar términos y definiciones fundamentales para comprender la ecología del fuego.
- Describir las distintas formas en que las plantas y los animales responden al fuego.
- Comprender cómo los incendios afectan los ecosistemas, el agua y el aire.

Primero, ¿qué es el fuego?



Triángulo del fuego

Fuego / combustión, es el proceso de quema.

Hay 3 factores que controlan la combustión: combustible, oxígeno y calor. Si falta un elemento, no puede haber combustión.

Los combustibles son materias vegetales vivas y muertas como arbustos, árboles, hojarasca y restos leñosos. El oxígeno proviene de la atmósfera y el calor proviene de una fuente de ignición como un rayo o los humanos.

Comprender el proceso de combustión y cómo se transfiere el calor es importante para comprender el comportamiento del fuego. Los combustibles influyen en la rapidez con que se propaga el fuego, la cantidad de calor que produce el fuego y el tamaño de las llamas.

Comprender el comportamiento del fuego es importante para tomar decisiones más seguras y efectivas antes, durante y después del incendio.

La combustión y el calor que produce el fuego tiene un impacto en los ecosistemas, el agua y la calidad del aire.

Entonces, ¿qué es la Ecología del Fuego?

La ecología del fuego es el estudio de los efectos del fuego sobre los organismos vivos y su entorno. Los ecosistemas cambian con el tiempo. El fuego es una de las perturbaciones naturales que cambia los ecosistemas.

El fuego tiene efectos sobre el suelo, el agua, el aire, las plantas y los animales. **A veces, estos efectos son positivos, a veces negativos.**

Se deben evaluar los efectos del fuego para comprender los impactos de cada incendio. Los efectos de fuego se dividen en efectos de fuego de primer y segundo orden.

Efectos del fuego de primer orden

Los efectos del fuego de primer orden ocurren **durante o inmediatamente después de un incendio y se localizan en el área quemada.** Forman una base importante para predecir efectos secundarios, como la regeneración de los árboles, la sucesión de las plantas y los cambios en la productividad del sitio, pero estos involucran la interacción con muchas otras variables distintas del fuego.

A continuación se muestran ejemplos de efectos del fuego de primer orden:

- Follaje quemado o chamuscado
- Cicatrices de fuego
- Tejido interno del árbol o meristemas muertos por calor
- Mortalidad de animales terrestres por exposición al calor
- Mortalidad de organismos acuáticos por calentamiento de arroyos
- Capas de hojarasca consumidas (combustibles finos)
- Estructura y química del perfil del suelo alterado por calentamiento
- Volatilización del nitrógeno del suelo
- Germinación de semillas que utilizan el humo como "señal"
- Efectos del humo en la química del aire
- Liberación de carbono secuestrado a la atmósfera

Efectos del fuego de segundo orden

Los efectos del fuego de segundo orden surgen como consecuencia de los efectos de primer orden. Son **efectos a largo plazo que involucran muchas otras variables distintas del fuego.** También pueden involucrar:

- Efectos retardados en el tiempo
- Efectos desplazados en el espacio
- Efectos en niveles superiores de organización biológica (comunidades, ecosistemas)

Por ejemplo, los árboles, arbustos y pastos pueden parecer muertos después de un incendio, pero con el monitoreo podemos ver que recuperarse de un incendio puede tomarles tiempo.

A continuación se muestran ejemplos de efectos del fuego de segundo orden:

- Regeneración de árboles
- Sucesión de plantas
- Erosión resultante de la lluvia en suelos dañados
- Competencia alterada entre especies (por ejemplo, tolerantes al fuego vs. sensibles al fuego, árboles vs. arbustos)
- Aumento del crecimiento de los árboles como resultado del nitrógeno disponible (mineralizado)
- Ataque masivo de árboles debilitados por los escarabajos barrenadores
- Cambios en la abundancia y distribución de organismos patógenos y parásitos

Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

- Estructura alterada de edad y tamaño en las poblaciones de especies como resultado de la mortalidad diferencial
- Apertura de claros post incendio en bosques y / o arboledas.

Definiciones clave de la ecología del fuego

Inflamabilidad

La relativa facilidad con la que los combustibles se encienden y se queman independientemente de la cantidad de combustibles. Un combustible es inflamable cuando es fácilmente inflamable y puede arder y producir llamas. No todos los combustibles de un ecosistema son inflamables.

Tiempo de residencia

El tiempo requerido para que el frente en llamas de un incendio pase por un punto estacionario en la superficie del combustible o, dicho de una forma más simple, el tiempo que dura el fuego en un punto determinado pudiendo o no quemar todos los combustibles. Evasión

Intensidad de fuego vs. Severidad del fuego

La **intensidad del fuego** ocurre por encima del suelo (es decir, la longitud de la llama)

La **severidad del fuego** es el impacto de la superficie y el calor en la superficie del suelo y debajo (tiempo de residencia / calor por unidad de área).

Un incendio de baja intensidad y movimiento lento podría tener efectos mucho más graves y complejos en algo como el suelo forestal que un incendio de mayor intensidad y movimiento más rápido en la misma vegetación.

Resiliencia

La capacidad del ecosistema para resistir los daños y recuperarse de una perturbación, o para volver al estado anterior a la perturbación.

Vulnerabilidad

Un ecosistema puede tener especies que son sensibles al fuego, resistentes al fuego o adaptadas al fuego:

- Los ecosistemas sensibles al fuego son vulnerables y se ven afectados por el fuego.
- Los ecosistemas resistentes al fuego pueden recuperarse de la mayoría de los incendios.
- Los ecosistemas adaptados al fuego necesitan fuego para perpetuarse.

Especies sensibles al fuego

Una especie con una probabilidad "relativamente alta" de resultar herida o muerta por el fuego.

Especies resistentes al fuego

Especies con características morfológicas que le confieren menor probabilidad de resultar herido o muerto por un incendio:

Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

- **Tolerancia:** especies que mitigan condiciones peligrosas, a menudo letales. Las células vivas se calientan severamente pero sobreviven de todos modos.
- **Evasión:** especies que evitan daños a sus células por calentamiento a temperaturas letales (por ejemplo, aislar tejidos).

Especies adaptadas al fuego

Especies que requieren del fuego para poder activar funciones importantes del ciclo de vida, como la producción de flores y frutos, y la dispersión de semillas. Las plantas adaptadas al fuego tienen estrategias para responder al fuego, como el rebrote, la dispersión de semillas y la regeneración desde debajo del suelo.

Respuesta y adaptación al fuego

¿Cómo afecta el fuego a las plantas?

Muchas especies de plantas en ambientes naturalmente afectados por el fuego requieren el fuego para germinar, establecerse y reproducirse. Muchos ecosistemas, en particular praderas, sabanas y bosques de coníferas, han evolucionado con el fuego como contribuyente a la salud, renovación y restauración de los ecosistemas.

Las plantas han desarrollado **estrategias para sobrevivir al fuego y regenerarse**, tales como:

- Estrategias de rebrote
- Floración posterior a la quema
- Estrategias de regeneración post quema:
 - Las semillas de muchas especies requieren fuego para la germinación (por ejemplo, *Penstemon barbatus*)
 - Algunas especies (por ejemplo, *Populus tremuloides*) pueden colonizar clonalmente después del incendio
 - Algunas especies de coníferas necesitan calor para abrir los conos y liberar semillas

La regeneración posterior al incendio de algunas especies mediante la dispersión de semillas puede tardar años o décadas.

El fuego puede inducir cambios en la densidad de población. Por ejemplo, puede matar muchos árboles pequeños, dejando solo los más grandes.

El fuego también puede favorecer a las especies tolerantes al fuego sobre las especies sensibles al fuego.

Efectos del dosel

Los efectos del dosel se encuentran entre los **efectos de primer orden** más inmediatos y visibles (altura de las quemaduras y mortalidad). **Predicen la mortalidad de los árboles** y, por lo tanto, muchos otros efectos de incendios de ecosistemas de segundo orden.

Algunas especies pueden sobrevivir a altos niveles de daño en el dosel, otras no. Muchas especies de plantas adaptadas al fuego pueden sufrir una mortalidad de la copa del 100% y aún así recuperarse volviendo a brotar a partir de las raíces.

Efectos del fuego subterráneo

El calentamiento del suelo **mata las raíces finas**, la principal forma en que los árboles recolectan agua y nutrientes. El fuego puede dañar el tejido interno de las raíces más grandes, que mantienen a los árboles en su lugar.

Pero el fuego también moviliza nitrógeno y fósforo y puede conducir a un aumento del crecimiento posterior al incendio.

¿Cómo afecta el fuego a los ecosistemas?

Ecosistema sensible al fuego

Los ecosistemas sensibles al fuego son aquellos con una **adaptación limitada al fuego**. Esto se debe a que estos ecosistemas se han desarrollado en entornos donde los incendios son raros. Por ejemplo, el bosque tropical latifoliado y áreas como el desierto de Sonora.



Figura 1: Bosque de cactus saguaro en Arizona

Ecosistema adaptado al fuego

Estos ecosistemas responden al fuego con muchas de las adaptaciones discutidas anteriormente. La vegetación y la vida silvestre en estos ecosistemas tienen una larga historia de eventos de incendios porque **se han adaptado a la inflamabilidad y los ciclos de quema**. La mayoría de los ecosistemas de sabanas, pinares y arbustos están adaptados al fuego.

Cerrar la brecha entre la ciencia y
el manejo del fuego



Figura 2: Bosque de pino, México

Ecosistema resistente al fuego

Estos ecosistemas tienen **adaptaciones para resistir el fuego**. Los ecosistemas de manglares son un ejemplo. Debido a su ubicación en ambientes salinos o acuáticos, retienen altos niveles de humedad combustible en sus hojas y tallos. De esta forma resisten los impactos del fuego. Los bosques pantanosos de agua dulce también se conocen como resistentes al fuego debido a sus altos niveles de humedad. Estos ecosistemas pueden arder durante condiciones de sequía extrema.



Figura 3: Ecosistema resistente al fuego, Páramo, Costa Rica

Ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos **pueden tener impactos a corto plazo** como cambios en el pH, claridad del agua (turbidez), niveles más bajos de oxígeno y erosión. Los impactos positivos incluyen el aumento de nutrientes (nitrógeno) que contribuyen al crecimiento de las plantas acuáticas y beneficios para las poblaciones de insectos para alimentar a los organismos acuáticos.

¿Cómo afecta el fuego al suelo?

Los efectos del fuego son más severos en suelos con alto contenido de materia orgánica. Cuando los restos vegetales se descomponen y se mezclan con suelo mineral, la materia orgánica puede arder de forma persistente en condiciones secas. Estos suelos se encuentran a menudo en humedales y pantanos. **Dado que el tiempo de residencia es largo y el calor por unidad de área es alto en estos suelos afectados por la sequía, las raíces de los árboles se dañan causando mortalidad.** Estos suelos requieren muchos años para desarrollarse después del incendio, lo que provoca una pérdida de sustrato para la recuperación del bosque.

Los efectos del fuego sobre los suelos también pueden ser positivos. **Si el suelo está relativamente húmedo y el fuego arde sobre la vegetación, se agregan muchos nutrientes importantes al sustrato.** Se aporta nitrógeno al suelo que promueve el crecimiento de las plantas. Esta es la estrategia de las culturas indígenas de todo el mundo para quemar de forma que aporten nutrientes al suelo y por tanto aumentar la producción de cultivos.

Se puede observar la **severidad** con la proporción de cenizas negras y blancas después de un incendio. **La ceniza blanca es un consumo completo que indica más calor por unidad de área y combustibles secos.**

¿Cómo afecta el fuego al aire?

El humo puede afectar la calidad del aire con partículas, sustancias químicas y gases emitidos por la combustión. Los incendios de la estación seca pueden emitir más contaminantes porque hay más vegetación disponible para quemar. Los incendios de la estación seca aportan CO₂ a la atmósfera. El humo también oscurece e impacta la visibilidad en vistas panorámicas, carreteras y áreas públicas.

Los incendios de la estación húmeda envían menos partículas a la atmósfera y pueden secuestrar carbono (se producen más cenizas negras). Algunas especies de plantas responden a nutrientes como el nitrógeno presente en el humo y aumentan la producción de semillas.

¿Cómo afecta el fuego a la vida silvestre?

En general, **la mayoría de la fauna tiene estrategias para evitar los incendios**. Pueden huir, excavar o buscar la mayoría de las áreas. La mayoría de la fauna tiene un sentido agudo del olfato que les permite detectar el humo mucho antes de que llegue el fuego.

En cada incendio hay ganadores y perdedores.

- Los incendios afectan a los animales principalmente a través de efectos en su hábitat.
- Los incendios a menudo causan aumentos a corto plazo en los alimentos de vida silvestre que contribuyen a aumentar las poblaciones de algunos animales. Estos aumentos están moderados por la capacidad de los animales para prosperar en el ambiente posterior al incendio.
- El alcance de los efectos del fuego en las comunidades animales depende del grado de cambio en la estructura del hábitat y la composición de las especies causado por el fuego.
- Dentro de los bosques, los incendios de reemplazo de arboleda suelen alterar la comunidad animal de manera más dramática que los incendios del sotobosque, y causar mayores cambios en las comunidades de fauna de los bosques que en las de los pastizales.

Es importante recordar que el fuego ha sido parte de la ecología de nuestro planeta durante millones de años.

Las especies animales están adaptadas para sobrevivir al patrón de frecuencia, estación, tamaño, severidad y uniformidad de los incendios que caracterizaba su hábitat antes de la llegada de los humanos. Cuando la frecuencia de los incendios aumenta o disminuye o la severidad del fuego cambia, el hábitat de muchas especies animales declina.

Módulo 2 - Conocimiento sobre los combustibles para los efectos del fuego

Introducción

Como los combustibles son una parte integral del triángulo del comportamiento del fuego, **comprender los combustibles y sus propiedades es vital para comprender cómo éstos afectan al comportamiento y los efectos del fuego.**

Los combustibles son parte del triángulo del comportamiento del fuego, junto con el clima y la topografía.

Dichos factores influyen principalmente en:

- La cantidad de calor producida por el fuego, y
- Qué tan rápido se propaga el fuego.

Cada uno de los factores del triángulo del fuego tiene múltiples sub-elementos. Por ejemplo, una combinación de la pendiente y la velocidad del viento influye en la rapidez con que se propagará el fuego, mientras que la cantidad de combustible influye en la temperatura a que se calentará.. Cuanto más calor, más difícil de controlar el fuego y más severos serán los impactos y los efectos del fuego.

Los combustibles son la única parte del triángulo del fuego que se puede manejar con el propósito de producir un cambio en el comportamiento del fuego.

El manejo de los combustibles es simple en teoría pero puede resultar complicado en la práctica. Incluye tanto la modificación del comportamiento potencial del fuego como la influencia de los efectos del fuego.

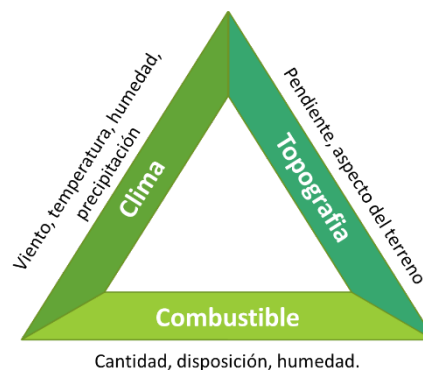
Algunos de los métodos efectivos utilizados para modificar el combustible incluyen:

- Quemas prescritas cuidadosamente planificadas como una estrategia eficaz para reducir la acumulación de los combustibles.
- Construcción de cortes de combustibles, brechas cortafuego y líneas negras.

Objetivos de aprendizaje

Al completar este módulo, los estudiantes aprenderán:

- La importancia de comprender los tipos de combustible para un manejo del fuego seguro y eficaz.
- A identificar los tipos de incendios y describir sus contribuciones a los efectos y el comportamiento del fuego.
- Sobre las características físicas de los combustibles y de la combustión.
- Los conceptos de humedad de los combustibles y cómo utilizar estos conceptos para evaluar el comportamiento del fuego y los posibles efectos del fuego.



Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

- Las similitudes y diferencias entre los combustibles tropicales y los de otros climas.

Tipos de combustible y tipos de fuego

Los combustibles son **materiales orgánicos que pueden arder en un incendio**. Incluyen materiales vivos y muertos que están por encima del suelo mineral. Por lo tanto, esto puede incluir árboles, troncos, arbustos, pastos, hojarasca o la capa orgánica del suelo. Sin embargo, **no todos estos combustibles están necesariamente disponibles para la combustión**. Algunos pueden ser difíciles de encender en determinadas condiciones. Por ejemplo, las agujas de pino pueden estar demasiado húmedas para encenderse. Los combustibles disponibles son combustibles que se encenderán y apoyarán la combustión en el frente en llamas.

Los combustibles se pueden clasificar por su localización en el paisaje como:

- **Dosel:** follaje, pequeñas ramas en la copa de los árboles y arbustos altos.
- **Escalera:** combustibles que pueden llevar un fuego que arde en vegetación de bajo crecimiento a vegetación más alta
- **Superficie** (hasta 6 pies): hojarasca, madera caída, plantas herbáceas y pequeños árboles y arbustos que se encuentran sobre o cerca de la superficie del suelo.
- **Suelo / subterráneo** (debajo de la superficie): capa orgánica, troncos enterrados, raíces y otros materiales orgánicos.



Los combustibles de superficie son la capa más propensa a quemarse y a propagar el fuego.

Los tipos de combustible afectan la velocidad de propagación, el tiempo de residencia, la intensidad del fuego y, por lo tanto, los efectos del fuego.

Un cambio en el tipo de combustible cambia el comportamiento del fuego por lo que es fundamental conocer los combustibles presentes en su área de trabajo y sus características. Por ejemplo, un cambio de combustibles horizontales (es decir, hojarasca) a combustibles verticales (es decir, combustible de escalera) puede convertir un incendio de superficie en un incendio de copa (consulte los tipos de incendios a continuación).

Tipos de combustibles

Los combustibles se organizan en tres grupos:

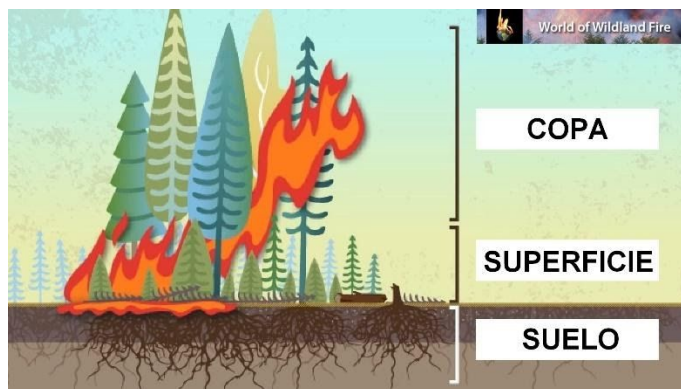
- **Hierba:** la más inflamable y la primera en ser influenciada por la humedad de extinción (ver más abajo).
- **Arbustos:** la inflamabilidad está determinada por la humedad del combustible vivo (ver más abajo). Cuanto menor sea la humedad del combustible, más inflamable. Los arbustos también son combustibles para escaleras que ayudan a que el fuego llegue al dosel.
- **Árboles:** dependiendo de la especie y la densidad, estos tienen las mayores cargas de combustible. La excepción son los humedales boscosos y los bosques tropicales.

Tipos de incendios

Incendios subterráneos

Los incendios subterráneos se propagan principalmente por **combustión latente** a través de combustibles subterráneos que incluyen maleza profunda, raíces, troncos enterrados podridos y otro material orgánico.

El incendio subterráneo se propaga principalmente por combustión de carbones quemados a través de combustibles subterráneos, que incluyen capas orgánicas profundas, raíces, troncos enterrados podridos y otros materiales orgánicos.



Los incendios terrestres tienen una tasa de propagación lenta. Estos incendios ocurren bajo tierra. Los incendios terrestres pueden matar las raíces de los árboles y causar la muerte de la vegetación sobre el suelo. Estos incendios pueden arder sin llama durante largos períodos de tiempo y son difíciles de apagar. **Son un indicador de condiciones de sequía.**

Incendios de superficie

Los incendios de superficie se propagan por **combustión en llamas a través de combustibles de superficie** (en o cerca de la superficie), incluidas agujas, hojas, pasto, escombros leñosos, plantas pequeñas y arbustos. Los incendios superficiales tienen una tasa de propagación más alta que los incendios del suelo. Los incendios de superficie precalientan los combustibles adyacentes aumentando el tamaño del perímetro del incendio.

Incendios de copa

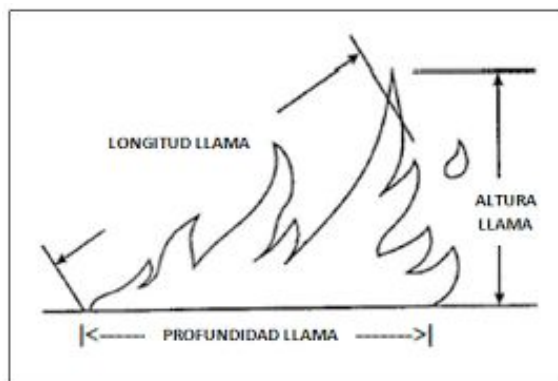
Los fuegos de copas queman a través de arbustos y árboles. **Se propagan rápidamente y liberan una enorme cantidad de energía en un corto período de tiempo.** Las brasas de los fuegos de copa son a menudo la causa de los focos secundarios de fuego. Los incendios de copa son difíciles de controlar y pueden matar árboles.

Características de los combustibles

Los combustibles forestales tienen diferentes propiedades que pueden influir en el comportamiento del fuego de diferentes maneras. Estas propiedades específicas nos ayudan a comprender y predecir el comportamiento potencial del fuego.

Por ejemplo, las características del combustible pueden influir:

- **Dónde se propagará un incendio**, es decir:
 - o Diferente disponibilidad para la combustión
 - o Diferente probabilidad de ignición: esta es una medida de inflamabilidad para predecir la probabilidad de que un incendio se encienda (es decir, fuego secundario)
- **Qué tan rápido se propagará el fuego**, es decir, los incendios en pastos se propagan rápidamente en comparación con los incendios en áreas húmedas cubiertas de árboles que se propagan lentamente:
 - o Diferente intensidad de fuego: una medida de la cantidad de calor que se produce en el frente en llamas.
 - o Diferente tasa de propagación: una medida de la rapidez con la que se propaga un incendio, expresada en metros por minuto.
 - o Longitud de llama diferente: la medida de la llama desde el nivel del suelo hasta la parte superior. Importante para calcular el ancho de una línea de fuego o línea negra.



Cantidad / carga

La carga de combustible es el peso seco del combustible en un área determinada. **Cuanto mayor sea la carga de combustible, más calor se liberará cuando los combustibles se quemen.** Sin embargo, una mayor carga de combustible también puede conducir a velocidades más lentas de propagación del fuego porque hay menos oxígeno disponible para la combustión. Esto es cierto en ambientes húmedos tropicales, donde la carga de combustible relativamente alta puede no generar tanto calor porque los combustibles grandes están húmedos y la proporción entre volumen y superficie disminuye.



Figura SEQ Figure * ARABIC 4: Combustible pequeño (izquierda) y combustible grande (derecha)

Tamaño y forma

Determina la relación entre el área superficial y el volumen. Los combustibles pequeños, como las agujas, la hojarasca y las hojas de hierba, tienen una gran área superficial en relación con su volumen. Los combustibles que se asocian más comúnmente con las áreas de ignición son aquellos que se caracterizan por tener una alta relación área superficial y volumen. Por lo general, estos incluyen hierba muerta, agujas de coníferas, ramitas pequeñas, madera dura y otros paquetes de combustible similares.

Profundidad de la capa de combustible

Se mide desde el suelo o de la superficie de la capa orgánica hasta la capa superior de combustible. **Cuanto más alto o profundo sea el combustible, mayor será la longitud potencial de la llama.**

Compactación

Es la separación entre partículas de combustible. Las capas compactas de combustible tienen poco espacio entre las partículas de combustible. Se expresa como la proporción de embalaje que se calcula a partir de la profundidad, carga y tamaño de la capa de combustible. Las capas de combustible con una alta proporción de embalaje son más compactas. **Los combustibles compactos tienen poco oxígeno disponible para la combustión, lo que hace que sean más difíciles de encender.**

Disposición

Orientación dominante de los combustibles. Las capas de combustible se pueden organizar tanto verticalmente como horizontalmente. **Combustibles orientados verticalmente tendrán a tener más longitud de la llama en comparación con los**



combustibles orientados horizontalmente. Los pastos y arbustos están orientados verticalmente, mientras que los restos de madera y los restos de los troncos están orientados horizontalmente.

Continuidad

Las capas de combustible pueden ser continuas o irregulares. Las capas de combustible irregulares tienen combustibles entremezclados con áreas sin combustible. Las capas de combustible continuo tienen pocas áreas sin combustible. **El fuego es más probable que se propague a través de combustibles continuos.**

Contenido de químico

Algunos combustibles tienen altas cantidades de sustancias volátiles, como aceite, resinas o ceras. Los combustibles con muchos productos químicos volátiles en las hojas **pueden encenderse fácilmente** incluso con un alto contenido de humedad. Ejemplo: la palma de tasiste.



Contenido de humedad

Es la cantidad de agua en un combustible, expresada como porcentaje. Es una de las propiedades más importantes del combustible que influye en el comportamiento potencial del fuego.

El contenido de humedad ayuda a determinar la posibilidad de que el fuego se encienda y se propague. Los combustibles con alto contenido de humedad son difíciles de encender. La hierba seca se enciende y se quema rápidamente. La hierba verde se seca a medida que pasa el fuego, pero es posible que no se encienda. **Cuanto más seco sea el combustible, más rápido y más caliente será el fuego.**

Los incendios tenderán a encenderse más fácilmente y a propagarse más rápidamente en combustibles finos muertos con bajo contenido de humedad. No todos los combustibles terrestres necesariamente aceleran la propagación del fuego. Por ejemplo, la maleza baja podría retardar la propagación del fuego porque puede retener la humedad a nivel del suelo, manteniendo la hojarasca húmeda y, por lo tanto, menos susceptible a la ignición.

La topografía, el clima y las propiedades del combustible afectan los niveles de humedad del combustible y, por lo tanto, la probabilidad de ignición de los combustibles. La baja probabilidad de ignición indica efectos del fuego menos severos y fáciles de controlar.

Tipos de humedad del combustible

Humedad del combustible vivo:

La humedad del combustible vivo es la medida de la cantidad de agua en los combustibles vivos y es un factor crítico que influye en el comportamiento y los efectos del fuego. Se expresa como porcentaje del peso seco de ese combustible:

$$\% = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso en seco}}{\text{peso en seco}} \times 100$$

La humedad del combustible vivo:

- Se encuentra en plantas vivas.
- Varía del 30% al 300%. Solo el crecimiento nuevo contiene hasta un 300% de contenido de humedad.
- Varía según el espacio, las especies y las estaciones.
- Se diferencia por tipo de planta, estación y etapa de crecimiento.
- Afecta la posibilidad de que se quemem los combustibles vivos.

El contenido de humedad de los combustibles vivos cambia constantemente. La mayoría de los ecosistemas contienen una variedad de vegetación anual y perenne y cada especie tendrá un hábito de crecimiento estacional diferente o una época del año en que su contenido de humedad es más alta.

La carga herbácea cambia entre viva y muerta dependiendo del contenido de humedad herbácea viva especificado.

Humedad del combustible muerto:

El contenido de humedad del combustible muerto es el contenido de humedad de la vegetación muerta. Es la medida de la cantidad de agua en una pieza de combustible y se expresa como porcentaje:

$$\% = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso en seco}}{\text{peso en seco}} \times 100$$

Los combustibles muertos incluyen todas las partes muertas como la hojarasca, la capa orgánica, los troncos caídos, las plantas curadas (pastos), la vegetación muerta adherida a vegetación viva y los árboles muertos en pie.

La humedad del combustible muerto:

- Varía del 2% al 30%.
- Puede cambiar rápidamente con el tiempo y el espacio.
- Fluctúa a menudo debido a las condiciones ambientales.

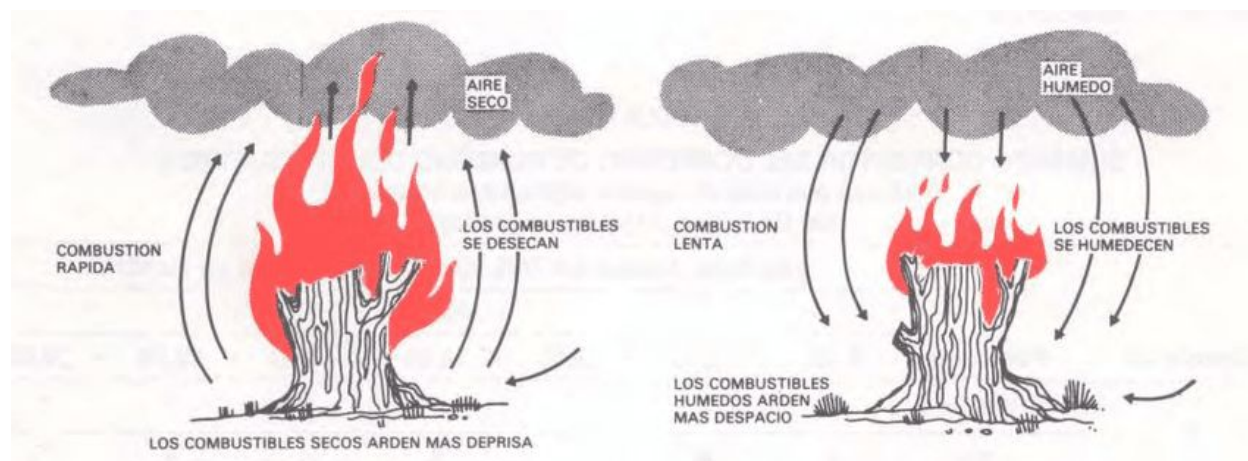
La topografía, las condiciones atmosféricas y las propiedades del combustible afectan los niveles de humedad del combustible. Por ejemplo: las laderas orientadas al sur y al este se secan más rápido y temprano en el día porque el sol llega primero.

Cuanto más seco, más impacto sobre la vegetación y más especies son capaces de quemarse, como en los ecosistemas sensibles al fuego.

Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

La humedad del combustible muerto es un componente dinámico de los combustibles que varía con los cambios de humedad relativa del aire. **Los combustibles muertos pierden o ganan humedad cuando la humedad relativa disminuye o aumenta, respectivamente.** Los combustibles finos tienen un mayor contacto con el aire debido a su mayor relación superficie-volumen. Por lo tanto, **los combustibles finos responden con bastante rapidez a los cambios en la humedad relativa, mientras que los combustibles de mayor diámetro tardarán más en ganar y perder contenido de humedad del combustible.**

Los combustibles muertos pueden absorber y perder humedad. Su humedad puede fluctuar a diario según el clima y la hora del día. El agua pasa de concentraciones más altas a concentraciones más bajas. Por ejemplo, los combustibles secos colocados sobre suelo húmedo absorberán el agua, lo que los hará menos inflamables. Por el contrario, los combustibles húmedos en suelo seco perderán humedad en el suelo seco.



La vegetación muerta es crítica para determinar el potencial de incendio. A diferencia de los combustibles vivos, los combustibles muertos responden únicamente a las condiciones ambientales y son altamente susceptibles a los cambios diarios en los niveles de contenido de humedad. Las células de combustible muertas pueden absorber el vapor del agua del aire y absorber el agua líquida en forma de rocío o lluvia. El combustible muerto pierde agua por evaporación cuando la atmósfera es más seca que el combustible vivo. Combustibles finos como pastos, agujas (acículas), y ramitas pueden reaccionar diariamente. Sin embargo, los combustibles más grandes, como las ramas y los troncos, tardarán más tiempo en absorber y perder humedad, especialmente en el centro del combustible. **Para los tomadores de decisión de incendios, el uso de niveles de humedad de los combustibles muertos para determinar la ignición y propagación potenciales de los incendios es crítico en los incendios forestales y prescritos.**

La humedad de los combustibles finos muertos (es decir, el material más inflamable: pastos, agujas de pino) es un factor importante para determinar el comportamiento del fuego, incluidas la velocidad de propagación, la longitud de la llama y la intensidad del fuego. En general, cuanto más seco esté el combustible, más rápido y más caliente se propagará el fuego. Los tomadores de decisiones que encabezan una quema prescrita usan los niveles de humedad del combustible como un factor decisivo para cumplir con los objetivos de combustión. **Si el contenido de humedad es bajo, el fuego puede**

volverse intenso y errático y los efectos del fuego pueden ser graves. Si el contenido de humedad es alto, se puede consumir poco combustible.

Las propiedades de los combustibles impactan directamente la humedad del combustible. Los combustibles compactados, como una pila de troncos cortados o agujas de pino densas, tendrán tasas de evaporación más lentas que los combustibles que están dispuestos de forma más holgada. Esto se debe a que, a mayor área superficial expuesta, más oxígeno disponible y por eso es más inflamable.

Humedad de extinción

A cierto nivel de humedad, **el combustible está demasiado húmedo para que se propague el fuego**. Esto se llama humedad de extinción. Este porcentaje variará según las características del combustible, como el tamaño, la cantidad y la disposición de los combustibles en el paisaje. En general, los combustibles finos, como los pastos, tendrán una menor humedad de la extinción, mientras que para los combustibles de mayor tamaño, el porcentaje será mayor. Es posible observar la humedad de extinción durante la noche o cuando el fuego alcanza los combustibles adyacentes a las áreas de humedales. Esto se debe a que los combustibles han alcanzado su humedad de extinción y están demasiado húmedos para quemarse.

Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE)

Se alcanza cuando no hay intercambio de agua entre el combustible y el medio ambiente. El combustible muerto alcanza su CHE cuando **el combustible ha alcanzado el equilibrio con su ambiente**. Cuanto más bajo sea el CHE, mayor disponibilidad tendrá el combustible quemarse, porque el combustible está seco y listo para encenderse. Sin embargo, **el equilibrio es dinámico** y cambia con la humedad relativa, la temperatura y el tipo de combustible. Por ejemplo, aumenta con el incremento de la humedad relativa o la disminución de la temperatura. El material o el tamaño del combustible también es un factor determinante de la CHE del combustible.

En el campo, hay diferentes tipos de combustible presentes en una misma área. Es imposible que un complejo de combustibles esté en CHE al mismo tiempo. La hora del día es importante. Los incendios que queman combustibles secados al sol tendrán un mayor impacto en la vegetación. Por la noche, los combustibles finos se vuelven menos inflamables, lo que reduce la gravedad y la intensidad.



Categorías de combustible muerto para mediciones de carga de combustible

Concepto de tiempo de retardo (timelag): lo que necesita saber

Combustibles de 1h, 10h, 100h, 1000h - ¿Qué significa?

Se refiere a **categorías de tamaño estándar** para combustibles leñosos muertos caídos, que se utilizan para medir cargas de combustible en transectos.

Concepto de tiempo de retardo (timelag) – en detalles

Un tiempo de retardo es **el tiempo que tarda un combustible en acercarse a su CHE debido a los cambios en el ambiente**. Cuando el ambiente cambia, el combustible requiere tiempo para mojarse o secarse para acercarse a CHE. El tiempo de retardo está relacionado con el tamaño del combustible.

Los combustibles más pequeños alcanzan el CHE más rápido que los combustibles más grandes, ya que es más rápido ganar o perder humedad.

El tiempo de retardo se expresa como:

- 1 hora a CHE (1/4 en diámetro)
- 10 horas a CHE (1/4 - 1 en diámetro)
- 100 horas a CHE (1 - 3 en diámetro)
- 1000 horas a CHE (> 3 en diámetro)



Combustibles en ecosistemas tropicales

En ecosistemas tropicales, **los combustibles finos son donde ocurren la mayoría de los incendios**.

Las altas cargas de combustible no se traducen en alta inflamabilidad. Las áreas de altas cargas de combustible son a menudo las menos inflamables. Por ejemplo, los bosques densos y húmedos pueden tener altas cargas de combustible, pero permanecen húmedos y menos inflamables durante un período de tiempo más largo que las sabanas que se queman rápidamente con cargas de combustible más bajas.

La carga de combustible aumenta más rápido después del fuego que en ecosistemas templados.
Cuanto más tiempo haya transcurrido desde el último incendio, mayor será la carga de combustible.

Muchos árboles no son resistentes al fuego. Los incendios de baja intensidad son suficientes para matarlos. Generalmente, las especies de árboles con hojas anchas y corteza lisa son sensibles al fuego.

Módulo 3 – Uso del manejo integrado de fuego y del manejo adaptativo

Introducción

Para ayudar a los gerentes y profesionales de los incendios, se desarrolló el concepto de Manejo Integral de Fuego (MIF), con la intención de proporcionar una estructura para decidir cómo responder a los desafíos. Para aplicar el concepto de MIF, el sistema de Manejo Adaptativo (MA) proporciona un proceso paso a paso para el desarrollo de objetivos y estrategias para un manejo eficaz del fuego.

Los gerentes y combatientes se enfrentan a la necesidad de tomar decisiones con un conocimiento incompleto debido a la falta de datos e investigación sobre los efectos del fuego en sus ecosistemas. El manejo eficaz se logra de la forma más eficiente utilizando la mejor información disponible. Llenar los vacíos en el conocimiento es fundamental para una buena toma de decisiones. Es por eso que un programa de monitoreo simple para el desarrollo de objetivos claros y resultados es un proceso rápido en la evaluación de las mejores prácticas de manejo.

Los programas de manejo de fuego con metas y objetivos adecuados funcionan de manera segura y eficiente. Para lograr los mejores resultados, los programas de monitoreo deben proporcionar retroalimentación sobre esas metas y objetivos. Sin ambos, el programa de manejo de fuego se vuelve costoso e ineficiente. Es por eso que presentamos el MIF, el MA, y orientación sobre el desarrollo de metas / objetivos / variables. Establecer el marco de un programa sólido es esencial antes de realizar cualquier monitoreo.

Objetivos de aprendizaje

Al final de este módulo, los estudiantes podrán:

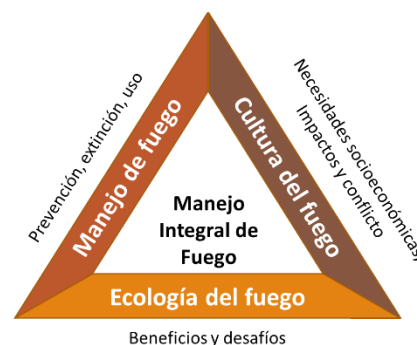
- Describir el concepto de Manejo Integral de Fuego.
- Explicar la importancia y la aplicación del Manejo Adaptativo.
- Desarrollar metas y objetivos SMART utilizando información de su situación local.

Manejo integral de fuego

Es un concepto de **sistemas operativos y de planificación** que incluyen evaluaciones sociales, económicas, culturales y ecológicas con el objetivo de **minimizar los daños y maximizar los beneficios del fuego**. Estos sistemas incluyen una combinación de estrategias y técnicas de prevención y extinción que integran el uso de quemas prescritas.

Para más detalles sobre el MIF, consultar el siguiente documento:

https://www.conservationgateway.org/Documents/el_manejo_integral_del_fuego.pdf



Manejo adaptativo

Sin un monitoreo adecuado, es imposible saber si se cumplen los objetivos de manejo de fuego establecidos previamente. El monitoreo proporciona datos e información necesarios para la planificación y las actividades de manejo del fuego. Es parte del proceso de manejo adaptativo:



Figura 6: Proceso de Manejo Adaptativo

El proceso de manejo adaptativo utiliza aportes de la comunidad, experiencia operativa de incendios, y observaciones científicas para mejorar los programas de manejo de fuego. Estas mejoras descubiertas en el proceso de manejo adaptativo ayudan a los gerentes de incendios a tomar mejores decisiones.

El uso del proceso de manejo adaptativo también ha enseñado a los gerentes de incendios que las estrategias para suprimir todos los incendios han tenido consecuencias no deseadas.

Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

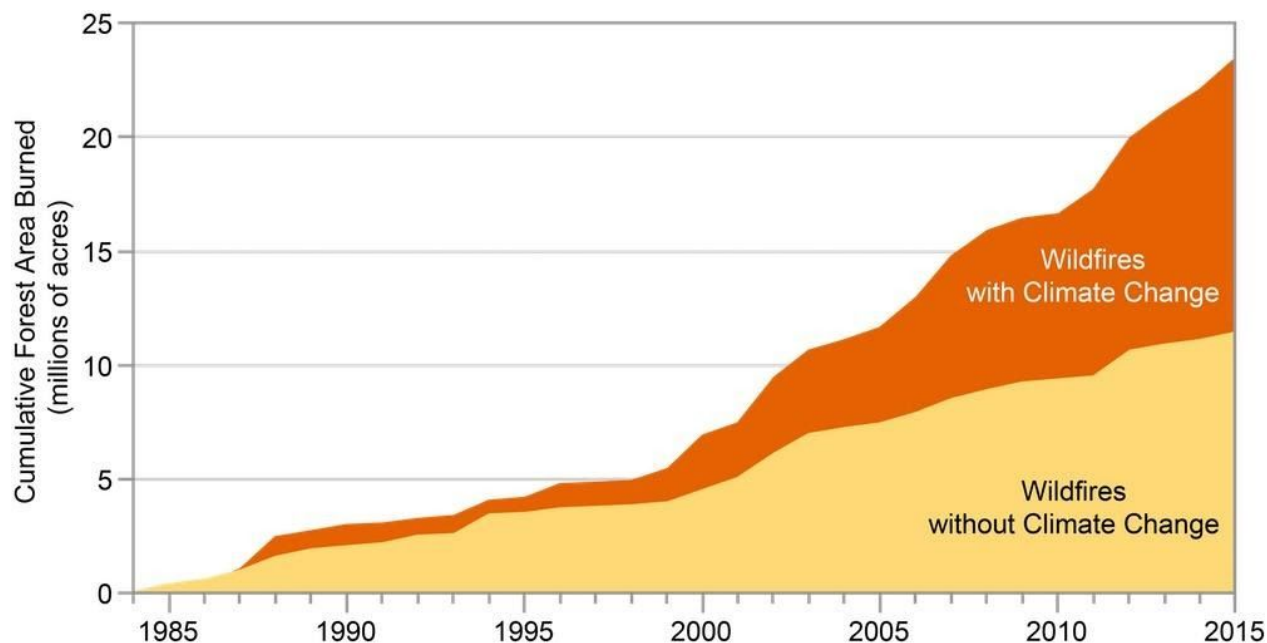


Figura 7: Global fire occurrence - Source: United States National Ocean and Atmospheric Administration

Las políticas de extinción han aumentado la carga de combustible al interrumpir el ciclo natural de incendios, lo que reduce la acumulación de vegetación. Esta acumulación de combustibles ha dificultado el control de los incendios. Para responder a estos mayores riesgos debido a la alta carga de combustible, se pueden implementar programas de reducción de combustible mediante el uso de quemas prescritas.

El manejo adaptativo realiza un seguimiento de lo que funcionó y lo que no funcionó.

Toda actividad de manejo produce resultados y efectos. Al monitorear y evaluar estos "experimentos" de manejo, podemos determinar qué tratamientos o acciones logran nuestros objetivos de manejo de combustible sin comprometer nuestros objetivos de manejo de la tierra.

Utilizar los resultados de un programa de monitoreo de alta calidad para evaluar un programa de manejo de quemas prescritas es la clave para un manejo adaptativo exitoso. Mediante el uso de los resultados del monitoreo para determinar si se cumplen los objetivos de manejo, se puede verificar que el programa está en marcha o, a la inversa, recopilar pistas sobre lo que puede no estar funcionando para que sea posible realizar los cambios apropiados.

El monitoreo solo es exitoso cuando está completamente integrado en los planes de manejo que son apoyados tanto por la gerencia como por los grupos de interés afectados.

Desarrollar metas y objetivos

El monitoreo es parte del ciclo de manejo adaptativo. Lo que medimos, qué tan bien medimos, y con qué frecuencia medimos son características de diseño que se definen por cómo se articula un objetivo. Los objetivos forman la base de un proyecto de monitoreo. El primer paso es establecer objetivos de manejo Específicos, Mensurables, Alcanzables, Relevantes y Temporales (SMART en inglés) enunciados de

Cerrar la brecha entre la ciencia y el manejo del fuego

manera simple, de propósito único, claramente expresados que comuniquen la identidad, la naturaleza y la profundidad del problema.



Los recursos y el financiamiento para el monitoreo son limitados. **No podemos controlar todo, por lo que tenemos que elegir las preguntas más importantes para responder.** Deben establecerse prioridades, y la escala y la intensidad describen la complejidad y el costo del monitoreo.

Ejemplos de objetivos SMART:

- Reducir la carga de combustible en combustibles finos en un 40-60% medido inmediatamente después de la quema.
- Reducir la mortalidad en árboles de más de 15 cm de DAP medido un año después de la quema.

Definir metas y objetivos de manejo de incendios.

Meta: el estado deseado para el que está diseñado un programa de manejo de fuego. Por lo general, una meta no es cuantificable y puede que no tenga una fecha de vencimiento específica. Las metas forman la base a partir de la cual se desarrollan los objetivos.

Ejemplo de meta de manejo de fuego: prevenir incendios forestales.

Objetivo: resultados específicos a alcanzar en un período de tiempo establecido. Los objetivos se desarrollan para apoyar las metas del programa de manejo de fuego. Un objetivo especifica el período de tiempo para completar los productos o logros mensurables y cuantificables.

Ejemplo de objetivo de manejo: utilizar quemas prescritas para reducir en un 75% los combustibles de 1 hora medidos 3 meses después de la quema.

El desarrollo de buenos objetivos de manejo es probablemente la etapa más crítica del proceso de manejo.

Como parte del ciclo de manejo adaptativo, los objetivos de manejo:

- Enfocan y agudizan el pensamiento sobre el estado o condición deseada del recurso.
- Describen a otros la condición deseada del recurso.
- Proporcionan orientación para el tipo apropiado de monitoreo.
- Proporcionan una medida del éxito del manejo.
- Informan a los gerentes si las estrategias contra el fuego son efectivas.

Los objetivos son descripciones de un estándar o tendencia medible que usted se esfuerza por lograr para una condición particular de combustible, efecto de fuego o característica del hábitat. También pueden establecer un límite en la extensión de un cambio indeseable. Los objetivos se pueden describir de dos formas:

- Una condición (por ejemplo, disminuir la carga de hojarasca a 0.5 toneladas / acre). Usted evalúa el éxito en el cumplimiento de su objetivo comparando el estado actual del atributo de medición con el estado deseado o con un estado indeseable que opera como una señal de alerta o umbral.
- Un cambio en relación con la situación existente (por ejemplo, disminuir las cargas de combustible de superficie en un 50%). Mides la tendencia en el tiempo.

Ejemplos de programas de manejo de incendios con metas y objetivos adecuados

Ejemplo 1

Entorno del fuego: En el área boscosa, los incendios severos de la estación seca amenazan la vida, la propiedad y la biodiversidad.

Meta de manejo de fuego: Reducir el riesgo de incendios forestales incontrolados.

Objetivo de manejo de fuego: Utilizar quemas prescritas para reducir la carga de combustible en el área del proyecto en un 50% inmediatamente después de la quema.

Prácticas de manejo de fuego implementadas para cumplir con el objetivo: Planificar e implementar la quema de reducción de combustibles.

Ejemplo 2

Entorno del fuego: En el área boscosa cercana a las comunidades, los incendios severos de la estación seca amenazan la vida, la propiedad y la biodiversidad.

Meta de manejo de fuego: Suprimir todos los incendios para proteger los árboles maduros para el hábitat de las mariposas.

Objetivo de manejo de fuego: Limitar la mortalidad de los árboles (DAP > 15 cm) a menos del 10% después del incendio.

Prácticas de manejo de fuego implementadas para cumplir con el objetivo: Desarrollar grandes brigadas de bomberos, comprar equipos para el suministro de agua, iniciar programas de prevención de incendios.

Selección de variables de seguimiento de interés para el manejo

Los datos recopilados se utilizarán para evaluar las prácticas de manejo y ver si se cumplen las metas y los objetivos de manejo. Por lo tanto, las variables de monitoreo deben elegirse cuidadosamente, ya que están aquí para ayudarlo a evaluar los programas de manejo.

Se deben seleccionar las variables que le permitan monitorear los impactos de las prácticas de manejo y las perturbaciones.

Cerrar la brecha entre la ciencia y
el manejo del fuego

Ejemplos de categorías de variables:

- Hábitat
- Especies de interés
- Especies raras o protegidas
- Especies invasivas
- Especies de importancia económica
- Cargas de combustible

En los mismos ejemplos de programas de manejo de incendios presentados anteriormente, una variable de monitoreo seleccionada sería:

- Ejemplo 1: Carga de combustible
- Ejemplo 2: Mortalidad de árboles

Módulo 4 - Métodos para programas de monitoreo de efectos de fuego

Introducción

A través de la investigación y la observación, hemos aprendido que la mayoría de las plantas y los animales se adaptan al fuego. Algunas especies prosperan en el fuego mientras que otras sufren efectos negativos. Cada incendio tiene un impacto sobre los ecosistemas. El monitoreo de los efectos del fuego es una herramienta económica y eficaz para aprender cómo el fuego cambia los ecosistemas.

El monitoreo:

- Proporciona datos e información necesarios para la planificación del manejo de fuego.
- Proporciona información científica del campo para tomar buenas decisiones.
- Proporciona un proceso para decidir cuál es la información más importante a recopilar.
- Ayuda a verificar si se cumplen los objetivos de manejo.
- Evita las decisiones basadas en opiniones, ya que reemplaza la opinión con la observación basada en hechos.

En este módulo, los estudiantes aprenderán un método fácil y simple para establecer un programa de monitoreo de efectos de fuego. Las técnicas que se enseñan en este módulo se desarrollan para que los gerentes puedan evaluar los impactos de los incendios en áreas de interés específico. Dos Fuegos desarrolló estos métodos para que el personal de campo pudiera tener las herramientas para conocer los combustibles, el comportamiento del fuego y los impactos del fuego en los ecosistemas.

Objetivos de aprendizaje

Después de completar este módulo, los estudiantes podrán:

- Describir los pasos para desarrollar un Programa de Monitoreo de Efectos de Fuego para su área de trabajo.
- Usar habilidades y técnicas para manejar y recopilar datos
- Conocer las herramientas y equipos necesarios para el monitoreo
- Realizar un monitoreo de fotografías de calidad
- Usar la información de los efectos del fuego para aprender y reportar

¿Qué puede hacer el monitoreo de los efectos del fuego por usted?

Cambios en la vegetación y los combustibles después de un incendio

Se pueden detectar cambios en la vegetación y los combustibles a lo largo del tiempo. Un programa de monitoreo de los efectos del fuego permite evaluar y rastrear las acumulaciones de combustible y los cambios en el ecosistema.

Al igual que un profesional médico que toma los signos vitales importantes de un paciente, el monitoreo de los efectos del fuego es **un método para que los gerentes de fuego detecten cambios positivos y negativos en la vegetación**. Con estos datos, los gerentes pueden identificar preocupaciones y observar el éxito.

En todo el planeta se sabe muy poco sobre los impactos del fuego. Una afirmación simple como "Todos los incendios son malos" es incorrecta. Algunos incendios son beneficiosos mientras que otros son destructivos. La forma más efectiva de conocer los impactos del fuego es a través de un sistema de monitoreo de efectos del fuego.

Un programa de monitoreo de efectos del fuego puede utilizar personal de campo para recopilar datos específicos del sitio sobre los impactos del fuego en las variables que son importantes para las operaciones y el manejo de fuego.

Comunicación a gerentes, tomadores de decisiones y al público

Los datos sobre el control de incendios proporcionan información sobre la eficacia del manejo de fuego. Los gerentes pueden utilizar la información obtenida del monitoreo de los efectos del fuego para informar a los superiores, a los medios de comunicación, y al público sobre su programa.

Los datos de los efectos del fuego son útiles para responder preguntas como: "¿Cómo sabe que su programa está logrando resultados?"

Datos de referencia para investigaciones más específicas

Cualquier persona con esta formación puede realizar el monitoreo de los efectos del fuego. No se necesita un título académico avanzado. Con el monitoreo básico de los efectos del fuego, los gerentes y el personal de campo pueden proporcionar datos útiles y específicos del área local. Los datos que recopilan las personas de campo se pueden utilizar como base para preguntas de investigación más específicas basadas en preocupaciones de manejo. Con esta línea de base, los investigadores académicos pueden proporcionar datos más detallados.

Ayuda a emparejar el comportamiento del fuego observado con los efectos

Uno de los productos más importantes de un Programa de Monitoreo de Efectos de Fuego es registrar y documentar lo que sucedió durante y después de un incendio. Muchos combatientes y gerentes experimentados tienen este conocimiento. Este conocimiento lleva años para comprenderlo. Un programa de observaciones del comportamiento del fuego y de los efectos del fuego puede aumentar la velocidad de aprendizaje de todo el personal de combate. Medir y documentar los incendios y sus efectos es una oportunidad para adquirir conocimientos sobre el comportamiento del fuego rápidamente.

Diseño del programa de monitoreo

El desarrollo de metas y objetivos SMART para un programa de manejo de fuego que guiará las prácticas de manejo de fuego implementadas es el primer paso para llevar a cabo un manejo efectivo (Ver Módulo 3). De esas metas y objetivos, se seleccionan las variables de monitoreo. Son variables que se ven afectadas por las prácticas de manejo o las perturbaciones naturales de los incendios.

Una vez que se seleccionan las metas, objetivos y variables, el siguiente paso es diseñar un programa de monitoreo de los efectos del fuego que permita el seguimiento de los cambios en las variables de monitoreo inducidos por las prácticas de manejo o las perturbaciones.

Diseño e instalación de la parcela - Tamaño del programa

Tricone & Anderson (2018) presenta una lista de protocolos de monitoreo para monitorear cambios en la vegetación. El primer paso para diseñar un programa es determinar en qué tipo de ecosistema está trabajando, de modo que seleccione el tipo y tamaño de parcela adecuados: parcela pastizal y matorral o parcela forestal (p.6).

Se recomienda instalar parcelas permanentes ya que son fácilmente repetibles y proporcionan datos de monitoreo a largo plazo.

El siguiente paso es determinar cuántas parcelas necesita y dónde instalarlas para que los datos recopilados le informen sobre los impactos del fuego en las variables de monitoreo seleccionadas. Elija sabiamente su ubicación, donde se puedan recopilar los mejores datos posibles. **Comience con algo pequeño, pruebe, mejore y amplíe si es necesario.**

Seleccionar protocolo(s) - Duración de la recopilación de datos

Después de determinar el diseño de su parcela, es necesario seleccionar uno o varios protocolos para recopilar datos sobre esas parcelas. Las siguientes preguntas son para guiar su proceso de selección:

- ¿Que quieres saber?
- ¿Qué datos pueden informarle sobre cambios en sus variables de monitoreo?

No es necesario monitorear todas las especies. Es importante elegir sabiamente sus protocolos para ahorrar tiempo y esfuerzos.

Tricone y Anderson (2018) proponen una lista de protocolos para monitorear cambios en la vegetación que son efectivos para informar las prácticas de manejo y requieren poca capacitación del personal. De la página 9 a la página 23, encontrará la descripción de los protocolos para:

- Categorías de variables de monitoreo:
 - Especies de árboles
 - Capa herbácea y arbustiva
 - Carga de combustible
- Técnicas de análisis visual:
 - Puntos de foto
 - Mapeo de parcelas

En el ejemplo 1 del programa de manejo de incendios (ver módulo 3), ahora podemos seleccionar un protocolo:

- **Entorno del fuego:** En el área boscosa, los incendios severos de la estación seca amenazan la vida, la propiedad y la biodiversidad.
- **Meta de manejo de fuego:** Reducir el riesgo de incendios forestales incontrolados.
- **Objetivo de manejo de fuego:** Utilizar quemas prescritas para reducir la carga de combustible en el área del proyecto en un 50% inmediatamente después de la quema.
- **Prácticas de manejo de fuego implementadas para cumplir con el objetivo:** Planificar e implementar la quema de reducción de combustibles.
- **Variable de monitoreo seleccionada:** carga de combustible

- **Protocolo seleccionado:** transectos de carga de combustible y puntos fotográficos.

En el ejemplo 2 del programa de manejo de incendios (ver módulo 3), ahora podemos seleccionar un protocolo:

- **Entorno del fuego:** En el área boscosa cercana a las comunidades, los incendios severos de la estación seca amenazan la vida, la propiedad y la biodiversidad.
- **Meta de manejo de fuego:** Suprimir todos los incendios para proteger los árboles maduros para el hábitat de las mariposas.
- **Objetivo de manejo de fuego:** Limitar la mortalidad de los árboles (DAP > 15 cm) a menos del 10% después del incendio.
- **Prácticas de manejo de fuego implementadas para cumplir con el objetivo:** Desarrollar grandes brigadas de combatientes, comprar equipos para el suministro de agua, iniciar programas de prevención de incendios.
- **Variable de monitoreo seleccionada:** Mortalidad de árboles
- **Protocolo seleccionado:** Estado del árbol (etiquetado y condición Vivo o Muerto)

Calendario de monitoreo: frecuencia de la recopilación de datos

Ahora que sabe qué mediciones se requieren y dónde se llevará a cabo el monitoreo, es hora de recopilar los datos pertinentes.

Debe determinar con qué frecuencia y cuándo debe realizarse el monitoreo. Por ejemplo, es posible que deba recopilar datos después del incendio o durante la temporada de floración de una especie.

Equipo y capacitación del personal: recursos necesarios

Para recopilar datos de calidad, se requiere capacitación. Tricone & Anderson (2018) proporciona una lista de equipos por protocolo que puede consultar para comprar y prepararse. De acuerdo con los gráficos y protocolos que seleccionó para su programa:

- Hacer una lista y comprar equipo de campo
- Capacitar al personal en la recopilación de datos de campo
- Formar a un supervisor de campo a cargo del control de calidad
- Formar al personal a cargo de la entrada y del manejo de datos
- Formar al personal a cargo del análisis y la presentación de informes de datos

Calidad y manejo de datos - control de calidad

Antes de ir al campo

Haga listas de verificación del equipo necesario para realizar la recopilación de datos en el campo.

Capacite al personal sobre cómo recopilar datos correctamente para cada variable y protocolo.

Prepare hojas de datos.

En el campo

Asegúrese de llenar todos los campos de las hojas de datos, particularmente la información de los encabezados de las hojas de datos, como Fecha y Número de parcela.

Asegúrese de que los datos se recopilen correctamente. Por ejemplo, verifique que las medidas se recopilen en la unidad adecuada (cm vs pulgadas) y que las cintas DAP se utilizan correctamente.

Después del campo

Revise la información recopilada en las hojas de datos lo antes posible mientras aún esté fresca en la mente de las personas. Si es necesario realizar alguna corrección o faltan algunos datos, es posible que se solucione si se detecta temprano.

Ingrese datos y haga copias de la base de datos y las hojas de datos para su almacenamiento (copias digitales y en papel).

Programa de Evaluación

Año piloto del programa de monitoreo de fuego

El año piloto es importante como una verificación de la realidad de los recursos necesarios:

- ¿Se puede implementar el diseño de monitoreo según lo planeado?
- ¿Es el nivel de habilidad del personal de campo adecuado para el trabajo de campo, o se necesita capacitación adicional?
- ¿Están los costos de monitoreo dentro de las estimaciones?
- ¿El monitoreo tarda mucho más de lo previsto?
- ¿La entrada de datos, el análisis y el trabajo de generación de informes tomarán más tiempo del asignado?
- ¿Las variables y protocolos seleccionados proporcionan datos informativos para las decisiones de manejo?

Si el proyecto de monitoreo, tal como se diseñó, requiere más recursos de los que se planearon originalmente, la dirección debe dedicar más recursos al proyecto o usted deberá rediseñar el monitoreo para que se ajuste al presupuesto.

Los resultados del año piloto deben informarse incluso si su diseño y proyecto requieren una revisión significativa. Un informe a los gerentes es especialmente importante para describir los cambios recomendados en el diseño. Su informe también es importante para su sucesor y posiblemente para otros ecólogos, botánicos o biólogos que trabajan con situaciones o especies similares. Informar las fallas de las técnicas ayudará a otros a evitar errores similares.

Evaluar los resultados de la recopilación de datos

Asegúrese de documentar la información básica de todos los incendios forestales, independientemente de la estrategia de manejo. Además, documente el comportamiento de los incendios para permitir que los gerentes tomen las medidas adecuadas en todos los incendios que:

- Tienen el potencial de amenazar los recursos de valor.
- Se manejan bajo restricciones específicas, como una quema prescrita o un uso del fuego

Documenta y analiza los efectos de quemas prescritas a corto y largo plazo sobre la vegetación.

Hay tres posibles conclusiones derivadas de un estudio de monitoreo:

- Se cumplen los objetivos,
- Los objetivos no se cumplen, o
- Los datos no son concluyentes.

Se cumplen los objetivos

Deben continuarse tanto el manejo como el monitoreo, aunque este último quizás con menor frecuencia o intensidad.

Es importante que el monitoreo no cese cuando se hayan cumplido los objetivos. Siempre hay más por aprender. El cambio climático, la sociedad y el medio ambiente son dinámicos y los gerentes de incendios deben estar preparados para anticipar y detectar cambios.

Los gerentes nunca deben asumir que el recurso está asegurado a largo plazo.

Puede reducir la frecuencia e intensidad del monitoreo en una población que parece estable o en aumento, pero no considere el trabajo hecho e ignore la población o especie de forma permanente.

No se cumplen los objetivos

De acuerdo con el enfoque de manejo adaptativo, el incumplimiento de un objetivo debería **resultar en un cambio en el manejo**. El poder del manejo adaptativo es que el fracaso es una oportunidad para aprender y ajustar el manejo antes de que sea demasiado tarde. El ejemplo más reciente está en California, EE. UU. No cambiar las políticas de supresión permitió la acumulación de cargas de combustible que resultaron en la pérdida de vidas y propiedades.

Los datos no son concluyentes

Cuando los datos presentan resultados no concluyentes, esto generalmente significa que **se necesita más tiempo y datos**. Una revisión de los protocolos puede ser útil para evaluar qué está funcionando y qué no.

Informes para la comunicación y la educación

Los desafíos de un monitoreo exitoso involucran un diseño eficiente y específico, y un compromiso con la implementación del proyecto de monitoreo, desde la recolección de datos hasta la presentación de informes y el uso de resultados.

Recuerde que no está publicando un artículo científico. **Utilice un lenguaje simple pero efectivo y fácil de entender, como gráficos y resúmenes visuales, o una serie de imágenes que a menudo cuentan más que narraciones largas.**

Resúmenes periódicos

Debe analizar los resultados del monitoreo cada año (o cada año que se recopilen datos) e informarlos en un breve resumen. El análisis de los datos tan pronto como se recopilan tiene varios beneficios importantes. Lo más importante es que el análisis se complete mientras el trabajo de campo aún está fresco en su mente.

Aunque surgirán muchos problemas durante el año piloto, es posible que algunos no surjan hasta después de algunos años de recopilación de datos. **Se recomiendan revisiones anuales de protocolos y datos para detectar y corregir errores o perfeccionar los métodos.**

Informes finales de monitoreo

Al final de un período de monitoreo especificado, o cuando se alcanzan los objetivos, debe resumir los resultados en un informe de monitoreo formal. El informe final **debe ser un documento completo para que pueda funcionar como una herramienta de comunicación.** La preparación del informe no debería ser una tarea importante. Si ha realizado análisis de datos anuales e informes internos, resumir todo el proyecto de monitoreo debería ser sencillo.

El informe proporciona un resumen completo de la actividad de monitoreo para los sucesores, evitando repeticiones innecesarias o malentendidos del trabajo del predecesor. Por último, un resumen profesional da credibilidad a los cambios de manejo recomendados al presentar toda la evidencia en un solo documento.

Formato de informe de manejo sugerido:

- Introducción
- Descripción de ecosistemas y perturbaciones
- Metas y objetivos de manejo
- Diseño de monitoreo
- Resumen de resultados: incluye tablas y figuras que comunican los resultados
- Interpretación de resultados: describir las causas potenciales de los resultados observados, las fuentes de incertidumbre en los datos y las implicaciones de los resultados para el recurso
- Evaluación del proyecto de monitoreo: describir los requisitos de tiempo y recursos, la eficiencia de los métodos y sugerencias de mejora
- Recomendaciones de manejo y cambios basados en los resultados y las implicaciones del manejo
- Cambio y recomendaciones para el monitoreo. Análisis de costos versus ganancia de información, efectividad del sistema de monitoreo actual

Compartir resultados

Si los resultados pueden ser interesantes para otros, considere compartirlos a través de un documento técnico.. Gran parte del trabajo de preparación para una presentación ya se ha realizado con la finalización de los documentos del informe de monitoreo. Compartir los resultados tiene tres beneficios importantes:

- Aumenta la audiencia, posiblemente ayudando a más personas y mejorando otros proyectos de monitoreo (problemas similares, especies similares, etc.).
- Aumenta la credibilidad profesional de su institución. .
- Contribuye a su crecimiento profesional.

Referencias

Tricone F and Anderson TR (2018) Monitoreo de efectos de fuego para bosques tropicales, sabanas y humedales: Una guía práctica para que los gerentes evalúen el riesgo de incendio, los combustibles y la vegetación. Sarteneja, Belize, 58p.