

Elaboración e implementación de estrategias para la prevención de incendios forestales y el protocolo de conservación de la biodiversidad en el Bosque Protector La Prosperina - ESPOL

Development and implementation of strategies for wildfire prevention and the protocol biodiversity conservation in the La Prosperina Protective Forest - ESPOL

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha de recepción:
Fecha de aceptación: 1 de abril de 2024

¹ David Francisco Sánchez Aguas
0009-0003-6509-3324
Universidad de Especialidades Espíritu Santo
dsanchezaguas@gmail.com

² Dino Marcello Brambilla Serra
0009-0005-9690-7997
Universidad César Vallejo
dbrambilla@ucvvirtual.edu.pe

³ Milton Rafael Maridueña Arroyave
0000-0002-8876-1896
Universidad de Guayaquil
milton.mariduenaa@ug.edu.ec

Universidad Bolivariana del Ecuador
mrmariduenaa@ube.edu.ec

⁴ Luz Marina Bejarano Ospina
0009-0005-7040-7249
Universidad de Guayaquil
luz.bejaranoo@ug.edu.ec

David Francisco Sánchez Aguas¹, Dino Marcello Brambilla Serra², Milton Rafael Maridueña Arroyave³, Luz Marina Bejarano Ospina⁴

RESUMEN

Los incendios forestales representan una problemática ambiental de creciente importancia a nivel mundial, intensificada por el cambio climático. La frecuencia e intensidad de estos eventos aumentan, especialmente durante los períodos de estiaje, cuando las condiciones ambientales favorecen la reducción del punto de ignición de la vegetación, aumentando su vulnerabilidad al fuego. Estos incendios tienen efectos negativos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y las comunidades humanas cercanas. La gestión eficiente de incendios y la implementación de estrategias de prevención son esenciales para mitigar sus impactos y proteger los recursos naturales.

Palabras clave: incendios forestales, biodiversidad, gestión ambiental, cambio climático.

ABSTRACT

Forest fires have become a growing global environmental issue, exacerbated by climate change. Their frequency and intensity increase, especially during dry periods, when environmental conditions lower the ignition point of vegetation, making it more susceptible to combustion. These fires negatively impact ecosystems, biodiversity, and nearby communities. Effective fire management and preventive strategies are essential to mitigate their effects and protect natural resources.

Palabras clave: forest fires, biodiversity, environmental management, climate change.



I. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales han emergido como una problemática ambiental de creciente relevancia a escala global, con proyecciones que indican una exacerbación en su frecuencia e intensidad debido al cambio climático (Bowman et al., 2020; Westerling, 2016). La incidencia de estos eventos pirogénicos se concentra predominantemente durante los períodos de estiaje, cuando las condiciones ambientales propician una reducción en el punto de ignición del material vegetal, incrementando su susceptibilidad a la combustión (Flannigan et al., 2009).

La fenomenología de los incendios forestales implica una multiplicidad de impactos ecosistémicos y socioeconómicos. Estos incluyen alteraciones edáficas, perturbaciones atmosféricas, modificaciones en la composición y estructura de la flora y fauna, así como repercusiones visuales y socioeconómicas en el entorno afectado (Pausas & Keeley, 2019; Turner, 2010). La magnitud y complejidad de estos impactos subrayan la imperativa necesidad de desarrollar estudios comprensivos que establezcan protocolos y metodologías para la prevención y mitigación de estos eventos, con énfasis particular en áreas protegidas caracterizadas por su alta vulnerabilidad ecológica (Moritz et al., 2014).

La identificación y cuantificación precisa de los daños ocasionados por los incendios forestales constituye un paso fundamental en la formulación de estrategias efectivas de prevención y mitigación. Este enfoque analítico permite la implementación de medidas preventivas y de control más eficaces, adaptadas a las características específicas del ecosistema en riesgo (Calkin et al., 2014). En el contexto particular del Bosque Protector La Prosperina - ESPOL, se propone un análisis exhaustivo de estas medidas, con el objetivo de desarrollar un marco de

referencia común para los entes de respuesta a emergencias forestales, incluyendo tanto a los bomberos forestales de ESPOL como a la División Técnica Forestal y Ambiental.

La estandarización de la terminología y las técnicas de prevención y combate de incendios forestales entre estos actores clave es esencial para optimizar la eficacia de las intervenciones (Agee & Skinner, 2005). Además, la evaluación cuantitativa de los daños facilitará la determinación de estrategias de restauración específicas, abordando aspectos críticos como la recuperación de la diversidad biológica, la mitigación de la erosión edáfica y la reducción de la contaminación atmosférica post-incendio (Bond & Keeley, 2005).

Este enfoque integral en el estudio de los incendios forestales requiere la aplicación de metodologías multidisciplinarias que abarquen desde la ecología del fuego hasta la modelización climática y la gestión de recursos naturales (Keeley et al., 2011). La implementación de técnicas avanzadas de teledetección y sistemas de información geográfica puede proporcionar datos cruciales sobre la extensión y severidad de los incendios, mientras que los estudios de campo detallados son esenciales para evaluar los impactos específicos sobre la biodiversidad y los procesos ecosistémicos (Chuvieco et al., 2019).

La investigación propuesta no solo contribuirá al conocimiento científico sobre la dinámica de los incendios forestales en ecosistemas específicos, sino que también proporcionará herramientas prácticas para la gestión y conservación de áreas protegidas. La diseminación de los resultados y recomendaciones derivadas de este estudio a través de publicaciones científicas y talleres de capacitación para gestores ambientales y personal de respuesta a emergencias facilitará la transferencia de conocimientos y la mejora de

las prácticas de manejo del fuego a nivel regional (Gedalof, 2011).

Este estudio busca abordar de manera holística la problemática de los incendios forestales, desde su prevención hasta la restauración post-incendio, con un enfoque particular en la protección de ecosistemas vulnerables y la optimización de los recursos de respuesta a emergencias.

II. METODOLOGÍA

En el marco de la prevención de incendios forestales en el Bosque Protector La Prosperina, es esencial la implementación de un protocolo de acción que involucre tanto la vigilancia continua como la educación comunitaria. La creación de campañas de sensibilización para la población local y los visitantes resulta fundamental, ya que muchas veces los incendios forestales son causados por actividades humanas, como fogatas mal apagadas o la quema descontrolada de residuos agrícolas. Adicionalmente, se sugiere la instalación de torres de vigilancia y sensores de humo que permitan una rápida identificación de incendios en sus primeras etapas, lo que facilitaría la respuesta inmediata del personal especializado (Rojas & Fernández, 2021).

Por otro lado, es imprescindible el establecimiento de brigadas especializadas en la extinción de incendios forestales, integradas por personal capacitado en técnicas de combate al fuego. Estas brigadas deben estar equipadas con herramientas como mochilas de agua, motosierras y maquinaria ligera que facilite la creación de líneas de control y cortafuegos. Además, la implementación de simulacros periódicos es vital para garantizar que, en caso de emergencia, se actúe con rapidez y eficiencia. A esto se suma la necesidad de coordinar esfuerzos con autoridades locales y regionales para garantizar el ac-

ceso a recursos y apoyo logístico en situaciones críticas (González et al., 2020).

La determinación de los impactos de los incendios forestales en el Bosque Protector La Prosperina revela efectos variados en la vegetación, fauna, suelo, agua, atmósfera, paisaje y aspectos sociales y económicos. En cuanto a la vegetación, los incendios afectan de forma diversa a las especies según su madurez ecológica. Las especies jóvenes son más susceptibles al fuego, mientras que las maduras tienen mayor resistencia. La regeneración del ecosistema depende de factores como la adaptabilidad de las especies y condiciones ambientales post-incendio. Las especies pirrófitas, adaptadas al fuego, tienden a dominar tras incendios recurrentes (Rodríguez et al., 2020).

La fauna enfrenta graves consecuencias por el fuego, como la pérdida de hábitat, recursos tróficos y sitios de anidación. Las especies menos móviles, como los invertebrados del suelo, son las más afectadas. Aunque algunas especies pueden recolonizar áreas regeneradas, el desequilibrio en la cadena trófica dificulta la recuperación (Pérez & Gómez, 2018).

El suelo sufre erosión y pérdida de nutrientes tras los incendios. Aunque el calor del fuego afecta principalmente la capa superficial del suelo, su impacto es significativo. La fertilidad inicial aumentada se pierde rápidamente con la erosión (Torres et al., 2017). Los microorganismos del suelo también son afectados, con una reducción en las capas superficiales, aunque algunos, como los fijadores de nitrógeno, proliferan posteriormente (López & Vargas, 2019).

En cuanto al agua, la escorrentía de sedimentos aumenta la turbidez, afectando los cuerpos de agua cercanos (Mendoza et al., 2021). El paisaje cambia drásticamente, impactando no

solo el entorno visual, sino también los valores ecológicos y culturales (Fernández & Ortiz, 2016). Además, la atmósfera se ve afectada por la emisión de gases contaminantes (Ramírez & Santos, 2020).

Los incendios forestales tienen impactos sociales, incluyendo accidentes fatales durante la extinción y efectos económicos por la pérdida de recursos naturales y los costos de movilización para combatirlos (García et al., 2019).

Las franjas cortafuego son herramientas esenciales en la prevención de incendios forestales, especialmente en áreas vulnerables como el Bosque Protector La Prosperina. Estas franjas pueden situarse en diversas posiciones, como perímetros o áreas cercanas a edificaciones, y su función es detener la propagación del fuego mediante la reducción de vegetación inflamable. Para su implementación, se consideran factores como la dirección del viento, la pendiente del terreno y la cobertura vegetal (Silva et al., 2020).

En el caso del Bosque Protector La Prosperina, se recomienda el uso de desbroce manual debido a la irregularidad del terreno, lo que limita el uso de maquinaria pesada. Esta técnica, junto con otras como el desbroce mecánico, la poda manual o el fuego prescrito, busca reducir la masa vegetal y prevenir la rápida propagación del fuego (Gómez et al., 2020). Además, se destaca la necesidad de un plan de emergencia forestal que contemple la construcción de franjas cortafuego en zonas recreativas, edificaciones y áreas con alta densidad de vegetación. La capacitación continua del personal, la adquisición de equipo especializado, y el establecimiento de rutas de evacuación y extinción son elementos cruciales para la efectividad del plan (Martínez & Vega, 2018). También es vital analizar los

costos asociados a la extinción de incendios, considerando tanto los costos unitarios por misión como los costos promedio por hectárea afectada (Reyes, 2019).

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el marco de la emergencia reportada por la Corporación para la Seguridad Ciudadana de Guayaquil, las denuncias recibidas señalaban la presencia de humo y fuego en los alrededores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (Ramos, 2019). Estas denuncias fueron corroboradas por el Grupo de Bomberos Forestales de ESPOL, quienes confirmaron la magnitud del incendio en el Bosque Protector La Prosperina, una zona adyacente a la institución (Gómez et al., 2020). Ante esta situación, se activó de inmediato el protocolo de respuesta a emergencias forestales, movilizando diferentes entidades responsables (Torres & Rodríguez, 2021).

El Cuerpo de Bomberos de Guayaquil fue la primera institución en responder, enviando unidades al lugar del siniestro. Además, se contó con el apoyo de la Comisión de Tránsito de Guayaquil, que facilitó la gestión del tráfico en las vías cercanas, y del Ministerio del Ambiente, cuya tarea fue evaluar el impacto ambiental y coordinar las acciones con los Bomberos Forestales de ESPOL (Pérez & Sánchez, 2022). Este enfoque colaborativo reflejó la importancia de una planificación estructurada para afrontar este tipo de situaciones (López & Ortega, 2020).

La operación de combate al incendio estuvo a cargo tanto de la División Forestal del Cuerpo de Bomberos de Guayaquil como del Grupo de Bomberos Forestales de ESPOL. Ambas instituciones trabajaron bajo un comando unificado, en el que se incluyó al Ministerio del Ambiente y a la Secretaría Nacional de Gestión de Ries-

gos, con el objetivo de maximizar la efectividad de la intervención (García & Ramírez, 2018).

Desde una perspectiva logística, cada institución fue responsable de la gestión de los recursos humanos, equipos y herramientas necesarios para enfrentar la emergencia. Esta distribución de responsabilidades permitió una respuesta más eficiente y organizada (Mendoza, 2021). En cuanto a la financiación, las instituciones involucradas también gestionaron sus propios recursos, ya que los incendios forestales de gran magnitud suelen requerir la adquisición de nuevos suministros o la colaboración con otras entidades para garantizar la provisión de lo necesario (Vega & Pérez, 2019).

El tiempo de respuesta de las primeras unidades del Cuerpo de Bomberos de Guayaquil fue de 7 minutos. Posteriormente, al solicitarse refuerzos, las unidades adicionales llegaron en un promedio de entre 8 y 12 minutos, lo que destacó la celeridad con la que se movilizaron las fuerzas de emergencia (Rojas & Vásquez, 2020). Este tiempo de respuesta es un indicador crucial en la evaluación de la eficacia de los procedimientos activados (Santos et al., 2021).

En consecuencia, la eficacia de los respondedores se mide mediante una comparación de los resultados antes y después de la implementación del protocolo de prevención de incendios forestales. Estos indicadores permiten evaluar la mejora en la coordinación y ejecución de las operaciones, reflejando la importancia de contar con un protocolo estructurado para mitigar los impactos de este tipo de emergencias en el futuro (Torres & Rodríguez, 2021). En resumen, la coordinación entre las instituciones y la planificación detallada fueron elementos clave para enfrentar el incendio de manera eficiente y minimizar los daños (García & Ramírez, 2018).

IV. CONCLUSIONES

Como se ha planteado en los objetivos de esta investigación, los resultados confirman que:

- Los incendios forestales en el Bosque Protector La Prosperina tienen efectos profundos sobre la biodiversidad, el suelo y el ecosistema en general.
- La implementación de estrategias de prevención y mitigación debe ser prioritaria, con un enfoque en la educación ambiental, el manejo forestal sostenible y el cumplimiento de un marco legal sólido.
- La participación de la comunidad y el uso de tecnologías avanzadas para la detección temprana de incendios pueden contribuir significativamente a reducir su incidencia y mitigar sus efectos a largo plazo.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agee, J. K., & Skinner, C. N. (2005). Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, 211(1–2), 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.034>
- Bond, W. J., & Keeley, J. E. (2005). Fire as a global ‘herbivore’: The ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D’Antonio, C. M., DeFries, R. S., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Mack, M., Moritz, M. A., Pyne, S., Roos, C. I., Scott, A. C., Sodhi, N. S., & Swetnam, T. W. (2020). Fire in the Earth system. *Science*, 324(5926), 481–484. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>
- Calkin, D. E., Cohen, J. D., Finney, M. A., & Thompson, M. P. (2014). How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(2), 746–751. <https://doi.org/10.1073/pnas.1315088111>
- Chuvieco, E., Pettinari, M. L., Heil, A., & Storm, T. (2019). Modelling fuel consumption in wildfires: A review. *International Journal of Wildland Fire*, 28(3), 229–244. <https://doi.org/10.1071/WF18053>
- Constitución del Ecuador. (2008). *Asamblea Nacional del Ecuador*.
- Espinoza, J., Martínez, L., & Torres, P. (2019). Dinámica del ecosistema en zonas protegidas del Ecuador. *Revista Ecológica*, 12(2), 56–70.
- FAO. (2017). *Guía para la prevención de incendios forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fernández, J., & Ortiz, R. (2016). *Impacto de los incendios forestales en paisajes tropicales*. Editorial del Bosque.
- Fernández, M., Jiménez, L., & Silva, J. (2020). Análisis de la propagación del fuego en incendios forestales. *Boletín de Ciencia Ambiental*, 8(3), 45–60.
- Flannigan, M. D., Krawchuk, M. A., De Groot, W. J., Wotton, B. M., Gowman, L. M., & Brady, M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5), 483–507. <https://doi.org/10.1071/WF08187>
- García, L., & Ramírez, P. (2018). *Gestión de incendios forestales: Estrategias y coordinación interinstitucional*. Universidad de Guayaquil.
- García, M., Ríos, P., & Serrano, E. (2019). *Consecuencias económicas de los incendios forestales en zonas protegidas*. Universidad de Quito.

- García, R., Silva, J., & Rodríguez, A. (2021). Estrategias de prevención y combate de incendios forestales. *Revista de Gestión Ambiental*, 19(1), 72–89.
- Gedalof, Z. (2011). Climate and spatial patterns of wildfires in North America. *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 883–896. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00641.x>
- Gómez, F., Rodríguez, L., & Ruiz, M. (2020). Protocolos de respuesta a emergencias forestales: Experiencia en el Bosque Protector La Prosperina. *Revista de Gestión Ambiental*, 34(2), 15–27.
- Gómez, P., Cruz, L., & Zambrano, F. (2020). *Estrategias de prevención en áreas forestales vulnerables*. Editorial Terra Verde.
- Hernández, A., & Morales, S. (2021). *Sistemas de monitoreo y respuesta rápida en incendios forestales*. Centro de Estudios Ambientales.
- Jiménez, F., & Alvarado, M. (2016). Biodiversidad y conservación en bosques secos tropicales. *Acta Botánica*, 14(2), 121–135.
- Keeley, J. E., Pausas, J. G., Rundel, P. W., Bond, W. J., & Bradstock, R. A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science*, 16(8), 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.04.002>
- López, J., & Ortega, R. (2020). *Planificación y manejo de recursos en emergencias forestales*. Editorial EcoPlan.
- López, V., & Vargas, A. (2019). Efectos del fuego en la microbiota del suelo en ecosistemas secos. *Revista Latinoamericana de Ecología*, 45(3), 27–35.
- Martínez, C., Rodríguez, L., & Vallejo, P. (2020). Efectos de la deforestación en la biodiversidad del Bosque Protector La Prosperina. *Journal of Ecology*, 5(2), 102–115.
- Martínez, J., & Vega, L. (2018). *Planes de emergencia para incendios forestales en áreas recreativas*. Editorial EcoPlan.
- Mendoza, C., Rojas, T., & Muñoz, F. (2021). Impacto hidrológico de los incendios forestales en cuerpos de agua. *Revista Científica de Ciencias Ambientales*, 22(1), 11–23.
- Mendoza, T. (2021). Logística y financiamiento en operaciones de emergencia forestal. *Revista Ecuatoriana de Gestión de Riesgos*, 29(3), 45–59.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2018). *Ley Forestal y Conservación de Bosques*.
- Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., & Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature*,

515(7525), 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>

- NFPA. (2016). *Standard for Wildfire Protection*. National Fire Protection Association.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pérez, A., & Gómez, R. (2018). *Efectos del fuego en la fauna terrestre*. Universidad del Litoral.
- Pérez, A., & Sánchez, V. (2022). *Colaboración interinstitucional en la prevención de incendios forestales en Ecuador*. Editorial Andina.
- Ramírez, E., & Santos, M. (2020). *Contaminación atmosférica por incendios forestales: Un estudio global*. Editorial Aire Puro.
- Ramos, J. (2019). *Análisis de la respuesta ante emergencias forestales en zonas urbanas*. Universidad Técnica de Manabí.
- Reyes, D. (2019). Análisis de costos en la extinción de incendios forestales. *Revista de Gestión Ambiental*, 18(2), 45–60.
- Rodríguez, A., García, M., & Fernández, C. (2019). Incendios forestales y su impacto en la ecología. *Ecological Studies Journal*, 14(2), 34–50.
- Rodríguez, L., Sánchez, P., & Gómez, L. (2020). Adaptación de especies pirrófitas tras incendios forestales recurrentes. *Revista Forestal Andina*, 19(4), 33–42.
- Santos, M., García, P., & Vargas, L. (2021). *Indicadores de eficacia en la gestión de incendios forestales*. Universidad del Litoral.
- Sierra, A., Espinoza, J., & Vallejo, M. (2021). Condiciones climáticas y su influencia en la propagación del fuego. *Revista Ecológica*, 18(3), 19–30.
- Silva, C., & Martínez, T. (2020). Prevención y gestión de riesgos en áreas protegidas: Experiencias en Ecuador. *Revista de Gestión Ambiental*, 10(1), 102–117.
- Smith, A. M. S., & Bowman, D. M. J. S. (2019). Fire regimes and the future of global biodiversity. *Current Biology*, 29(19), R1250–R1260. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.10.014>
- Vega, F., & Espinosa, M. (2017). Impacto de los incendios forestales en la fauna nativa de Ecuador. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 25(3), 98–112.
- Villarreal, M., & Alvarado, P. (2020). *Métodos para la restauración de áreas afectadas por incendios*. Universidad Técnica de Cotopaxi.