

Impacto de los incendios forestales en la cobertura espacio-temporal de los bosques del Parque Nacional Henri Pittier

Oscar Abarca

¹Laboratorio de Geomática. Instituto de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4563. Maracay, 2101-A. Venezuela

RESUMEN

Mediante el procesamiento de imágenes de satélite, se determinó que en un periodo de 51 años (1973-2024), el Parque Nacional Henri Pittier (PNHP) ha perdido 15 177 ha de bosques, que se han convertido en herbazales de montaña. Se evaluó en detalle un periodo de 10 años de imágenes (2015-2024) para determinar la distribución espacial y temporal de los incendios de vegetación, así como la extensión superficial de estos eventos, para cada año del periodo. La mayor extensión de incendios se produjo en el 2020, con 9 291 ha, seguido del 2024, con 8 528 ha. El mínimo del período se produjo en 2021, con 573 ha. Estas áreas afectadas se presentan, en su gran mayoría, en la ladera sur del PNHP, con centros de ignición en las principales zonas pobladas que hacen vecindad con el parque, en los estados Aragua y Carabobo. La ocurrencia anual de los incendios afecta principalmente a los herbazales que han ido colonizando la vertiente sur del parque, pero también afecta paulatinamente las áreas de bosques perimetrales, en las adyacencias del herbazal, y en las galerías y quebradas donde aún prevalecen bosques ribereños, en la ladera sur.

Palabras clave: biodiversidad, imagen de satélite, mapas, riesgos, sistemas de información geográfica, vegetación.

Impact of forest fires on the spatio-temporal coverage of the forests of the Henri Pittier National Park

ABSTRACT

Using satellite imagery, it was determined that over a period of 51 years (1973-2024), Henri Pittier National Park (PNHP) has lost 15,177 ha of forests, which have been converted into mountain grassland. A 10-year period of imagery (2015-2024) was evaluated in detail to determine the spatial and temporal distribution of vegetation fires, as well as the surface extent of these events, for each year of the period. The largest extension of fires occurred in 2020, with 9 291 ha, followed by 2024, with 8 528 ha. The minimum of the period occurred in 2021, with 573 ha. These affected areas are, mostly, on the southern slope of the PNHP, with ignition centers in the main populated areas that are adjacent to the park, in the states of Aragua and Carabobo. The annual occurrence of fires mainly affects the grasslands that have

*Autor de correspondencia: Oscar Abarca

E-mail: oscar.abarca@ucv.ve

been colonizing the southern slope of the park. It also gradually affects the perimeter forested areas, in the adjacencies of the grassland, and in the galleries and ravines where riparian forests still prevail, on the southern slope.

Key words: biodiversity, geographic information systems, map, risks, satellite imagery, vegetation.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Henri Pittier (PNHP), es el más antiguo de Venezuela (1937). Tiene una superficie de 107 800 ha y se ubica en la región Centro-Norte del país, adyacente a la franja norte de la ciudad de Maracay. Limita al norte con el Mar Caribe y las poblaciones principales de Ocumare de La Costa, Cata, Cuyagua y Choroní, al oeste con el Parque Nacional San Esteban (Edo. Carabobo), al sur con las poblaciones de Guacara, Vigirima, San Joaquín y Mariara, del estado Carabobo, y Maracay y Turmero del estado Aragua, y al este con el Monumento Natural Pico Codazzi (Edo. Aragua) (Figura 1).

El PNHP es un centro de biodiversidad de importancia continental. En el bosque nublado del parque se han registrado 150 especies de árboles en 0,25 ha, 140 especies de mamíferos, 580 de aves, 97 de reptiles, 38 de anfibios y se estima la existencia de más de un millón de especies de insectos (Muñoz *et al*, 2006). En el Paso de Portachuelo, al centro del parque, se registraron 418 especies de aves migratorias que utilizan este paso como ruta de vuelo, viajando desde EEUU y Canadá, o desde Argentina y Chile (Fernández-Badillo *et al.*, 2020). Según la clasificación de “sitios calientes” (hotspot) de biodiversidad, de FAEC (2015), de 27 Áreas Clave para la Biodiversidad de Venezuela, el PNHP es una de las tres áreas con mayor valor relativo de biodiversidad. Esta clasificación deriva de los altos niveles de irremplazabilidad, endemismo y amenazas que presentan estos ecosistemas y por los valiosos servicios ecosistémicos que prestan.

Además de su importancia ecoturística, el parque es un componente clave en la protección del recurso hídrico y del ciclo hidrológico regional, así como en la producción del agua que satisface las necesidades

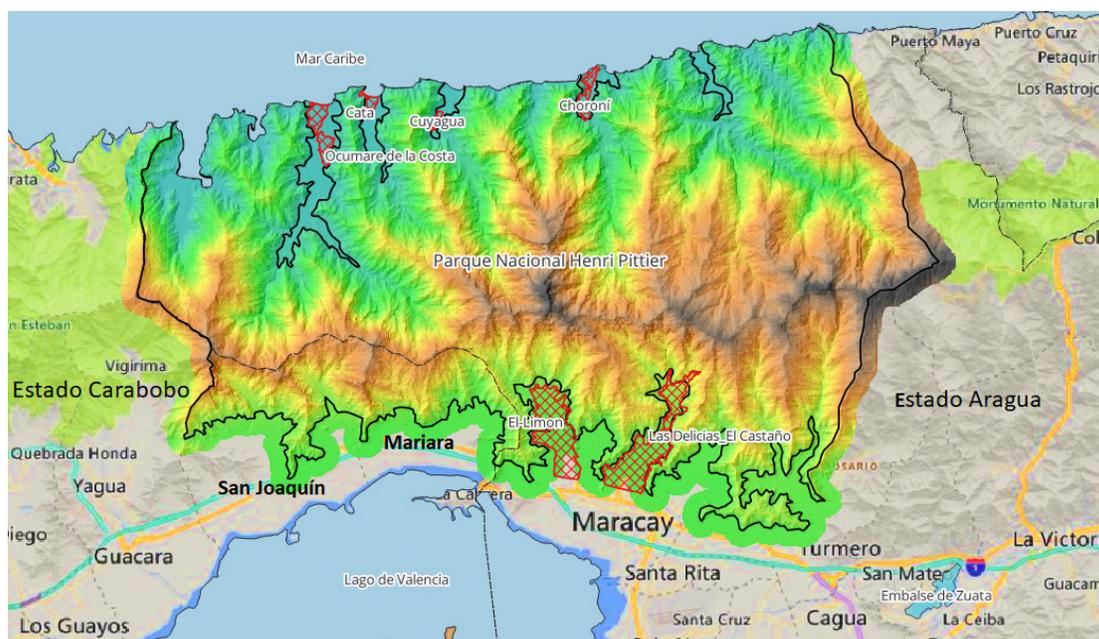


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Henri Pittier.

de importantes centros poblados del centro del país. Las cuencas altas de los ríos Guacara, Ereigue, Cura, Mariara y la Qda. Honda, en el estado Carabobo, están protegidas y alimentadas por el PNHP. Así mismo, los ríos El Limón, Güey, Las Delicias y Turmero, en el estado Aragua. Estas cuencas, en su totalidad, tienen un aporte medio de 2,76 m³/s (Córdova y González, 2015), caudal que puede cubrir el abastecimiento de cerca de un millón de habitantes. Además, el PNHP suministra parte importante de la recarga de los acuíferos de la cuenca hidrogeológica del Lago de Los Tacarigua.

Todos los años, durante el período seco, que en promedio se extiende de diciembre a abril, se producen incendios forestales, principalmente en la ladera sur del PNHP, lo que está reduciendo continuamente la superficie de los bosques e incrementando los herbazales de montaña. La pérdida de bosques no solo afecta la biodiversidad, sino que incrementa los riesgos de movimientos en masa, alimenta la propia propagación de los incendios de vegetación, reduce la infiltración y percolación profunda y la recarga de los acuíferos, conduce a la pérdida de escenarios naturales boscosos y contribuye en la emisión de gases de efecto invernadero y consecuentemente sobre el calentamiento y cambio climático global.

El objetivo de la presente investigación es determinar el impacto de los incendios forestales en la cobertura espacio-temporal de los bosques del PNHP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la siguiente secuencia metodológica para el desarrollo de la investigación:

1. Recolección de imágenes de satélite de los últimos 10 años (2015-2024), ubicadas en las fechas más cercanas al período de finalización de la temporada de incendios (marzo-mayo), y que tuvieran el mínimo de nubosidad posible. Se utilizaron imágenes de los satélites Landsat 1, 5, 8 y 9, disponibles en el sitio web de la NASA, Earth Explorer (NASA, 2024).
2. Procesamiento de las imágenes con los programas QGIS V3.34 e IDRISI Selva V17 (Eastman, 2012a y 2012b). Corrección atmosférica de las imágenes, utilizando el método de Chávez (1996), implementado por QGIS (2024). Corrección topográfica de las imágenes, con el método de Riano *et al.* (2003), implementado por QGIS (2024). Las imágenes de Landsat 5, 8 y 9 tienen resolución de 30 m y las de Landsat 1, de 60 m. Todas se llevaron a resolución de 30 m.
3. Clasificación No Supervisada de las imágenes procesadas, utilizando el método de agrupamiento K-medias, desarrollado en el algoritmo Hill-Climbing (Rubin, 1967, implementado por QGIS, 2004). Se identificaron estadísticamente 50 grupos (clusters) que fueron verificados por análisis visual y de campo y reagrupados en 7 clases generales (bosques densos, bosques ralos/matorrales, herbazales/matorrales, suelo desnudo/urbano, aguas llanas/playa, aguas profundas/sombras, áreas quemadas).
4. Separación de áreas quemadas en mapas independientes, para evaluación espacial y temporal de la distribución y afectación de los incendios.
5. Elaboración de mapas de vegetación al inicio del periodo de análisis (2015) y en un periodo anterior como referencia (1973), para evaluar el patrón de afectación de las áreas de bosques. Para esto se procesaron imágenes Landsat correspondientes a esos años, siguiendo el mismo procedimiento descrito.
6. Caracterización morfométrica de las áreas quemadas (altitud, pendientes y orientación de laderas). Para ello se obtuvo el Modelo Digital de Elevación del área, con resolución de 30 m, en el sitio web de la NASA Earth Explorer (NASA, 2024), y se procesó para obtener los mapas de pendiente y orientación de laderas. En el procesamiento se utilizó el algoritmo de Zevenbergen & Thorne (1987), implementado por QGIS (2024). La caracterización es para evaluar los patrones y consecuencias de los incendios, más que las causas y potencialidades de riesgo, tal como desarrollaron Abarca y Quiroz (2005), los cuales identificaron factores morfométricos, climáticos y de cobertura, como variables precursoras (ignición) y como variables condicionantes (propagación) de los incendios.

7. Determinación de las clases de cobertura afectadas por los incendios de cada año del periodo evaluado, tomando como referencia los mapas de vegetación elaborados para los años 2015 y 1973. Para esto se realizó una clasificación/tabulación cruzada entre cada uno de los mapas de incendios y el par de mapas de vegetación (2015 y 1973).

RESULTADOS

Para determinar el cambio neto de cobertura vegetal se procesaron dos imágenes, una del 18/02/2024 (Landsat 8-OLI) y otra del 15/01/1973 (Landsat 1-MSS). En la Figura 2 se presentan estas imágenes en combinación de bandas 5 (0,845-0,885 μm), 6 (1,56-1,66 μm), 7 (2,1-2,3 μm) para la primera y 3 (0,7-0,8 μm), 2 (0,6-0,7 μm), 1 (0,5-0,6 μm) para la segunda.

En la Figura 3 se presentan mapas de formaciones vegetales generales, elaborados por Clasificación No Supervisada de estas imágenes.

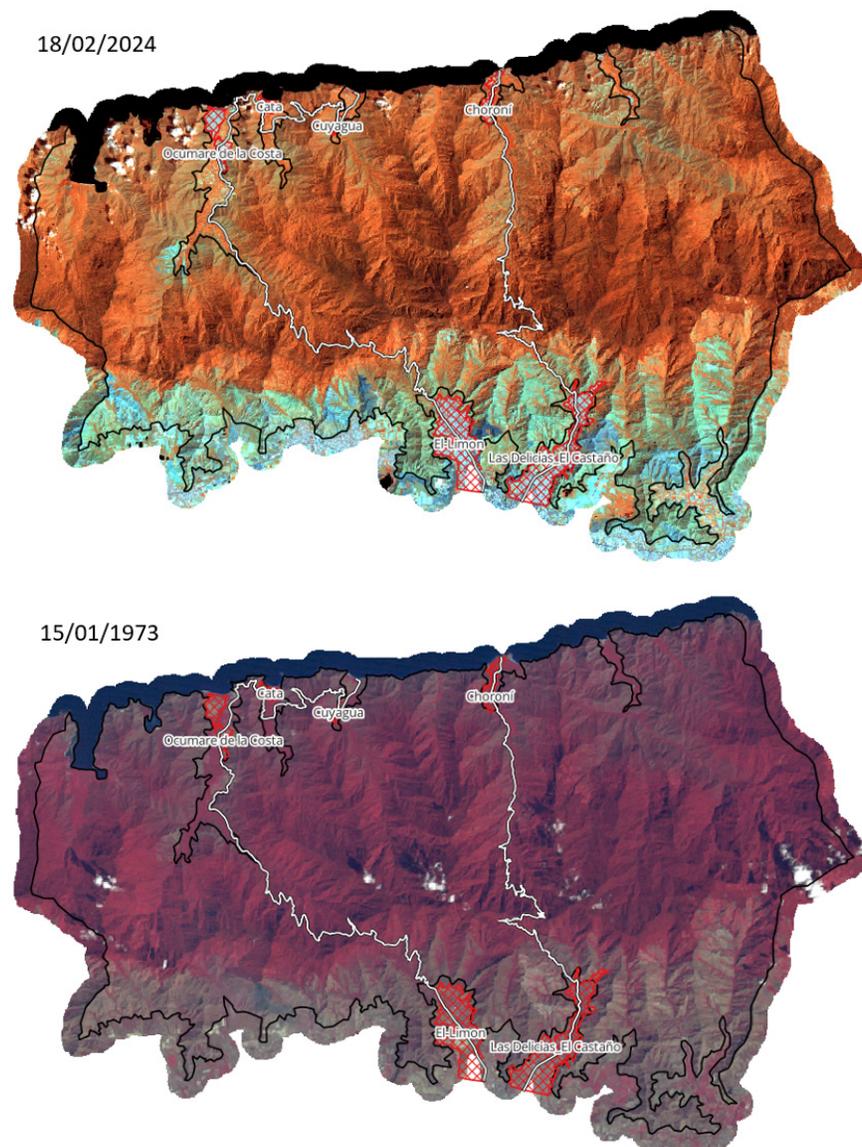


Figura 2. Combinación de bandas a falso color de los sensores OLI (2024) y MSS (1973) de Landsat. A pesar de las diferencias de los sensores se puede detectar a simple vista la reducción de las áreas vegetadas, de 1973 a 2024 (tonos rojo oscuro y rojo claro).

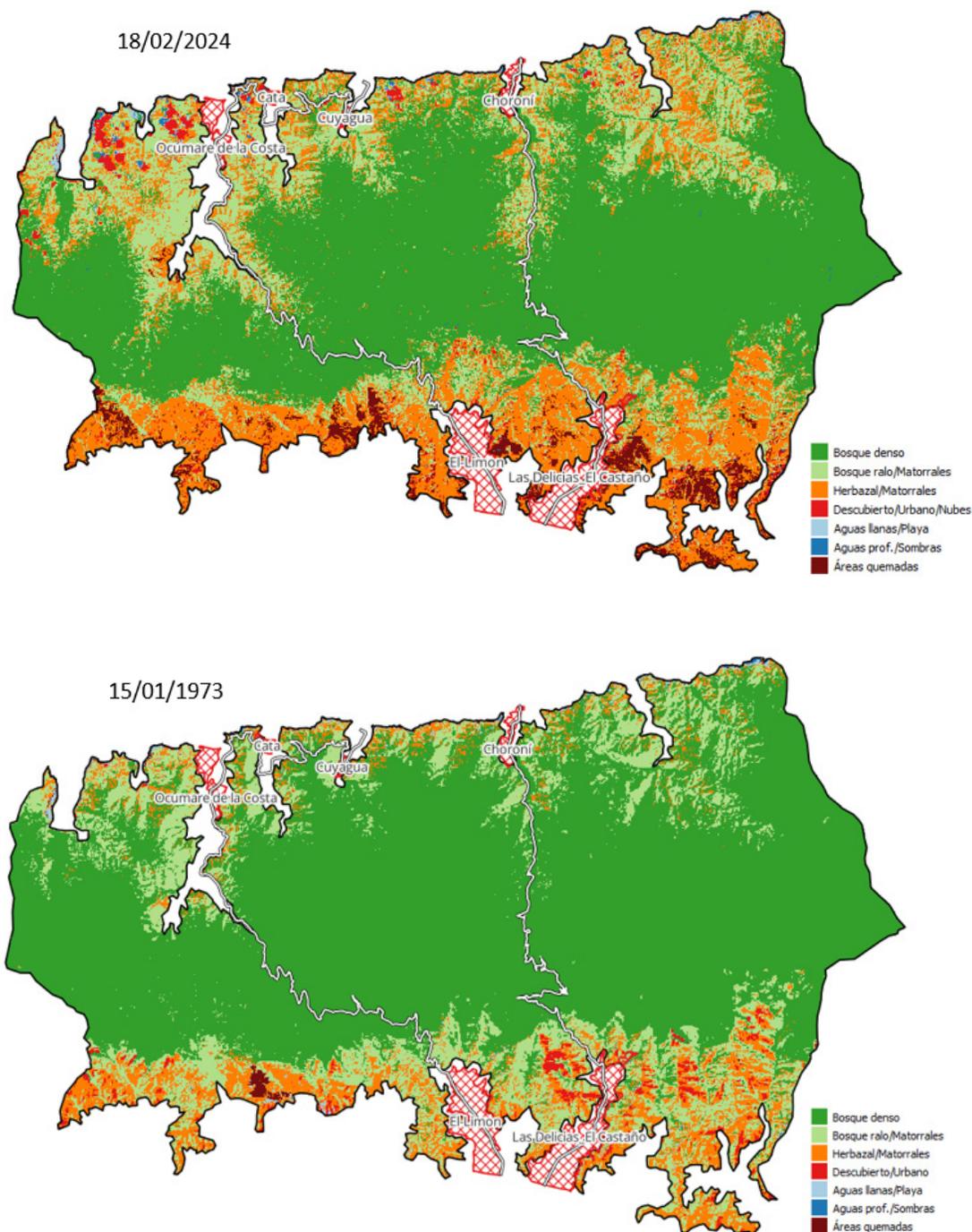


Figura 3. Cobertura vegetal global del PNHP, años 2024 y 1973.

En 51 años, la superficie de bosques del PNHP se redujo en 15 177 ha, pasando de 94 312 a 79 135 ha, tal como se observa en la Figura 3. Para este análisis se definen como bosques, metodológicamente, los bosques nublados, ribereños (galería), semi-decíduos y decíduos (Bosques densos y Bosques ralos). Como consecuencia a esta reducción boscosa, la superficie de herbazales y matorrales secundarios se incrementó, pasando de 12 273 ha a 27 399 ha. La categoría Herbazales/Matorrales, incluye los cardonales, espinares

y manglares costeros, las “sabanas de montaña” y los matorrales secundarios sucesionales que colonizan las áreas anteriormente quemadas y a los herbazales. Los resultados de 2024 tienen correspondencia con los presentados por Rebolledo (2022a), que señala, para el año 2022, 82 403 ha de bosques (nublados, deciduos, semi-deciduos y ribereños) y 24 704 ha de otras formaciones (cardonal y espinar costero y herbazales).

La causa fundamental de estos cambios de cobertura en este medio siglo, son los incendios forestales, la mayor parte de ellos de carácter intencional o accidental.

¿Cuándo se quemó? ¿Cuánto se ha quemado? ¿Dónde se ha quemado?.

Para responder estas preguntas, se procesó la serie de imágenes del periodo 2015-2024 (10 años). En la Figura 4 se presenta el mapa con las áreas quemadas del periodo seco 2023-2024, hasta el 14/04/2024 y en la Figura 5 las imágenes para los años 2015 a 2023. La superficie total afectada por incendios entre los años 2015 y 2024 se muestra en la Figura 6.

Se puede observar un patrón cíclico en la propagación de los incendios, tal vez explicado por el cambio en la disponibilidad de material combustible (herbazal seco) acumulado en el periodo. En los años 2015, 2017, 2019 y 2021, hubo relativamente una menor extensión de los incendios, permitiendo la acumulación de materia seca, para un ciclo posterior de mayor extensión de incendios (2016, 2018, 2020, 2022). En el año 2020 se produjo la mayor extensión de superficie afectada del periodo, seguido del 2024. En el 2021, se produjo la extensión mínima, debido probablemente al control derivado de la cuarentena decretada por la pandemia de COVID-19, pero la superficie se ha venido expandiendo paulatinamente hasta el presente.

“Hotspot” de incendios forestales

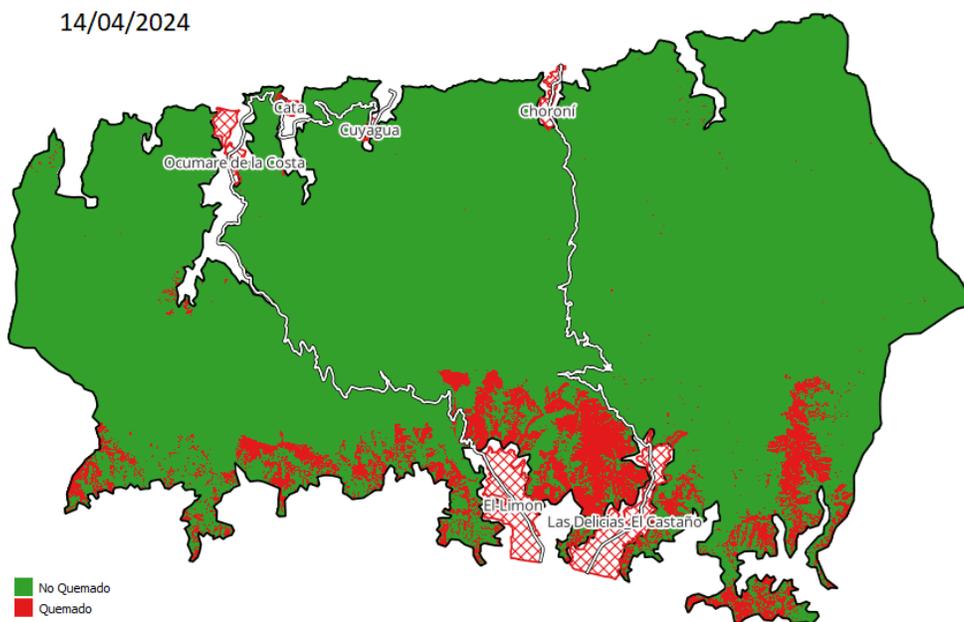


Figura 4. Áreas quemadas por incendios forestales en el PNHP al 14/04/2024.

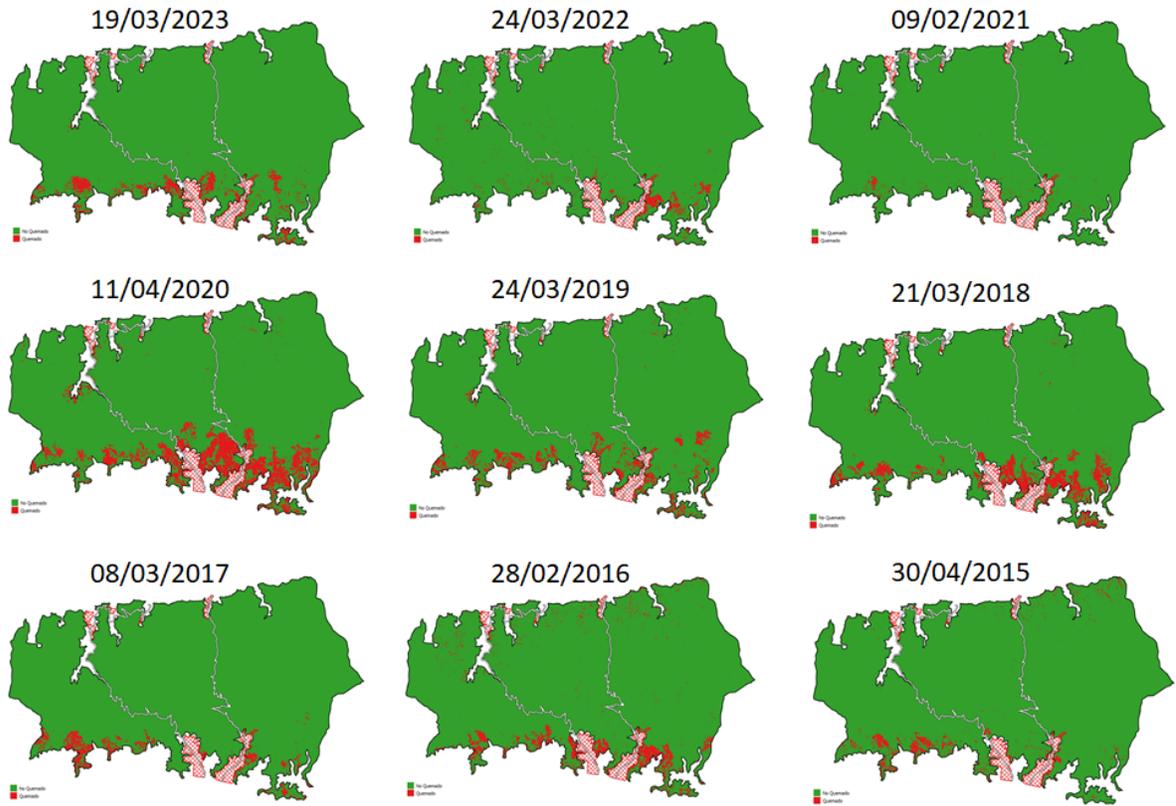


Figura 5. Áreas quemadas por incendios forestales en el PNHP entre los años 2015 al 2023.

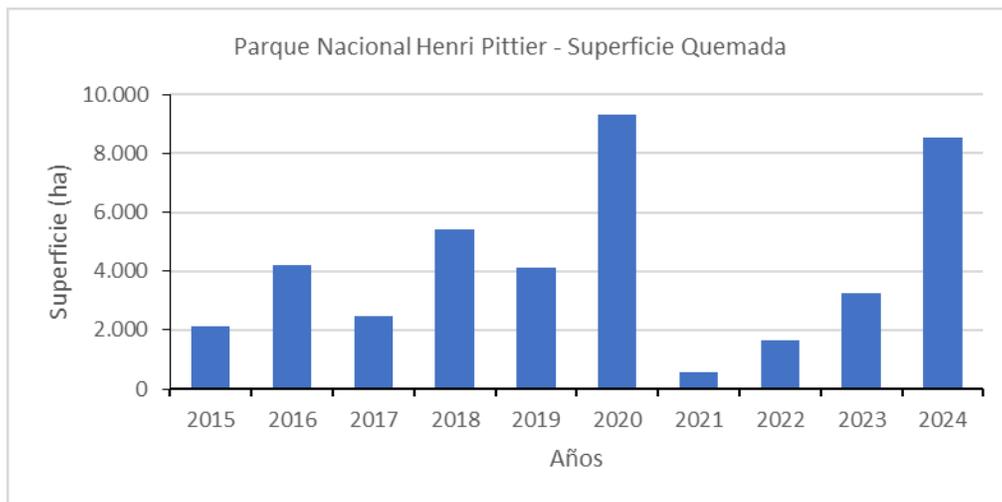


Figura 6. Superficie quemada en el PNHP, en los periodos secos de 2015 a 2024.

Interceptando los mapas anuales de incendios, en el periodo evaluado, se obtuvo la frecuencia de ocurrencia de eventos de incendios por celdas de los mapas. Este resultado se presenta en la Figura 7.

Los puntos críticos por ocurrencias de incendios de vegetación, desde las categorías Alta Ocurrencia hasta Máxima Ocurrencia, son: 1) franja entre los Barrios Camburito, La Pedrera y Las Minas, adyacentes a la Fila El Castaño, en Maracay. Esta es una zona de gran densidad de población, colindando con los linderos del PNHP; 2) Cerro del Diablo (753 msnm) en San Joaquín, Edo, Carabobo. Si bien en esta zona no hay gran densidad poblacional, el área está rodeada por varios puntos de actividad minera (canteras y areneras) y fábricas de cemento; 3) Fila La Cabrera, alrededor de la autopista Regional del Centro; 4) Barrio Aguas Calientes, de Mariara, estado Carabobo, adyacente al Cerro Cotoperí (960 msnm); 5) Campos experimentales de INIA-FAGRO-UCV, en las adyacencias de la Fila de Los Arcos Capuchinos y la Fila Güey; 6) Sector Guayabita-Paya, bordeando el Cerro Guayabita. Existen otros puntos de menor incidencia, pero dado que los herbazales ya casi forman un continuum en la vertiente sur del PNHP, desde allí se propagan hacia las laderas y zonas altas, si no son controlados efectivamente.

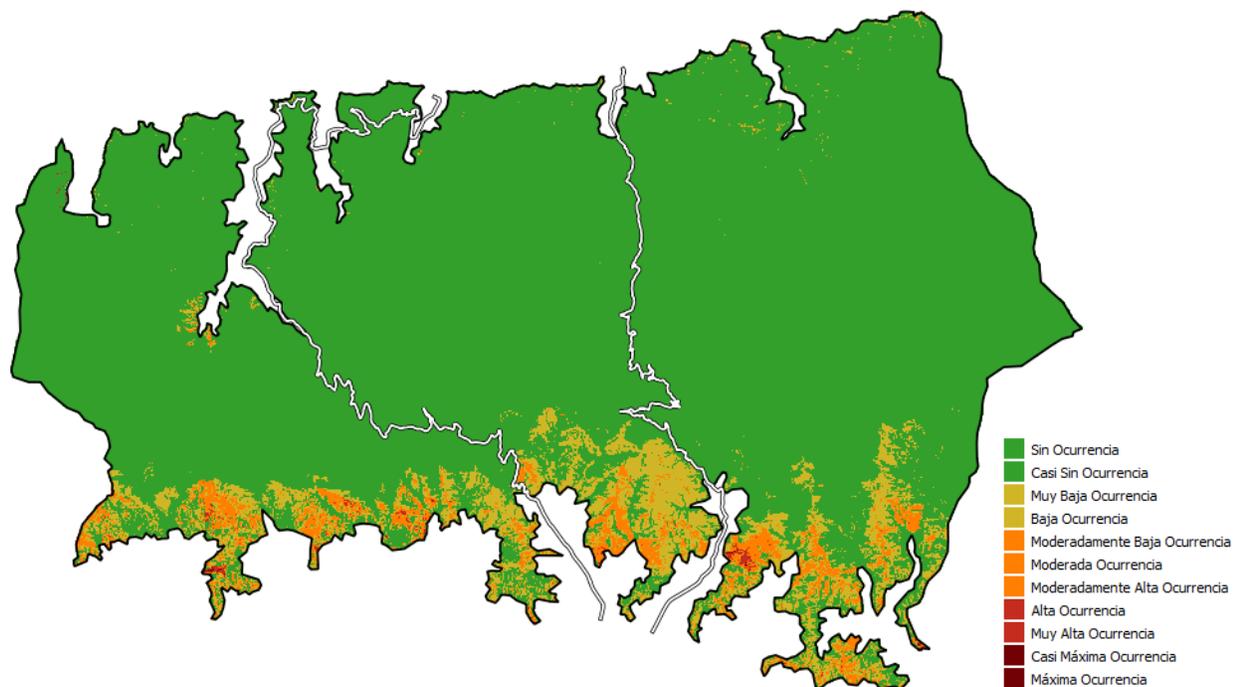


Figura 7. Frecuencia de ocurrencia de eventos de incendios forestales.

¿Que se ha quemado?

Se realizó un análisis de estadística zonal para extraer los valores promedios de altitud, pendiente y orientación de laderas, en las zonas quemadas de cada uno de los años del periodo de análisis, con base en el modelo digital de elevación y los mapas de pendientes y orientación. En el periodo evaluado, las zonas quemadas tienen una altitud promedio de 800 msnm, una pendiente media de 26° y una orientación promedio de 184° (Azimut). El presente año, los incendios alcanzaron la cota 1720 msnm en la cuenca de la Qda. Corral de Piedra y entre 1 400 y 1 500 msnm en las Qda. Guacamaya y Río Guamita (Figura 4), superando los límites actuales del bosque nublado (bosque denso), en la vertiente sur del PNHP. La pendiente media es bastante elevada, aunque los incendios se propagan desde pendientes de 0° hasta

los 70°, y esto favorece la propagación del fuego. Los incendios se presentan en las estribaciones que descienden de los ramales de la Cordillera de la Costa, con laderas de orientación este y oeste, pero las laderas principales de la cordillera tienen orientación sur y norte, siendo estas las de mayor extensión. La vertiente norte tiene mayor protección por la densa cobertura boscosa y la menor densidad poblacional, pero la vertiente sur es la más afectada, por lo que los incendios arrojan esta orientación promedio hacia el sur (184°).

La Clasificación y Tabulación Cruzada de los mapas de vegetación de referencia (1973 y 2015), con los mapas de áreas quemadas del periodo evaluado, permitió estimar el tipo de cobertura que fue afectado en cada uno de los años del periodo (Cuadro 1). De acuerdo a este análisis, en promedio, un 6% de la superficie de los bosques densos fue afectada en el periodo, un 37% de los bosques ralos, un 47% de herbazales y un 10% de otros tipos de cobertura, para el año de referencia 1973. Esta distribución cambia, con las modificaciones de vegetación que se produjeron desde 1973 hasta el año de referencia 2015. Para el periodo evaluado, con referencia a ese año 2015, la afectación de los bosques densos corresponde a 3%, los bosques ralos 11%, los herbazales 66% y otras coberturas 20%. Estas cifras responden a los procesos de “sabanización” de la cobertura boscosa del PNHP, con el incremento de los herbazales que colonizan las áreas boscosas afectadas. Una cifra a destacar es la correspondiente a Otros tipos de Cobertura, para el mapa de referencia de 2015, ya que esta cifra (20,04%) incluye, principalmente, las áreas quemadas ese año, lo que evidencia como cada año se incendian herbazales que ya se habían quemado anteriormente, además de los herbazales no quemados previamente.

Cuadro 1. Superficie quemada de cada clase de cobertura (%) con relación a los años de referencia 1973 y 2015.

	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	Prom (%)
Cobertura 1975											
Bosque denso	9,88	1,64	10,64	7,91	8,89	4,84	2,77	0,39	10,81	8,45	6,62
Bosque ralo	37,71	37,67	35,59	37,36	41,56	35,03	38,33	30,98	40,53	32,19	36,70
Herbazal	42,79	51,03	43,91	45,49	40,63	49,51	49,18	54,97	41,96	46,92	46,64
Otros (*)	9,62	9,65	9,88	9,24	8,92	10,61	9,72	13,67	6,70	12,44	10,05
Cobertura 2015											
Bosque denso	4,78	0,60	7,79	5,67	2,96	2,60	1,11	0,45	3,97		3,32
Bosque ralo	14,42	7,36	11,24	9,08	17,62	10,91	9,28	3,03	15,70		10,96
Herbazal	68,39	71,68	62,68	52,87	68,45	63,33	77,09	60,38	66,16		65,67
Otros (*)	12,41	20,36	18,29	32,39	10,97	23,16	12,52	36,14	14,17		20,04

(*) Incluye áreas quemadas ese año, sombras, nubes y cuerpos de agua.

DISCUSIÓN

La cobertura vegetal del PNHP ha cambiado significativamente en el último medio siglo, en detrimento, principalmente, de la superficie ocupada por bosques, que ha perdido un 16% del área ocupada en 1973, de acuerdo a la imagen más antigua disponible de la misión Landsat, que comenzó a operar en 1972 (Figuras 2 y 3). Rebolledo y Lores (2020), reportan una pérdida equivalente de superficie boscosa, al pasar el PNHP de 82 403 ha en 2010, a 73 974, en 2018 (10% de pérdidas en 8 años). Según Meier (2011), citado por ACFIMAN (2018), el inventario de carbono en el bosque nublado de Rancho Grande, en el PNHP, indica que la biomasa del bosque es de 445,39 t/ha, incluyendo árboles, epifitas,

hierbas, troncos muertos y raíces. Esta cifra permite estimar una liberación de 6 759 684 t de carbono a la atmósfera, en ese periodo, sin considerar la fijación por la cobertura secundaria sustituta. Esta pérdida es originada por los incendios forestales, dado que las otras causas comunes en la destrucción boscosa, como la deforestación para construcción o desarrollo agrícola o urbano, están limitadas por la figura jurídica de Parque Nacional. Como consecuencia, los herbazales y matorrales se incrementaron, en ese periodo, en más del 120% de su superficie inicial (1973) (Cuadro 1). Este último tipo de cobertura genera un círculo vicioso para los procesos de ignición y propagación de los incendios, ya que al finalizar el periodo de lluvia y comenzar el periodo seco, el follaje (hojas, ramas, hojarasca) de esta vegetación se seca por completo y es altamente combustible, aportando material para el incremento superficial de los incendios (a más herbazales, más incendios). Hernández *et al.* (2012) refiere este mismo efecto en bosques del norte de la Gran Sabana, donde los incendios recurrentes desencadenan un ciclo repetitivo de vegetación secundaria o “secundarización”, cuando los incendios penetran las comunidades boscosas, dañando el mantillo, la capa de raíces finas y los árboles, generando un dosel de cobertura más rala y de mayor inflamabilidad, facilitando la ocurrencia de incendios posteriores. Este efecto se manifiesta al comparar el impacto de los incendios anuales, tomando como referencia el año 1973, que arroja un promedio de superficie quemada de herbazales de 47%, mientras que ese valor se incrementa a 66%, cuando se toma como referencia el año 2015. Por otra parte, la superficie promedio de bosques quemados en el periodo, tomando como referencia 1973, fue de 43%, lo que se redujo a 14%, con referencia al año 2015. La disminución de la superficie boscosa quemada es consecuencia de la disminución de la superficie disponible de esta cobertura y no de la reducción de los incendios, que se han venido incrementando año tras año, aunque con un comportamiento cíclico (Figura 6). Aunado al proceso de disminución de la superficie cubierta de bosques, es de destacar la fragmentación y efecto de borde ocasionados por los incendios forestales y otros elementos generadores (como la vialidad y los centros poblados) y que se detectan visualmente en las imágenes procesadas. Rebolledo (2022b), encontró que un 35% de la superficie del PNHP se encuentra fragmentada y afectada por el efecto de borde. En el análisis de las imágenes del periodo 2015-2024, se observa la repetición anual de los procesos de ignición en puntos específicos del perímetro urbano del PNHP, llamados “Hotspot”, como las localidades de La Pedrera, Mariara o el campo INIA-UCV, lo que evidencia la falta de acciones de carácter preventivo o su poca efectividad.

CONCLUSIONES

La “sabanización”, “secundarización” o ex-pansión de los herbazales de montaña y matorrales, en detrimento de la cobertura boscosa, es un fenómeno que se viene presentando aceleradamente en la ladera sur del PNHP, llegando incluso a superar las cotas más altas y pasar a la ladera norte. Este tipo de cobertura, asociado con pendientes altas orientadas al sur, retroalimenta la propagación del fuego, dada la alta capacidad de combustión que tienen los pastizales secos. Las zonas reiteradamente quemadas corresponden a los sitios donde se han producido movimientos en masa (aludes torrenciales y otros procesos similares) tanto en periodos históricos como recientes, que corresponden a pendientes mayores a 25°. La reducción de la superficie boscosa, reflejada claramente en la secuencia de imágenes de satélite y sus mapas respectivos, es alarmante. La afectación de los bosques nublados es llamativa y mediática, generando mucha inquietud, pero los bosques ralos, deciduos y semideciduos, son los más impactados, siendo los que más han contribuido, con su pérdida, a la colonización de los pastizales, después de ciclos continuos y repetitivos de incendios forestales.

Tanto los bosques densos, nublados y ribereños, como los bosques ralos deciduos y semi/deciduos, han venido reduciendo su extensión superficial en el tiempo, como se determinó en la serie temporal de imágenes procesadas. Además, los bosques se han venido fragmentando en su continuidad espacial, dado el impacto de los incendios en los bordes de las comunidades boscosas, ocasionando rupturas en las franjas de los bosques ribereños e invaginaciones en los frentes de los bosques nublados, tanto en la vertiente sur, como en la norte.

El área perimetral de los ecosistemas boscosos afectados, que se observan fragmentados en las imágenes de satélite, por causa de los incendios, y que son influenciadas por los consecuentes efectos de borde, son, a su vez, los sitios apropiados para iniciar procesos de restauración ecológica de los bosques, antes de que se incremente el aislamiento de los fragmentos, por su puesto, con un adecuado control de incendios.

La recurrencia cíclica de la magnitud de los incendios, con años de alta incidencia, seguidos de años de menor afectación, evidencia el proceso de magnificación de la propagación, como consecuencia de la acumulación de material combustible. Esta situación debe ser considerada a la hora de fijar estrategias de control y prevención, como en el trazado de corta-fuegos o la ubicación de puestos de vigilancia.

La disponibilidad, casi a tiempo real, de imágenes de satélite con cobertura mundial, ofrece una herramienta potente y versátil para la planificación, monitoreo y control de la recuperación de las áreas boscosas afectadas por los incendios de vegetación, así como para la gestión del manejo preventivo en las áreas calientes (hotspot) de riesgos de ignición identificadas.

RECOMEDACIONES

Se debe hacer énfasis en la prevención y el control de los incendios, priorizando las acciones en los “hostpots” indicados, en la franja poblacional en contacto con el PNHP, tanto en el estado Carabobo, como en Aragua. Hace falta concientizar a estos vecinos inmediatos del parque y en general a las comunidades aledañas, para lo cual los Consejos Comunales y otras organizaciones sociales, públicas y privadas, pueden coordinar acciones formativas y preventivas. Las instituciones del estado (Ministerio de Ecosocialismo-MINEC, Instituto Nacional de Parques-INPARQUES, Ministerio de Educación-MPPE, Protección Civil-PC, Bomberos, Guardia Nacional Bolivariana-GNB, Gobernaciones y Alcaldías) también juegan un importante rol en este aspecto preventivo, pero además son responsables y ejecutoras del proceso de control, extinción e investigación de los incendios. Así mismo, se debe profundizar en la investigación de la relación entre los incendios de vegetación y la ocurrencia de eventos torrenciales durante el periodo de lluvias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se elaboró para definir estrategias que permitan la protección del PNHP y áreas adyacentes, del impacto de los incendios de vegetación, en particular el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UCV, donde se desarrolla el proyecto Eco-Granja. Este proyecto, es financiado por el FONACIT (Proyecto CFP N° 2024000102) y en tal sentido deseo expresar mi agradecimiento a esta institución por el financiamiento de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Abarca, O.; J. Quiroz. 2015. Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el Parque Nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay. *Agronomía Tropical*, 55 (1): 35-61. Disponible en: <http://www.publicaciones.inia.gob.ve/index.php/agronomiatropical/issue/view/69>. [Consultado: 02/05/2024].

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN). 2018. Primer Reporte Académico de Cambio Climático de Venezuela (PRACC). Ediciones CITECI. Caracas, Venezuela. 454 p. Disponible en: https://acfiman.org/wp-content/uploads/2023/01/primer_reporte_academico_PRACC.pdf. [Consultado: 15/06/2024].

- Chávez, P. 1996. Image-based atmospheric corrections – Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9): 1025-1036.
- Córdova, J; M. González. 2015. La Geografía del Agua. In: Gabaldon *et al* (Eds). *Agua en Venezuela: una riqueza escasa*. Tomo I. Cap 3. Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela. Pp. 103-141. Disponible en: https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1378189/agua_ti_cap03.pdf. [Consultado: 02/05/2024].
- Eastman, R. 2012a. IDRISI Selva Tutorial. Clark University. V 17. Worcester, EEUU. 354 p.
- Eastman, R. 2012b. IDRISI Selva. Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Clark University. V 17. Worcester, EEUU. 321 p.
- Fernández-Badillo; G Ulloa, E Fernández. 2020. Caracterización del paso Portachuelo de Rancho Grande como ruta migratoria de aves en el Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/35707/37983>. [Consultado: 02/05/2024].
- FAEC-Fondo de Alianzas para Ecosistemas Críticos. 2015. Hotspot de Biodiversidad de Los Andes Tropicales. Perfil de Ecosistema. 475 pp. Disponible en: https://www.cepf.net/sites/default/files/tropical_andes_profile_final_4_2015_sp.pdf. [Consultado: 02/05/2024].
- Hernández L; L Delgado; W Meier; C Duran. 2012. Empobrecimiento de bosques fragmentados en el norte de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia*. Vol 37, N° 12. Pp: 891-898. Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/891-HERNANDEZ-8.pdf>. [Consultado: 06/06/2024].
- NASA. 2024. Earth Explorer. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Consultado: 30/04/2024].
- Muñoz, D., R. Castillo y V. Salas. 2006. Estado de Conservación del Parque Nacional Henri Pittier. En: “Bioparques: Asociación Civil para la Conservación de los Parques Nacionales”. Disponible en: https://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/hpnp_spa.pdf. [Consultado: 04/05/2024].
- QGIS. 2024. Un Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto. V3.34.8 LTR. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/>.
- Rebolledo, D. 2022a. Análisis de vegetación, cuencas y zonificación: Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela. *Revista Estudios Ambientales*. 10 (2). Disponible en: <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/1554>. [Consultado: 04/05/2024].
- Rebolledo, D. 2022b. Análisis de la fragmentación y del efecto de borde del Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela. *Revista Estudios Ambientales*. 10 (2). Disponible en: <https://ojs2.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/download/1577/1380/4478>. [Consultado: 05/07/2024].
- Rebolledo, D.; Lores, D. 2020. Evaluación espacio temporal de la cobertura vegetal del Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. 28: 25-58. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8292319>. [Consultado: 04/05/2024].

-
- Riano, D.; E. Chuvieco; J. Salas; I. Aguado. 2003. Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM data for mapping vegetation types (2003). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41 (5): 1056-1061. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1206729>. [Consultado: 05/05/2024].
- Rubin, J. 1967. Optimal classification into groups: an approach for solving the taxonomy problem. *Theoretical Biology* 15: 103-144.
- Zevenbergen, L.; Thorne, C. 1987. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. *Earth Surface Processes and Landforms*. 12: 47-56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.3290120107>. [Consultado: 06/05/2024].