



Detección de la severidad de los incendios que afectan la biodiversidad de los ecosistemas del área protegida "Ichubamba Yasepan" mediante análisis geoestadístico

Detection of the severity of fires that affect the biodiversity of the ecosystems of the protected area "Ichubamba Yasepan" through geostatistical analysis

Detecção da gravidade dos incêndios que afetam a biodiversidade dos ecossistemas da área protegida "Ichubamba Yasepan" através da análise geoestatística

Martha Marisol Vasco-Lucio^I
martha1995vasco@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1377-7305>

Luz María Orna-Puente^{II}
maria.orna@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7429-3764>

Guicela Margoth Ati-Cutiupala^{III}
guicela.ati@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9779-2758>

Norma Ximena Lara-Vásquez^{IV}
norma.lara@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8381-0401>

Correspondencia: martha1995vasco@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de octubre de 2022 * **Aceptado:** 28 de noviembre de 2022 * **Publicado:** 03 de diciembre de 2022

- I. Ingeniera Forestal, Investigadora Independiente, Ecuador.
- II. Magíster en Ciencias de la Educación Mención Biología, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Ecuador.
- III. Máster en Estadística Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- IV. Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.

Resumen

Los incendios forestales en el mundo se atribuyen a factores climáticos y a la adaptación de la vegetación a la ignición en periodos de sequía, estas manifestaciones de combustión incontroladas provocan pérdidas de especies de flora y fauna y ocasionan daños irreparables a la biodiversidad, en el Ecuador el ecosistema de paramo se ha visto bastante afectado y por ende ha disminuido su capacidad de producción de servicios ecosistémicos de abastecimiento principalmente, la quema para el rebrote de pajonales para ser usados en el pastoreo de ganado ovino y bovino y la poca accesibilidad de los páramos altoandinos dificulta el control de los incendios y peor aún levantar datos de campo como áreas de afectación y magnitud, en este sentido el presente estudio pretende detectar las zonas afectadas y evaluar su grado de severidad, en los ecosistemas pertenecientes al Area protegida “ICHUBAMBA YASEPAN” en el período 2013 a 2020 a partir de la combinación de los índices espectrales BAI y NBR que en conjunto dan como resultado un índice mejorado denominado Área de quema normalizada (NBA) que muestra con exactitud la superficie y el grado de afectación por los incendios en la zona de investigación. Los valores más altos del índice se identificaron en el Ecosistema Herbazal de páramo debido principalmente a las actividades agropecuarias que se realizan en este tipo de ecosistema, sin embargo, de la superficie total de los páramos tan solo 144,98 hectáreas mostró alta severidad de incendios lo cual se traduce en el alto nivel de conservación que posee el mismo, siendo así que a partir del año 2020 fue declarada área protegida privada por su alto valor ecosistémico y la gran biodiversidad que posee.

Palabras claves: Quema; Índices espectrales; Biodiversidad; Área Quemada Normalizada (NBA).

Abstract

Forest fires in the world are attributed to climatic factors and the adaptation of vegetation to ignition in periods of drought, these uncontrolled combustion manifestations cause losses of flora and fauna species and cause irreparable damage to biodiversity, in Ecuador the The paramo ecosystem has been quite affected and therefore its production capacity for supplying ecosystem services has decreased, mainly burning for the regrowth of grasslands to be used for grazing

sheep and cattle and the poor accessibility of the high Andean moors makes it difficult to control the fires and even worse to collect field data such as affected areas and magnitude, in this sense the present study aims to detect the affected areas and evaluate their degree of severity, in the ecosystems belonging to the protected area "ICHUBAMBA YASEPAN" in the period 2013 to 2020 from the combination of the BAI and NB spectral indices R that together result in an improved index called Normalized Burning Area (NBA) that accurately shows the area and the degree of affectation by fires in the research area. The highest values of the index were identified in the Páramo Herbazal Ecosystem, mainly due to the agricultural activities carried out in this type of ecosystem, however, of the total area of the páramos, only 144.98 hectares showed high severity of fires. which translates into the high level of conservation that it possesses, being so that from the year 2020 it was declared a private protected area for its high ecosystem value and the great biodiversity it possesses.

Keywords: Burn; Spectral indices; Biodiversity; Normalized Burned Area (NBA).

Resumo

Os incêndios florestais no mundo são atribuídos a fatores climáticos e à adaptação da vegetação à ignição em períodos de seca, essas manifestações de combustão descontroladas causam perdas de espécies de flora e fauna e causam danos irreparáveis à biodiversidade, no Equador o O ecossistema do paramo foi bastante afetado e, portanto, sua capacidade de produção para fornecer serviços ecossistêmicos diminuiu, principalmente as queimadas para a regeneração de pastagens para o pastoreio de ovelhas e gado e a pouca acessibilidade dos pântanos altos andinos dificulta o controle dos incêndios e, pior ainda, a coleta de dados de campo como áreas afetadas e magnitude, neste sentido o presente estudo visa detectar as áreas afetadas e avaliar seu grau de severidade, nos ecossistemas pertencentes à área protegida "ICHUBAMBA YASEPAN" no período de 2013 a 2020 a partir da combinação do BAI e índices espectrais NB R que juntos resultam em um índice melhorado denominado Normalized Burning Area (NBA) que mostra com precisão a área e o grau de acometimento por incêndios na área de pesquisa. Os maiores valores do índice foram identificados no Ecossistema Herbazal Páramo, principalmente devido às atividades agrícolas realizadas neste tipo de ecossistema, porém, da área total dos páramos, apenas 144,98 hectares apresentaram alta severidade de incêndios .o que se traduz no elevado

nível de conservação que possui, sendo que a partir do ano de 2020 foi declarada área protegida privada pelo seu elevado valor ecossistémico e pela grande biodiversidade que possui.

Palavras-chave: Queimadura; Índices espectrais; Biodiversidade; Área queimada normalizada (NBA).

Introducción

El fuego resulta ser un agente de cambios constantes sobre el ambiente, en la evolución de los ecosistemas y parte fundamental en los sistemas de vida humana desde la antigüedad; ha sido un importante regulador de la vida desde la historia evolutiva de la tierra, siempre y cuando su origen se deba a procesos naturales. La presencia de incendios forestales de forma mundial generalmente se debe a factores climáticos y la adaptación de la vegetación a la ignición en periodos de sequía, las causas naturales para que se produzcan incendios son frecuentemente las tormentas eléctricas y las erupciones volcánicas, sin embargo, actualmente millones de hectáreas de vegetación a nivel mundial se ven consumidas por el fuego en gran parte se deben al incremento de las temperaturas, pero además son el resultado de personas que provocan las quemaduras que salen de su control (CASTILLO, PEDERNERA Y PENA 2003). En el Ecuador la mayoría de los incendios forestales se deben primordialmente a actividades antropogénicas debido a que se utiliza el fuego principalmente en comunidades como un herramienta de trabajo en el cambio del uso del suelo para preparar la tierra para cultivar, renovar pastizales e incluso para proveer de alimento necesario para sus animales, sin embargo estas prácticas se realizan de forma inadecuada y antitécnica lo cual es la principal razón de la pérdida de la cobertura vegetal natural seguido por acciones piro maniáticas de personas que provocan los incendios en áreas naturales y bosques todo esto se asocia a la falta de conocimiento del uso controlado del fuego (MAE, 2015).

En los últimos años la provincia de Chimborazo se ha visto gravemente afectada por la gran cantidad de hectáreas de bosques y pajonales que se han perdido debido a incendios forestales, en lo cual las llamas extinguen pajonales, almohadillas de páramo, y demás vegetación de la zona, que funcionan como esponjas absorbentes de agua que abastecen las fuentes hídricas de altura (COMERCIO, 2018). Los bosques y páramos naturales representan entornos frágiles y susceptibles a las malas prácticas de manejo que provoca transformaciones en la vegetación y el suelo, es así que en la provincia de Chimborazo estos ecosistemas ha experimentado presiones

debido al avance de actividades agropecuarias, además de la deforestación y la introducción de especies exóticas todo esto ha alterado gravemente la biodiversidad nativa y el trabajo de las comunidades de la zona, por tal motivo es indispensable la creación de planes de manejo y monitoreo del páramo que asegure la protección de los servicios ecosistémicos (PDYOT , 2015). El páramo del Ichubamba Yasepan está conformada por los ecosistemas Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo, Herbazal del Páramo y Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo los cuales poseen gran diversidad de especies vegetales y animales, los 3 ecosistemas comparten vegetación de tipo arbustiva y herbacea, dentro de las cuales destacan especies designadas pajonales, las mismas que se utilizan como forrajeras para alimento del ganado, lo que da lugar a la ganadería extensiva, por otra parte también se puede observar frailejones que son capaces de captar y almacenar gran cantidad de agua; sin embargo estas y muchísimas más especies vegetales fundamentales para el equilibrio del ambiente son amenazas por los incendios en los cuales se consumen rápidamente.

La Cooperativa Agropecuaria “Ichubamba Yasepan” fue fundada el 4 de febrero de 1976, reconocida por el Ministerio de Bienestar Social y la Dirección Nacional de Cooperativas con Acuerdo Ministerial 502 el 22 de diciembre del mismo año, posee 5678,78 hectáreas de páramo en las cuales realizan actividades agropecuarias, en la actualidad impulsan iniciativas de protección de estas zonas (CUSHQUICULLMA COLCHA, 2013). Los páramos de la cooperativa se caracterizan por el alto valor ecosistémico que poseen debido a sus fuentes hídricas y la gran biodiversidad presente en los 3 ecosistemas presentes: Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1, Herbazal del Páramo-H1 y Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2 en donde se encuentran principalmente gran variedad de vegetación, especies de aves y mamíferos, por lo cual en el 2020 el Ministerio del Ambiente y Agua declaró a los páramos administrados por la Cooperativa Ichubamba Yasepan como el área protegida número 60 de nuestro país y la segunda área privada a nivel nacional, la protección de este ecosistema sin duda fortalece la conservación de la biodiversidad nacional y además al poseer gran cantidad de agua abastece de líquido vital a proyectos de riego para la provincia que beneficia a cerca de 15.000 usuarios (MAE,2020). Es por esto que el estudio se centra en el Monitoreo de la severidad de incendios mediante el índice espectral NBA en los páramos del área protegida “ichubamba yasepan” el cual se desarrolló dentro del marco del proyecto “Monitoreo de la cobertura vegetal y uso de los ecosistemas herbazal y arbustal en los páramos del área protegida “Ichubamba

Yasepan” con la finalidad de Monitorear la cobertura vegetal de los ecosistemas mediante el sistema de monitoreo por teledetección DIMATEZ-ESPOCH mismo que es ejecutado por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través del Instituto de Investigaciones.

Área de Estudio y Métodos

Localización

El predio de la Cooperativa Agropecuaria Ichubamba Yasepan se localiza en la provincia de Chimborazo, cantón Guamote, parroquia rural de Cebadas que se ubican en un rango altitudinal mínimo de 3440 m.s.n.m y un máximo de 4320 m.s.n.m, compuesto de páramo herbáceo y arbustivo que posee un área total de 4790,13 hectáreas, sin embargo el páramo está comprendido por 3 ecosistemas Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo, Herbazal del Páramo y Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo que comprenden 4597,67 hectáreas, las mismas que fueron declaradas el 30 de julio de 2020, por parte del Ministerio de Ambiente y Agua (MAAE) como área protegida, alcanzando con ello las 60 en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP).

Fuente: Elaboración propias, 2022

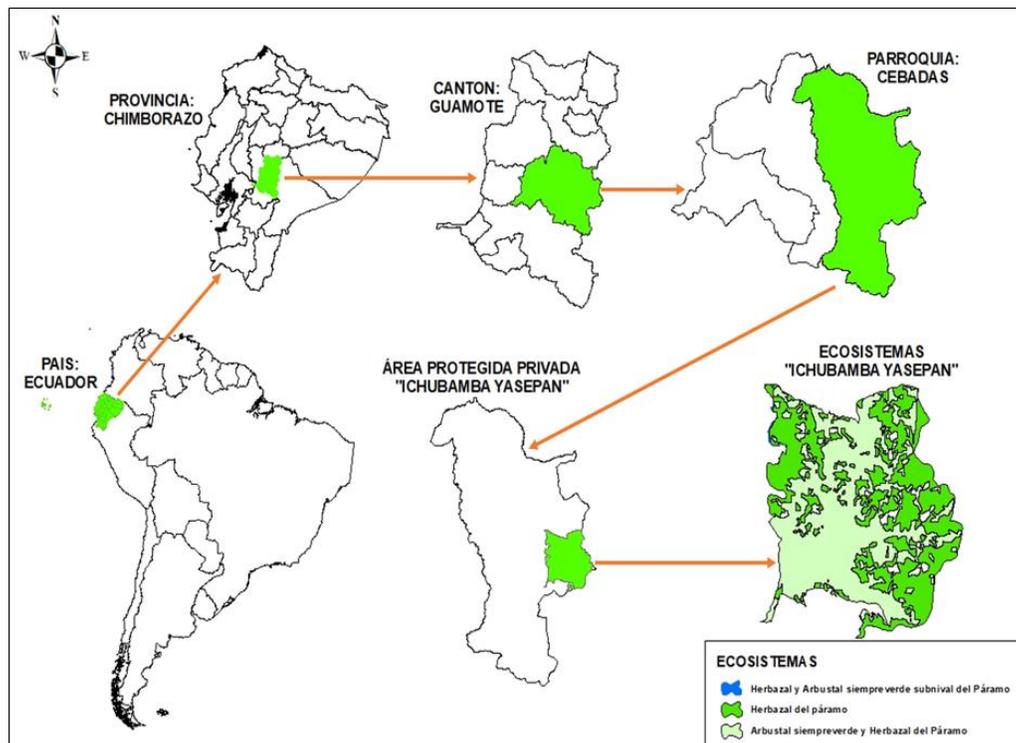


Figura 1: Ubicación del páramo Ichubamba Yasepan

Métodos

Cálculo del Índice Normalizado de Área Quemada NBA

Se utilizó el software ArcGis versión 10.8 para calcular el índice mejorado NBA o Índice Normalizado de Área Quemada a través de la herramienta “Raster Calculator” en donde se sumó las capas de los índices calculados NBR y BAI, el índice NBR (Normalized Burn Ratio) puede definir la gravedad de aquellas zonas que han experimentado incendios y el índice BAI (Burn Area Index) es muy útil debido a que diferencia las áreas que han sufrido quemaduras lo cual depende de la conducta espectral del carbón y cenizas que resultan luego de un incendio (Tallana Columba, et al. 2017). tal como menciona TERRADRON, (2021) que las superficies que se han quemado de forma reciente muestran valores elevados. Este índice se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$BAI = \frac{1}{(R - R)^2 + (IRC - IRC)^2}$$

En donde:

- R = banda del rojo
- IRC = infrarrojo cercano

Por otra parte, el Índice de Calcinación Normalizada o Normalized Burn Ratio (NBR) posee un rango comprendido entre -1 y 1, en donde los valores negativos señalan las superficies afectadas por el fuego mientras que los valores positivos representan zonas vegetales sanas o incluso muestra zonas que se están recuperando luego de pasar por incendios (GISANDBEERS, 2018). Este índice se calcula a través de la siguiente expresión:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

En donde:

- NIR = reflectancia a nivel de superficie en la banda del infrarrojo cercano
- SWIR = reflectancia del infrarrojo de onda corta

Posteriormente se utilizó la herramienta Reclassify que permite reasignarle los rangos de datos que se requiere, con lo cual se clasificó los valores de la capa ráster en 3 clases que corresponden a baja, media y alta severidad de incendios. Esto se hizo con el objetivo de discriminar los valores bajos de la capa y así poder ocupar solo valores altos que indican las áreas quemadas del lugar en

estudio, lo cual es confirmado por (Guillem-Cogollos et al. 2017). al señalar que con el índice NBR es posible calcular el área incinerada de forma precisa pero no distingue las zonas que no fueron afectadas. Por el contrario, con el índice BAI se compara los resultados de zonas específicas de agua o vegetación que están lejos de las áreas quemadas, por lo cual la suma de estos dos índices espectrales permite obtener el índice NBA mejorado que muestra el grado de severidad del incendio.

Análisis Geoestadístico de los datos obtenidos del cálculo del índice NBA

Para el análisis de los datos obtenidos del cálculo del índice NBA se procedió a crear tablas de acuerdo con el año en estudio con respecto a los 3 ecosistemas presente que corresponden a: Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo-A1, Herbazal del Páramo-H1 y Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo- H2, para los cuales se determinó los valores mínimos, máximos, la media y la desviación estándar de cada uno de los ecosistemas, posteriormente se obtuvo el área total quemada correspondiente a la clase 3 que representa alta severidad de incendios de cada ecosistema con respecto a cada intervalo de tiempo a partir del 2013 al 2020, de esta forma se procedió a comparar todos los datos obtenidos y establecer el ecosistema más propenso a sufrir alta severidad de incendios.

Resultados y discusión

Cálculo del índice espectral NBA (Normalized Burned Area)

Para el cálculo del índice NBA (severidad de incendios) se sumó los índices ya calculados BAI y NBR, en donde el índice BAI se aplicó sobre el resultado de la imagen de NBR; esto debido a que aumenta la precisión que ofrece el NBR en cuanto al cálculo del área y la severidad del incendio. Con lo cual se obtuvo como producto el índice NBA (severidad de incendios) basado en el NBR que incluye información proporcionada por el BAI (Índice de área quemada). Esto se hizo para los 3 ecosistema del área en estudio comprendido entre el 2013 al 2020.

En la tabla 1. Se observa el índice BAI en el cual el ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo presenta el valor máximo de 459,537 en el año 2018, el ecosistema Herbazal del páramo en cambio muestra el máximo valor del índice en el año 2014 con 359,424; por otro lado, el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo muestra el máximo valor de

127,414 en el año 2017, estos altos valores del índice BAI muestran áreas que han sufrido incendios.

Figura 2: Índice de área quemada (BAI)

ÍNDICE DE AREA QUEMADA (BAI)						
ECOSISTEMAS	Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1		Herbazal del Páramo-H1		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
2013	323,591	0,349	160,584	0,333	11,181	0,896
2014	48,955	1,048	359,424	1,030	6,010	1,233
2015	145,301	0,535	173,477	0,563	4,713	0,893
2016	287,788	0,700	216,186	0,653	47,547	0,764
2017	332,867	0,668	367,324	0,535	127,414	0,635
2018	459,537	0,352	312,631	0,394	3,271	0,575
2019	94,319	0,522	89,409	0,633	3,069	0,936
2020	116,943	0,434	129,317	0,475	2,069	0,637

En la tabla 2. Podemos observar que en los 3 ecosistemas presentes el índice NBR (índice relación de quema normalizada) más bajo se evidencia en el ecosistema Herbazal del Páramo al obtener un valor de 0,9498 a 0,9606 en el año 2016, seguido por el ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo que de igual forma en el año 2016 muestra el valor más bajo de 0,9525 a 0,9865, por último el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo mostró el valor más bajo de 0,9606 a 0,9753 al igual que en los dos ecosistemas anteriores en el año 2016. Estos valores positivos indican la inexistencia de incendios en el área en estudio debido a que los valores del índice superan 0,9498.

Figura 3: índice relación de quema normalizada (NBR)

ÍNDICE RELACIÓN DE QUEMA NORMALIZADA (NBR)						
ECOSISTEMAS	Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1		Herbazal del Páramo-H1		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
AÑO						
2013	0,9921	0,9585	0,9905	0,9595	0,9797	0,9671
2014	0,9826	0,9666	0,9859	0,9585	0,9794	0,9749
2015	0,9876	0,9557	0,9840	0,9564	0,9728	0,9629
2016	0,9865	0,9525	0,9865	0,9498	0,9753	0,9606
2017	0,9896	0,9569	0,9901	0,9579	0,9825	0,9661

2018	0,9928	0,9572	0,9944	0,9579	0,9863	0,9782
2019	0,9891	0,9688	0,9886	0,9654	0,9801	0,9744
2020	0,9921	0,9598	0,9922	0,9599	0,9840	0,9729

Análisis geoestadístico de los datos obtenidos del cálculo del índice NBA

Con la combinación de los índices BAI y NBR se obtuvo el índice mejorado NBA el cual muestra el grado de severidad de los incendios, por lo cual los valores más altos muestran alta afectación. Como se puede observar en la Tabla 3. El ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1 mostró el valor más alto del índice NBA en el año 2018 con un valor de 823,090 a 919,074 distribuido en 1,19 hectáreas, el ecosistema Herbazal del Páramo-H1 muestra el valor más alto del índice de severidad de 599,511 a 734,648 en el año 2017 correspondiente a 9,10 hectáreas y el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2 muestra el valor más alto de severidad en el año 2013 con un valor NBA de 18,567 a 22,361. Por otra parte, la mayor área en donde se evidencia alta severidad de incendios corresponde al ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo con 49,01 Has en el año 2014, seguido por Herbazal del Páramo con 13,21 Has en el año 2016; finalmente el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo con 1,02 Has con alta severidad de incendios en el año 2014.

Figura 4: Índice Normalizado de Área Quemada (NBA)

ÍNDICE NBA - ALTA SEVERIDAD DE INCENDIOS						
AÑO	Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1		Herbazal del Páramo-H1		Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2	
	Índice NBA	Superficie (Ha)	Índice NBA	Superficie (Ha)	Índice NBA	Superficie (Ha)
2013	1,975 - 1,984	23,14	269,755 - 321,169	0,36	18,567 - 22,361	0,23
2014	1,962 - 1,965	49,01	1,966 - 1,971	4,01	1,957 - 1,958	1,02
2015	1,963 - 1,975	5,65	1,957 - 1,968	2,53	8,018 - 9,426	0,73
2016	1,965 - 1,972	3,04	1,961 - 1,973	13,21	1,944 - 1,950	0,49
2017	1,975 - 1,979	12,37	599,511 - 734,648	9,10	1,958 - 1,965	0,95
2018	823,090 - 919,074	1,19	1,978 - 1,988	8,98	5,354 - 6,542	0,92
2019	1,971 - 1,978	4,01	145,127 - 178,817	0,50	1,958 - 1,960	0,49
2020	162,329 - 233,886	0,74	97,638 - 130,284	2,10	2,784 - 3,053	0,23
TOTAL		99,14		40,78		5,06

En los siguientes gráficos se observa de forma decreciente la superficie con alta severidad de incendios (Índice NBA) de acuerdo con el periodo en estudio. Según lo cual en el gráfico. 1. Se observa que el Ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo del total de su superficie de 2488,49 hectáreas presentó en el año 2014 la mayor superficie de alta severidad de incendios con 49,01 Has, seguido por el año 2013 con 23,14 Has y en tercer lugar el año 2017 con 12,37 Has, por otra parte, el año 2020 presentó una superficie de 0,74 Has siendo el área más baja con severidad de incendios.

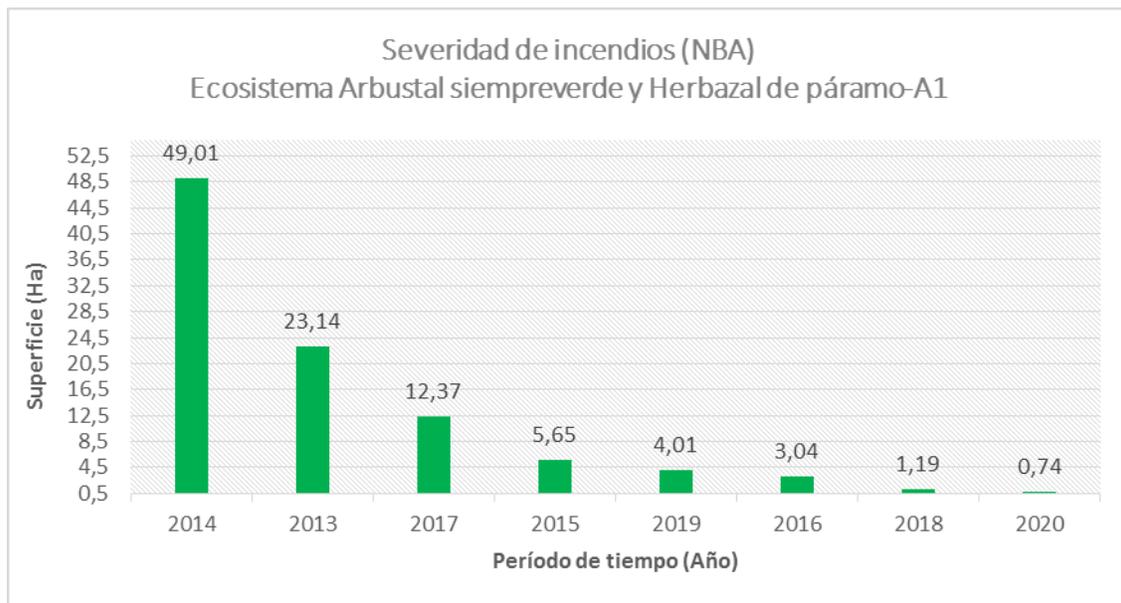


Figura 5: Severidad de incendios (NBA) - Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo

En el gráfico. 2. Se observa que el Ecosistema Herbazal de páramo del total de su superficie de 2101,05 hectáreas presentó en el año 2013 la mayor superficie de alta severidad de incendios con 13,21 has, seguido por el año 2014 con 9,1 has y en tercer lugar el año 2015 con 8,98 Has, por otra parte, al igual que el ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo se puede observar que el año 2020 obtuvo la menor superficie de 0,36 has con alta severidad de incendios.

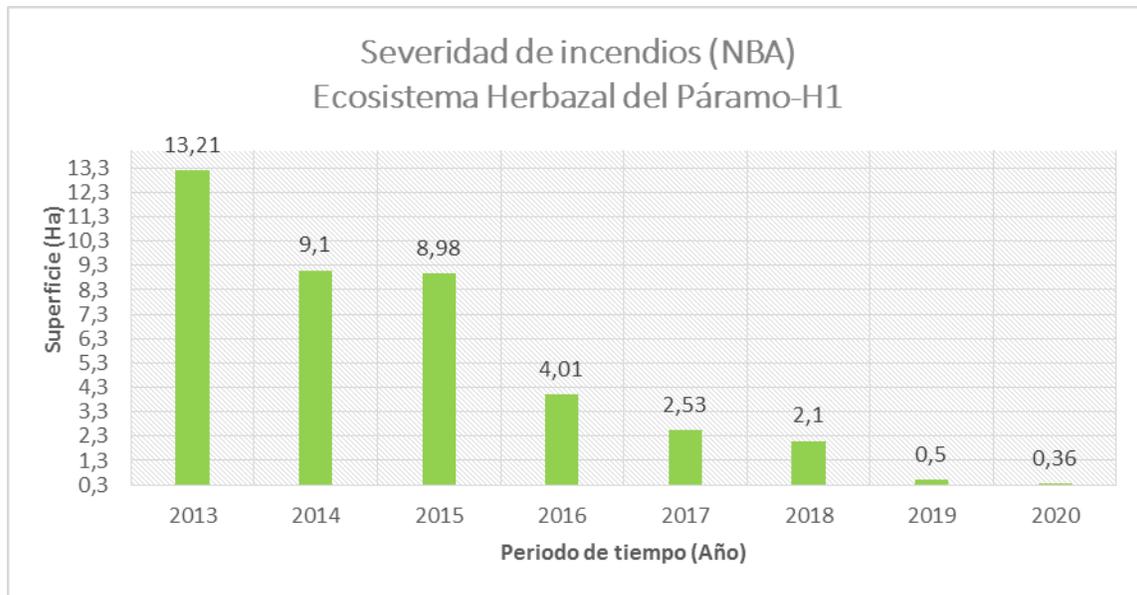


Figura 6: Severidad de incendios (NBA) – Herbazal del páramo

En el gráfico. 3. Se observa que el Ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo que, del total de su superficie de 8,13 hectáreas, presentó en el año 2014 la mayor superficie de alta severidad de incendios con 1,02 Has, seguido por el año 2015 con 0,95 Has y en tercer lugar el año 2018 con 0,92 Has, por otra parte, de igual forma el año 2020 obtuvo la menor superficie con alta severidad de incendios en 0,23 Has.

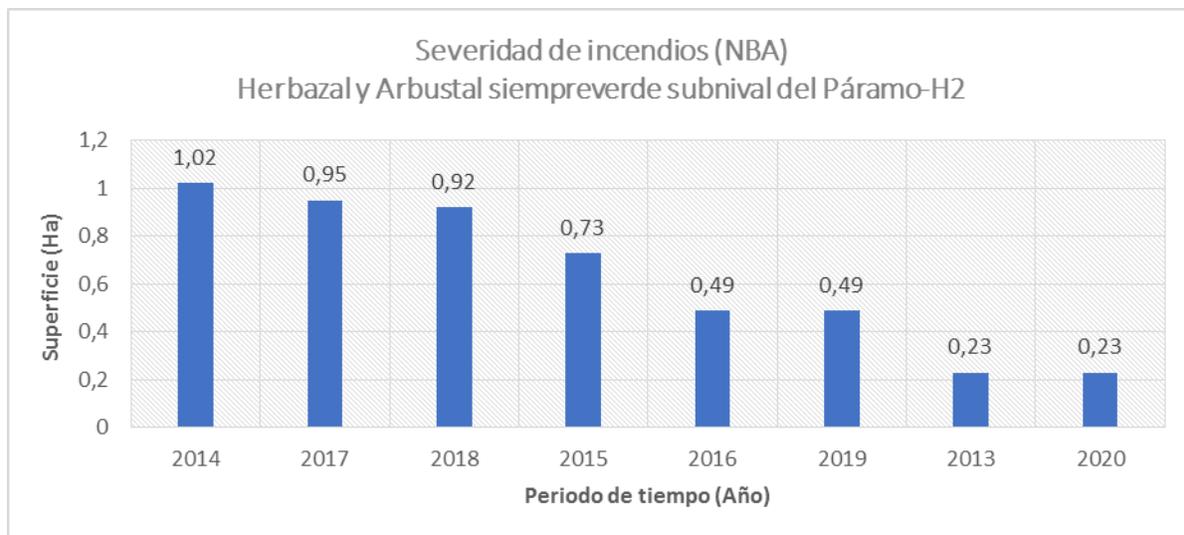


Figura 7: Severidad de incendios (NBA) – Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo

Como se observa en los gráficos de barras en los 3 ecosistemas el año 2014 presenta mayor superficie de hectáreas con alta severidad de incendios de acuerdo con los altos valores del índice NBA, en cambio que el año 2020 es el periodo en el cual se evidencia la menor superficie con alta severidad de incendios en los 3 ecosistemas de los páramos del “Ichubamba Yasepan”.

En la tabla. 4. Se puede observar la superficie con alta severidad de incendios para cada ecosistema, siendo así para el ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo que posee un área total de 2488,49 Has muestra una superficie de 99,14 Has con alta severidad correspondiente al 3,98 % de su territorio total, en cambio el ecosistema Herbazal del páramo tiene una área de 2101,05 hectáreas de las cuales alrededor de 40,78 Has se encuentran dentro de la categoría de alta severidad que representa el 1,94%; sin embargo el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo con tan solo 8,13 Has posee el 5,06 Has de superficie con alta severidad de incendios según el índice NBA lo cual significa el 62,24% de su superficie general siendo este el entorno de mayor área afectada en comparación con su área total.

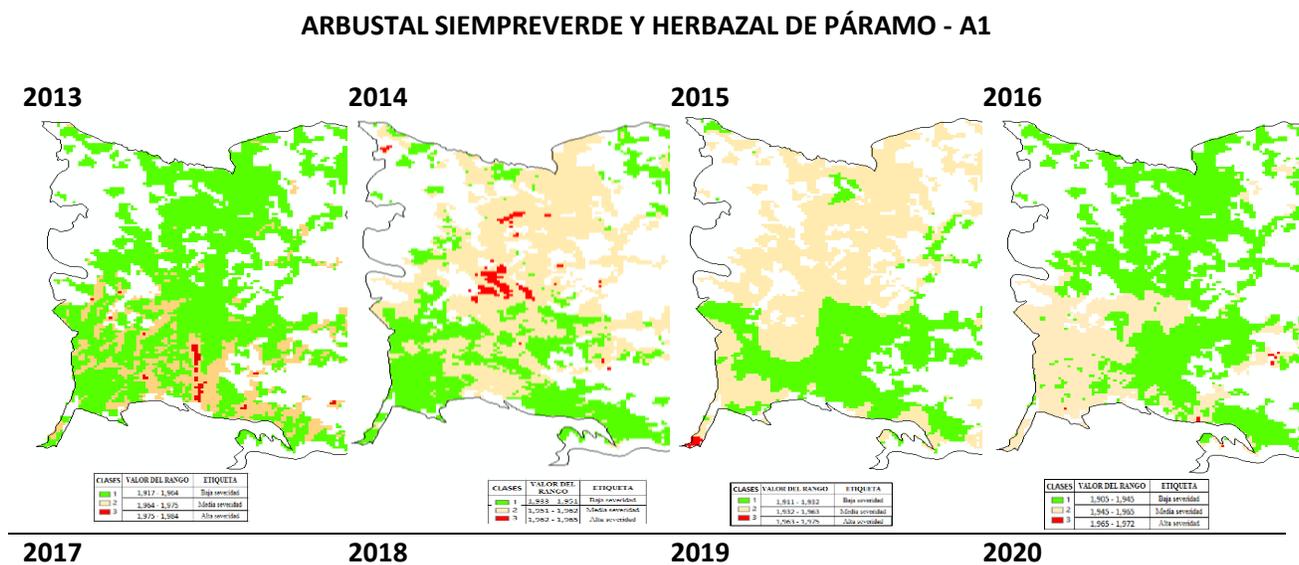
Figura 8: Superficies con alta severidad de incendios Índice NBA en una temporalidad de 8 años

Ecosistemas	Superficie por ecosistema (Ha)	Índice NBA (alta severidad de incendios)	
		Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo-A1	2488,49	99,14	3,98
Herbazal del Páramo-H1	2101,05	40,78	1,94
Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo-H2	8,13	5,06	62,24
Superficie total	4597,67	144,98	
	100%	3,15%	

Posteriormente en las figuras a continuación se puede observar el cambio que ha experimentado cada uno de los ecosistemas del Area protegida “Ichubamba Yasepan”, según el índice NBA en cuanto al grado de severidad de incendios en un periodo de tiempo a partir del año 2013 al 2020, en el cual se identifica en la figura 2. El ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo con las mayores zonas de color rojo en el centro del área protegida que corresponden a la clase 3 de alta severidad de incendios en el año 2014. Por otro lado, en la figura 3. el ecosistema Herbazal del Páramo muestra en el año 2016 la mayor área de color rojo correspondiente a alta severidad en el lado este del sitio en estudio este tipo de ecosistema se ve amenazado por actividades antrópicas como es mencionado por (VASCO LUCIO, et al. 2022) que debido al

incremento de quemas asociadas a la ganadería, actividad realizada generalmente por los comuneros, lo cual en muchos de los casos no es controlado adecuadamente, provoca la aparición de incendios y por ende la pérdida de la cubierta vegetal; de igual forma (COLCHA CUSHQUICULLMA, et al. 2022) señalan que este ecosistema generalmente posee alta severidad de incendios debido a las elevadas temperaturas y prolongadas épocas secas, además de actividades antropogénicas por parte de los agricultores que extienden la agricultura y ganadería lo cual ha hecho de este ecosistema Herbazal de páramo susceptible y propenso a incendios forestales. Por último, en la figura 4. se identifica el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo con la mayor zona de alta severidad de incendios en el año 2014. Cabe mencionar que, de los 8 años en estudio en el 2013, 2015, 2016, 2019 y 2020 se puede observar alta severidad en la punta de la parte noroeste de este ecosistema.

Figura 9: Índice NBA severidad de incendios del Ecosistema Arbustal siempreverde y herbazal de páramo - A1



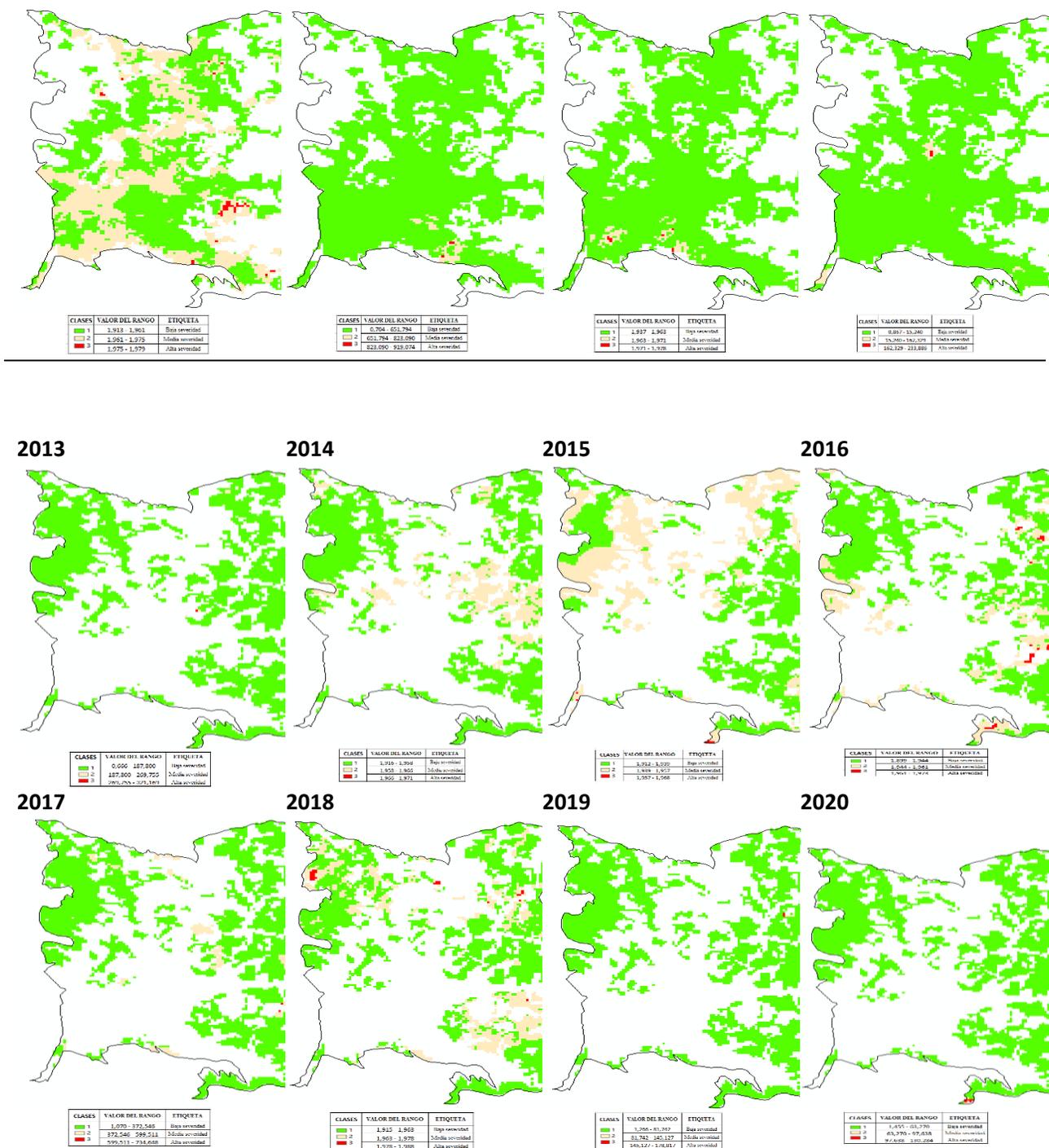


Figura 10: Índice NBA severidad de incendios del Ecosistema Herbazal del páramo – H1

HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO - H2

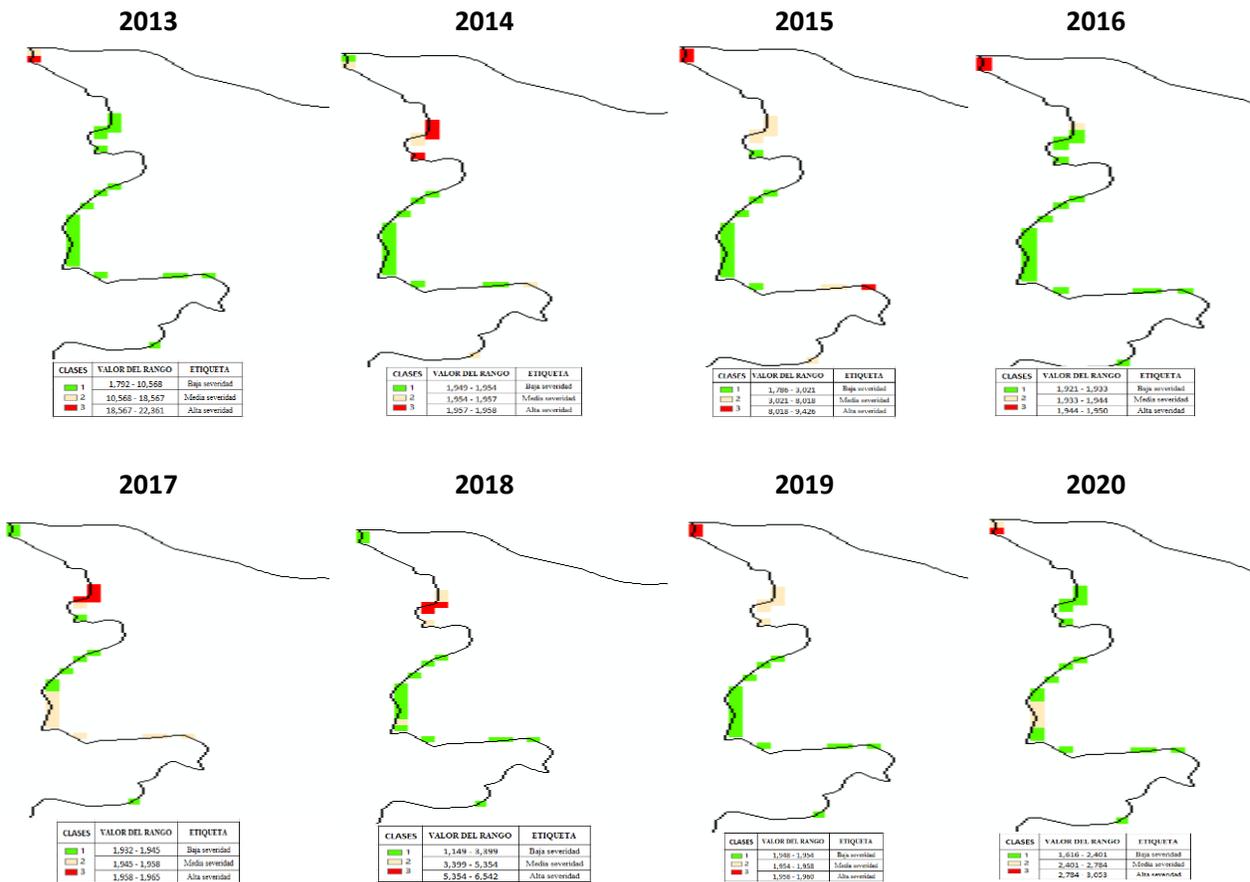


Figura 11: Índice NBA severidad de incendios del Ecosistema Herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo – H2

El índice NBA resulta muy útil a la hora de identificar las zonas con un alto grado de severidad producido por incendios, lo cual es ratificado por (COLCHA CUSHQUICULLMA, et al. 2022) en donde señala que el índice NBA es el mejor estimador de severidad al ser comparado con los índices BAI y NBR por separado, es así que para obtener mayor precisión se combinaron los dos índices en donde las características de cada uno mejora la precisión de detección de incendios. Según el estudio realizado en el intervalo de tiempo de 2013 a 2020 apenas 144,98 Has de la superficie total de 4597,67 Has presentaron alta severidad de incendios lo cual se debe a los esfuerzos en conjunto por parte de los 24 socios de la cooperativa para lograr la protección de los páramos de la zona, por lo que luego de varias reuniones llegaron a un acuerdo de conservación

en el año 2004, es así que empezaron con acciones efectivas en donde acordaron no quemar los páramos, no secar el líquido vital y bajar la carga animal, además de establecer multas económicas para quienes destruyan los páramos garantizando de esta forma el cumplimiento de sus acuerdos.

Por otra parte, de acuerdo a los resultados de la investigación se evidencia la protección de los páramos lo cual sin duda se debe al esfuerzo mancomunado de los socios de la cooperativa, es así que cabe recalcar que en el año 2013 establecieron convenios con el programa estatal Socio Bosque y socio páramo, en donde se distribuyeron 4000 Has para conservación; posterior a esto en el 2020 debido a todo el esfuerzo enfocado en la protección de los páramos por parte de los habitantes de la zona, el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE) ingresó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) al ser declarada área protegida debido a sus altos índices de biodiversidad y beneficios ecosistémicos que proveen al planeta, razón por la cual en este año en mención no se observó superficies con alta severidad de incendios. Con esto se ratifica el porqué de los esfuerzos de más de una década que han realizado dando como resultado la protección ecológica de los páramos Ichubamba Yasepan y el espacio adecuado para continuar con actividades pecuarias, al mismo tiempo que logran el fortalecimiento del turismo sostenible como es señalado por (Basantes, 2020).

Conclusiones

El ecosistema Herbazal del Páramo obtuvo los valores más altos de severidad de incendios (índice NBA) en los años 2013, 2017, 2019 y 2020, ya que es un ecosistema frágil y vulnerable, por sus características de estructura y composición, ya que posee abundante vegetación poacea con hojas alargadas, estrechas y generalmente lineales con venación paralela, con alturas promedio de 0,50 m lo que los convierte en combustibles vegetales altamente volátiles, además hay que considerar que estos pastos naturales son usados como alimento para el ganado ovino y bovino, por lo cual son quemados para utilizar el rebrote de los pajonales para la alimentación de animales. El ecosistema Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo obtuvo valores altos del índice NBA en los años 2018 y 2020, finalmente el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo únicamente obtuvo el mayor índice de severidad NBA incendios solo en el año 2013, estos ecosistemas presentan vegetación herbácea y arbustiva con alturas menores a 1 metro y con baja actividad fotosintética algo que sin duda incide en la aparición de incendios.

Como es señalado por Efeverde, (2020) los incendios provocan la degradación de los ecosistemas produciendo alteraciones en la cobertura vegetal, reduce el desarrollo de los mismos; además afecta gravemente a los animales propios de la zona, todo esto implica la pérdida de la biodiversidad.

Se concluye que la cooperativa Ichubamba Yasepan al poseer una superficie de 4596,67 Hectáreas de páramo en las cuales se distribuyen los ecosistemas Arbustal siempreverde y Herbazal de páramo, Herbazal del Páramo, y Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo; alrededor de 144,98 hectáreas de su superficie total mostraron un alto índice NBA identificado como zonas con alta severidad de incendios en los 8 años de estudio, la baja superficie que presenta severidad de incendios se debe a la iniciativa de conservación de los páramos por parte de la cooperativa, tanto así que en el 2013 ingresaron al programa socio bosque en donde pudieron obtener incentivos económicos a través de la protección del páramo, además en la investigación realizada por (Sarango et al. 2019) señala que en el transcurso de un año después de producido el incendio forestal la vegetación del páramo se recuperó disminuyendo impactos y el grado de severidad lo cual coincide con el presente estudio debido a que el grado de severidad de incendios (NBA) disminuyó a través del paso de los años; en donde también se observó la recuperación de las especies vegetales del estrato arbóreo y arbustivo debido a la aparición de rebrotes.

Referencias

1. BASANTES, A.C., 2020. Ecuador: nueva área protegida conservará los páramos de Chimborazo. MONGABAY LATAM [en línea]. Disponible en: [https://es.mongabay.com/2020/08/nueva-area-protegida-ecuador-ichubamba-yasepan/#:~:text=aún son insuficientes.-,El 30 de julio de 2020%2C el Ministerio de Ambiente,Protegidas del Ecuador \(SNAP\).](https://es.mongabay.com/2020/08/nueva-area-protegida-ecuador-ichubamba-yasepan/#:~:text=aún son insuficientes.-,El 30 de julio de 2020%2C el Ministerio de Ambiente,Protegidas del Ecuador (SNAP).)
2. CASTILLO, M., PEDERNERA, P. y PENA, E., 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA [en línea], vol. XIX, no. 1, pp. 44-53. DOI 10.1002/hyp.9647. Disponible en: http://www.cipma.cl/web/200.75.6.169/RAD/2003/3-4_Castillo.pdf.
3. COLCHA CUSHQUICULLMA, PAÚL ROLANDO, VACA CÁRDENAS, ESPINOZA, VÍCTOR MANUEL, LARA VÁSCONEZ, NORMA XIMENA, CUSHQUICULLMA

- COLCHA, D.F., 2022. Severidad en Zonas Incendiadas que Afectan la Producción de Alimento de Especies Domésticas y Silvestres en la Subcuenca del Río Chambo en el Período 2013 – 2016, Mediante Teledetección. Polo del Conocimiento [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 496-509. DOI 10.23857/pc.v7i1.3490. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com>.
4. COMERCIO, 2018. Chimborazo pierde sus páramos en incendios. [en línea]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/chimborazo-pierde-paramos-incendios-incendiosforestales.html>.
 5. CUSHQUICULLMA COLCHA, 2013. DISEÑO DE UN PLAN DE MANEJO ECO TURÍSTICO PARA LOS PÁRAMOS DE ICHUBAMBA YASEPAN, PARROQUIA CEBADAS, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. S.l.: s.n.
 6. EFEVERDE, 2020. INCENDIOS ECUADOR. [en línea]. Disponible en: <https://efeverde.com/ecuador-incendios-hectareas-bosque-afectado-2020/>.
 7. GISANDBEERS, 2018. Análisis de severidad de incendios con índice NBR. [en línea]. Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/analisis-severidad-incendios-indice-nbr/>.
 8. GUILLEM-COGOLLOS, R., VINUÉ-VISÚS, D., CASELLES-MIRALLES, V. y ESPINÓS-MORATÓ, H., 2017. Estudio crítico de los índices de severidad y la superficie afectada por el incendio de Sierra de Luna (Zaragoza). Revista de Teledeteccion, vol. 2017, no. 49 Special Issue, pp. 63-77. ISSN 19888740. DOI 10.4995/raet.2017.7117.
 9. MAE, 2015. Prevención y control de incendios una prioridad nacional. [en línea]. [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/prevencion-y-control-de-incendios-una-prioridad-nacional/>.
 10. PDYOT, 2015. PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. [en línea], pp. 554. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000280001_PDyO T FINAL - 160516 13y50_16-05-2016_19-06-53.pdf.
 11. SARANGO, J., MUÑOZ, J., MUÑOZ, L. y AGUIRRE, Z., 2019. Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. Boisques latitud cero, vol. 9, no. 2, pp. 101-114.

12. TALLANA COLUMBA, M.J., , QUISILEMA RON, WENDY ALEZANDRA , PADILLA ALMEIDA, O. y TOULKERIDIS, T., 2017. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y APLICACIÓN DE ÍNDICES ESPECTRALES, EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. [en línea], no. May. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317017416_IDENTIFICACION_DE_ZONAS_DE_RECURRENCIA_DE_INCENDIOS_FORESTALES_MEDIANTE_ANALISIS_MULTITEMPORAL_Y_APLICACION_DE_INDICES_ESPECTRALES_EN_EL_DISTRITO_METROPOLITANO_DE_QUITO/download.
13. TERRADRON, 2021. Análisis de incendios con dron. [en línea]. Disponible en: <https://terradrone.cat/indexs/bai-index-drone/>.
14. VASCO-LUCIO, M.M., ATI-CUTIUPALA, G.M., FORESTAL, I. y INDEPENDIENTE, I., 2022. Cálculo de la severidad de incendios en el periodo 2017 a 2020 en la subcuenca del río chambo, mediante teledetección y el análisis geo estadístico. , vol. 8, pp. 84-96.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).