



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Escuela de Ingeniería Ambiental

Evaluación del estado de conservación de las Áreas Clave para la Biodiversidad de la provincia del Azuay.

**Trabajo previo a la obtención del grado académico de:
Ingeniero ambiental**

Autoras:

Liseth Katherine Atre Cedillo
Paola Gabriela León Pulla

Directora:

María Lorena Orellana Samaniego

**Cuenca – Ecuador
2024**

Dedicatoria.

A mis abuelitos, Segundo y Ofelia, les agradezco su amor incondicional, su apoyo constante y sus enseñanzas. Gracias a ustedes, aprendí el verdadero valor de la dedicación y la perseverancia. Son mi ejemplo a seguir, los amo y siempre los llevaré en mi corazón.

A mis padres, María e Iván, les agradezco por todo lo que han hecho por mí. Son mi inspiración y la razón por la que hoy, soy la persona que soy. Gracias a ustedes, estoy cumpliendo uno de mis sueños.

A mi mejor amiga, Ariana Ayavaca, le agradezco su amistad incondicional. Gracias por estar siempre ahí para mí, por desvelarte junto a mí con las tareas, el estrés de la universidad y por acompañarme en esta etapa de mi vida.

Este trabajo es un pequeño homenaje a todos ustedes.

Liseth K. Atre Cedillo

A mis padres, por enseñarme el valor del amor, el esfuerzo y la constancia. Su ejemplo me ha guiado en todo mi camino, y sin su apoyo no habría sido posible alcanzar esta meta y otra etapa más en mi vida.

A Liseth Atre, mi compañera de clases y tesis, por su amistad, su apoyo incondicional y su ejemplo de compañerismo. Gracias a ti, este camino ha sido más fácil y divertido.

A mi gatita Sami, por ayudarme a relajarme durante el proceso de realización de este trabajo y por ser mi compañía en casi todas las noches de la etapa de la Universidad.

A mis compañeros de clase por motivarme y compartir conmigo experiencias inolvidables y divertidas.

Gracias a todos porque han hecho que me convierta en una mejor versión de mí.

Paola G. León Pulla

Agradecimientos.

A mis abuelitos, padres y amigos, les agradezco su amor, apoyo y comprensión. Gracias a ustedes, he podido superar todos los obstáculos y alcanzar mis metas.

A Doris Mena y Jorge Ayavaca que han sido mi segunda familia, gracias por acompañarme, enseñarme, apoyarme y creer en mí.

A mis profesores, les agradezco por su dedicación y compromiso en la enseñanza de estos largos años.

A Paola León, por hacer de su familia la mía, por apoyarme desde que nos conocimos, por reírse conmigo en clases y más que ser mi compañera en un salón de clases gracias por ser mi amiga incondicional.

Y a mi directora de tesis, Lorena Orellana, le agradezco su confianza, apoyo y orientación. Estoy feliz de haberla conocido en esta etapa. Gracias a su guía, pudimos concluir este trabajo de manera exitosa.

Lisseth K. Atre Cedillo

A mis padres, porque este trabajo es el resultado de su amor, su apoyo incondicional y su ejemplo. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la constancia y la superación. Gracias por estar ahí siempre, y por brindarme las herramientas necesarias para dar lo mejor de mí.

A Lisseth Atre, por ser esa compañera incondicional que me enseñó cosas nuevas, por brindarme una mano amiga siempre y por llegar a representar un hogar más en varias de las tardes de la Universidad.

A mi directora de tesis Lorena Orellana gracias por su orientación y compromiso en el trabajo y en el salón de clases, estoy agradecida de haber tenido la oportunidad de trabajar con usted.

Paola G. León Pulla

Resumen.

Las Áreas Clave para la Biodiversidad (KBA) representan sitios de gran valor ecológico a nivel global, representando zonas potenciales dedicadas a la conservación. En la provincia del Azuay, se identificaron KBAs que no están incorporadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), lo que las expone a posibles amenazas antropogénicas. El objetivo de esta investigación es evaluar si las KBAs del Azuay que no forman parte del SNAP, han experimentado pérdidas significativas de sus ecosistemas debido a la falta de protección oficial. Para esto se realizó un análisis de cambio de cobertura mediante un método de clasificación supervisada para comparar imágenes satelitales de diferentes años. Los resultados obtenidos demuestran una mayor conservación en las áreas que están incluidas en ambos sistemas, como es el caso del Parque Nacional Cajas. Debido a ello, se evidencia la importancia de considerar a las KBA como potenciales sitios de conservación a nivel nacional.

Palabras clave: KBA, SNAP, cambio de cobertura, clasificación supervisada, imágenes satelitales.

Abstract.

Key Biodiversity Areas (KBAs) are globally recognized sites of ecological value, representing areas of high conservation potential. In the province of Azuay, KBAs that are not incorporated into the National System of Protected Areas (SNAP) were identified, which exposes them to possible anthropogenic threats. The objective of this research is to evaluate whether the KBAs of Azuay that are not part of the SNAP have experienced significant losses of their ecosystems due to the lack of official protection. For this purpose, a coverage change analysis was carried out using a supervised classification method to compare satellite images from different years. The results obtained show greater conservation in the areas that are included in both systems, as is the case of Cajas National Park. Therefore, it is important to consider the KBAs as potential conservation sites at the national level.

Key words: KBA, SNAP, cover change, supervised classification, satellite images.

Índice de contenido.

I.	Introducción.....	1
II.	Métodos.....	3
II.1	Área de estudio.....	3
II.2	Datos.....	5
II.2.1	Criterios de selección de KBAs.....	5
II.2.2	KBAs seleccionadas para el análisis.....	6
II.2.3	Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).....	7
II.2.4	Imágenes satelitales.....	9
II.3	Metodología.....	10
II.3.1	Clasificación de cobertura de suelo y comparación temporal.....	10
II.3.2	Evaluación de cumplimiento de los criterios de las KBAs.....	12
III.	Resultados y Discusión.....	13
III.1	Clasificación de las imágenes.....	13
III.2	Mapas de coberturas de las KBAs.....	14
III.3	Cambio de cobertura en las KBA.....	18
III.4	Especies afectadas de cada KBA.....	19
IV.	Conclusiones.....	21
V.	Anexos.....	23
VI.	Lista de referencias.....	26

Índice de tablas.

Tabla 1 KBAs seleccionadas que se encuentran dentro de la provincia del Azuay.....	7
Tabla 2 Comparación entre KBAs y áreas protegidas.	9
Tabla 3 Fechas de las Imágenes satelitales obtenidas para el análisis.	10
Tabla 4 Cantidad de pixeles de prueba usados para los datos de entrenamiento de cada cobertura.	11
Tabla 5 Resultados de rendimiento del modelo utilizado para la clasificación.	13
Tabla 6 Porcentaje de cobertura de las KBA.	18
Tabla 7 Especies existentes dentro de cada KBA.	20

Índice de figuras.

Figura 1 Mapa de elevación del Azuay.	4
Figura 2 Ecosistemas presentes en la provincia del Azuay.	5
Figura 3 Mapa de las Áreas Clave para la Biodiversidad o KBA distribuidas en la provincia del Azuay.	6
Figura 4 Mapa de las áreas del Azuay que están dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	8
Figura 5 Comparación de los mapas de cobertura de Cajas - Mazán.	15
Figura 6 Comparación de los mapas de cobertura del Bosque Protector Moya - Mojlón.	15
Figura 7 Comparación de los mapas de cobertura de Montañas de Zapote - Najda.	16
Figura 8 Comparación de los mapas de cobertura de Reserva Yunguilla.	16
Figura 9 Comparación de los mapas de cobertura de Río León.	17
Figura 10 Comparación de los mapas de cobertura de Río Jubones.	17

Índice de anexos.

Anexo 1 Tabla resumen de los criterios y umbrales de las KBA.	23
Anexo 2 Ecosistemas presentes en la provincia del Azuay.	24
Anexo 3 Área total de cada KBA, así como de sus diferentes coberturas de ambos años de análisis.	25

I. Introducción

La pérdida de biodiversidad es un problema ambiental de preocupación global debido a sus impactos perdurables, que incluyen la fragilidad de los ecosistemas y la extinción de especies en cadena (University of Exeter, 2018). Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (2020), entre 1970 y 2016, el mundo experimentó una pérdida de aproximadamente el 68% de su vida silvestre. Por otro lado, en el período de 1990 a 2020, los bosques sufrieron una pérdida de 420 millones de hectáreas (FAO, 2022). Cada año esta problemática se manifiesta con la desaparición del 1% de las selvas tropicales, y del 12.5% de las especies de plantas en peligro de extinción. Por cada planta superior que se extingue, se estima que desaparecen alrededor de 30 especies que incluyen insectos, hongos y bacterias. Además, una gran cantidad de vertebrados enfrentan amenazas significativas (Oberhuber *et al.*, 2010).

Según datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2016a), a nivel mundial, el 14.7% de la superficie terrestre del planeta y el 10% de sus masas de agua se encuentran designados como áreas de conservación. No obstante, para alcanzar los objetivos de conservación, es crucial identificar patrones de prioridad a gran escala. En 2020, se había planteado un aumento del 17% en la cobertura de áreas protegidas como meta. Sin embargo, este proceso requiere un análisis minucioso de las situaciones específicas de cada región, ya que los enfoques a gran escala no siempre son aplicables para áreas más pequeñas (Kullberg *et al.*, 2019). Si bien se han hecho esfuerzos para lograr la conservación de por lo menos un 10% de áreas terrestres importantes, existen incongruencias en la información y control de estas, especialmente en la zona tropical del globo (Eken, 2004).

A menudo, los sistemas nacionales de áreas protegidas no se centran en un concepto de conservación que se enfoque exclusivamente en la biodiversidad (Eken, 2004). Ante esto, se originan las Áreas Clave para la Conservación de la Biodiversidad¹ o Key Biodiversity Areas (por sus siglas en inglés KBA), como un mecanismo para identificar dónde se podrían implementar

¹ **Áreas Clave para la Biodiversidad (KBA):** Sitios de importancia ecológica, tanto de flora como fauna, que contribuyen a la persistencia global de la biodiversidad (Plumptre, 2021).

proyectos de conservación de biodiversidad a nivel mundial (Ambal, 2012). Hasta el momento, se han identificado más de 16000 KBAs alrededor del mundo siguiendo criterios de conservación. Sin embargo, es importante destacar que muy pocos países han implementado mejoras en sus procesos de identificación para dichas áreas, alineándolos con los estándares internacionales (Plumptre, 2021).

El estándar global para la identificación de KBAs se basa en al menos 30 años de experiencia para reconocer y validar diferentes subconjuntos taxonómicos, ecológicos y temáticos de la biodiversidad. Asimismo, cabe mencionar que, las áreas que no se han identificado como KBAs, no necesariamente muestran menor importancia (UICN, 2016b). Las KBAs se establecen como tal cuando logran cumplir con uno o más de los once criterios definidos en base a cinco categorías (Anexo 1): biodiversidad amenazada, biodiversidad geográficamente restringida, integridad ecológica, procesos biológicos e irremplazabilidad (Plumptre, 2021).

Ecuador es uno de los países con mayor número de especies amenazadas en el mundo, con un total de 3494 especies en peligro, que incluyen mamíferos, reptiles, anfibios, aves, invertebrados, peces y plantas (Kleemann *et al.*, 2022a). Además, a lo largo de las últimas décadas, el país ha experimentado una pérdida considerable de su superficie forestal, estimada en aproximadamente 1.83 millones de hectáreas (Cuesta *et al.*, 2017). Esta deforestación ha sido más significativa en el norte de la región Costa, en las laderas de los Andes y en la región norte del Amazonas (Kleemann *et al.*, 2022b). Para el caso específico de la región andina, la vegetación nativa está siendo reemplazada por plantaciones de árboles no endémicos, mientras que en ciudades costeras como Esmeraldas, el cultivo de palma está invadiendo los bosques (Bravo, 2014). A pesar de que Ecuador ha establecido un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que cubre el 20% de su territorio (Kleemann, 2022a), la problemática de la pérdida de especies y ecosistemas sigue siendo un desafío crítico.

La conservación de las áreas identificadas como KBAs en la provincia del Azuay, se presenta como una propuesta para que las autoridades ambientales las consideren como candidatas para categorías de protección, y posterior a ello, sean reconocidas como áreas protegidas. En el período comprendido entre 1990 y 2008, se ha observado una inquietante pérdida de cobertura forestal que abarca aproximadamente 53 hectáreas dentro de la provincia (Sierra, 2013). Este

fenómeno se debe principalmente a la expansión de la frontera agrícola, los incendios forestales consecutivos y los cambios en el uso del suelo ocasionados por construcciones y asentamientos humanos (Maza, 2022). Cabe mencionar que la expansión de la frontera agrícola se concentra, en gran medida, en altitudes superiores a los 2700 metros sobre el nivel del mar, donde se encuentran las zonas con mayor relevancia hídrica, que, al mismo tiempo son zonas de gran interés para la actividad minera (PDOT, 2019).

A pesar de que en el Azuay existen zonas potenciales para su conservación, actualmente solo hay tres áreas protegidas que se encuentran dentro del sistema nacional en la provincia, que representan solo el 6% del territorio y son: el Parque Nacional Cajas, el Área Nacional de Recreación Quimsacocha y el Área Protegida Comunitaria Marcos Pérez de Castilla (PDOT, 2021). Además de estas áreas también se incluyen áreas de bosque protector cuya categoría de conservación es menor. Dentro del Azuay, se han identificado 15 KBAs, sin embargo, el Parque Nacional Cajas es la única área que está incluida en ambos sistemas. Es por ello que, este trabajo tiene como objetivo evaluar el estado de conservación de las KBAs del Azuay mediante un análisis del cambio de cobertura de estas áreas, utilizando imágenes satelitales para clasificar sus coberturas y observar sus cambios a lo largo del tiempo. Se pretende realizar una comparación del estado de conservación entre KBAs que están incluidas en el SNAP y aquellas que no se encuentran en el sistema nacional. Por último, se analizará si los cambios de la cobertura en el transcurso de los años pueden afectar a las especies que habitan en estas áreas y por las cuales estas zonas fueron nombradas KBAs.

II. Métodos.

II.1 Área de estudio.

La provincia del Azuay se encuentra ubicada al sur del Ecuador continental (Figura 1), entre la cordillera occidental y oriental. La provincia limita al norte con Cañar, al sur con Loja, al este con Morona Santiago, al sureste con Zamora Chinchipe, al oeste con Guayas, y al suroeste con El Oro (PDOT, 2021). El Azuay abarca una superficie de 8492.76 km² y presenta altitudes que van desde los 370 a 4482 m.s.n.m. aproximadamente. La temperatura de la provincia es variable ya que en zonas de páramo se puede llegar a los 5.6 °C mientras que en zonas occidentales hasta los 25°C. La precipitación promedio anual en la provincia es de aproximadamente 940 mm/año y

su estacionalidad se caracteriza por una época lluviosa que va desde diciembre a mayo y una época seca que va desde junio a noviembre (PDOT, 2015). Adicionalmente, en la provincia del Azuay existen alrededor de 23 tipos de ecosistemas (Ministerio del Ambiente, 2012) (Figura 2), de los cuales los más predominantes son: Herbazal de Páramo con 24.7%, y Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes con 4.9% (Anexo 2).

Figura 1 Mapa de elevación del Azuay.

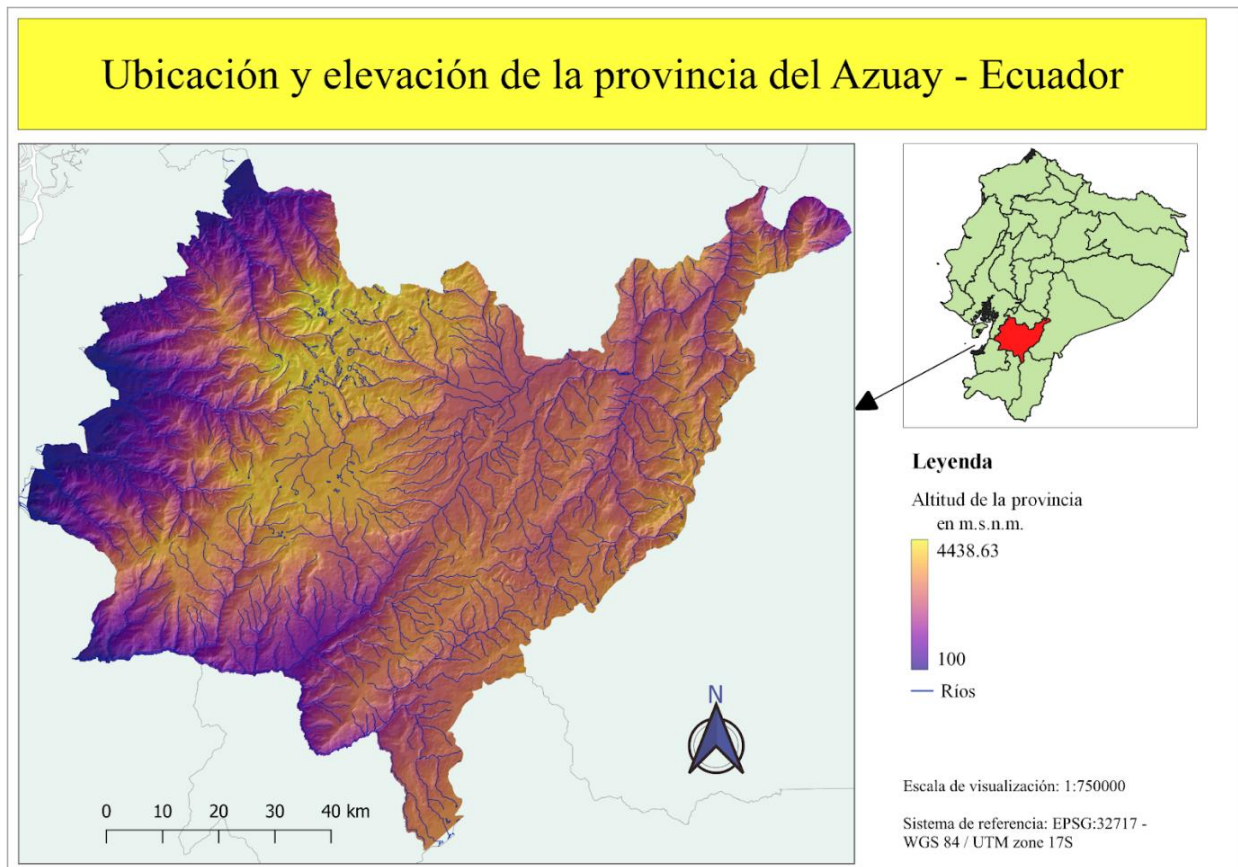
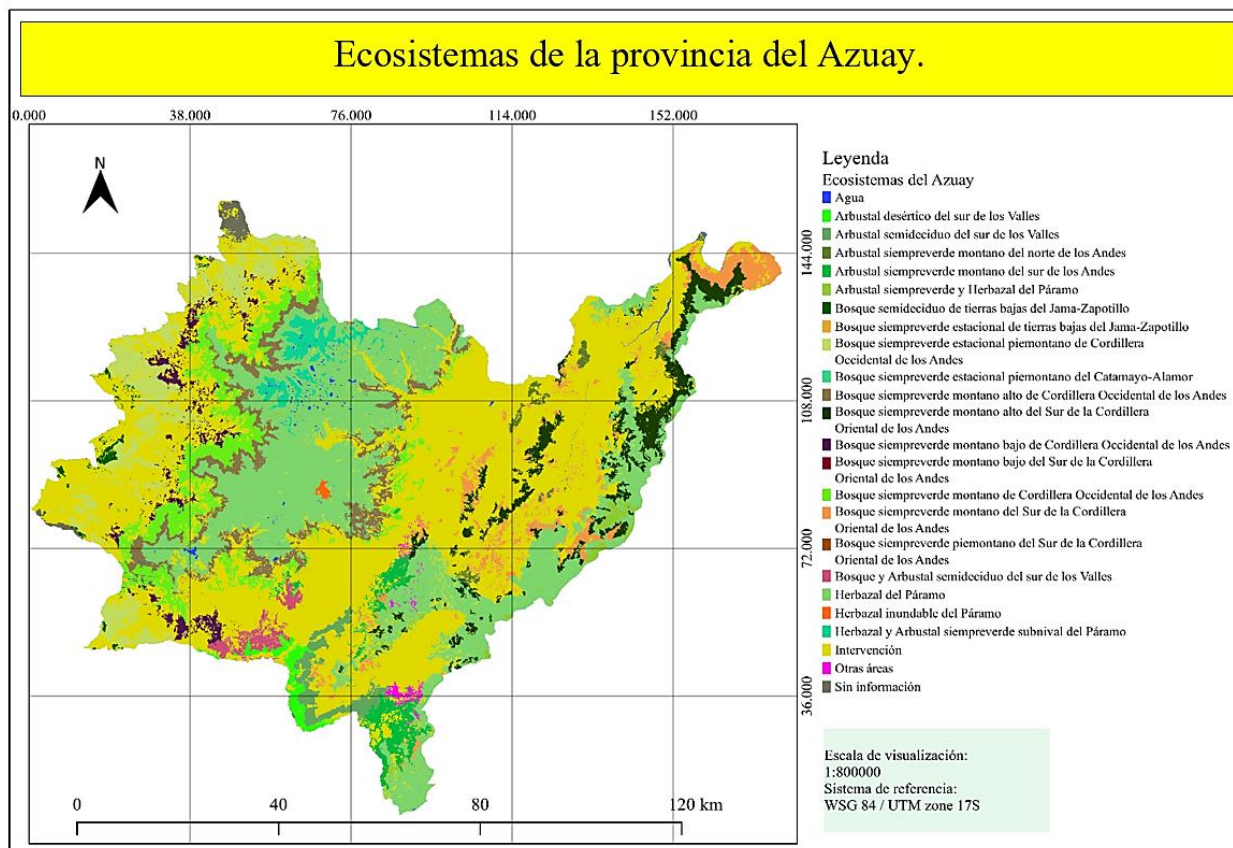


Figura 2 Ecosistemas presentes en la provincia del Azuay.



II.2 Datos

II.2.1 Criterios de selección de KBAs.

Las KBAs que se analizaron fueron seleccionadas en base a 3 criterios: el primero se basó en el año de declaración del área, en donde se espera que las áreas de análisis tengan al menos 4 años de antigüedad, ya que de lo contrario los cambios que se pretenden visualizar no serían muy notorios. El segundo criterio que se consideró, se refiere al porcentaje de territorio que tiene la KBA dentro de la provincia del Azuay, es decir, se estableció que para el análisis de cobertura, la zona debe cumplir con al menos el 40% de su área distribuida dentro de la provincia. Y finalmente como último criterio, se revisó que las imágenes satelitales estén libres de nubes para que se pueda

evidenciar fácilmente el tipo de cobertura de cada KBA y por lo tanto, observar sus cambios a lo largo de los años.

II.2.2 KBAs seleccionadas para el análisis.

En el Azuay se encuentran 15 KBAs distribuidas a lo largo de la provincia, de las cuales se seleccionaron seis, siguiendo los criterios ya mencionados. Las áreas seleccionadas fueron: 1) Montañas de Zapote - Najda, 2) Cajas - Mazán, 3) Bosque Protector Moya - Mojlón, 4) Río Jubones, 5) Río León y 6) Reserva Yunguilla (Figura 3). En la Tabla 1 se muestran los años y criterios de declaración de cada KBA, así como su extensión y los ecosistemas más representativos.

Figura 3 Mapa de las Áreas Clave para la Biodiversidad o KBA distribuidas en la provincia del Azuay.

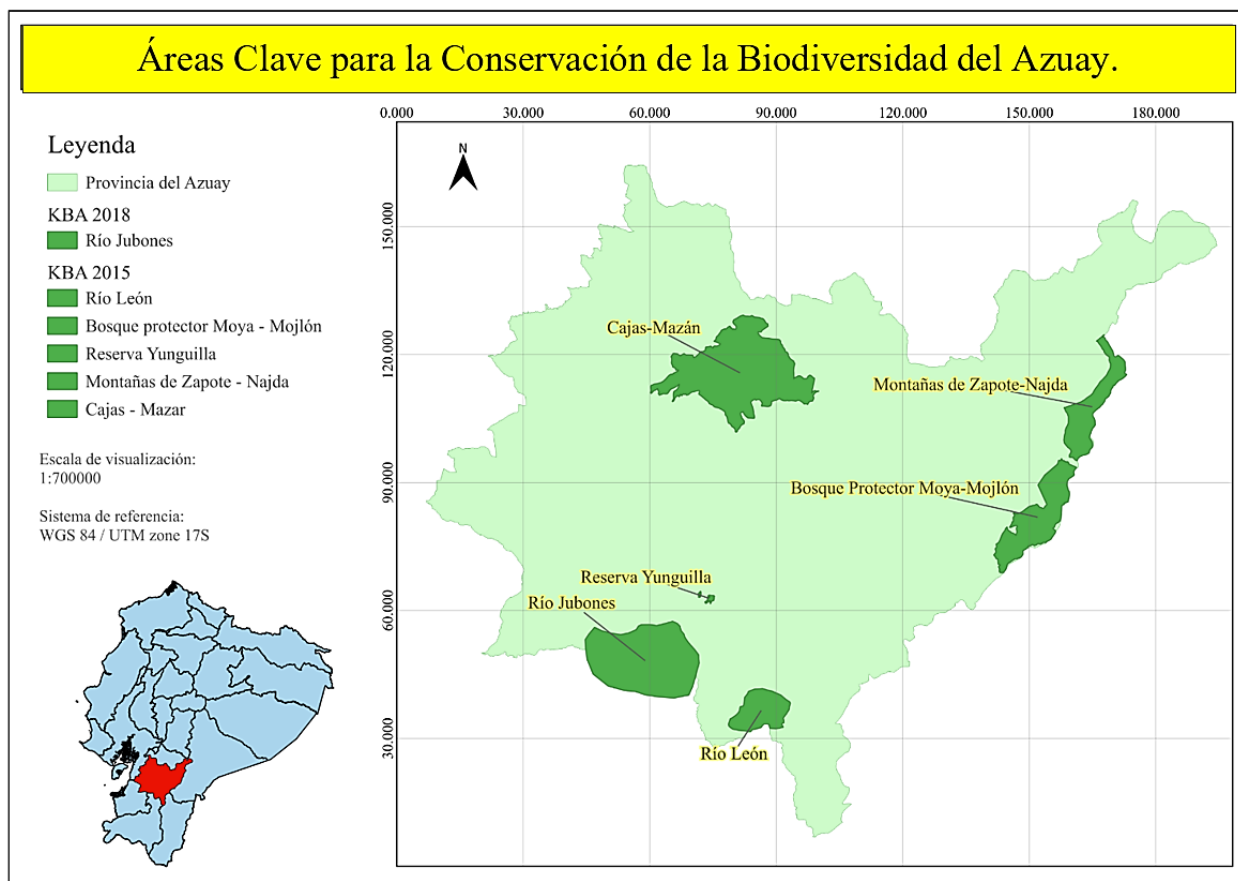


Tabla 1 KBAs seleccionadas que se encuentran dentro de la provincia del Azuay.

Nombre de la KBA	Año de declaración	Área (km²)	Ecosistema predominante	Criterios de declaración
Montañas de Zapote-Najda	2015	9464	Bosque siempre verde montano alto del sur de la cordillera oriental de los andes	B2
Cajas-Mazán	2015	30891	Herbazal del páramo	B2
Bosque Protector Moya-Mojlón	2015	12104	Herbazal de páramo	No especificado
Río Jubones	2018	23162	Intervención	A1b, B1, B2
Río León	2015	6446	Intervención	A1a, A1b, B1, B2
Reserva Yunguilla	2015	179	Arbustal semidecuido del sur de los Valles	A1e

Los nombres de las áreas pertenecen al sistema de KBA y no existen como tal para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Los criterios de declaración de las KBA se encuentran detallados en el Anexo 1.

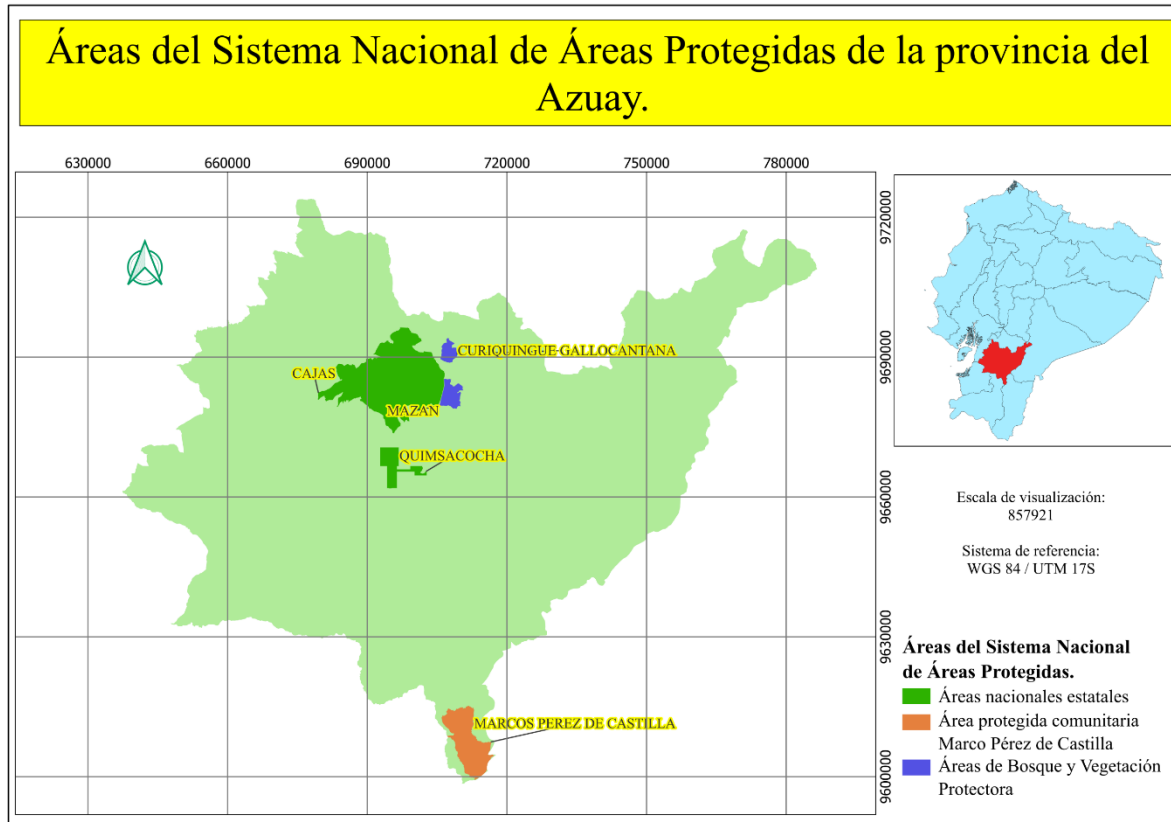
II.2.3 Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

En el Azuay existen tres áreas protegidas que son: el Parque Nacional Cajas, el Área Nacional de Recreación Quimsacocha y el Área Protegida Comunitaria Marcos Pérez de Castilla, las cuales cuentan con el nivel más alto de protección según el SNAP (PDOT, 2021) (Figura 4). Estas áreas presentan un Plan de Manejo² ya que están sujetas a controles de uso de suelo más

² **Plan de Manejo:** Es el instrumento de planificación principal mediante el cual se dirige el manejo de las áreas protegidas y es en donde se definen las estrategias y programas para su gestión efectiva (MAATE, 2023).

estrictos y cuentan con zonas de amortiguamiento. Además de estas zonas, en el Azuay hay 14 Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (ABVP), que, aunque también se ubican en una categoría de conservación, sus restricciones son considerablemente menores en comparación con las categorías de conservación superiores, y su plan de manejo permite actividades que normalmente no llegan a contribuir con una buena conservación (PDOT, 2021).

Figura 4 Mapa de las áreas del Azuay que están dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.



Es relevante señalar que, a pesar de que el Parque Nacional Cajas está registrado como un área protegida dentro del SNAP y es reconocido como una KBA, no comparte el mismo nombre en ambos sistemas, al igual que las otras 6 zonas de análisis. Asimismo, es muy importante destacar que no todas las áreas que se analizan como KBAs existen o se consideran dentro del SNAP, como es el caso del Río León y Río Jubones, que son zonas que no presentan ningún tipo de conservación. Por otro lado, el nivel de protección de algunas KBAs depende de que estas zonas estén sobrepuestas con áreas que se encuentran incluidas dentro de alguna categoría de conservación, como se puede observar en la Tabla 2 presentada a continuación.

Tabla 2 Comparación entre KBAs y áreas protegidas.

Zonas declaradas como Key Biodiversity Areas.	Nivel de protección del SNAP
Montañas de Zapote-Najda	Área de Bosque y Vegetación Protectora
Cajas-Mazán	Área de Parque Nacional / Área de Bosque y Vegetación Protectora
Bosque Protector Moya-Mojlón	Área de Bosque y Vegetación Protectora
Río Jubones	Ningún nivel de protección
Río León	Ningún nivel de protección
Reserva Yunguilla	Área de Bosque y Vegetación Protectora

El nivel de protección de las zonas de análisis, depende de la intersección que estas tengan con áreas registradas por el SNAP.

El área de Cajas - Mazán (llamada así en el sistema de KBAs), coincide con la extensión del “Parque Nacional Cajas” y con “Mazán” que es parte del ABVP, las cuales sí están consideradas dentro del SNAP. Para el caso de Montañas de Zapote – Najda, Bosque Protector Moya - Mojlón y la Reserva Yunguilla se presentan intersecciones con áreas de bosque protector pertenecientes al SNAP. Y por otro lado, tanto la KBA del Río Jubones, como la del Río León, no presentan coincidencias de sus áreas con zonas de conservación dentro del SNAP.

II.2.4 Imágenes satelitales.

Para el análisis se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2, descargadas de la página oficial del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)³. Para cada imagen se descargaron las bandas OLI⁴ desde la uno a la siete que presentan una resolución espacial de 30 m. Se priorizó que las imágenes tengan una misma estacionalidad para que no existan cambios en la fenología⁵ de la vegetación. Así mismo, la fecha de las imágenes válidas corresponde al año de declaración de las KBAs y al año actual (Tabla 3).

³ **Servicio Geológico de Estados Unidos:** Agencia de investigación independiente que recopila, estudia, analiza y aporta con información científica sobre la tierra, el agua, la biología y la cartografía para apoyar la toma de decisiones (US Department of the interior, 2021).

⁴ **Bandas OLI:** Son bandas espectrales del sensor Operational Land Imager, uno de los dos sensores del satélite Landsat 8 (Kogut, 2021).

⁵ **Fenología:** Estudio de los fenómenos biológicos en relación con el clima, particularmente en los cambios estacionales (RAE, 2023).

Tabla 3 Fechas de las Imágenes satelitales obtenidas para el análisis.

Nombre de la KBA	Imágenes satelitales válidas (dd/mm/yyyy)	
Montañas de Zapote-Najda	20/11/2016	13/11/2022
Cajas-Mazar	20/11/2016	18/09/2022
Bosque Protector Moya-Mojlón	20/11/2016	13/11/2022
Río Jubones	07/09/2018	13/11/2022
Río León	15/09/2015	18/09/2022
Reserva Yunguilla	15/09/2015	18/09/2022

II.3 Metodología.

II.3.1 Clasificación de cobertura de suelo y comparación temporal.

Para la clasificación de las coberturas se utilizó el método de clasificación Random Forest (Breiman, 2001). Este método de clasificación supervisada tiene como objetivo mejorar la robustez del modelo al combinar los resultados de múltiples árboles de decisión generados sobre un conjunto de datos de entrenamiento. Espinoza (2020) destaca dos etapas principales de cada árbol: 1) se generan varios árboles con subconjuntos aleatorios de variables, y luego cada árbol crece hasta su máxima extensión. Estos árboles contienen observaciones aleatorias obtenidas mediante “bootstrap”, una técnica estadística para obtener muestras de una población. Las observaciones no utilizadas en los árboles, también conocidas como "out of the bag", se emplean para validar el modelo; 2) las salidas de todos los árboles se combinan en una salida única, llamada ensamblado, utilizando reglas como el promedio para salidas numéricas o el conteo de votos para salidas categóricas. Este enfoque aumenta la precisión y la generalización del modelo, haciendo que Random Forest sea una herramienta poderosa en problemas de clasificación.

Se resaltan los siguientes pasos para la clasificación de las coberturas utilizando clasificación Random Forest:

1. Selección de datos de entrenamiento y de prueba: Se realizó a partir de una inspección visual de cada una de las imágenes Landsat. Para ello, se utilizaron como guías a las imágenes de alta resolución como Google Earth (para la clasificación de imágenes del presente), y las ortofotografías del programa SIGTIERRAS (para la clasificación de imágenes del pasado). A partir de esta información, se crearon polígonos de entrenamiento y prueba de cada una de las coberturas identificadas para cada una de las KBAs. La tabla 4 muestra el número total de píxeles para cada una de las coberturas y para cada uno de los años.

Tabla 4 Cantidad de píxeles de prueba usados para los datos de entrenamiento de cada cobertura.

KBAs actuales	Tipo de cobertura	Número de píxeles	
		año 2015 - 2018	año 2022
Cajas - Mazán	Agua	189	1399
	Bosque	63	1498
	Páramo	392	2494
	Eriales	49	144
	Pastizales	n/a	n/a
Bosque Protector Moya - Mojlón	Agua	27	81
	Bosque	95	574
	Páramo	174	504
Montañas de Zapote Najda	Agua	5	14
	Bosque	227	808
	Páramo	129	390
Reserva Yunguilla	Bosque	28	101
	Pastizales	23	62
Río León	Bosque y arbustales	126	429
	Agua	17	62
	Matorral seco	227	643
	Intervenido	41	118
Río Jubones	Bosque y arbustales	105	465
	Agua	34	98
	Matorral seco	180	881
	Eriales	55	52
	Intervenido	n/a	n/a

Los valores de N/A indican que esta cobertura fue agregada posterior a la clasificación por el algoritmo.

2. Se aplicó el método de clasificación Random Forest teniendo en cuenta los siguientes parámetros: 1) porcentaje de entrenamiento = 70%, 2) porcentaje de prueba = 30%, 3) número de árboles = 100, 4) tipo = response (genere probabilidades de la forma $P(Y = 1|X)$) y, 5) número de intentos = cuadrado (p) donde p es el número de variables en x.
3. Después de clasificar las imágenes, se utilizaron las siguientes métricas que establecen si las imágenes presentan clasificaciones aceptables para ser utilizadas: KAPPA, Exactitud, y PSS. El estadístico KAPPA es un índice de concordancia que expresa la confiabilidad del algoritmo para clasificar acertadamente las coberturas, lo que supone que un valor cercano a 1 expresa una clasificación casi perfecta, sin incluir clasificaciones aleatorias que expresarían valores de 0 o cercanos a 0 (del Toro *et al.*, 2015). La métrica de Exactitud se refiere a la proporción de clasificaciones correctas realizadas por el modelo (Díaz, s.f.). Por último, la métrica PSS nos indica el grado de precisión que tiene el modelo para predecir correctamente los píxeles de una clase específica, los valores de PSS altos indican que el modelo es bueno para clasificar los píxeles de dicha clase (Jacob, 2022).
4. Se realizó una inspección visual de la clasificación y mediante el software QGIS las imágenes se digitalizaron para realizar correcciones manuales en algunas porciones de las diferentes coberturas de cada KBA. Adicionalmente, se agregaron o separaron algunas coberturas para identificar de mejor forma las zonas intervenidas y obtener las imágenes finales de los sitios.
5. Se calculó el área y porcentaje de cobertura de cada KBA correspondiente a años de declaración (2015 – 2018) y al año actual 2022. Posterior a ello, se comparó la pérdida o ganancia de cada una de las áreas, teniendo como referencia el año de creación.

II.3.2 Evaluación de cumplimiento de los criterios de las KBAs.

Para evaluar el cumplimiento de los criterios por los que fueron definidas las KBAs, se realizó un análisis neto de las especies existentes y la revisión del cambio de sus hábitats respectivos. Se realizaron los siguientes pasos detallados a continuación:

1. Se obtuvieron los modelos de distribución de las especies en base a la información del portal de datos de la UICN.
2. Se identificaron todas las especies que se encuentran dentro de la provincia del Azuay.

3. Se obtuvieron los datos de registros de las especies en las bases de datos de museos nacionales, como el Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ) y de plataformas de libre acceso sobre especies, como iNaturalist.
4. Se evaluaron los criterios de las especies registradas y se filtraron aquellas que cumplieran con los criterios de declaración de cada KBA.
5. Por último, se identificaron los ecosistemas en los que habitaban las especies para establecer si la pérdida de los mismos podría ser un factor determinante, que confirmaría si dicha KBA cumple o no con los criterios por los que se declaró inicialmente. Esta información se obtuvo directamente de la base de datos de la UICN.

III. Resultados y Discusión.

III.1 Clasificación de las imágenes.

Se obtuvieron los resultados de las tres métricas, lo que nos ayudó a observar el grado de rendimiento de la clasificación. La tabla 5, contiene los resultados estadísticos de la eficacia del modelo Random Forest utilizado para la clasificación supervisada de las imágenes para ambos años de análisis.

Tabla 5 Resultados de rendimiento del modelo utilizado para la clasificación.

KBA	Año de imágenes	EXACTITUD	KAPPA	PSS
Cajas - Mazán	2016	0,999	0,998	0,999
	2022	0,997	0,996	0,996
Bosque Protector Moya - Mojlón	2016	0,990	0,982	0,978
	2022	0,995	0,992	0,991
Montañas de Zapote Najda	2016	0,991	0,981	0,975
	2022	0,995	0,989	0,986
Reserva Yunguilla	2015	0,983	0,964	0,959
	2022	0,995	0,998	0,984
Río León	2015	0,976	0,960	0,958
	2022	0,968	0,948	0,94
Río Jubones	2018	0,988	0,981	0,982
	2022	0,968	0,948	0,94

En todas las métricas, los valores obtenidos fueron superiores a 0.9, lo que indica que el modelo logró una buena clasificación. En el caso de las métricas Exactitud y Precisión (PSS) también se presentan buenos valores que están de acuerdo a la bibliografía consultada y descrita en la metodología. Asimismo, los resultados de KAPPA de nuestro análisis comparado con la tabla de valores de Landis & Koch (1997), son aceptables, ya que un valor de KAPPA de 0.811 a 1 se considera casi perfecto. Este resultado es similar al obtenido en el estudio de Pesantez (2015), en el que el mismo índice alcanzó un nivel de concordancia casi perfecto con valores de 0.87 y 0.93. Estos resultados refuerzan el buen rendimiento del modelo aplicado en este análisis y, por tanto, de la clasificación.

Las áreas con mejores resultados de clasificación para ambos años fueron Cajas - Mazán y la Reserva Yunguilla. Esto se debe a que la primera KBA, tiene coberturas vegetales más fáciles de diferenciar y clasificar por el algoritmo. Así mismo, para el caso de la Reserva Yunguilla, la clasificación se favoreció debido a que además de ser de una extensión mucho más pequeña, solo se presentaron dos tipos de coberturas para su clasificación.

III.2 Mapas de coberturas de las KBAs.

Se generaron los mapas de cobertura de cada KBA para compararlos visualmente y definir los cambios que han tenido durante los años de declaración y el año actual (Figura 5 a la 10). Además, en la mayor parte de las KBAs se identificaron de tres a cinco coberturas, a excepción de la Reserva Yunguilla en donde solo se establecieron dos.

Figura 5 Comparación de los mapas de cobertura de Cajas - Mazán.

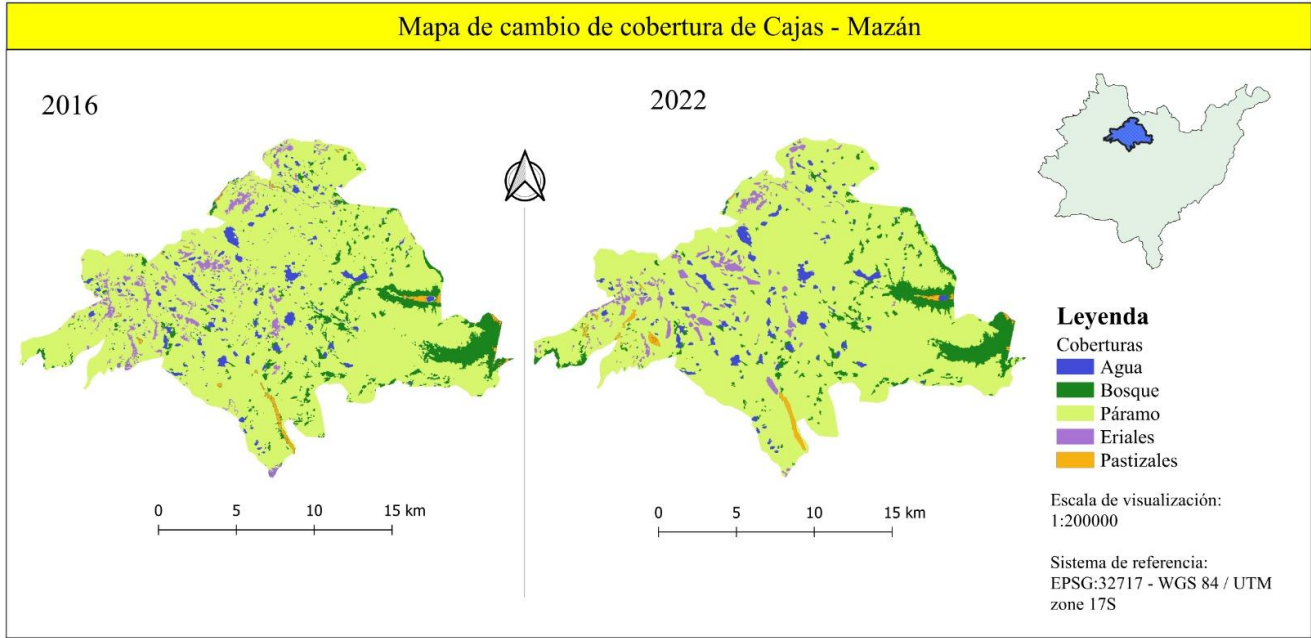


Figura 6 Comparación de los mapas de cobertura del Bosque Protector Moya - Mojlón.

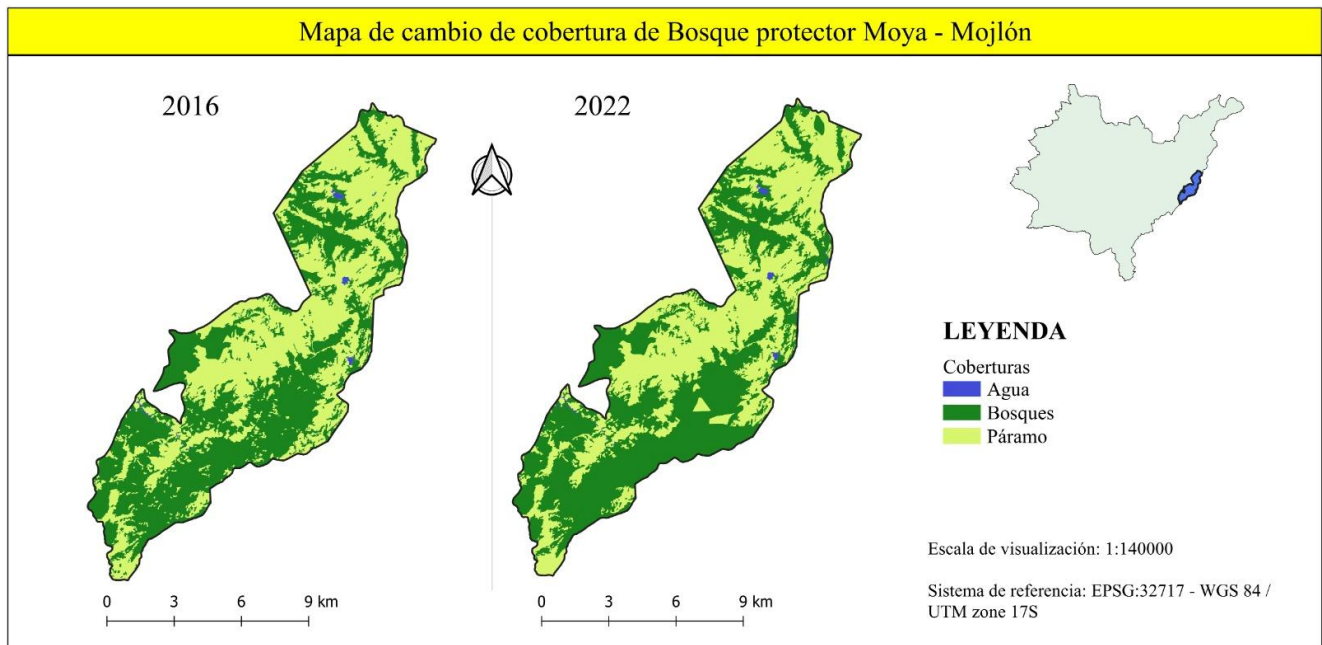


Figura 7 Comparación de los mapas de cobertura de Montañas de Zapote - Najda.

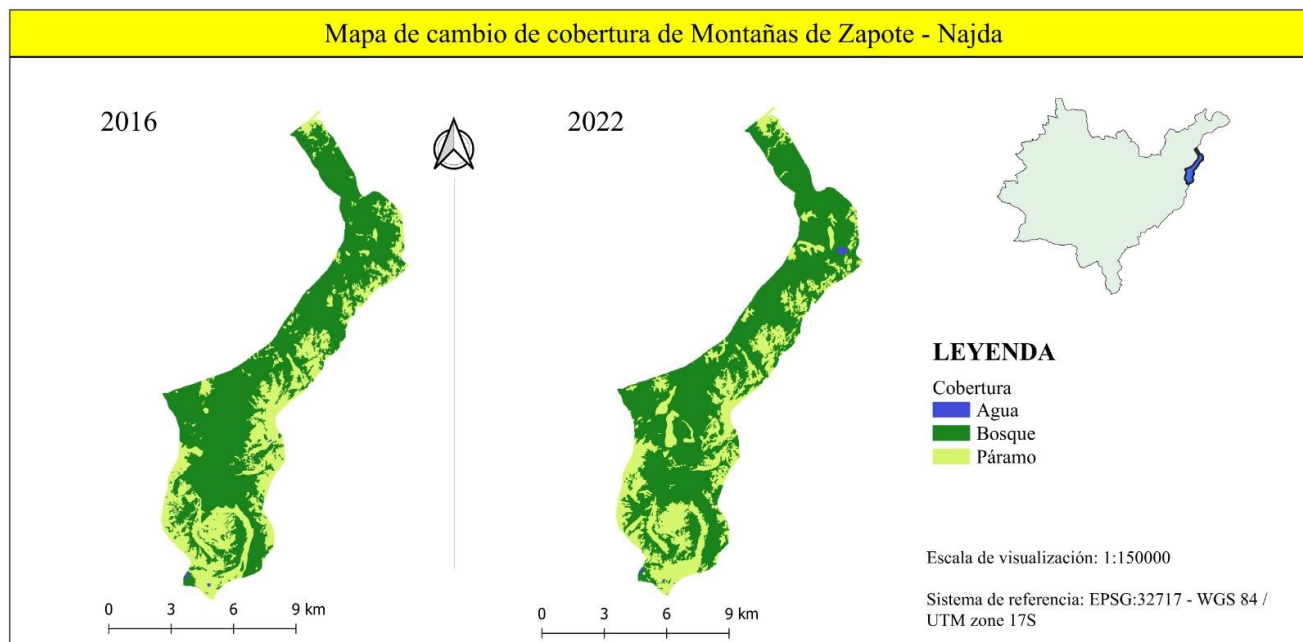


Figura 8 Comparación de los mapas de cobertura de Reserva Yunguilla.

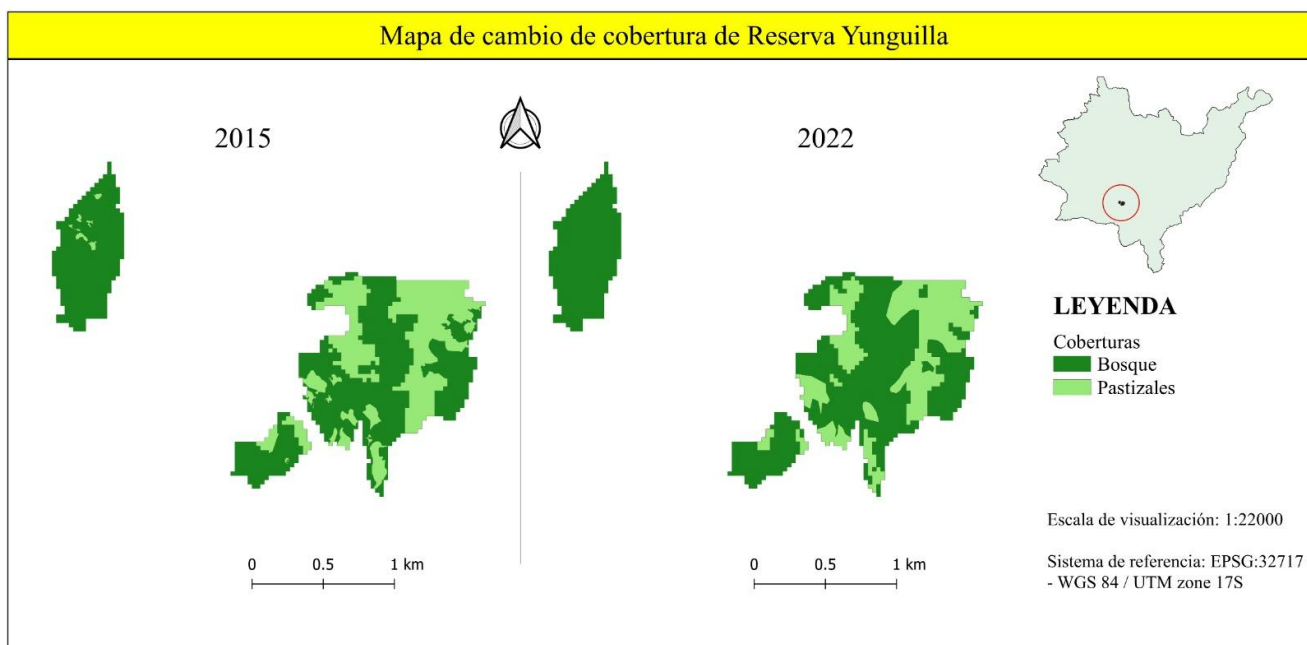


Figura 9 Comparación de los mapas de cobertura de Río León.

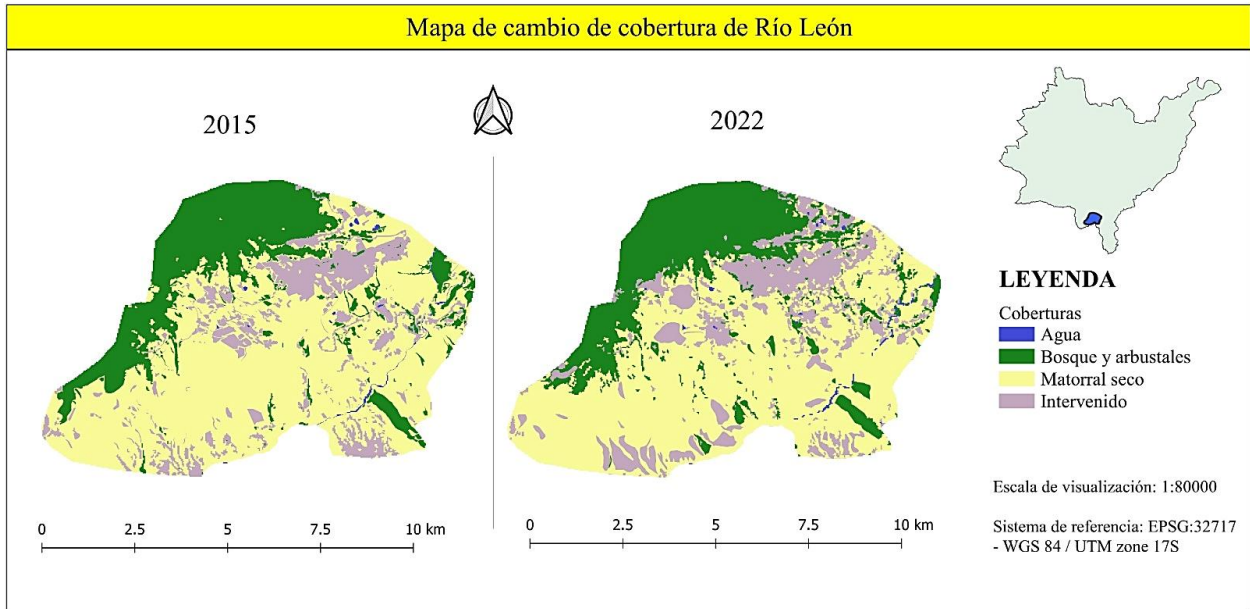
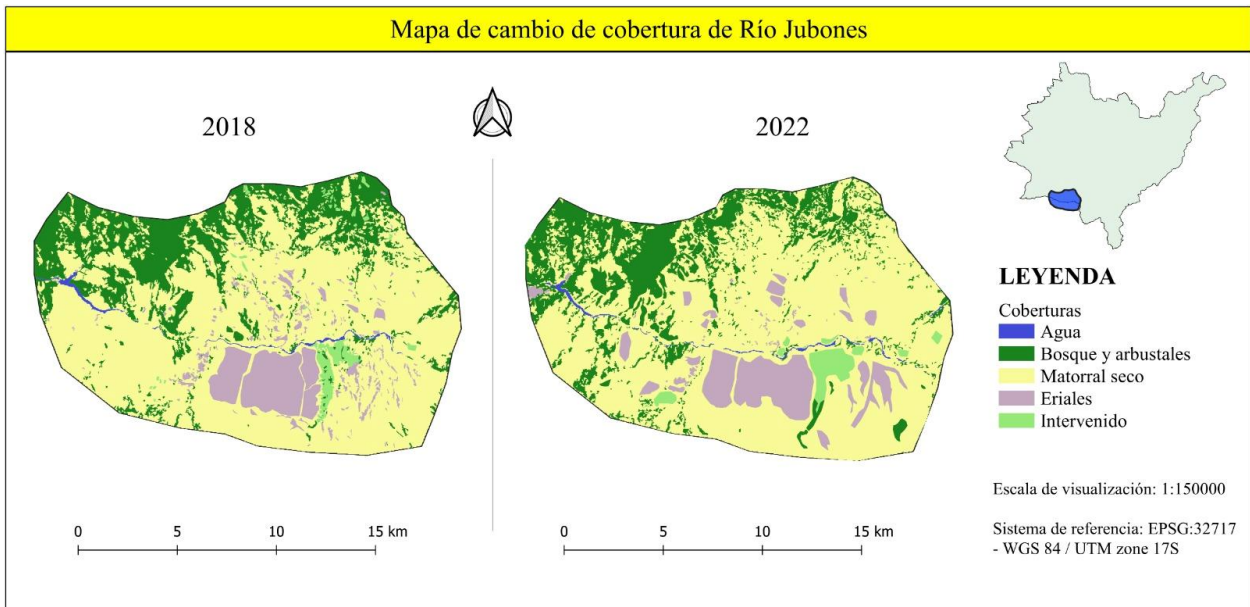


Figura 10 Comparación de los mapas de cobertura de Río Jubones.



III.3 Cambio de cobertura en las KBA.

La extensión de cada cobertura fue obtenida mediante la exportación de la tabla de datos de Excel luego de realizar la corrección de polígonos en QGIS (Anexo 3). El área final de dichas coberturas en los diferentes años de análisis se presenta expresada en porcentaje (Tabla 6).

Tabla 6 Porcentaje de cobertura de las KBA.

KBAs actuales	Tipo de cobertura	Pasado ⁶	Presente (2022)	Cambios (%)
		Área (%)	Área (%)	
Cajas - Mazán	Agua	3,3	3,4	0,10
	Bosque	8,6	7,5	-1,11
	Páramo	83,8	85	1,20
	Eriales	3,3	3,2	-0,17
	Pastizales	0,7	0,9	0,16
Bosque Protector Moya - Mojlón	Agua	0,3	0,3	-0,01
	Bosque	51,4	52,6	1,27
	Páramo	48,2	47	-1,27
Montañas de Zapote Najda	Agua	0,1	0,08	-0,03
	Bosque	68,7	68,4	-0,3
	Páramo	31,1	31,5	0,36
Reserva Yunguilla	Bosque	66,9	71,6	4,66
	Pastizales	33,2	28,2	-4,95
Río León	Bosque y arbustales	24,4	24,8	0,44
	Agua	0,41	0,41	0,01
	Matorral seco	60,42	57	-3,48
	Intervenido	14,4	18,1	3,66
Río Jubones	Bosque y arbustales	22,3	20,3	-2,01
	Agua	0,5	0,5	-0,01
	Matorral seco	66,2	67,2	1,03
	Eriales	9,1	9,4	0,39
	Intervenido	1,8	2,2	0,35

El signo del valor de los porcentajes de cambio nos indica: incremento de cobertura cuando el valor es positivo, y pérdida de la misma cuando el valor es negativo.

Los cambios mínimos en las áreas podrían deberse a la baja resolución de la imagen satelital, que dificultó la identificación de los cambios más leves en las coberturas para todas las KBA. Esto debido a que el algoritmo de clasificación puede incluir pequeñas mezclas de otras

⁶ **Pasado:** Referido al año de declaración de las KBA ya que la mayoría se declararon en 2015, a excepción de Río Jubones, ver tabla 3.

coberturas, lo que genera subestimaciones de los cambios reales. Como ejemplo de ello, tenemos los cambios sutiles en el agua para todas las áreas.

En el caso de Cajas - Mazán, los pocos cambios en las coberturas pueden atribuirse también a que esta KBA coincide con la zona del Parque Nacional Cajas, que se encuentra bajo protección del SNAP. Sin embargo, se ha observado un ligero incremento de la cobertura de pastizales, que se debe a la expansión agrícola. Por otro lado, en el caso de la Reserva Yunguilla los resultados muestran un incremento de cobertura de bosques en el periodo de análisis. Este aumento de cobertura vegetal se debe a proyectos de conservación y reforestación a cargo de la *Fundación Jocotoco Ecuador*, que es una aliada estratégica de la organización *BirdLife International*, y la cual, está al frente del sistema de KBA en Ecuador (Márquez, 2022). Asimismo, en el Bosque Protector Moya-Mojlón y Montañas de Zapote-Najda el cambio de cobertura que se obtuvo fue mínimo ya que una extensa parte de estas zonas está declarada como Área de Bosque y Vegetación Protectora, la cual se ha logrado conservar de buena manera.

Se evidencia que los cambios de uso de suelo o pérdidas de cobertura vegetal son mayores en las KBA que no están incluidas en el SNAP. Específicamente, el caso del Río León en donde el aumento de zonas intervenidas es notorio con el 3.2%, lo que ha traído consigo la pérdida de matorral seco. Asimismo, en el Río Jubones se observa una reducción del 2% en los bosques y vegetación más densa, explicada por el aumento de zonas intervenidas (tierras de cultivo).

Se observa que las KBA que están dentro del SNAP en general, presentan un nivel de conservación mejor que las áreas que no son parte de este sistema nacional. Por ello, se enfatiza la importancia de considerar a las KBA como áreas potenciales de conservación ya que estas ayudan a preservar los ecosistemas.

III.4 Especies afectadas de cada KBA.

Los resultados de los cambios de cobertura indican posibles impactos en los hábitats de las especies dentro de las KBAs, lo que significa que perder estos hábitats podría ser un detonante para el incumplimiento de los criterios. Ya que la declaración de cada KBA depende del tipo de amenaza en la que se encuentren las especies que habitan en la zona. Para el análisis las coberturas se clasificaron de manera más general, por lo que en algunos casos, una misma cobertura incluye varios hábitats. A continuación, se presentan las especies de cada KBA, su hábitat más representativo y los criterios de declaración (Tabla 7).

Tabla 7 Especies existentes dentro de cada KBA.

KBA	Especies	Hábitat	Criterios
Cajas - Mazán	<i>Armatocereus godingianus, Baccharis hieronymi, Elatine ecuadoriensis, Puya compacta, Metallura baroni, Asthenes griseomurina, Xenodacnis petersi, Sigmodon inopinatus, Thomasomys hudsoni, Atelopus exiguus, Atelopus nanay, Ctenophryne aequatorialis, Gastrotheca cuencana, Hyloxalus vertebralis, Pristimantis jimenezi, Pristimantis lutzae, Pristimantis philipi, Atractus roulei, Incaspis amaru.</i>	Bosque, Matorral, Humedal, Pastizales y Pradera.	B2
Bosque Protector Moya - Mojlón	<i>Baccharis hieronymi, Plutarchia ecuadorensis, Puya brackeana, Puya navarroana, Hapalopsittaca pyrrhops, Nephelomyias lintoni</i>	Bosque y matorral	No especificado
Montañas de Zapote Najda	<i>Baccharis hieronymi, Ceratostema nubigena, Puya maculata, Puya navarroana, Themistoclesia campii, Hapalopsittaca pyrrhops</i>	Bosque, matorral y Pastizal	B2
Reserva Yunguilla	<i>Atlapetes pallidiceps</i>	Matorral	A1e
Río León	<i>Espostoa frutescens, Puya nutans, Cleistocactus leonensis, Puya pattersoniae, Andinosaura vespertina, Stenocercus simonsii, Dipsas oligozonata, Phyllodactylus leoni</i>	valles secos interandinos, vegetación forestal y pampas, bosque montano occidental y matorral interandino	A1a, A1b, B1, B2
Río Jubones	<i>Asthenes griseomurina, Thomasomys hudsoni, Gastrotheca lateonota, Gastrotheca lojana, Stenocercus rhodomelas, Stenocercus ornatus, Atractus roulei</i>	Bosque, Matorral y Pastizal	A1b, B1, B2

En general, la mayor parte de las KBAs cumplen con los criterios para su declaración, ya que el hábitat de las especies no se ha visto gravemente afectado. Sin embargo, las KBAs de Río Jubones y Río León presentan un aumento de zonas intervenidas en las partes de matorral seco, lo

que podría afectar los hábitats de especies de reptiles pequeños que habitan en este ecosistema. Asimismo, en el caso de Río Jubones, también existen especies que se pueden ver afectadas con la disminución del 2% de bosque.

Es importante mencionar que la información base para la investigación presentó cambios durante el análisis. De hecho, en la última revisión del período 2022-2023, las 135 KBAs del Ecuador que inicialmente se encontraron en la bibliografía, se redujeron a 117 debido a que algunas se eliminaron al momento de unirse con otras para formar áreas compuestas. En el caso de Río Jubones y Río León, estas KBAs terminaron formando el área compuesta “Ríos Jubones y León”, y de igual forma el Bosque Moya-Mojlón y Montañas de Zapote-Najda se unieron con otras dos KBAs para formar el “Corredor Sangay-Podocarpus”. Por otro lado, debido a la actualización de información, el Bosque Protector Moya – Mojlón no presentaba un criterio de declaración oficial, por lo que para el análisis se asumió que tendría los mismos criterios que la KBA Montañas de Zapote - Najda (a la que se uniría posteriormente), y se trabajó en base a esta consideración.

Los resultados obtenidos del análisis del estado de conservación de las KBA, pueden ser complementados con información de primera mano proporcionada por integrantes o coordinadores del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Esta información puede aportar para una mejor comprensión de los distintos niveles de conservación de las áreas protegidas a nivel nacional. Asimismo, se tendría una explicación del por qué, la mayoría de las áreas que forman parte del sistema de Key Biodiversity Areas aún no se toman en cuenta para definir las como zonas protección.

IV. Conclusiones

En general las métricas del rendimiento del modelo presentaron muy buenos resultados, lo que indica que la clasificación de las coberturas fue exitosa. Se establece que la metodología usada en este estudio puede ser replicada en el análisis multitemporal de coberturas de suelo para diversas aplicaciones. También se debe considerar que la resolución de las imágenes satelitales base, es un factor importante para la precisión del modelo, ya que una resolución espacial de al menos un metro puede contribuir a una mayor confiabilidad en la diferenciación de las coberturas. Se puede decir entonces que la metodología utilizada ayudó a establecer que, en las KBAs del Azuay el


nivel de conservación es bastante bueno a excepción de Río León y Río Jubones en donde se observan mayores cambios.

Se ha visto que las KBA que se sobreponen con áreas de conservación a nivel nacional se encuentran mejor conservadas que las que no están dentro del SNAP. Este hecho se demuestra en los cambios de cobertura a través de los años, que no han sido muy significativos en algunas de las KBAs: Cajas – Mazán, Bosque Protector Moya – Mojlón y Montañas de Zapote – Najda. En el caso de Yunguilla el aumento de bosque se atribuyó a un proyecto de reforestación ejecutado por la *Fundación Jocotoco* en Ecuador. Estas afirmaciones enfatizan la necesidad de que el sistema nacional considere las KBAs como nuevas zonas de interés que contengan un nivel de conservación, y que iría de acuerdo a las consideraciones que tiene el SNAP para definir una zona como área protegida.

En base al análisis del hábitat de las especies y los cambios que se han dado en ellos se afirma que en general, todas las KBAs cumplen con los criterios por los que fueron definidas en un inicio. Sin embargo, el cumplimiento de estos criterios se puede comprometer si las áreas como Río León y Río Jubones siguen sin ningún nivel de protección nacional o comunitario. Esto se debe a que la expansión de áreas intervenidas y la reducción de la cobertura vegetal en ambas KBAs impactan directamente en la distribución de las especies. Se establece que, para realizar un análisis de este tipo de áreas, es fundamental complementar la información mediante fuentes oficiales como la que proporcionan personas pertenecientes al MAATE. Esto nos puede ayudar a comprender de mejor manera como se integran las áreas del sistema nacional y considerar la problemática de degradación de los ecosistemas.

V. Anexos

Anexo I Tabla resumen de los criterios y umbrales de las KBA.

Resumen de los Criterios y Umbrales KBA (version 1.5, abril 2023. M. Sánchez-Nivicela)			
A. Biodiversidad Amenazada de Extinción Global (CR, EN y VU)			
A1 Especies Amenazadas	Umbrales	Parámetros de Evaluación	
A1a	≥ 0.5% del tamaño de la población global y ≥ 5 Unidades Reproductivas (UR) de una especie CR o EN en la Lista Roja Global .	(i) Nº de individuos maduros (ii) área de ocupación (AOO) (iii) extensión adecuada de hábitat (AOH o ESH) (iv) rango (v) Nº de localidades (vi) diversidad genética distintiva	
A1b	≥ 1% del tamaño de la población global y ≥ 10 Unidades Reproductivas (UR) de una especie VU en la Lista Roja Global .		
A1c	≥ 0.1% del tamaño de la población global y ≥ 5 Unidades Reproductivas (UR) de una especie enlistada como CR o EN en la Lista Roja Global debido solamente a declinación pasada/actual (únicamente los 4 criterios A de Lista Roja Global . Pueden ser: A1, A2 o A4 solos o juntos. También puede estar A3 , pero siempre deben acompañarlo cualquiera de los otros 3 criterios A . A3 nunca debe estar solo).		
A1d	≥ 0.2% del tamaño de la población global y ≥ 10 Unidades Reproductivas (UR) de una especie enlistada como VU en la Lista Roja Global debido solamente a declinación pasada/actual (únicamente los 4 criterios A de Lista Roja Global . Pueden ser: A1, A2 o A4 solos o juntos. También puede estar A3 , pero siempre deben acompañarlo cualquiera de los otros 3 criterios A . A3 nunca debe estar solo).		
A1e	La población entera/total de una especie CR/EN en la Lista Roja Global dentro de la KBA o área candidata a KBA. *Este criterio no requiere de información de Unidades Reproductivas (UR).		
A2 Ecosistemas Amenazados	Umbrales		
A2a	≥ 5% de la extensión total global de un ecosistema amenazado CR/EN		
A2b	≥ 10% de la extensión total global de un ecosistema VU		
B. Biodiversidad Restringida Geográficamente			
B1 Concentración de especies (%)	Umbrales	Parámetros de Evaluación	
B1. Cualquier especie cuya distribución o población global se concentre el 10% o más en una KBA o área candidata a KBA	≥ 10% de la población global y ≥ 10 Unidades Reproductivas (UR). Todas las especies de un grupo taxonómico deben ser evaluadas bajo este criterio. Incluyendo las amenazadas de extinción global, regional o local (CR, EN, VU, NT); las restringidas geográficamente; de preocupación menor (LC) y datos deficientes (DD).	(i) Nº de individuos maduros (ii) área de ocupación (AOO) (iii) extensión adecuada de hábitat (AOH o ESH) (iv) rango (v) Nº de localidades (vi) diversidad genética distintiva	
B2 Restringidas Coexistentes	Umbrales		
B2. Especies restringidas geográficamente coexistentes	≥ 1% de la población global total de cada especie de un número de especies de rango restringido dentro de un grupo taxonómico: ≥ 2 especies, o el 0.02% del número total de especies en el grupo taxonómico, lo que sea mayor. *Este criterio no requiere de información de Unidades Reproductivas (UR).		
B3. Ensamblajes de especies geográficamente restringidas	Umbrales	Parámetros de Evaluación	
B3a	≥ 0.5% de la población global total de cada especie de varias especies restringidas a una ecorregión dentro de un grupo taxonómico: ≥ 5 especies o el 10% de las especies restringidas a la ecorregión, lo que sea mayor. *Este criterio no requiere de información de Unidades Reproductivas (UR).	(i) Nº de individuos maduros (ii) área de ocupación (AOO) (iii) extensión adecuada de hábitat (AOH o ESH) (iv) rango (v) Nº de localidades	
B3b	≥ 5 Unidades Reproductivas (UR) de ≥ 5 especies restringidas a una biorregión o ≥ 5 Unidades Reproductivas (UR) del 30% de especies restringidas a una biorregión conocidas para el país, lo que sea mayor		
B3c	El sitio es parte del 5% del hábitat ocupado más importante a nivel global para ≥ 5 especies en el grupo taxonómico. *Este criterio no requiere de información de Unidades Reproductivas (UR).	(i) densidad relativa de individuos maduros (ii) abundancia relativa de individuos maduros	
B4 Tipos de Ecosistemas Geográficamente Restringidos	Umbral		
B4	≥ 20 % de la extensión global de un tipo de ecosistema		
C. Integridad Ecológica			
	Umbral	Parámetro	
C	El sitio es uno de ≤ 2 por ecorregión con comunidades ecológicas totalmente intactas	Composición y abundancia de especies e interacciones	
D. Procesos Biológicos *Esta categoría o criterio no requiere de información de Unidades Reproductivas (UR).			
D1. Agregaciones o Congregaciones Demográficas	Umbrales	Parámetros de Evaluación	
D1a	≥ 1% del tamaño poblacional global de una especie, durante una temporada/estación, y durante ≥ 1 etapa/fase clave de su ciclo de vida	Nº de individuos maduros	
D1b	El sitio está dentro de las 10 congregaciones más importantes para la especie	Nº de individuos maduros	
D2. Refugios Ecológicos	≥ 10% de la población total global de una especie congregada durante periodos de estrés ambiental	Nº de individuos maduros	
D3. Fuentes de Reclutamiento	Produce propágulos, larvas o juveniles manteniendo ≥ 10% del tamaño de la población global de una especie	Nº de individuos maduros	
E. Irreemplazabilidad a través de Análisis Cuantitativo			

Fuente: UICN, 2016, elaborado por Sánchez, M (2023).

Anexo 2 Ecosistemas presentes en la provincia del Azuay.

Ecosistema	Área (km2)	Cobertura (%)
Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	40,92	0,482
Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	123,64	1,456
Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes	132,43	1,559
Arbustal semideciduo del sur de los Valles	94,76	1,116
Arbustal desértico del sur de los Valles	57,17	0,673
Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama - Zapotillo	29,11	0,343
Bosque siempreverde montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	135,49	1,595
Bosque siempreverde estacional piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	363,32	4,278
Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	418,02	4,922
Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera de los Andes	267,92	3,155
Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera de los Andes	0,16	0,002
Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Oriental de los Andes	355,81	4,190
Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	345,84	4,072
Bosque siempreverde piemontano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	0,03	0,000
Bosque y Arbustal semideciduo del sur de los Valles	60	0,706
Bosque siempreverde estacional de tierras bajas del Jama - Zapotillo	0,02	0,000
Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo – Alamor	0,02	0,000
Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	139,93	1,648
Herbazal del Páramo	2097,53	24,698
Herbazal inundable del Páramo	7	0,082
Intervención	3750,67	44,163
Otras áreas	23,48	0,276
Sin información	49,49	0,583

Anexo 3 Área total de cada KBA, así como de sus diferentes coberturas de ambos años de análisis.

KBAs actuales	Tipo de cobertura	PASADO 4		PRESENTE 2022		cambios (%)
		Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	
Cajas - Mazán	Agua	10,24	3,31	10,56	3,42	0,10
	Bosque	26,81	8,67	23,37	7,56	-1,11
	Páramo	259,04	83,80	262,75	85,00	1,20
	Eriales	10,40	3,37	9,88	3,20	-0,17
	Pastizales	2,33	0,75	2,83	0,91	0,16
					Área total: 309,11 km²	
Bosque Protector Moya - Mojlón	Agua	0,37	0,31	0,36	0,31	-0,01
	Bosque	60,50	51,40	62,00	52,68	1,27
	Páramo	56,83	48,28	55,34	47,02	-1,27
					Área total: 117,698 km²	
Montañas de Zapote Najda	Agua	0,09	0,11	0,07	0,09	-0,03
	Bosque	57,37	68,75	57,12	68,45	-0,30
	Páramo	25,98	31,13	26,27	31,48	0,36
					Área total: 83,4465 km²	
Reserva Yunguilla	Bosque	1,19	66,93	1,27	71,59	4,66
	Pastizales	0,59	33,21	0,50	28,27	-4,95
					Área total: 1,7795 km²	
Río León	Bosque y arbustales	15,32	24,41	15,59	24,85	0,44
	Agua	0,26	0,41	0,26	0,41	0,01
	Matorral seco	37,92	60,42	35,73	56,94	-3,48
	Intervenido	9,06	14,44	11,36	18,10	3,66
					Área total: 62,76 km²	
Río Jubones	Bosque y arbustales	51,79	22,35	47,13	20,34	-2,01
	Agua	1,34	0,58	1,33	0,57	-0,01
	Matorral seco	153,55	66,26	155,93	67,29	1,03
	Eriales	21,06	9,09	21,96	9,47	0,39
	Intervenido	4,31	1,86	5,13	2,21	0,35
					Área total: 231,739 km²	

VI. Lista de referencias

- Ambal, R.G.R., M.V. Duya., M.A., Cruz, O.G. Coroza., S.G. Vergara., N. de Silva, N. Molinyawe & B. Tabaranza (2012). *Key biodiversity areas in the Philippines: Priorities for conservation*. Journal of Threatened Taxa.
<https://threatenedtaxa.org/index.php/JoTT/article/view/784/1402>
- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana. Editorial Universitaria Abya – Yala.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine learning*, 45(1), 5–32.
<https://doi.org/10.1023/a:1010933404324>
- Cuesta, F., Peralvo, M., Merino, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J., Muriel, P. & Torres, O. (2017, marzo 15). *Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador*. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1295705>
- Del Toro, E., Castillo, F., García, F. & Sarría, F. (2015). *Comparación de métodos de clasificación de imágenes satelitales en la cuenca del río Argos (Región de Murcia)*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (67), 329 – 330.
<file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-ComparacionDeMetodosDeClasificacionDeImágenesDeSat-5035579.pdf>
- Díaz, R. (s.f). *Métricas de clasificación*. The Machine Learners. Recuperado el 7 de noviembre de 2023 de <https://www.themachinellearners.com/metricas-de-clasificacion/#Accuracy>
- Eken, G., Bennun, L., Brooks T. M., Darwall, W., Fishpool, L., Foster, M., Knox, D., Langhammer P., Matiku, P., Radford, E., Salaman, P., Sechrest, W., Smith, L., Spector, S., Tordoff, A. (2004, diciembre 12). *Key Biodiversity Areas as Site Conservation Targets*. *BioScience*, Volume 54, Issue 12, December 2004, Pages 1110–1118.
[https://doi.org/10.1641/00063568\(2004\)054\[1110:KBAASC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/00063568(2004)054[1110:KBAASC]2.0.CO;2)

- Espinosa Zúñiga, J. J. (2020). Aplicación de algoritmos Random Forest y XGBoost en una base de solicitudes de tarjetas de crédito. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 21(3), 1–16. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21.3.022>
- Fondo Mundial para la Naturaleza (2020). *El mundo ha perdido 68% de su población de vida silvestre desde 1970*. <https://www.france24.com/es/20200910-mundo-perdido-68-poblacion-silvestre>
- Jacob, I. R. (2022). *Clasificación de imágenes espaciales mediante visión artificial* [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/71155/1/TFG_ISABEL_ROMON_JACOB.pdf
- Kleemann, J., Koo, H., Hensen, I., Mendieta-Leiva, G., Kahnt, B., Kurze, C., Inclan, D.J., Cuenca, P., Noh, J.K., Hoffmann, M.H., Factos, A., Lehnert, M., Lozano, P. & Fürst, C. (2022a). *Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109404>
- Kleemann, J., Zamora, C., Villacis-Chiluisa, AB, Cuenca, P., Koo, H., Noh, JK, Fürst, C., & Thiel, M. (2022b). Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land*, 11 (2), 268. <https://doi.org/10.3390/land11020268>
- Kogut, P. (2021). Bandas Landsat 8: Combinaciones y usos en imágenes. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/>
- Kullberg, P., Di Minin, E., & Moilanen, A. (2019). *Using key biodiversity areas to guide effective expansion of the global protected area network*. *Global Ecology and Conservation*, 20(e00768), e00768. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00768>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Márquez, C. (2022, noviembre 27). *Expertos identificaron 135 áreas vitales para la biodiversidad en Ecuador*. YOUTOPIA; Youtopia Ecuador.

<https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/identifican-135-areas-biodiversidad-ecuador/>

Maza, V. (2022). *Análisis de las características socio-económicas y socio-espaciales, en la conformación y consolidación de los asentamientos Las Abras y Santa Anita, cantón Riobamba* [PUCE - Quito].

<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/13631>

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS.*

<https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2023/03/Lineamientos-planes-de-manejo-2023-1.pdf>

Oberhuber T, Lomas P., L, Duch, G, Gonzáles M. (2010). *El papel de la biodiversidad.* DOSSIER. Madrid

https://www.fuhem.es/wpcontent/uploads/2019/08/Dossier_El_papel_de_la_biodiversidad.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *El estado de los bosques del mundo. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles.* Roma, FAO.

<https://doi.org/10.4060/cb9360es>

P.D.O.T. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia del Azuay Actualizado. 2015 – 2030.* https://www.azuay.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/PDOT_GAD-AZUAY_2018.pdf

P.D.O.T. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia del Azuay.* https://www.azuay.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PDOT-AZUAY-ALINEADO-PND-2021-2025_compressed.pdf

P.D.O.T. (2021). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia del Azuay 2019 - 2030.* pp. 474. Cuenca, Ecuador. <https://www.azuay.gob.ec/wp->

content/uploads/2022/02/PDOT-AZUAY-ALINEADO-PND-2021-2025_compressed.pdf

Pesantez, P. (2015). *Clasificación y predicción de cambio de cobertura de suelo de la cuenca del río Paute utilizando herramientas geoinformáticas*. [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21445/1/tesis.pdf>

Pumpre, A. (2021, abril 20). *Áreas Clave para la Biodiversidad: crucial para la expansión de áreas protegidas y conservadas*. <https://www.iucncongress2020.org/es/noticias/todos-noticias/areas-clave-para-la-biodiversidad-crucial-para-la-expansion-de-areas>

Real Academia Española. (s.f.). Fenología. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 29 de noviembre del 2023, <https://dle.rae.es/fenolog%C3%ADa>

Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2013/03/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf.pdf

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2016a, septiembre 03). *El 15% de las tierras del planeta están protegidas, pero quedan excluidas áreas cruciales para la biodiversidad*. Sitio web <https://www.iucn.org/es/news/secretariat/201609/el-15-de-las-tierras-del-planeta-est%C3%A1n-protegidas-pero-quedan-excluidas-%C3%A1reas-cruciales-para-la-biodiversidad>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2016b, marzo 23). *Un estándar global para la identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad (KBA)*. En Ing. Manuel Sánchez N (ed) (2023), *Resumen de los criterios y umbrales KBA* (pp. 18-30). Primera edición. Gland, Suiza. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-048-Es.pdf>

University of Exeter. (2018, febrero 19). *Biodiversity loss raises the risk of “extinction cascades”*. *Science Daily*.

<https://www.sciencedaily.com/releases/2018/02/180219155019.htm>

US Department in the Interior. (2021, septiembre 29). *Secretary Salazar Applauds Senate's Confirmation of Dr. Marcia McNutt as Director of the U.S. Geological Survey*. https://www.doi.gov/news/pressreleases/2009_10_22_release