



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA
VEGETACIÓN DEL CERRO EL MUERTO, UBICADO EN LA
PARROQUIA EL MORRO DEL CANTÓN GUAYAQUIL, ECUADOR.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO**

AUTOR:

Blgo. Cesar Xavier Reyes Ojedis

TUTOR:

Blgo. Carlos Fabián Viteri Herrera, MSc.

Santa Elena - Ecuador

Año 2025

DEDICATORIA

A mis padres, que se han esforzado desde siempre para que no me falte nada, para darme una educación de excelencia, y por siempre impulsarme a conseguir las metas que me he planteado.

AGRADECIMIENTO

A la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, por brindar las facilidades para el acceso a la información utilizada en el presente trabajo.

A mi tutor, que ha sido un pilar fundamental de experiencia y conocimiento para el desarrollo exitoso de esta investigación académica.

A Teresa Villavicencio, por estar a mi lado y brindarme el apoyo, la paz y la tranquilidad necesaria durante este desarrollo académico.

APROBACIÓN DEL TUTOR

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por el Blgo. Cesar Xavier Reyes Ojedis, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático.

Blgo. Carlos Fabian Viteri Herrera, MSc.
TUTOR

Santa Elena, a los 13 días del mes de junio del año 2025

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Econ. Roxana Álvarez Acosta, PhD.
**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Blgo. Fabián Viteri Herrera, MSc.
TUTOR

Blgo. Richard Duque Marín, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA 1

Blgo. Douglas Vera Izurieta, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA 2

Abg. María Rivera González, Mgr.
SECRETARIA GENERAL

AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR

Yo, Cesar Xavier Reyes Ojedis

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 13 días del mes de junio del año 2025.

Blgo. Cesar Xavier Reyes Ojedis
AUTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cesar Xavier Reyes Ojedis

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Caracterización de la distribución espacial de la vegetación del Cerro El Muerto, ubicado en la parroquia El Morro del cantón Guayaquil, Ecuador, previo a la obtención del título en Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 13 días del mes de junio del año 2025.

Blgo. Cesar Xavier Reyes Ojedis
AUTOR

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
APROBACIÓN DEL TUTOR	IV
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	V
AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR	VI
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
Historia de los estudios de cobertura vegetal	5
Clima y ecosistemas de la costa ecuatoriana.....	9
Amenazas y estrategias de conservación	11
Distribución de la cobertura vegetal en los bosques secos de Ecuador.....	11
Cerro El Muerto	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
ÁREA DE ESTUDIO	15
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN FOTOGRÁFICA.....	17
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS DE DATOS.....	19
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN CERRO EL MUERTO.....	27
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES	27
ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN.....	27
RESULTADOS.....	29
DENSIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL	29
ESTRATIFICACIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN	30
ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	32
a) Control y Vigilancia.....	34

b) Uso Público, Turismo y Recreación	35
c) Manejo de Biodiversidad	37
d) Comunicación, Educación y Participación Ambiental	39
e) Administración y Planificación.....	40
DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS	52
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas geográficas de Cerro El Muerto	16
Tabla 2 Valores establecidos de NGRDI por tipo de cobertura vegetal	23
Tabla 3 Distribución de la densidad de cobertura vegetal de Cerro El Muerto	30
Tabla 4 Vegetación identificada en Cerro El Muerto	30
Tabla 5 Programa de Control y Vigilancia	35
Tabla 6 Programa de Uso Público, Turismo y Recreación	36
Tabla 7 Programa de Manejo de biodiversidad.....	38
Tabla 8 Programa de Comunicación, Educación y Participación Ambiental	39
Tabla 9 Programa de Administración y Planificación	41
Tabla 10 Descripción técnica del material fotográfico utilizado	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica del área de estudio	15
Figura 2 Fotografía captada del momento de preparación del sobrevuelo para la captura de ortofotos.	17
Figura 3 Ortomosaico de Cerro El Muerto	18

Figura 4 Histograma del valor de pixeles RGB del ortomosaico provisto por el Municipio de Guayaquil.....	18
Figura 5 Área de estudio (Cerro El Muerto)	19
Figura 6 Histograma del valor de pixeles de la imagen RGB del área de estudio	20
Figura 7 Ráster de índice de diferencia normalizada verde-rojo (NGRDI)	21
Figura 8 Aplicación de pseudocolor	21
Figura 9 Inspección de pixeles para el establecimiento de rangos de densidad de vegetación.....	22
Figura 10 Diferenciación de pixeles de vegetación (Blanco) y suelo (negro), como pate de la inspección de pixeles	22
Figura 11 Reclasificación de valores NGRDI posterior a la inspección de pixeles.....	23
Figura 12 Curvas de nivel aplicadas al a) ráster de MDE, y b) ráster de NGRDI	24
Figura 13 Importación de imágenes	25
Figura 14 reconstrucción SFM (Structure From Motion)	25
Figura 15 Resultado del procesamiento de DepthMap y texturizado	26
Figura 16 Comparación entre a) vista lateral de Cerro El Muerto y b) modelo 3D.....	26
Figura 17 Histograma del valor de pixeles del Índice de Diferencia Normalizada Verde-Rojo (NGRDI)	29
Figura 18 Punto de acceso a Cerro El Muerto	52
Figura 19 Registro de especie identificada	53
Figura 20 Medición de flor para posterior identificación	53
Figura 21 Medición de fuste para posterior identificación	53
Figura 22 Medición de altura para posterior identificación	54
Figura 23 <i>Acacia macracantha</i>	54
Figura 24 <i>Sphinctanthus aurantiacus</i>	54
Figura 25 <i>Ipomoea asarifolia</i>	55
Figura 26 <i>Psittacanthus chanduyensis</i>	55
Figura 27 <i>Evolvulus alsinoides</i>	55
Figura 28 <i>Waltheria ovata</i>	56
Figura 29 <i>Cordia lutea</i>	56
Figura 30 <i>Prestonia mollis</i>	56
Figura 31 <i>Prosopis juliflora</i>	57
Figura 32 <i>Mesosphaerum suaveolens</i>	57
Figura 33 <i>Passiflora vesicaria</i>	57
Figura 34 <i>Alternanthera halimifolia</i>	58
Figura 35 <i>Ruellia floribunda</i>	58
Figura 36 <i>Cenchrus Ciliaris</i>	58
Figura 37 <i>Tephrosia cinerea</i>	59

Figura 38 <i>Armatocereus cartwrightianus</i>	59
Figura 39 <i>Caesalpinia glabrata</i>	60
Figura 40 Sitio de peregrinación.....	60
Figura 41 Contaminación visual	61
Figura 42 Contaminación visual	61
Figura 43 Contaminación visual	61
Figura 44 Restos de fogata.....	62
Figura 45 Basura al interior de Cerro El Muerto	62
Figura 46 Ganado caprino al interior de Cerro El Muerto	62
Figura 47 Vía perimetral que bordea el cerro	63
Figura 48 Silueta característica de Cerro El Muerto.....	63

RESUMEN

Cerro El Muerto es una formación geológica con tres picos elevados el cual posee una vegetación característica de bosque seco tropical, considerada como un ecosistema frágil altamente amenazado, y que a pesar de su importancia ecológica su vegetación enfrenta desafíos por el desarrollo de actividades no controladas, lo que plantea preocupaciones y resalta la necesidad de un manejo sostenible que garantice su conservación a largo plazo. El presente estudio buscó caracterizar la vegetación de Cerro El Muerto, conocer la distribución de la densidad de cobertura vegetal mediante el cálculo del índice de diferencia normalizada verde-rojo NGRDI con la aplicación de sistemas de información geográfica a fotografías obtenidas a partir de un vehículo aéreo no tripulados (VANT), producto de lo cual se obtuvo valores de NGRDI entre -0.02 y 0.50 para los diferentes tipos de densidad de cobertura vegetal, además, producto de visitas de campo se identificaron 52 especies de vegetación distribuidas en 22 especies herbáceas, 16 arbustivas y 14 arbóreas, y se realizó el planteamiento de estrategias para la protección y conservación de Cerro El Muerto, como el establecimiento de programas de manejo que incorporan acciones para el levantamiento de información, monitoreo biológico, identificación de componentes físicos, diagnóstico de conflictos gente-fauna, e investigación científica.

Palabras clave: *NGRDI, Fotointerpretación, VANT, sensores remotos, RGB*

ABSTRACT

Cerro El Muerto is a geological formation with three prominent peaks that feature vegetation characteristic of tropical dry forest. This ecosystem is considered fragile and highly threatened, and despite its ecological importance, its vegetation faces challenges due to the development of uncontrolled activities. These issues raise concerns and highlight the need for sustainable management to ensure its long-term conservation. The present study aimed to characterize the vegetation of Cerro El Muerto and to determine the distribution of vegetation cover density by calculating the Normalized Green-Red Difference Index (NGRDI), using geographic information systems applied to photographs obtained from an unmanned aerial vehicle (UAV), as a result, NGRDI values ranging from -0.02 to 0.50 were obtained for the different types of vegetation cover density, additionally, field visits led to the identification of 52 plant species, including 22 herbaceous species, 16 shrub species, and 14 tree species, the study also proposed strategies for the protection and conservation of Cerro El Muerto, such as the establishment of management programs that incorporate actions like data collection, biological monitoring, identification of physical components, assessment of human-wildlife conflicts, and scientific research.

Keywords: *NGRDI, Photo interpretation, UAV, remote sensors, RGB*

Tema

CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN DEL CERRO EL MUERTO, UBICADO EN LA PARROQUIA EL MORRO DEL CANTÓN GUAYAQUIL, ECUADOR

INTRODUCCIÓN

Cerro el Muerto se encuentra ubicado en la parroquia rural El Morro con una población de 6502 habitantes (INEC, 2024) dentro del cantón Guayaquil, y está conformado por tres picos elevados, dos de ellos de alrededor de 40 metros sobre el nivel del mar y uno a poco más de 60 m.s.n.m.; y, adquiriere el nombre de “El Muerto” debido a que visto desde su meseta se aprecia una silueta que asemeja la de una persona acostada.

Esta formación geológica posee vegetación de bosque seco tropical, que según la Constitución de la República del Ecuador (2008) es reconocido como un ecosistema frágil, además su vegetación se encuentra categorizada de forma específica como flora de “bosque bajo y arbustal deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo”, caracterizada por ser de alta fragilidad y altamente amenazado según la información disponible en el mapa interactivo del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2025), además está caracterizada por ser un ecosistema con arbustos frecuentemente espinosos de entre 4-6m de alto con la presencia de pocos arboles dispersos que llegan a alcanzar los 10m de altura conforme al sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental del Ministerio de Ambiente del Ecuador (2013), actualmente Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica; y se encuentra dentro de la región tumbesina, la cual se caracteriza por ser una región con alto endemismo de flora y fauna, considerada como uno de los sitios denominados puntos calientes de biodiversidad del mundo, que sumado a los bosques del Chocó colombiano y peruanos, conforman el punto caliente de biodiversidad del Tumbes-Chocó-Magdalena (Mittermeier et al., 2005).

Cerro el Muerto se encuentra a una hora de la ciudad de Guayaquil y a 15 minutos del cantón Gral. Villamil Playas, lo cual lo ha constituido es un sitio turístico por su fácil accesibilidad, y es frecuentado por turistas de aventura que buscan recorrerlo para realizar

actividades de senderismo y deportes como trotar o escalar, además de ser frecuentado por feligreses que visitan el santuario de la Virgen De La Roca ubicado en sus faldas (MIMG, 2024). Este Cerro se encuentra rodeado por caminos de primer y segundo orden que generan fraccionamiento del hábitat, lo cual sumado a la falta de monitoreos actualizados de la biodiversidad, y del control de actividades que en este sitio se realizan, genera preocupación su cuidado y conservación. Actualmente no se poseen estudios que abarquen la distribución de vegetación en Cerro El Muerto, lo cual es preocupante considerando que los bosques se constituyen en importantes sumideros de carbono conteniendo más del 80 por ciento del carbono global en la superficie, los mismos que contribuyen con la reducción de los efectos negativos frente al cambio climático (Kanninen, 2003).

La distribución de la vegetación está determinada por las relaciones como competencia y asociación entre los individuos, las estrategias de regeneración de las especies, y las intervenciones antrópicas (Del Río et al., 2003), por lo cual es necesario obtener información que permita determinar la distribución espacial de la vegetación de Cerro El Muerto para establecer un punto de partida, que permita tomar acciones presentes y futuras para su conservación, las cuales estén fundamentadas en información actualizada del sitio.

En los últimos años los científicos han aprendido a utilizar tecnologías enfocadas a contribuir con el desarrollo de estudios forestales, tales como el uso de sensores remotos, los cuales se han vuelto cruciales para realizar cuantificación y monitoreo de la dinámica a gran escala de los ecosistemas en el espacio y en el tiempo (Zhu et al., 2016), y para conocer la variabilidad en las relaciones del crecimiento con las dinámicas del dosel (Vicente-Serrano et al., 2016); además del uso de tecnologías recientes como los vehículos aéreos no tripulados (VANT), o más comúnmente llamados drones, ha permitido recolectar gran cantidad de datos de diversos ecosistemas, por lo cual uno de los retos actuales consiste en convertir esta abundancia de datos en información ecológicamente relevante y útil para la gestión ambiental, la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático.

La Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil (MIMG) no ha sido ajeno a la implementación de estas nuevas tecnologías para la recolección de datos de espacios naturales dentro del cantón Guayaquil, siendo uno de estos sitios el conocido como cerro El Muerto, del cual actores locales, autoridades y comunidad en general han venido sumando esfuerzo realizando peticiones por más de una década, para que esta formación geológica y su naturaleza sean ingresados dentro de una categoría o figura de protección, la cual permita preservar su estado natural mediante la implementación de medidas de conservación, para lo cual es necesario recabar y analizar información del sitio (MIMG, 2024), la cual pueda ser usada por investigadores y tomadores de decisión durante el planteamiento de estrategias de gestión y conservación.

El fraccionamiento del hábitat y la extracción ilegal de recursos forestales de Cerro El Muerto representan una amenaza constante para este ecosistema, además se suma la falta de información sobre la vegetación que existe en este sitio, lo cual genera dificultades para el planteamiento de medidas que busquen proteger y preservar la vegetación de este espacio natural del cantón Guayaquil. Es importante conocer la distribución espacial de la vegetación para tener una base científica documentada que pueda sustentar acciones presentes y futuras para la protección y conservación de esta área natural, mediante la aplicación de políticas y el diseño de estrategias de conservación que integren el cuidado de su vegetación con las actividades culturales y de esparcimiento que en Cerro El Muerto se realizan, las cuales puedan ser aplicables también a otros espacios que compartan similitudes ambientales y culturales.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar la distribución de la vegetación de Cerro El Muerto mediante el análisis de imágenes capturadas por un vehículo aéreo no tripulado (VANT), con el empleo de Sistemas de Información Geográfica, para obtener un mapeo que permita identificar

donde se encuentra establecida la vegetación y posibilite el proponer estrategias para su conservación.

Objetivos Específicos

- Determinar la densidad de cobertura vegetal de Cerro El Muerto mediante el cálculo del NGRDI, con el empleo de sistemas de información geográfica.
- Establecer la estratificación espacial de la vegetación mediante la identificación de especies con el empleo de guías taxonómicas.
- Proponer estrategias de manejo y conservación de la cobertura vegetal, conforme a la normativa e instructivos emitidos por la autoridad ambiental nacional.

MARCO TEÓRICO

Historia de los estudios de cobertura vegetal

La distribución de la cobertura vegetal es un indicador clave para monitorear cómo funcionan los ecosistemas terrestres, por lo cual a lo largo del tiempo el análisis de la cobertura vegetal ha evolucionado notablemente, pasando de métodos cualitativos en el campo a sistemas avanzados de teledetección y el empleo de algoritmos, lo cual ha mejorado la precisión, la cobertura espacial y la resolución temporal de los datos, lo que a su vez ha facilitado la comprensión de los patrones de distribución de la vegetación en diferentes escalas (Xie et al., 2008).

En sus inicios los estudios sobre la cobertura vegetal se basaban primordialmente en observaciones directas que permitían realizar descripciones cualitativas por parte de naturalistas y botánicos, ya que la cuantificación de la vegetación se enfocaba en estimaciones visuales y muestreos de parcelas utilizando metodologías fitosociológicas (Braun-Blanquet, 1932). Durante este tiempo, Von Humboldt estableció las bases de la fitogeografía moderna con observaciones sobre cómo las comunidades vegetales se distribuían en diferentes altitudes en relación con factores ambientales (Nicolson, 1987).

Posteriormente se crearon los primeros sistemas de clasificación estructurados para comunidades vegetales, como el sistema de Clasificación de Vegetación de Dansereau (1951), que incorporaba parámetros cuantitativos de cobertura, y al mismo tiempo se adoptaron métodos cuantitativos que incorporaron técnicas estadísticas y protocolos estandarizados para cuantificar la cobertura vegetal, con lo que se introdujeron métodos como el punto-cuadrante, la intersección lineal y el análisis de frecuencias, que permitieron hacer estimaciones más precisas y reproducibles de las características de la vegetación (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

La llegada de la fotografía aérea transformó por completo el estudio de la cobertura vegetal, con la aparición de sistemas de información geográfica (SIG) los mapas son almacenados digitalmente y pueden incluir múltiples atributos que pueden ser separados en diferentes capas de mapas (rastros), lo que ha dado gran flexibilidad al mapeo de la

vegetación (Franklin, 2013), permitiendo realizar análisis a escalas que antes eran inalcanzables mediante fotointerpretación y estereoscopia, documentando no solo cambios temporales en la estructura y composición de la vegetación, sino que también permitiendo realizar un monitoreo sistemático de la dinámica vegetal.

Durante los años 80, el lanzamiento de satélites con capacidades multispectrales, como Landsat y SPOT, representó un cambio radical en la forma de caracterizar la cobertura vegetal; la creación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) por Rouse et al. (1974) ofreció una herramienta cuantitativa para evaluar la biomasa foliar y la actividad fotosintética a nivel global. Investigaciones clave, como las de Tucker et al. (1985), mostraron correlaciones significativas entre los valores de NDVI, la productividad primaria neta y la biomasa de ecosistemas terrestres, estableciendo así fundamentos metodológicos para el monitoreo de fenómenos como la desertificación y la deforestación.

Con el inicio del nuevo milenio se dio la aparición y diversificación de sensores remotos y el perfeccionamiento de índices espectrales específicos para diversas aplicaciones ecológicas. La creación de índices como el Enhanced Vegetation Index (EVI) por Huete et al. (2002), que responde mejor a las variaciones estructurales del dosel, permitió superar las limitaciones del NDVI en situaciones de alta biomasa o influencia atmosférica, y al mismo tiempo, se comenzaron a implementar los primeros modelos que integraban datos de cobertura vegetal con variables climáticas para predecir las respuestas ecosistémicas ante cambios ambientales (Running et al., 2004).

La puesta en órbita de satélites con capacidades de monitoreo y mapeo se han convertido en herramientas esenciales para las estimaciones en los cambios de cobertura del suelo (Rodríguez-Galiano et al., 2012), lo cual sumado a las características más recientes de la tecnología implementada con cámaras de alta resolución, junto con el avance en capacidades computacionales, ha cambiado por completo la forma en que caracterizamos la cobertura vegetal. En los últimos tiempos, las metodologías que utilizamos integran técnicas de aprendizaje automático, análisis de series temporales y fusión de datos diversos para entender los complejos patrones de vegetación a lo largo del tiempo y el espacio. Plataformas como Google Earth Engine han hecho que el acceso a datos

satelitales sea cada vez mayor, permitiendo análisis a nivel global con resoluciones que antes no eran posibles (Gorelick et al., 2017).

Investigaciones realizadas con instrumentos como Hyperion y AVIRIS, que ayudan a predecir la concentración foliar de nitrógeno en el dosel, han permitido mapear la cobertura vegetal a gran escala con una precisión robusta que antes no se podía lograr, considerando que la disponibilidad de una amplia cobertura de imágenes hiperespectrales permite que los investigadores puedan realizar estimaciones de variables para el entendimiento de las funciones de los ecosistemas (Townsend et al., 2003). La recolección de datos por sensores remotos satelitales hiperespectrales ha permitido obtener información confiable para la estimación en los cambios de estructura y cobertura vegetal, haciendo posible identificar especies vegetales y analizar propiedades bioquímicas de las hojas, como el contenido de clorofila (A y B), carotenoides, nitrógeno, fósforo y lignina (Asner et al., 2015).

La aparición de sensores remotos como LiDAR (Light Detection and Ranging) ha transformado la forma en que caracterizamos la estructura de la vegetación, facilitando la elaboración de modelados, mapeo y entendimiento de los ecosistemas, además de proporcionar información tridimensional sobre la altura, la estratificación y la estructura del dosel (Faridhouseini et al., 2011). Esta metodología ha permitido medir con gran precisión parámetros como el índice de área foliar, la biomasa aérea y la complejidad estructural en ecosistemas forestales, superando las limitaciones de los sensores ópticos tradicionales.

La metodología actual se enfoca en integrar datos de imágenes espectroscópicas con sensores remotos para el estudio de la biología vegetal y la biogeografía, en especial al combinar datos ópticos multiespectrales con información de LiDAR con la finalidad de superar las limitaciones de cada enfoque individual, lo cual ha permitido distinguir características como la masa foliar, el porcentaje de nitrógeno en el dosel, clorofila, carotenoides y lignina, reflejando la biodiversidad funcional entre comunidades (Jetz et al., 2016).

Las tecnologías de teledetección han transformado por completo la forma en que estudiamos la estratificación horizontal a nivel de paisaje, gracias a las imágenes satelitales multiespectrales y a índices de vegetación como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), ahora podemos evaluar de manera más efectiva los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, además, la inclusión de datos LiDAR ha hecho posible caracterizar con gran precisión la estructura tridimensional del dosel y su variabilidad espacial, permitiendo el mapeo de atributos como índice de área foliar y biomasa de pie (Korhonen et al., 2011; Zolkos et al., 2013), mientras que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han abierto la puerta a la integración de datos biofísicos y socioambientales, lo que permite modelar la distribución potencial de comunidades vegetales y analizar su vulnerabilidad frente a los escenarios de cambio climático.

El análisis de imágenes provenientes de sensores remotos para caracterizar la distribución de la vegetación se ha convertido en una metodología sólida para entender cómo responden las plantas a la variabilidad climática (Zhang et al., 2003), así como también a otros tipos de perturbaciones como las causadas por el ser humano. Estudios como el realizado por Forkel et al. (2015) muestran cómo además de la temperatura, la disponibilidad de agua es un factor de control codominante para el inicio del crecimiento y la observación de picos máximos de verdor en la vegetación a nivel global.

Las metodologías avanzadas de caracterización espectral ahora permiten inferir parámetros de biodiversidad, como la riqueza específica, la diversidad funcional y filogenética, a partir de propiedades radiométricas (Cavender-Bares et al., 2017). Esta aproximación, conocida como "espectrómica", facilita el monitoreo de la biodiversidad vegetal en escalas espaciales que serían inaccesibles con muestreos tradicionales. La fusión de plataformas digitales colaborativas con datos satelitales ha dado lugar a sistemas híbridos que combinan observaciones de campo realizadas por ciudadanos con algoritmos automatizados para el procesamiento de imágenes (Chandler et al., 2017), con iniciativas como Globe, o iNaturalist se han incorporan validaciones masivas en el terreno que mejoran notablemente la precisión de las clasificaciones obtenidas a través de teledetección.

La evolución en el estudio de la cobertura vegetal muestra un camino de creciente sofisticación en la metodología y capacidad analítica, puesto que las tendencias futuras se dirigen hacia sistemas de observación terrestre que ofrecerán una mayor resolución espectral, espacial y temporal, lo que permitirá caracterizaciones sin precedentes de la vegetación.

Clima y ecosistemas de la costa ecuatoriana

La costa ecuatoriana, que se extiende por unos 2,237 kilómetros, y es un verdadero mosaico de ecosistemas con una diversidad biológica y ecológica impresionante, gracias a su ubicación en la zona ecuatorial y a la influencia de corrientes oceánicas tan diferentes como la corriente fría de Humboldt y la cálida corriente de El Niño. La costa ecuatoriana posee dos épocas caracterizadas por las precipitaciones de lluvia, con la época lluviosa entre los meses de diciembre a mayo, y la presencia de una época seca durante los meses de junio a noviembre.

Entre los múltiples ecosistemas de la costa ecuatoriana se encuentran los bosques secos tropicales, en los cuales usualmente la temperatura anual media ronda los 25 grados centígrados con una precipitación anual total promedio entre los 700 y 2000 mm, cuya vegetación presenta adaptaciones xerofíticas para sobrellevar los meses de época seca que se caracteriza por la ausencia de lluvias (Portillo-Quintero et al., 2015; Aguirre et al., 2006; Espinosa et al., 2011). Los bosques secos en Ecuador se extienden principalmente por las provincias de Manabí, Santa Elena y Guayas, y forman parte de una ecorregión única desde el punto de vista biogeográfico, conocida como "tumbesina" que va desde la provincia de Esmeraldas al norte del Ecuador hasta el departamento de la libertad ubicado en el Perú (Aguirre et al., 2006), la cual es una región ecológica caracterizada por su alto nivel de endemismo de especies de flora y fauna.

Los bosques secos no solo son vitales para la biodiversidad que en ellos habita, sino que también ofrecen servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano como la regulación del clima local, captura de carbono, regulación del agua, prevención de la erosión, provisión de recursos forestales y oportunidades para actividades económicas como el turismo, sin embargo, estos ecosistemas enfrentan crecientes presiones humanas

como la urbanización, la contaminación y la sobreexplotación de recursos. Los bosques secos tropicales del Ecuador forman parte de la “Zona de endemismo tumbesina” que es una EBA (Endemic Birds Area) más importantes del mundo (Aguirre & Kvist, 2009), y constituyen remanentes ecológica y biogeográficamente importantes al encontrarse dentro del “hotspot” de biodiversidad Tumbes-Chocó-Magdalena (Mittermeier et al., 2005), los cuales según Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa (2010) son ecosistemas altamente amenazados, y que en el Ecuador poseen extensiones menores con alta fragmentación y alto riesgo por perturbaciones antropogénicas y deforestación.

Los bosques secos de la costa ecuatoriana son verdaderos tesoros de diversidad y endemismo, según reveló estudios realizados por Freile et al. (2020) el cual reveló la presencia de 137 especies de aves en la región costa, de las cuales 37 especies de bosque seco se encuentran en riesgo de extinción.

En cuanto a la flora, estos bosques tienen una diversidad taxonómica moderada, pero destacan por sus altos niveles de endemismo, pues estudios como los inventarios sistemáticos realizados por Aguirre et al. (2006) identificaron para Ecuador 239 especies de árboles y arbustos leñosos, de los cuales 17 son exclusivas endémicas de Ecuador siendo los géneros más comunes *Fabaceae*, *Malvaceae* y *Bignoniaceae*, con especies como *Ceiba trichistandra*, *Erytheca ruizii* y *Cochlospermum vitifolium* las cuales presentan bajas tasas de regeneración en estos ecosistemas (Aguirre-Mendoza & Geada López, 2015). Entre las especies más representativas se encuentran *Ceiba trichistandra*, *Handroanthus chrysanthus*, *Loxopterygium huasango* y *Bursera graveolens*, que juegan un papel clave para la estructura vertical de estos ecosistemas (Linares-Palomino et al., 2010).

La fenología de las plantas en estos bosques está alineada con la estacionalidad de las lluvias, mostrando una pérdida generalizada de hojas durante la temporada seca y un estallido de actividad reproductiva al inicio de la época lluviosa (Espinosa et al., 2014). Este sincronismo fenológico es una adaptación crucial para maximizar la eficiencia en el uso del agua y la energía en condiciones de estrés ambiental producidos por la época seca.

Amenazas y estrategias de conservación

Los bosques secos han sido identificados como uno de los ecosistemas que enfrentan más amenazas en el mundo, los cuales en la actualidad se encuentran restringidos a una pequeña porción de lo que alguna vez fue su distribución total, esto en parte debido a una acelerada pérdida en la cobertura vegetal por la presión que soportan estos bosques debido a la transformación de la tierra para otros usos (Espinosa et al., 2012). Un análisis espacial realizado por Tapia-Armijos et al. (2015) en el sur de Ecuador muestra que las tasas de deforestación para el periodo comprendido entre 1989 y 2008 era del 2.86%, concluyendo con el incremento en el aislamiento y fragmentación de los bosques, lo cual afecta la viabilidad de las poblaciones de especies en estos ecosistemas que son sensibles a los efectos de borde y de aislamiento.

Las estrategias de conservación que se suelen emplear para evitar el deterioro de ecosistemas incluyen la declaratoria de áreas protegidas, sin embargo, iniciativas emergentes, como los incentivos para la conservación en tierras privadas y la restauración participativa, sumado a otros modelos de protección y restauración podrían ser aplicados a áreas de menor extensión territorial. La reintroducción de especies nativas que presenten diferentes estrategias de establecimiento y crecimiento puede ayudar a acelerar la recuperación de la estructura horizontal en áreas afectadas que han sido degradadas (Espinosa et al., 2014), además, combinar el conocimiento científico con la sabiduría tradicional de las comunidades locales puede robustecer la eficacia de las estrategias de manejo en estos valiosos ecosistemas.

Distribución de la cobertura vegetal en los bosques secos de Ecuador

Estudiar la diversidad, distribución espacial y las funciones de la cobertura vegetal es importante para entender la estructura, dinámica y estado de conservación de estos ecosistemas, para poder plantear acciones efectivas de conservación (Espinosa et al., 2012). Además, conocer la distribución de la cobertura vegetal nos ayuda a evaluar cómo se distribuyen las especies vegetales y como se asocian entre individuos, reflejando los procesos de competencia, facilitación y adaptación a las condiciones ambientales en las

que habitan, lo cual es fundamental para gestionar y conservar de manera efectiva los bosques secos neotropicales (Sánchez-Azofeifa et al., 2005; Espinosa et al., 2012).

Estudios sobre la vegetación han revelado asociaciones vegetales únicas, donde especies como *Armatocereus cartwrightianus*, *Eriotheca ruizii*, *Tabebuia chrysantha*, *Caesalpinia glabrata*, *Cynophalla mollis*, *Erythroxylum glaucum*, *Jacquinia sprucei*, *Leucaena trichodes*, *Malpighia emarginata*, *Mimosa acantholoba*, *Senna bicapsularis* y *Croton micans* actúan como acumuladores de biodiversidad al encontrarse rodeadas y coexistir con otros tipos de vegetación (Espinosa et al., 2016). Por otra parte, la distribución de los diámetros de los árboles generalmente presenta una forma de "J" invertida, lo que sugiere que estos bosques están en un proceso de regeneración natural, con una mayor cantidad de individuos jóvenes (Aguirre & Kvist, 2009).

Los análisis de diversidad alfa en estos ecosistemas han mostrado valores medios según estudios realizados por Aguirre et al. (2013) para ecosistemas de bosque seco del centro y sur del Ecuador, con patrones similares a este tipo de ecosistemas al norte de Perú. En cuanto a la diversidad beta, se observa un notable recambio de especies entre diferentes localidades, lo que subraya la relevancia de los microhábitats y la fragmentación del paisaje en la configuración de la biodiversidad regional (Espinosa et al., 2014).

Los patrones de distribución espacial analizados a través de índices de agregación indican que las especies autóctonas tienden a tener distribuciones agregadas, lo cual está relacionado principalmente con la heterogeneidad medioambiental, así como también por los mecanismos de dispersión de semillas (Jara-Guerrero et al., 2015), y la forma en la que afecta la disponibilidad de agua durante los diferentes estadios del crecimiento de la vegetación (Espinosa et al., 2011), lo cual muestra que la forma en que se organiza la vegetación en los bosques secos está influenciada por las características edáficas del suelo, especialmente la textura, la cantidad de materia orgánica y la capacidad de estos para retener agua. En las áreas donde los suelos son más profundos y pueden retener más humedad, se observa una mayor densidad de especies de árboles, y, por otro lado, en zonas con suelos más superficiales o compactos, predominan las especies de arbustos xerofíticos (Aguirre & Kvist, 2009).

Los regímenes de perturbación, tanto los naturales como los provocados por el ser humano, juegan un papel crucial en cómo se configura la vegetación, eventos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) pueden producir efectos drásticos, especialmente en ecosistemas áridos y semi-áridos, que provocan precipitaciones las cuales alteran temporalmente la dinámica de la vegetación, favoreciendo momentos de regeneración masiva (Holmgren et al., 2006).

Las perturbaciones ecosistémicas naturales o producidas por el hombre pueden provocar la pérdida, degradación y fragmentación de los hábitats, afectando de esta manera la forma en que las especies interactúan en los ecosistemas (Sorbal & Magrach, 2019), por lo que la intervención humana, especialmente a través de la ganadería extensiva, la tala selectiva de árboles y la conversión de tierras para cultivos, ha cambiado de manera significativa la estructura de estos bosques, subrayando la importancia de implementar estrategias de conservación y manejo sostenible.

Según estudios realizados por Tapia-Armijos et al. (2015) se necesita conocer de mejor manera la extensión espacial, la dinámica y los patrones de deforestación y fragmentación forestal en áreas con gran diversidad biológica en Ecuador. La pérdida de vegetación podría afectar procesos cruciales como la polinización y dispersión de semillas, y es importante mantener la conectividad entre los parches de vegetación que quedan, como una estrategia clave para preservar la integridad ecológica.

Cerro El Muerto

Estudios realizados por Carvajal R. et. al. en el año 2010 y 2012 levantaron y procesaron información para el establecimiento de una línea base biótica y cartográfica en Cerro El Muerto y su zona de influencia, producto de lo cual se elaboró un inventario preliminar florístico que dio como resultado el registro de un total de 31 especies vegetales con la presencia de 09 especies herbáceas como matapasto (*Hyptis mutabilis*) y clavo de río (*Ludwigia erecta*), 14 especies arbustivas como el Florón (*Ipomoea carnea*) y Vainillo (*Senna oxyphylla*), y 08 especies arbóreas como el Huasango (*Loxopterygium huanango*), Guayacán (*Tabebuia Chrysantha*), Bototillo (*Cochlospermum vitifolium*), Cascol (*Caesalpinia glabrata*), Algarrobo (*Prosopis juliflora*), Jaboncillo (*Sapindus saponaria*)

entre otros. De igual manera se elaboró un inventario preliminar de aves, mamíferos y herpetofauna el cual evidenció la presencia de 26 especies de aves entre ellas las endémicas Periquito del Pacífico (*Forpus coelestis*), Negro matorralero (*Dives warszewiczi*) y Tortolita ecuatoriana (*Columbina buckleyi*), 07 especies de herpetofauna como la Ameiva de Bocourt (*Ameiva edracantha*), Lagartija Iridescente (*Stenocercus iridescens*), Iguana común (*Iguana iguana*), matacaballo (*Boa constrictor imperator*); y el falso camaleón (*Polychrus gutturossus*), Lagartija de Perú (*Dricodon guttulatum*) y Bufo común (*Rhinella marina*), mientras que para la mastofauna conforme a observaciones directas y entrevistas con pobladores del sector se estableció la presencia de 08 especies: Zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), armadillo (*Dasypus novencimctus*), ardilla sabanera (*Sciurus stramineus*), perico ligero (*Bradypus variegatus*), hormiguero (*Tamandua mexicana*), venado cola blanca (*Odocoileus peruvianus*), mapache (*Procyon cancrivorous*) y el tigrillo (*Leopardus pardalis*).

Durante los estudios realizados por Carvajal R. et. al. en el año 2012 también se identificaron diversos factores ambientales como el ingreso de ganado vacuno y caprino que pastorean al interior de Cerro El Muerto, y contaminación visual por pinturas realizadas en los sustratos rocosos del cerro.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la formación geológica conocida como Cerro El Muerto, ubicada en la parroquia rural de El Morro del cantón Guayaquil, en la provincia del Guayas, Ecuador, a 15 minutos del cantón vecino de nombre General Villamil Playas. El área estudiada se encuentra ubicada en las coordenadas 2°38'33.8"S 80°20'23.6"O.

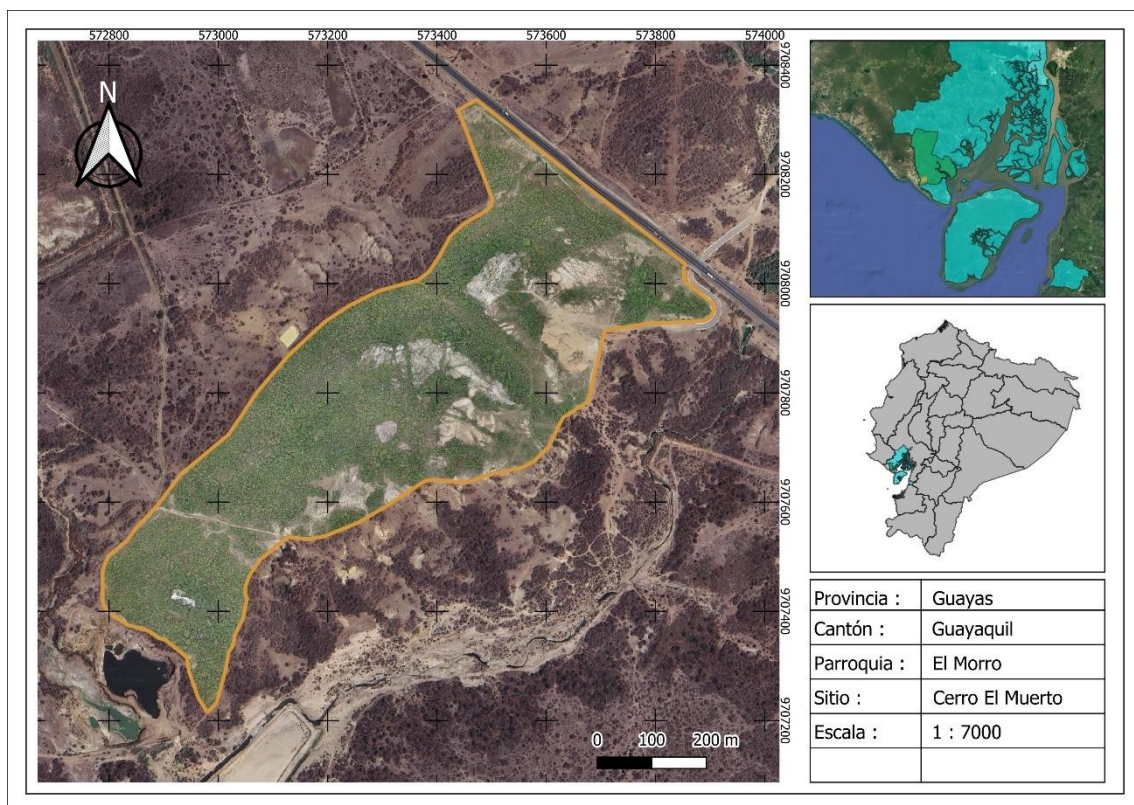


Figura 1 Ubicación Geográfica del área de estudio

Es importante señalar que Ecuador presenta dos épocas al año, una denominada “época seca” caracterizada por pocas o escasas precipitaciones, y otra denominada “época lluviosa”, caracterizada por la presencia de lluvias, siendo durante el mes de julio que corresponde a la época seca de la costa ecuatoriana que se realizó el levantamiento de la información utilizada en el presente estudio.

Tabla 1 Coordenadas geográficas de Cerro El Muerto

Coordenadas Geográficas					
DATUM WGS84 UTM-17S					
No.	X	Y	No.	X	Y
1	573855	9708035	36	573012	9707287
2	573851	9708021	37	572996	9707231
3	573855	9708003	38	572980	9707215
4	573906	9707963	39	572963	9707241
5	573908	9707952	40	572946	9707290
6	573902	9707939	41	572942	9707316
7	573890	9707932	42	572903	9707348
8	573784	9707927	43	572893	9707350
9	573708	9707914	44	572871	9707365
10	573677	9707784	45	572835	9707375
11	573631	9707754	46	572796	9707399
12	573604	9707700	47	572788	9707417
13	573577	9707674	48	572789	9707476
14	573554	9707663	49	572798	9707501
15	573493	9707650	50	572833	9707529
16	573461	9707638	51	572849	9707552
17	573447	9707636	52	572887	9707592
18	573393	9707641	53	572933	9707652
19	573378	9707639	54	573019	9707723
20	573307	9707592	55	573072	9707803
21	573277	9707575	56	573128	9707868
22	573255	9707562	57	573195	9707930
23	573197	9707538	58	573241	9707961
24	573166	9707532	59	573294	9707987
25	573126	9707536	60	573341	9708000
26	573077	9707495	61	573366	9708006
27	573058	9707466	62	573386	9708022
28	573049	9707445	63	573405	9708051
29	573050	9707430	64	573425	9708087

30	573053	9707424	65	573449	9708109
31	573046	9707388	66	573491	9708134
32	573030	9707355	67	573500	9708143
33	573028	9707338	68	573502	9708155
34	573019	9707325	69	573439	9708318
35	573855	9708035	70	573472	9708337

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN FOTOGRÁFICA

Los datos fotográficos fueron provistos por la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil en diciembre del 2024, los cuales fueron recopilados durante un sobrevuelo realizado el 03 de julio de 2023 entre las 11:34 y 12:30 hora local UTM-5, con excelentes condiciones climáticas en un día soleado, cielo despejado y con poco viento.



Figura 2 Fotografía captada del momento de preparación del sobrevuelo para la captura de ortofotos.

Fuente: Municipio de Guayaquil

Las imágenes fueron registradas utilizando un drone WingtraOne Gen II (Wingtra AG, Suiza), que es un vehículo aéreo no tripulado de ala fija de despegue y aterrizaje vertical (VTOL por sus siglas en inglés), con una cámara RGB Sony DSC-RX1RM2 de 42.4 MP, sensor de fotograma completo con lentes de 35 mm de relación aspecto 3:2, con

configuración nadir, y un receptor PPK GNSS de multifrecuencia integrado para alta precisión en el posicionamiento. Para generar las cuadrículas de adquisición de datos y los parámetros de vuelo se utilizó la aplicación WingtraPilot (Wingtra AG, Suiza) para dispositivos Android.



Figura 3 Ortomosaico de Cerro El Muerto

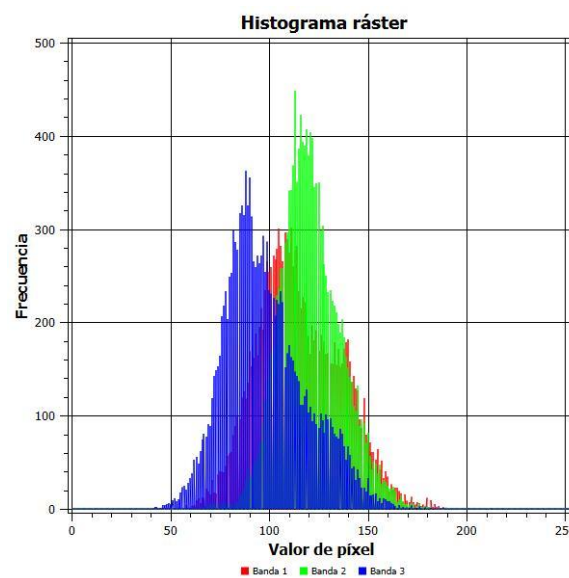


Figura 4 Histograma del valor de píxeles RGB del ortomosaico provisto por el Municipio de Guayaquil

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la delimitación de Cerro el Muerto se usaron técnicas de cartografía utilizando el programa QGIS 3.40.7, para lo cual se utilizó como base la ortofoto digital provista por el MIMG de fecha julio del 2023. El área de estudio fue delimitada considerando como límites del cerro las diferentes vías de 1er, 2do y 3er orden que recorren su periferia, que conforme al Ministerio de Ambiente del Ecuador (2015) son causantes de fragmentación de ecosistemas de origen antropogénico.

Para el tratamiento de la información se empleó una laptop con procesador Intel Core i7-13650HX de 14 núcleos y 32GB RAM, tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 4060 y GPU de 8GB, y se realizó el empleo del programa de Sistemas de Información Geográfica de acceso libre QGIS 3.40.7 (<http://qgis.osgeo.org/>) para la gestión y análisis de información geográfica conforme al siguiente flujo de trabajo:

Carga de imagen => extracción por máscara => cálculo de ráster => obtención de ráster => proyección de ráster => aplicación de pseudocolor => reclasificación manual => conversión de ráster a polígono (vectorizado) => disolución de polígonos vectorizados => análisis de resultados.



Figura 5 Área de estudio (Cerro El Muerto)

Figura 5. Área de estudio

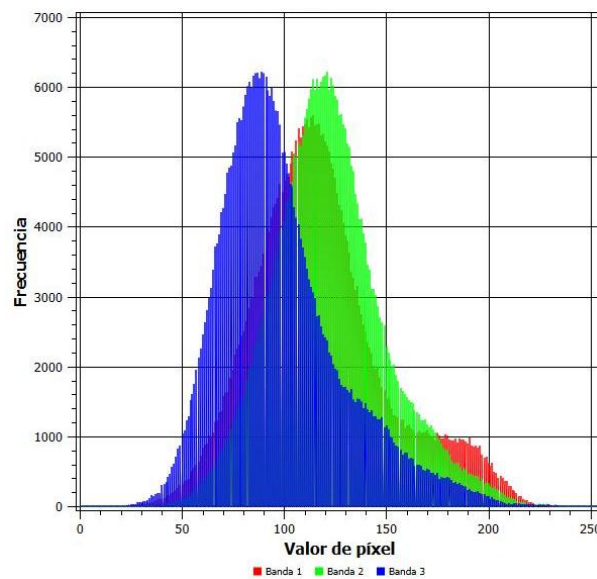


Figura 6 Histograma del valor de píxeles de la imagen RGB del área de estudio

Para caracterizar la vegetación de Cerro El Muerto se utilizaron bandas del espectro visible para el cálculo del índice de diferencia normalizada verde-rojo (NGRDI por sus siglas en inglés) o también conocido como Índices visibles de resistencia atmosférica verde (VIgreen en inglés) (Ahamed et al., 2011), que es un índice sin dependencia de bandas de infrarrojo, el cual es capaz de detectar los cambios fenológicos y la degradación de bosques tropicales (Nagai et al., 2014), con el objetivo de identificar las áreas de cobertura vegetal. Estudios realizados por Muraoka et al. (2013) han demostrado que los valores de NGRDI varían acorde a las estaciones del año.

$$NGRDI = \frac{(GREEN - RED)}{(GREEN + RED)}$$

En donde: GREEN = Banda correspondiente al color verde

RED = Banda correspondiente al color rojo

La validación de los datos arrojados por el índice NGRDI se realizó mediante la comparación del mapa resultante del cálculo ráster y el ortomosaico provisto por el Municipio de Guayaquil. Según Hunt et al. (2005) los valores posibles para este índice son de -1.0 a 1.0, sin embargo, la variación real de los valores de NGRDI son menores

para la mayoría de los casos, por lo cual se debe realizar un análisis de la coloración de la vegetación ya que esta refleja la actividad fotosintética en las imágenes RGB.

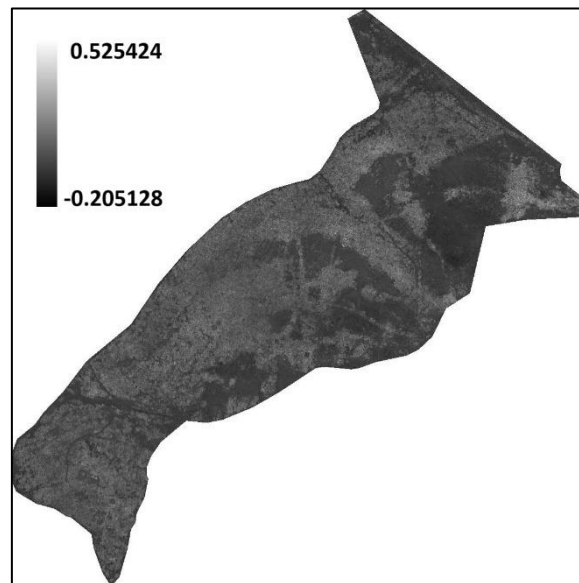


Figura 7 Ráster de índice de diferencia normalizada verde-rojo (NGRDI)

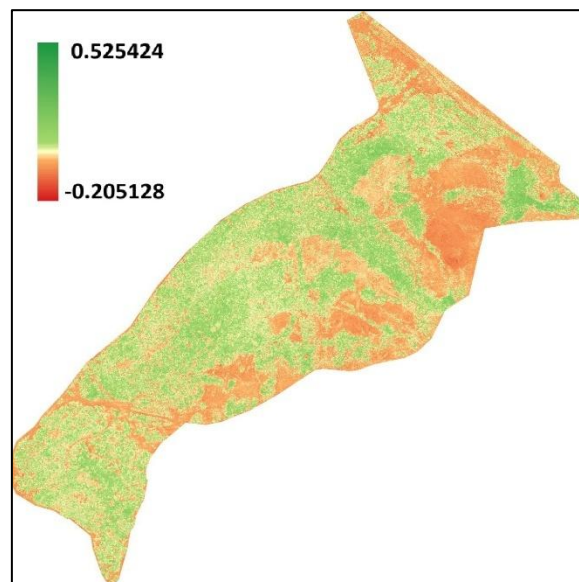


Figura 8 Aplicación de pseudocolor

Una vez obtenido el archivo ráster resultante del cálculo de NGRDI, se proyectó el ráster y se realizó una reclasificación de los píxeles del ráster mediante QGIS, para lo cual se examinaron píxeles para cada tipo de cobertura mediante la herramienta “identificar

objetos especiales” y se establecieron manualmente los rangos de clasificación conforme a la interpretación de imágenes.

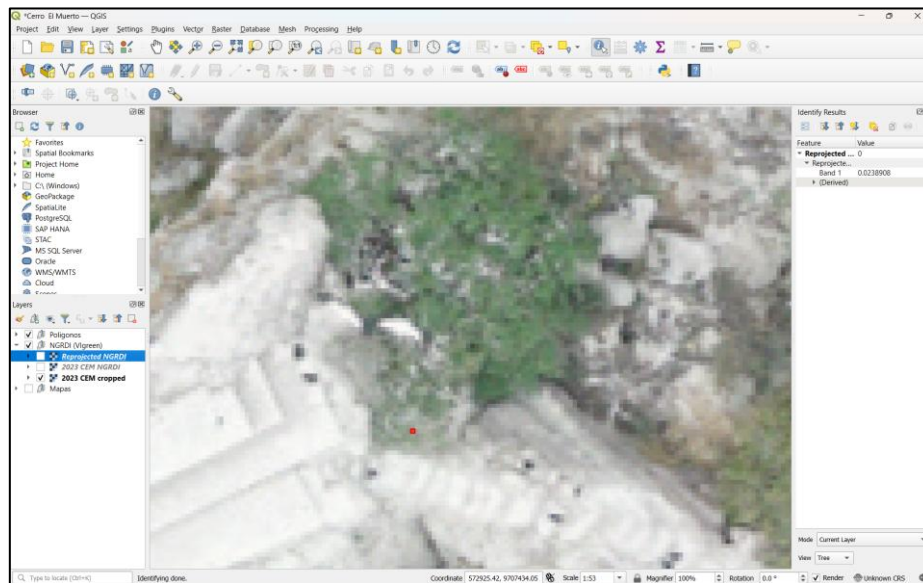


Figura 9 Inspección de pixeles para el establecimiento de rangos de densidad de vegetación

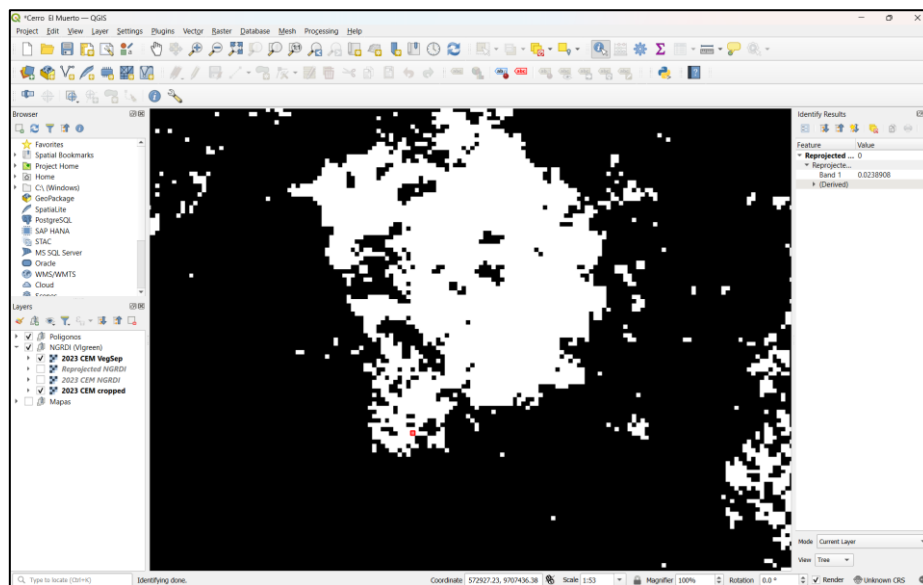


Figura 10 Diferenciación de pixeles de vegetación (Blanco) y suelo (negro), como parte de la inspección de pixeles

Producto de la reclasificación manual para cada tipo de cobertura luego de una exhaustiva inspección de pixeles se obtuvo el siguiente gráfico:

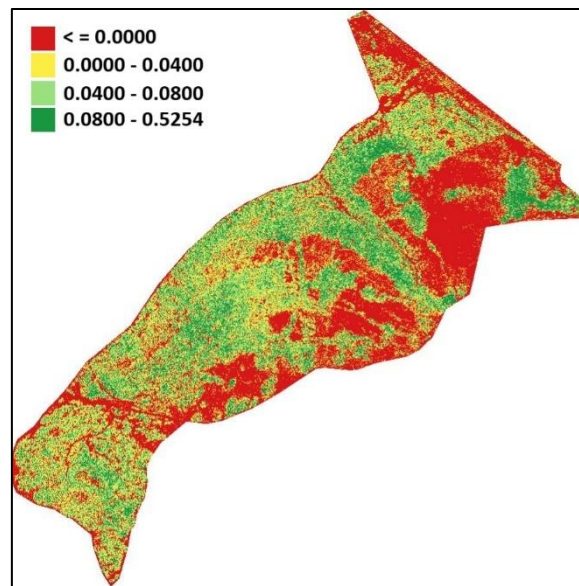


Figura 11 Reclasificación de valores NGRDI posterior a la inspección de píxeles

Para la caracterización de la cobertura vegetal se utilizaron los siguientes valores reclasificados de NGRDI:

Tabla 2 Valores establecidos de NGRDI por tipo de cobertura vegetal

Valores establecidos de NGRDI por tipo de cobertura vegetal en Cerro El Muerto		
Valores NGRDI	Tipo de cobertura	Característica
Menores a 0	Nula	Cuerpos rocosos, tierra, cuerpos de agua y vegetación seca o marchita
> 0 y 0.04	Escasa	Áreas de escasa cobertura, con presencia mayoritaria de hierbas
> 0.04 y 0.08	Semi-Densa	Área de cobertura semi densa con hierbas, arbustos y/o árboles
Mayor a 0.08	Densa	Cobertura densa, con presencia de hierbas, arbustos y árboles

Una vez realizada la reclasificación de los rangos de cobertura, se procesó el ráster reclasificado mediante la herramienta “conversión”, y se adquirieron los polígonos dentro del mapa correspondientes para cada valor (vectorizado). Posterior al vectorizado se utilizó la herramienta vectorial de geoprocesamiento “disolver” para agrupar los

polígonos de igual valor y obtener los valores consolidados de áreas para cada tipo de cobertura reclasificada.

Para la obtención de las curvas de nivel se utilizó el complemento de QGIS “OpenTopography”, mediante la ruta: Ráster => OpenTopography DEM => Downloader. Una vez abierto el complemento se seleccionó y descargó el Modelo Digital de Elevación (MDE) en formato ráster “ALOS World 30m” (Advanced Land Observing Satellite) para los límites de la zona de estudio, y se procedió a extraer las curvas de nivel con la función Ráster => Extracción => Curvas de Nivel.

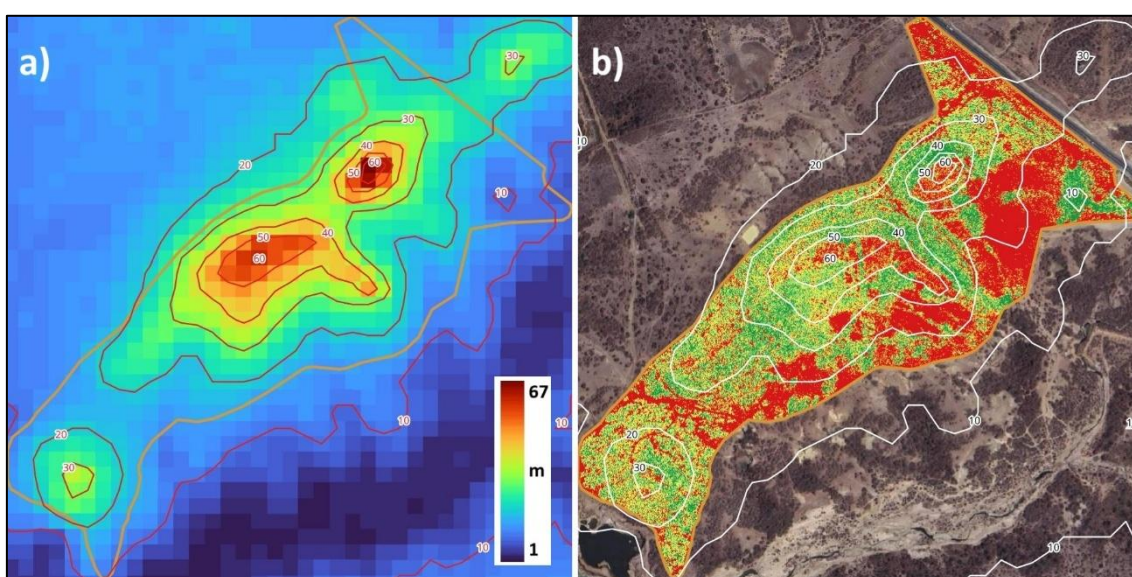


Figura 12 Curvas de nivel aplicadas al a) ráster de MDE, y b) ráster de NGRDI

De la información obtenida para el presente estudio, se realizó además la reconstrucción tridimensional de Cerro El Muerto mediante el empleo del programa de uso libre Meshroom 2023.3.0 (Griwodz et al., 2021), aplicando el siguiente esquema para la reconstrucción tridimensional:

1. Importación de imágenes y triangulación para la definición de parámetros de cámara, superficie, y orientación de la imagen.

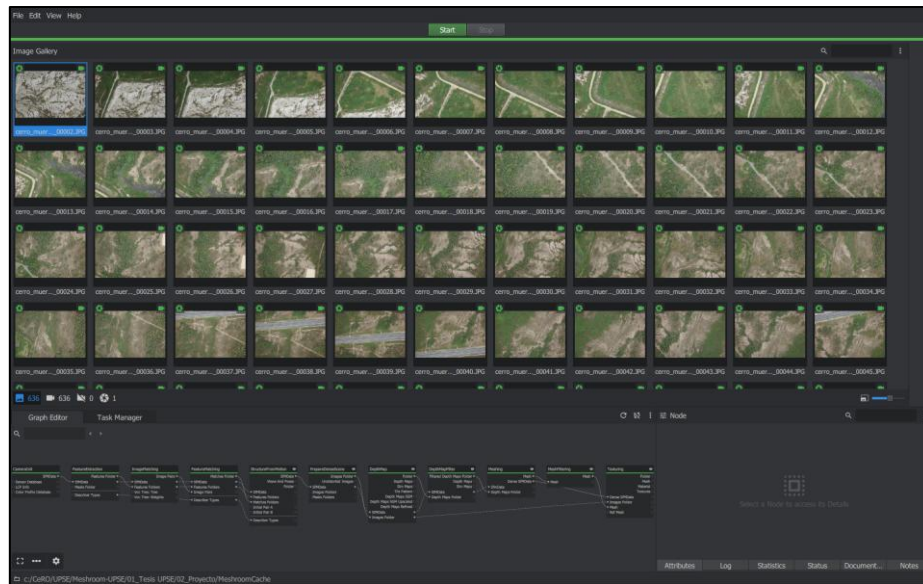


Figura 13 Importación de imágenes

2. Generación de nubes de puntos a partir de la carga y triangulación de imágenes: Se obtuvieron 1'493.847 puntos con una duración de cómputo de 9 minutos.

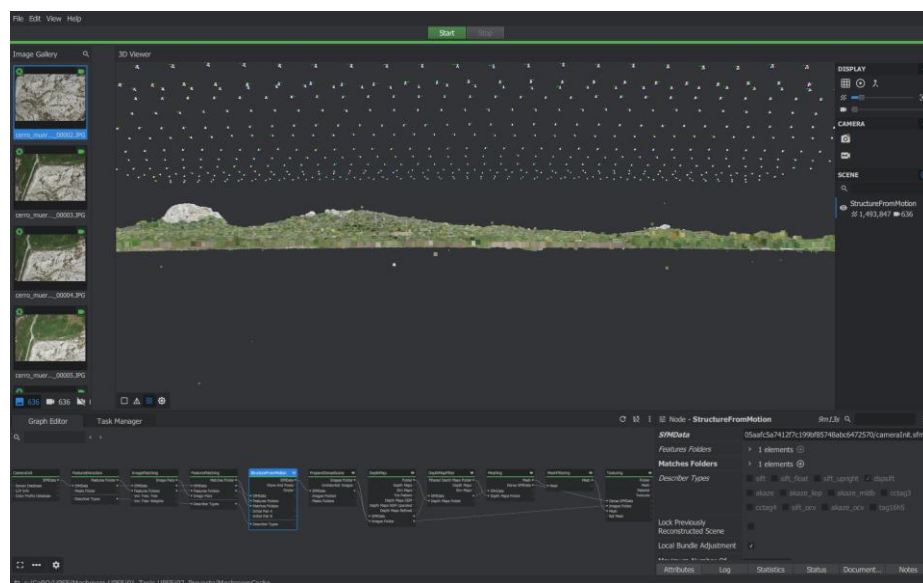


Figura 14 reconstrucción SFM (Structure From Motion)

3. Generación de modelo tridimensional del área de estudio mediante el uso de las coordenadas (X, Y, Z): Se obtuvo una nube de puntos densa cuyo procesamiento duró 5h17min, posterior a la cual se realizó el texturizado a partir de la nube de puntos densa que duró 25h4m, lo cual generó 8'033.142 polígonos y 122 texturas diferente.

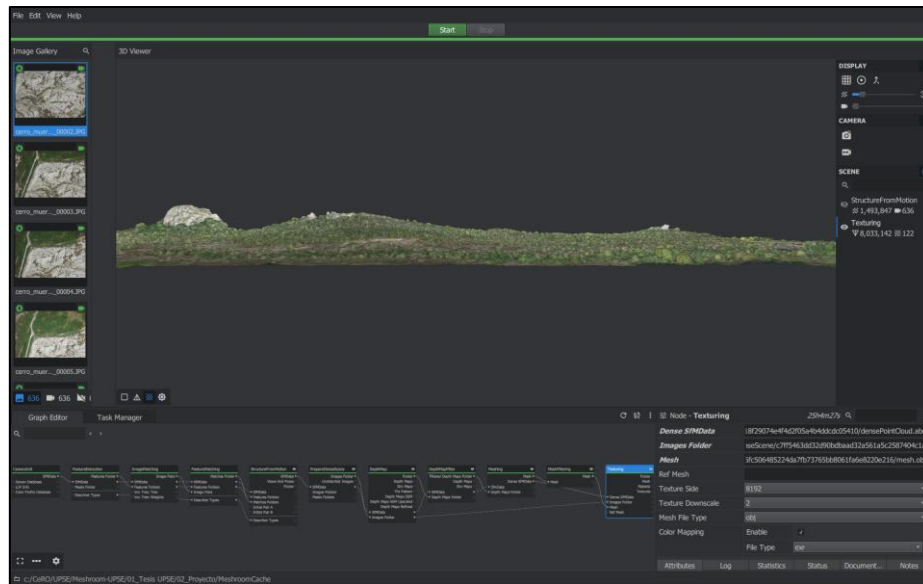


Figura 15 Resultado del procesamiento de DepthMap y texturizado

El proceso completo de reconstrucción del modelo 3D duró 35h30m. Posterior al resultado final de generación 3D se realizó una comparativa visual del modelo obtenido con una imagen lateral de Cerro El Muerto.



Figura 16 Comparación entre a) vista lateral de Cerro El Muerto y b) modelo 3D

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN CERRO EL MUERTO

Para la recolección de información de las especies vegetales presentes en Cerro El Muerto se empleó una matriz de levantamiento de información en donde se registró en campo las observaciones de vegetación, y se realizaron 3 recorridos los días 02, 03, y 04 de julio de 2025. Durante los recorridos se realizaron registros fotográficos de la forma de la vegetación, hoja, semillas, inflorescencia, y fuste, y se registró en la matriz de levantamiento de información los nombres de las fotografías pertenecientes a cada individuo registrado para su posterior identificación en fase de gabinete, además de la toma de diversas mediciones en hojas, flores y tallo.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES

Para la identificación de especies se empleó el catálogo de plantas vasculares del Ecuador (Jorgensen P. & León Yáñez, 1999), informes técnicos de levantamientos preliminares realizados por Carvajal et al. en los años 2010 y 2012 en Cerro El Muerto, la guía dendrológica para identificación de las especies forestales de los bosques secos del Ecuador de Aguirre Z. (2012) y el repositorio en línea de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2025). Para la identificación en gabinete de la vegetación que no pudo ser identificada en campo, se realizó un análisis de los registros fotográficos magnificando las diferentes características de cada fotografía captada, para lo cual se realizó también el empleo de los textos antes mencionados.

ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Para poder establecer estrategias de conservación efectivas para la protección de la vegetación en la formación geológica conocido como Cerro El muerto, es indispensable que, además de considerar las características identificadas mediante la determinación de la densidad de vegetación con el empleo del NGRDI, y la identificación de especies vegetales presentes mediante el empleo de claves taxonómicas, es necesario considerar el marco normativo que sustentan la protección de los recursos forestales, con una

perspectiva de integración de estrategias de conservación con el marco normativo ya establecido, para lo cual se realizó la revisión de la normativa relacionada vigentes a la fecha, la cual se detalla a continuación:

- Constitución de la República del Ecuador (2008)
- Código Orgánico del Ambiente (2017).
- Acuerdo Ministerial No.83 del Ministerio Del Ambiente (2016).
- Lineamientos para la elaboración de plan de manejo de las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (2023).

RESULTADOS

DENSIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL

Los valores obtenidos como producto del cálculo del índice de vegetación NGRDI oscilaron entre los -0.20 y 0.52, con una mayor proporción de píxeles distribuidos entre el rango de los valores -0.08 y 0.20.

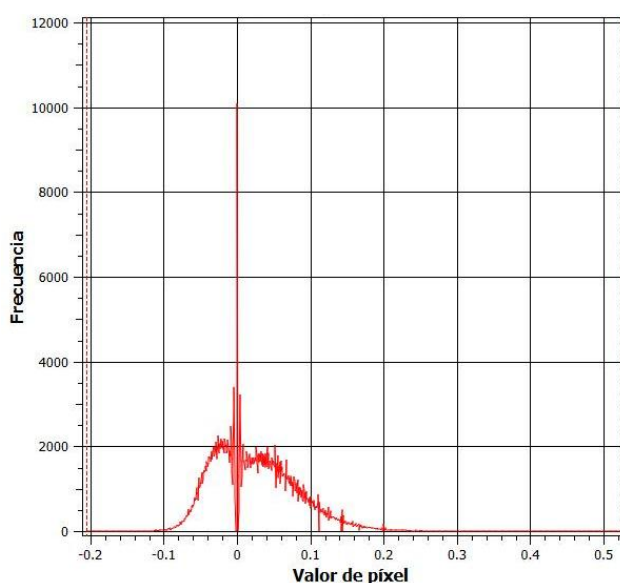


Figura 17 Histograma del valor de píxeles del Índice de Diferencia Normalizada Verde-Rojo (NGRDI)

Mediante la interpretación y el procesamiento de imágenes con el empleo de sistemas de información geográfica, se pudo determinar la presencia de una densidad de cobertura vegetal escasa distribuida de forma moderada a lo largo de la superficie del cerro, se observa también una distribución moderada de cobertura vegetal semi-densa, y una menor presencia de cobertura vegetal densa, mientras que la mayor parte de la cobertura identificada corresponde a nula presencia de vegetación con un porcentaje del 40.47% del total de densidades de la cobertura vegetal, conforme se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 3 Distribución de la densidad de cobertura vegetal de Cerro El Muerto

Distribución de la densidad de cobertura vegetal			
Tipo de cobertura	Características	Área (Ha)	Cobertura (%)
Nula	Rocas, tierra, cuerpos de agua y vegetación seca (o construcciones)	15.88	40.47
Escasa	Presencia mayoritaria de plantas herbáceas	9.06	23.10
Semi-densa	Presencia de hierbas, acompañada de arbustos o árboles	7.99	20.37
Densa	Presencia de hierbas, arbustos y árboles	6.30	16.06
		39.23	

ESTRATIFICACIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN

Producto de la identificación de vegetación de Cerro el Muerto se pudo establecer la presencia de un total de 52 especies vegetales, entre las cuales se hallaron 22 especies de vegetación herbácea, 16 especies arbustivas, y la identificación de 14 especies arbóreas, conforme se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4 Vegetación identificada en Cerro El Muerto

Vegetación identificada en Cerro El Muerto			
Nro.	Nombre científico	Nombre común	Hábito
01	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Acacia	Arbóreo
02	<i>Sphinctanthus aurantiacus</i> (Standl.) Fagerl.	-	Arbustivo
03	<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Mimosa	Arbustivo
04	<i>Bignonia chrysantha</i> Jacq.	Guayacán Amarillo	Arbóreo

05	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Gloria matutina	Arbustivo
06	<i>Dicliptera</i> sp.	-	Herbácea
07	<i>Psittacanthus chanduyensis</i> Eichler	Monte de chivo, muérdago	Herbácea (semi-parasitaria)
08	<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Gloria matutina	Herbáceo
09	<i>Browallia americana</i> L.	No me olvides	Herbáceo
10	<i>Zornia reticulata</i> Sm.	Zarabacoa	Herbáceo
11	<i>Hyptis mutabilis</i> (Rich.) Briq.	Matapasto	Herbáceo
12	<i>Ipomoea carnea</i> subsp. <i>fistulosa</i> (Mart. ex Choisy) D.F.Austin	Florón	Arbustivo
13	<i>Volkameria mollis</i> (Kunth) Mabb. & Y.W.Yuan	-	Arbustivo
14	<i>Armatocereus</i> <i>cartwrightianus</i> (Britton & Rose) Backeb. ex W.Hill	Cactus, tuna	Arbóreo
15	<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	Mondonguillo	Herbáceo
16	<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	Hierba de cabo	Herbáceo
17	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	-	Herbáceo
18	<i>Cochlospermum</i> <i>vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bototillo	Arbóreo
19	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth.	Cascol, Charán	Arbóreo
20	<i>Waltheria ovata</i> Cav.	-	Arbustivo
21	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Monte estrella	Herbáceo
22	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Huasango	Arbóreo
23	<i>Tabebuia billbergii</i> subsp. <i>ampla</i> A.H.Gentry	Guayacán	Arbóreo
24	<i>Maytenus octogona</i> (L'Hér.) DC.	Hoja de cuero	Arbustivo
25	<i>Cordia lutea</i> Lam.	Muyuyo	Arbustivo
26	<i>Blechum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	camarón	Herbáceo
27	<i>Prestonia mollis</i> Kunth		Herbáceo (trepadora)
28	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	Chirigüa	Arbóreo
29	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Palo Santo	Arbóreo
30	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	Sebastián	Arbóreo
31	<i>Cucumis dipsaceus</i> Ehrenb. ex Spach	Pepino del diablo	Herbáceo
32	<i>Luffa operculata</i> (L.) Cogn.	Esponjilla	Herbáceo
33	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Seca, Pepa de vaca	Arbóreo

34	<i>Mimosa acantholoba</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Poir.	Acacia	Arbóreo
35	<i>Acaplypha diversifolia</i> Jacq.	-	Arbustivo
36	<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	Tierra Espina	Arbustivo
37	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Algarrobo	Arbóreo
38	<i>Byttneria parviflora</i> Benth.	-	Arbustivo
39	<i>Hibiscus escobariae</i> Frixell.	Rosa del Desierto	Arbustivo
40	<i>Malvaviscus penduliflorus</i> Moc. & Sessé ex DC.	-	Arbustivo
41	<i>Randia aurantiaca</i> Standl.	Crucita	Arbustivo
42	<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	Licuanco	Arbóreo
43	<i>Physalis angulata</i> L.	Uvilla	Herbáceo
44	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara	Clavo de río	Herbáceo
45	<i>Senna oxyphylla</i> (Kunth) H.S.Irwin & Barneby	Vainillo	Arbustivo
46	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	Chan	Herbáceo
47	<i>Passiflora vesicaria</i> L.	Maracuyá silvestre	Herbáceo
48	<i>Alternanthera halimifolia</i> (Lam.) Standl. ex Pittier	Sanguinaria	Herbáceo
49	<i>Ruellia floribunda</i> Hook.	-	Arbustivo
50	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Cadillo, ojo de hormiga	Herbáceo
51	<i>Cenchrus Ciliaris</i> L.	Pasto buffer	Herbáceo
52	<i>Tephrosia cinerea</i> L. Pers.	-	Herbáceo

ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

El estado ecuatoriano conforme a su constitución de fecha 20 de octubre de 2008, establece en su Art.14 el Derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*, y se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados, y en su Art.404 establece que el patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista

ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservaciones, recuperación y promoción.

Por otra parte, el Código Orgánico del Ambiente del 12 de abril de 2017 subraya en su Art.5 el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, indicando en su numeral 2 que esto comprende el manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros; mientras que referente a las facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental señala que entre sus funciones están: 1. Dictar la política pública ambiental local; 2. Elaborar planes, programas y proyectos para la protección, manejo sostenible y restauración del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación; 14. Insertar criterios de cambio climático en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial y demás instrumentos de planificación cantonal de manera articulada con la planificación provincial y las políticas nacionales; y en su Art.31 señala que la conservación de la biodiversidad se realizará in situ o ex situ, en función de sus características ecológicas, niveles de endemismo, categoría de especies amenazadas de extinción, para salvaguardar el patrimonio biológico de la erosión genética, conforme a la política formulada por la Autoridad Ambiental Nacional.

Además, el Acuerdo Ministerial No.83 del Ministerio Del Ambiente de fecha 30 de agosto de 2016, referente a los “Procedimientos Para La Declaración y Gestión de Áreas Protegidas”, indica en su Art.7 que el Área de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) es un área creada por los gobiernos autónomos descentralizados, comunidades o propietarios privados, de importancia local, cuyo fin es el de conservación de la biodiversidad y desarrollo de actividades sustentable para garantizar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que benefician a la vida humana, y señala también que un ACUS puede mantenerse bajo esta categoría o puede optar por convertirse en un área protegida declarada dentro de SNAP(Sistema Nacional de Áreas Protegidas) por la Autoridad Ambiental Nacional, previo el cumplimiento de los requisitos correspondientes.

Por lo cual, con base en lo previamente citado se establece como la principal estrategia de manejo y conservación de la cobertura boscosa de Cerro El Muerto, la declaratoria de esta área boscosa de interés biológico, geológico y cultural dentro de una categoría de protección ambiental, para lo cual además de la expedición de una resolución administrativa, sea esta cantonal, provincial o nacional, se deberá elaborar un plan de manejo ambiental conforme a los lineamientos para la elaboración de plan de manejo de las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, de la Dirección de Áreas Protegidas y otras formas de conservación del Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica (2023), para el cual se proponen los siguientes programas para el manejo integro de Cerro El Muerto:

a) Control y Vigilancia

Objetivo: Planificar, implementar y dar seguimiento a actividades de control y vigilancia, para precautelar la integridad y la protección de los valores de conservación de acuerdo con la normativa ambiental vigente, para minimizar la ocurrencia de afectaciones.

Acciones: Patrullajes para el control y monitoreo de zonas vulnerables para reducir y minimizar la frecuencia de afectaciones por de cacería, incendios forestales, extracción de recursos forestales y degradación del suelo.

Como parte de este programa, es fundamental desarrollar un Plan de Control y Vigilancia, en el cual se debe estructurar las actividades siguiendo una metodología bien definida, que incluya mecanismos para la recolección de información, el análisis de datos y resultados, así como el seguimiento y la evaluación. Además, es crucial coordinar con actores clave para asegurar el éxito del programa.

Tabla 5 Programa de Control y Vigilancia

Programa de Control y Vigilancia				
Amenaza	Macroactividad	Resultado esperado	Fuentes de verificación	Indicadores
Tala Selectiva	Planificación y ejecución de patrullajes de control multipropósito	Disminución de tala selectiva	Informes de monitoreo e identificación de zonas afectadas por tala selectiva	Número de individuos extraídos, porcentaje de áreas afectadas, e identificación de especies
Caza furtiva	Planificación y ejecución de patrullajes de control multipropósito	Disminución de caza furtiva	Informes y reportes de identificación de caza furtiva	Número de individuos afectados e identificación de especies
Incendios forestales	Planificación y ejecución de patrullajes de control multipropósito	Disminución de conatos de incendio	Monitoreo e identificación de zonas afectadas por incendios forestales	Frecuencia de conatos de incendio, y número de acciones de prevención
Degradación del suelo	Planificación y ejecución de patrullajes de control multipropósito	Prevención de la extracción de áridos y pétreos	Informes y reportes de identificación de zonas afectadas y actividades de prevención	Identificación de superficies afectadas y número de actividades de prevención

b) Uso Público, Turismo y Recreación

Objetivo: Impulsar el turismo en Cerro El Muerto, teniendo en cuenta el establecimiento de una zonificación y la gestión de visitantes de manera responsable, con la finalidad de promover el conocimiento y la conservación del patrimonio natural y cultural.

Acciones: Fomentar el turismo, planificar actividades para el control de visitantes, mantenimiento y control de senderos, establecimiento de señaléticas, capacitación, y difusión de normativa vigente y actividades prohibidas y permitidas.

Tabla 6 Programa de Uso Público, Turismo y Recreación

Programa de Uso Público, Turismo y Recreación				
Amenaza	Macroactividad	Resultado esperado	Fuentes de verificación	Indicadores
Falta de fomento turístico	Fomentar el turismo en Cerro El Muerto mediante la inclusión de este sitio en la oferta turística local a través de campañas comunicacionales	Incrementar el turismo en Cerro El Muerto	Informes de seguimiento a operadores turísticos locales	Números de paquetes turísticos comercializados por los operadores turísticos locales para visitas a Cerro El Muerto.
Turismo desordenado	Establecimiento de información turística, normas de uso del espacio público, y de concientización ambiental en los senderos de Cerro El Muerto	Aumentar en los visitantes el conocimiento de normas básicas de uso del espacio público, protección ambiental, e información de Cerro El Muerto	Establecimiento de señaléticas informativas, e informe de encuestas realizadas a visitantes de Cerro El Muerto	Número de señaléticas informativas instaladas, y número de encuestas realizadas a visitantes para evaluar el nivel de conocimiento de la de información turística, normas de uso del espacio público, y de concientización ambiental
Falta de capacitación turística	Programación y ejecución de capacitaciones	Mejorar la capacidad de los operadores	Informe de seguimiento y evaluación de	Número capacitaciones y evaluaciones de

	para operadores turísticos locales	turísticos locales para guiar e informar a los visitantes en temas relacionados al uso del espacio público, protección ambiental, e información de Cerro El Muerto	conocimientos a los operadores turísticos	conocimiento realizadas
Ejecución de actividades recreativas no permitidas	Zonificación y establecimiento de actividades prohibidas y permitidas dentro de Cerro El Muerto	Zonificación de actividades en Cerro El Muerto	Informes y mapas de zonificación de actividades	Número de levantamientos de información en sitio e informes técnicos

c) Manejo de Biodiversidad

Objetivo: Gestionar los recursos naturales y la biodiversidad en Cerro El Muerto con la finalidad de protegerlos, mediante la investigación biológica, el seguimiento de especies clave y la ejecución de proyectos específicos que respondan a las necesidades de conservación.

Acciones: Establecer una línea base mediante el levantamiento de información, monitoreo biológico, identificación de componentes físicos, diagnóstico de conflictos gente-fauna, investigación científica.

Tabla 7 Programa de Manejo de biodiversidad

Programa de Manejo de biodiversidad				
Amenaza	Macroactividad	Resultado esperado	Fuentes de verificación	Indicadores
Falta de información	Desarrollo de investigaciones	Levantamiento de información de componentes bióticos y abióticos de Cerro El Muerto	Informes de investigación y bases de datos	Investigaciones realizadas
Fragmentación del hábitat	Monitorear el desplazamiento de especies y la distribución de semillas	Conocer los patrones de desplazamiento de los individuos, y dispersión de semillas	Informes y reportes de monitoreo	Identificación de desplazamientos internos y externos por especie, distancia, geoposicionamiento y frecuencia, y patrones de dispersión de semillas.
Deforestación	Reforestación con especies Nativas de bosque bajo y arbustal deciduo	Incrementar la cobertura boscosa en zonas con afectación por tala e incendios	Informes de reforestación y reportes de seguimiento de supervivencia	Número de especies e individuos sembrados, extensión de áreas reforestadas
Perdida de diversidad	Monitoreo de riqueza y frecuencia de especies	Establecer una línea base de la diversidad de flora y fauna	Informes técnicos y reporte de monitoreos	Número de especies e individuos de flora y fauna identificados
Conflicto Gente-fauna	Levantamiento de información de los conflictos de la zona de influencia	Reducción de incidencias de conflictos	Encuestas realizadas y observaciones directas e indirectas	Número de incidentes identificados

d) Comunicación, Educación y Participación Ambiental

Objetivo: Planificar, implementar y dar seguimiento a las acciones de educación, sensibilización y comunicación ambiental, dentro del marco del diseño de planes específicos, con el objetivo de fomentar la participación de las comunidades en la gestión de Cerro El Muerto y contribuir a los objetivos de conservación, para disminuir amenazas y promover la resolución de conflictos.

Acciones: planificación de estrategias de comunicación, plan de educación ambiental, diseño y elaboración de material didáctico y de difusión, fortalecimiento de participación y gobernanza ambiental.

Tabla 8 Programa de Comunicación, Educación y Participación Ambiental

Programa de Comunicación, Educación y Participación Ambiental				
Amenaza	Macroactividad	Resultado esperado	Fuentes de verificación	Indicadores
Desconocimiento	Planificación y ejecución de actividades informativas	Aumento del conocimiento en la población sobre la importancia de Cerro El Muerto	Informes de monitoreo e identificación de zonas afectadas por tala selectiva	Número de capacitaciones, ferias, exposiciones, Volanteos y perifoneos informativos
Falta de educación*	Planificar e incorporar a las unidades educativas de la parroquia actividades sobre el cuidado ambiental	Plan de educación ambiental para la protección de Cerro El Muerto en la parroquia de El Morro	Informes de cumplimiento al plan educativo	Porcentaje de cumplimiento semestral del plan de educación ambiental

Falta de herramientas de comunicación	Diseño y elaboración de material físico y digital	Material de comunicación físico y digital	Informe de stock de material físico de difusión, y de pauta de material digital de comunicación	Número de difusiones digitales realizadas y material comunicacional físico utilizado
Falta de gobernanza	Vinculación con actores locales	Integrar a los actores locales en tomas de decisiones, seguimiento y evaluación de Cerro El Muerto	Informes de seguimiento de las actividades realizadas con actores locales	Actas de reuniones, sesiones, comunicaciones, y número de actividades realizadas en territorio

* Los planes de educación ambiental establecidos deberán ajustarse a la Estrategia Nacional de Educación Ambiental establecida por el Ministerio de Ambiente, Agua y transición Ecológica.

e) Administración y Planificación.

Objetivo: Planificar la gestión de Cerro El Muerto mediante el monitoreo y seguimiento de actividades, así como la elaboración de reportes e informes sobre las distintas actividades que se desarrollen en el área, además del lineamiento de procesos administrativos y financieros esenciales para su adecuada administración.

Acciones: Gestión financiera, mantenimiento de Cerro El Muerto, comunicación, coordinación con actores clave, planificación operativa anual, proyectos, establecimiento de convenios, reuniones, seguimiento, evaluación y reporte de las acciones administrativas.

Tabla 9 Programa de Administración y Planificación

Programa de Administración y Planificación				
Amenaza	Macroactividad	Resultado esperado	Fuentes de verificación	Indicadores
Falta de un estatus de protección	Realizar las gestiones administrativas necesarias para la declaratoria de Cerro El Muerto como un Área de Conservación y Uso Sustentable (ACUS)	Declaratoria de Área de Conservación y Uso Sustentable	Resolución de declaratoria	Informes de pertinencia y registro de resolución declaratoria
Falta de financiamiento	Diseñar y establecer alianzas y estrategias público-privadas interinstitucionales para el financiamiento de la gestión de Cerro El Muerto	Gestionar asistencia y financiamiento del gobierno provincial y central, y gestionar la incorporación de instituciones privadas en los esfuerzos de protección	Firma de proyectos, convenios y acuerdos interinstitucionales	Informes de planificación financiera, y número de proyectos, convenios y acuerdos firmados
Falta de lineamientos	Elaborar un Plan Operativo Anual (POA) con los lineamientos internos para cumplir con los objetivos operativos mediante la ejecución de	Establecimiento de un Plan operativo Anual para la gestión de Cerro El Muerto	Emisión de un Plan Operativo Anual (POA)	Informes de reuniones, planificación y coordinación interna

	actividades como coordinación, comunicación y ejecución de actividades			
Deterioro de infraestructura	Planificación y ejecución de mantenimiento de señalética, senderos y líneas cortafuegos	Mantenimiento oportuno de la infraestructura establecida en Cerro El Muerto	Informes del estado de infraestructura y ejecución de mantenimientos	Número de mantenimientos realizados, número de seguimientos y fiscalización de mantenimientos

Adicional al desarrollo de un plan de manejo con los programas antes expuestos, se establece como necesario:

1. Fortalecer la acción de la autoridad ambiental nacional, provincial, cantonal y local a través del desarrollo de capacidades institucionales y organizativas para la administración de Cerro El Muerto
2. Elaborar y ejecutar un modelo de gestión participativo de Cerro El Muerto y su zona de influencia, la cual permita una participación activa y responsable de los actores locales en las decisiones de manejo, planificación seguimiento y evaluación de las acciones realizadas.
3. Promover y garantizar la protección del ecosistema, con un enfoque de mejora en la calidad de vida de los pobladores de la parroquia de El Morro.

DISCUSIÓN

Los valores obtenidos como producto del cálculo del índice de vegetación NGRDI oscilaron entre los -0.20 y 0.52, lo cual es explicado por Hunt et al. (2005) quien señala que, si bien existen diferencias resultantes del cálculo de NGRDI entre las bandas roja y verde para la vegetación y el suelo, estas diferencias no son tan distantes entre sí comparado con otro tipo de análisis que usan bandas del espectro infrarrojo.

Los resultados observados en el presente estudio, obtenidos del análisis de información de vegetación durante los primeros meses de época seca del 2023 en Cerro El Muerto, reflejan valores de NGRDI que podrían no coincidir con estudios que se realicen durante los últimos meses de sequía en la misma área, debido a la característica caducifolia de la vegetación y de cómo los pigmentos en las hojas interactúan con las longitudes de onda del espectro visible RGB, sin embargo un análisis cronológico podría ayudar identificar zonas, patrones y temporadas de mayor estrés hídrico mediante el empleo de éste índice.

La estratificación horizontal de la cobertura vegetal en los bosques secos de la costa continental ecuatoriana está influenciada por la interacción de factores ambientales, biológicos y humanos, por lo cual comprender en detalle estos patrones espaciales y su variabilidad a lo largo del tiempo es crucial para entender la ecología de estos ecosistemas en peligro y para desarrollar estrategias efectivas de conservación y restauración.

La precisión de los resultados obtenidos en el presente estudio tiene sus limitantes en el tipo de información analizada, producto del uso de una cámara RGB para la captura de información en lugar de una cámara con capacidades multiespectrales, sin embargo, demuestra que se puede realizar estudios de vegetación utilizando la información disponible mediante el análisis del espectro visible a pesar de no disponer de equipos de teledetección digital de mayor tecnología.

Los análisis realizados han generado información relevante sobre la estratificación horizontal de la vegetación, sin embargo, aún hay importantes lagunas de información, especialmente en lo que respecta a cómo estos patrones responden a los cambios climáticos y a sus interacciones con otros elementos del ecosistema.

CONCLUSIONES

Mediante el empleo de sistemas de información geográfica para el cálculo de NGRDI se pudo establecer la distribución de la densidad de cobertura vegetal, la cual estuvo influenciada por la estacionalidad y por la característica caducifolia propia de la vegetación de bosque seco presente en Cerro El Muerto, que conforme a lo observado en sitio, se identificó que la sequía afectó fuertemente al estrato herbáceo, por lo cual gran parte de esta vegetación fue clasificada dentro de los rangos establecidos para ausencia de vegetación por corresponder a vegetación seca, además, se pudo observar durante el análisis que el NGRDI en ciertos casos en los que se proyectan sombras sobre la vegetación, mayoritariamente herbácea, puede llegar a clasificar erróneamente estas zonas como cobertura nula, debido al valor dado como resultado del cálculo del índice de vegetación, por lo cual la cobertura de vegetación “escasa” caracterizada mayormente por plantas herbáceas podría ser mayor al resultado obtenido en el presente estudio para la época lluviosa.

Se puede concluir de forma cualitativa, a partir de las curvas de nivel, que las zonas con menor vegetación se encuentran en las áreas de mayor altura donde predomina el sustrato rocoso, y en partes de los accesos en las áreas de menor altura del cerro, así como en los transectos que recorren el interior y la periferia del área. También se incorporó al tratamiento de la información geográfica el modelamiento tridimensional de Cerro El Muerto, lo cual demuestra que las capacidades computacionales actuales permiten estudiar las áreas naturales desde una perspectiva de ecología de paisaje para integrar una mayor comprensión entre los aspectos espaciales de un paisaje y los procesos ecológicos que ocurren en su interior, permitiendo además identificar cambios en la estructura forestal.

Y, por último, se diseñó una propuesta de manejo para Cerro El Muerto, el cual incorpora programas de manejo para la administración, control de recursos, restauración, turismo y educación ambiental conforme a lo estipulado por la Autoridad Ambiental Nacional.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar análisis periódicos de índices de vegetación mediante sobrevuelos en el área estudiada al término de la época seca, para evaluar el comportamiento del índice de vegetación en la cobertura vegetal conforme incrementa el estrés hídrico, que es un factor característico de bosques tropicales secos.

Se recomienda realizar sobrevuelos en época seca y lluviosa en el sitio, con el empleo de sensores multiespectrales con capacidades como LiDAR (siglas de Light Detection and Ranging) o sensores RedEdge-P (Borde rojo panorámico) para evaluar la correlación de los índices que usan las bandas del espectro visible como el NGRDI, con aquellos que utilizan bandas infrarrojas para el estudio de vegetación decidua.

Para establecer estrategias efectivas de conservación, se recomienda previo al establecimiento de un plan de manejo, incluir a la comunidad de la zona de influencia de Cerro El Muerto para que forme parte de la elaboración de los programas a ser empleados, y para la adquisición de compromisos individuales y comunitarios para la conservación del área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO - Finlandia. Quito, Ecuador. 140 p.
- Aguirre, Z., & Kvist, L. (2009). Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, provincia de Loja, municipios de Macara y Zapotillo. *Arnaldoa*, 16(2), 87-99.
- Aguirre, Z., Betancourt, Y., & Geada, G., & Jasen, H., (2013). Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *Avances*, 15(2), 144-155.
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 162-187.
- Aguirre, Z., Linares-Palomino, R., & Kvist, L. P., (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*, 24(1), 343-366.
- Aguirre-Mendoza, Z. & Geada-López, G. (2015). Regeneración natural del bosque seco de la provincia de Loja y utilidad para el manejo local. *Revista Forestal Baracoa*, 34(1), 79-86.
- Ahamed, T., Tian, L., Zhang, Y., & Ting, K. C. (2011). A review of remote sensing methods for biomass feedstock production. *Biomass and bioenergy*, 35(7), 2455-2469.
- Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO - Finlandia. Quito, Ecuador. 140 p
- Asner, G. P., Martin, R. E., Anderson, C. B., & Knapp, D. E. (2015). Quantifying forest canopy traits: Imaging spectroscopy versus field survey. *Remote Sensing of Environment*, 158, 15-27.
- Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant sociology: The study of plant communities*. McGraw-Hill, New York. 25-47
- Carvajal R., Guillén W., Zambrano G., Camba M., Benavides V., Viteri F., Avellán A., Tanner D., & Socola J. (2012). *Levantamiento preliminar de línea base biótica y cartográfica del Cerro El Muerto y la ciénaga Los Tamarindos, Parroquia El Morro, cantón Guayaquil, 1era salida octubre 2010 y 2da salida mayo 2012*. Informe Técnico consolidado. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. Dirección de Medio Ambiente y Agua, Jefatura de control de Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas y Jefatura de Control de Cuencas Hidrográficas. 56 pp.

- Carvajal R., Salas J., Viteri F., Bohórquez C., Zambrano G. & Zambrano M. (2010) *Levantamiento preliminar de línea base biótica y cartográfica del Cerro El Muerto y la ciénaga Los Tamarindos, Parroquia El Morro, cantón Guayaquil*. Informe Técnico. Gobierno Provincial del Guayas. Dirección Coordinadora de Medio Ambiente y Agua, Jefatura de Biodiversidad y Áreas Protegidas. 29 pp.
- Cavender-Bares, J., Gamon, J.A., Hobbie, S.E., Madritch, M.D., Meireles, J.E., Schweiger, A.K., y Townsend, P.A. (2017). Harnessing plant spectra to integrate the biodiversity sciences across biological and spatial scales. *American Journal of Botany*, 104(7), 966-969.
- Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M., López, B. C., Danielsen, F., K., Legind J., K., Masinde S., Miller-Rushing A., J., Newman G., Rosemartin A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological conservation*, 213, 280-294.
- Dansereau, P. (1951). *Description and recording of vegetation upon a structural basis*. *Ecology*, 32(2), 172-229.
- Del Ecuador, A. C. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. *Registro oficial Nro*, 449, 79-93.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 12(1).
- Espinosa, C. I., Cabrera, O., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2011). What factors affect diversity and species composition of endangered Tumbesian dry forests in Southern Ecuador?. *Biotropica*, 43(1), 15-22.
- Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Jara-Guerrero, A., Gusmán, E., & Escudero, A. (2016). The effects of individual tree species on species diversity in a tropical dry forest change throughout ontogeny. *Ecography*, 39(3), 329-337.
- Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, 21(1-2), 167-179.
- Espinosa, C. I., Luzuriaga, A. L., de la Cruz, M., & Escudero, A. (2014). Climate and grazing control nurse effects in an Ecuadorian dry shrubby community. *Journal of Tropical Ecology*, 30(1), 23-32.
- Faridhouseini, A., Mianabadi, A., Bannayan, M., & Alizadeh, A. (2011). Lidar remote sensing for forestry and terrestrial applications. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 6(1), 99-114.
- Forkel, M., Migliavacca, M., Thonicke, K., Reichstein, M., Schaphoff, S., Weber, U., y Carvalhais, N. (2015). Codominant water control on global interannual variability and trends in land surface phenology and greenness. *Global Change Biology*, 21(9), 3414-3435.

- Franklin, J. (2013). Mapping vegetation from landscape to regional scales. *Vegetation ecology*, 486-508.
- Freile, J.F., Santander, T., Jiménez-Uzcátegui, G., Carrasco, L., Cisneros-Heredia, D. F., Guevara, E.A., & Tinoco, B.A. (2020). *Lista roja de las aves del Ecuador continental*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos, Aves y Conservación/BirdLife en Ecuador, Universidad San Francisco de Quito.
- GBIF. (junio de 2025). *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org/>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., y Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Griwodz, C., Gasparini, S., Calvet, L., Gurdjos, P., Castan, F., Maujean, B., De Lillo, G., & Lanthony, Y. (2021). AliceVision Meshroom: An open-source 3D reconstruction pipeline. In *Proceedings of the 12th ACM multimedia systems conference* (pp. 241-247).
- Holmgren, M., Stapp, P., Dickman, C. R., Gracia, C., Graham, S., Gutiérrez, J. R., ... & Squeo, F. A. (2006). Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 87-95.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213.
- Hunt, E. R., Cavigelli, M., Daughtry, C. S., McMurtrey, J. E., & Walthall, C. L. (2005). Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture*, 6, 359-378.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (06 de junio de 2024). *Censo de población y vivienda 2022*. INEC. Recuperado el 06 de junio de 2024 de <https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/>
- Jara-Guerrero, A., De la Cruz, M., Espinosa, C. I., Méndez, M., & Escudero, A. (2015). Does spatial heterogeneity blur the signature of dispersal syndromes on spatial patterns of woody species? A test in a tropical dry forest. *Oikos*, 124(10), 1360-1366.
- Jetz, W., Cavender-Bares, J., Pavlick, R., Schimel, D., Davis, F. W., Asner, G. P., Guralnick, R., Kattge, J., Latimer, A. M., Moorcroft, P., Schaepman, M. E., Schildhauer, M. P., Schneider, F. D., Schrod, F., Stahl, U. & Ustin, S. L. (2016). Monitoring plant functional diversity from space. *Nature plants*, 2(3), 1-5.
- Jørgensen, P. M., & León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. St. Louis, Mo: Missouri Botanical Garden Press. 75. 1-1182
- Kanninen, M. (2003). *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global*. FAO. Recuperado el 12 de mayo de 2024. <https://www.fao.org/4/y4435s/y4435s09.htm>

- Korhonen, L., Korpela, I., Heiskanen, J., & Maltamo, M. (2011). Airborne discrete-return LIDAR data in the estimation of vertical canopy cover, angular canopy closure and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 115(4), 1065-1080.
- Linares-Palomino, R., Kvist, L.P., Aguirre-Mendoza, Z., & Gonzales-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19(1), 169-185.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Fragmentación de los ecosistemas del ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). Acuerdo Ministerial No.83: Procedimientos para la declaración y gestión de áreas protegidas. Subsecretaría de Patrimonio Natural. *Registro oficial suplemento No 829*. 30 de agosto de 2016. Quito – Ecuador.
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2017). Código Orgánico del Ambiente. *Registro oficial suplemento No 983*. 13 de abril de 2017. Quito – Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (06 de mayo de 2025). *Mapa Interactivo*. Recuperado el 06 de mayo de 2025 de <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2023). *Lineamientos para la elaboración de planes de manejo de las áreas protegidas del Ecuador*. Dirección de Áreas Protegidas y Otras Formas de Conservación. Quito – Ecuador.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J., & Da Fonseca, G. A. B. (2005). *Hotspot revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation International.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, New York. 45-66
- Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, (2024). *Informe técnico DAPAV-RN-2024-VAR019: Atención a solicitud de documentación e información generada del sitio conocido como "Cerro El Muerto" ubicado en la parroquia rural de El Morro del cantón Guayaquil*. Dirección de Ambiente y Preservación de Áreas Verdes. Jefatura de Recursos Naturales y Biodiversidad. 18 de abril de 2024.
- Nicolson, M. (1987). Alexander von Humboldt, Humboldtian science and the origins of the study of vegetation. *History of Science*, 25(2), 167-194.
- Org, Q. G. I. S. (2024). *QGIS Geographic Information System*; QGIS Association.
- Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144-155.

- Portillo-Quintero, C., Sanchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Quesada, M., & do Espirito Santo, M. M. (2015). The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*, 15, 1039-1049.
- Rodriguez-Galiano, V. F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., & Rigol-Sanchez, J. P. (2012). An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 67, 93-104.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Scheel, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, vol. 1, pp. 48–62.
- Running, S. W., Nemani, R. R., Heinsch, F. A., Zhao, M., Reeves, M., & Hashimoto, H. (2004). A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *Bioscience*, 54(6), 547-560.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Rodríguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A., Garvin, E., Zent, E. L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacska, M., Fajardo, L., Gamon, J. A., & Cuevas-Reyes, P. (2005). Research priorities for Neotropical dry forests. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, 37(4), 477-485.
- Sobral, M., & Magrach, A. (2019). Restaurando la funcionalidad de los ecosistemas: la importancia de las interacciones entre especies. *Ecosistemas*, 28(2), 4-10.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & De La Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. *PloS one*, 10(9), e0133701.
- Townsend, P.A., Foster, J.R., Chastain, R.A., & Currie, W.S. (2003). Application of imaging spectroscopy to mapping canopy nitrogen in the forests of the central Appalachian Mountains using Hyperion and AVIRIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(6), 1347.
- Tucker, C. J., Townshend, J. R., & Goff, T. E. (1985). African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227(4685), 369-375.
- Vicente-Serrano, S. M., Camarero, J. J., Olano, J. M., Martín-Hernández, N., Peña-Gallardo, M., Tomás-Burguera, M., ... & El Kenawy, A. (2016). Diverse relationships between forest growth and the Normalized Difference Vegetation Index at a global scale. *Remote Sensing of Environment*, 187, 14-29.
- Wingtra A. G., (2023). *WingtraOne GEN II Technical Specifications*. Wingtra AG: Zurich, Switzerland. <https://wingtra.com/wp-content/uploads/Wingtra-Technical-Specifications.pdf>
- Xie, Y., Sha, Z., & Yu, M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of plant ecology*, 1(1), 9-23.

- Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B., Strahler, A.H., Hodges, J.C., Gao, F., y Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 84(3), 471-475.
- Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R. B., Huang, M., Zeng, Z., Canadell, J. G., ... & Zeng, N. (2016). Greening of the Earth and its drivers. *Nature climate change*, 6(8), 791-795.
- Zolkos, S. G., Goetz, S. J., & Dubayah, R. (2013). A meta-analysis of terrestrial aboveground biomass estimation using lidar remote sensing. *Remote sensing of environment*, 128, 289-298.

ANEXOS

Tabla 10 Descripción técnica del material fotográfico utilizado

Descripción técnica del material fotográfico utilizado	
Nombre del plan de vuelo	CERRO_MUERTO_2023
Fecha	Julio 03 de 2023
Hora	11:34 UTM-5
Número de vuelos	1
Cámara	Sony RX1RM2
Distancia focal	35 mm
Cardán	-90 grados
Tipo de film	Color
Método de captura	Global Shutter
Altura de vuelo	150 ms.n.m.
Distancia de Muestreo del Terreno (GSD)	2.0 cm/px
Dirección línea de vuelo	NE => SO
Traslapo frontal (overlap)	70%
Traslapo lateral (overlap)	70%
Número de fotos	636



Figura 18 Punto de acceso a Cerro El Muerto



Figura 19 Registro de especie identificada



Figura 20 Medición de flor para posterior identificación



Figura 21 Medición de fuste para posterior identificación



Figura 22 Medición de altura para posterior identificación



Figura 23 Acacia macracantha

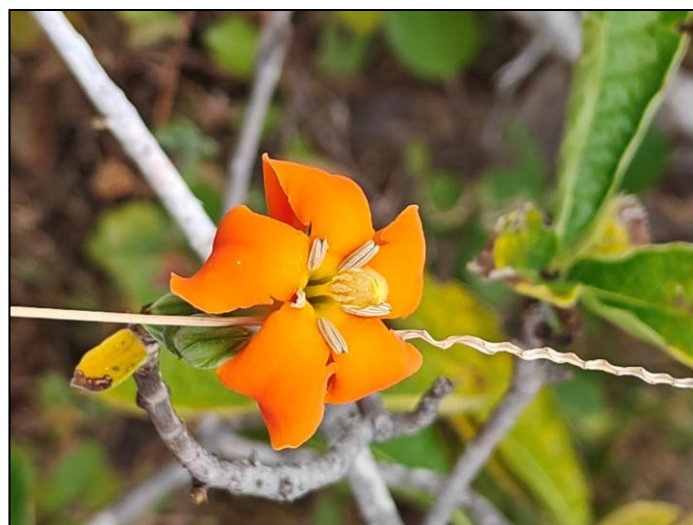


Figura 24 Sphinctanthus aurantiacus



Figura 25 Ipomoea asarifolia



Figura 26 Psittacanthus chanduyensis



Figura 27 Evolvulus alsinoides



Figura 28 Waltheria ovata



Figura 29 Cordia lutea



Figura 30 Prestonia mollis



Figura 31 Prosopis juliflora



Figura 32 Mesosphaerum suaveolens



Figura 33 Passiflora vesicaria



Figura 34 Alternanthera halimifolia



Figura 35 Ruellia floribunda



Figura 36 Cenchrus Ciliaris



Figura 37 Tephrosia cinerea



Figura 38 Armatocereus cartwrightianus



Figura 39 Caesalpinia glabrata



Figura 40 Sitio de peregrinación



Figura 41 Contaminación visual



Figura 42 Contaminación visual



Figura 43 Contaminación visual



Figura 44 Restos de fogata



Figura 45 Basura al interior de Cerro El Muerto



Figura 46 Ganado caprino al interior de Cerro El Muerto



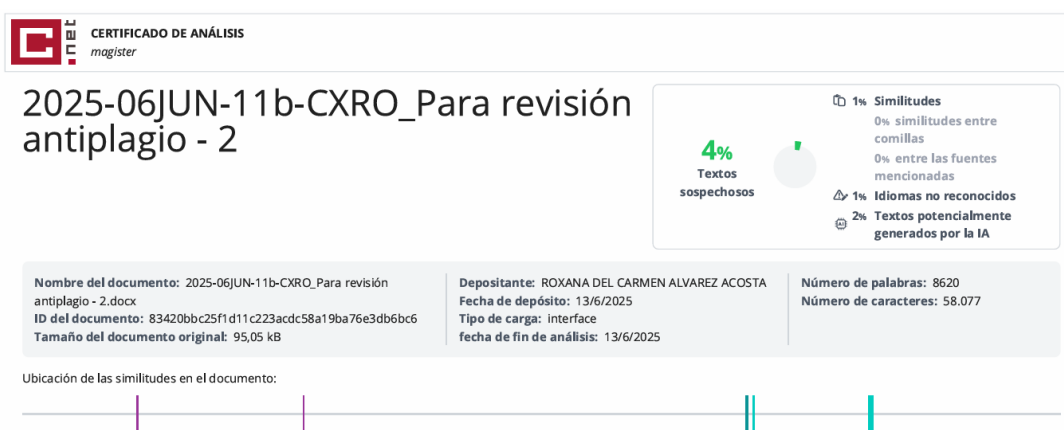
Figura 47 Vía perimetral que bordea el cerro



Figura 48 Silueta característica de Cerro El Muerto

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado CARACTERIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN DEL CERRO EL MUERTO, UBICADO EN LA PARROQUIA EL MORRO DEL CANTÓN GUAYAQUIL, ECUADOR presentado por el estudiante, Cesar Xavier Reyes Ojedis fue enviado al Sistema Anti-plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 4%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



TUTOR

Blgo. Fabián Viteri Herrera, MSc.