

Cobertura y usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - Ciidea Espam Mfl

Land-cover and Land-use at the Integral Sustainable Space: Bosque Politécnico - Ciidea Espam Mfl

Francisco Javier Velásquez Intriago¹, Carlos Andree Villafuerte Vélez¹, Carlos Ricardo Delgado Villafuerte¹, Leonardo Sebastián Bazurto Meza.

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.

Recibido 10 febrero 2025, recibido en forma revisada 10 abril 2025, aceptado 10 de mayo 2025, en línea 2 de junio 2025.

Resumen

Este estudio consistió en la determinación de la cobertura y usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL. Por medio de tecnología dron DJI Phantom 4 Pro apoyado con sistemas de información geográfica se obtuvo una ortofoto del área de estudio y mediante clasificación supervisada basada en análisis de píxeles mediante el software QGis 3.28.5 se determinó la cobertura y usos del suelo. Se identificaron varios niveles principales como áreas significativas destinadas a la conservación y protección (54,1%), pecuario (25,7%), forestal (8,6%), agrícola (8,4%) y otros usos (3,2%). Entre los subniveles: la cobertura bosque, pastos y plantación forestal, destacaron como las áreas de mayor extensión con un 47,7%, 25,7% y 8,6% respectivamente. Los resultados obtenidos evidencian la complejidad del paisaje en el área de estudio y pone énfasis en el diagnóstico de la cobertura y usos del suelo como parte importante de la gestión sostenible del recurso suelo.

Palabras claves: Cobertura y usos del suelo, sistemas de información geográfica, gestión sostenible.

Abstract

This study focused on determining the land-cover and land-use at the Integral Sustainable Space: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL. Using DJI Phantom 4 Pro drone technology supported by geographic information systems, an orthophoto of the study area was obtained. Land-cover and land-use were determined through supervised classification based on pixel analysis using QGis 3.28.5 software. Several major levels were identified, including significant areas for conservation and protection (54.1%), livestock (25.7%), forestry (8.6%), agriculture (8.4%), and other uses (3.2%). Among the sub-levels, forest cover, pastures, and forest plantations stood out as the largest areas, covering 47.7%, 25.7%, and 8.6%, respectively. The results obtained highlight the complexity of the landscape in the study area and emphasize the importance of diagnosing land-cover and land-use as a key component of sustainable soil resource management.

Keywords: Land-cover and land-use, geographic information systems, sustainable management.

Introducción

La cobertura del suelo incluye todas las formas biológicas o físicas que se encuentran sobre la superficie terrestre, mientras que el uso del suelo se refiere a las actividades humanas realizadas en esa superficie con el fin de obtener algún beneficio o producto (Ramos et al. 2016). Además, para lograr el uso y manejo sustentable del suelo en un área determinada, es importante comprender sus interacciones y los factores biofísicos fundamentales como: textura, fertilidad, densidad, etc. Pero también es necesario conocer la cobertura vegetal (Camacho et al. 2017). Los usos de suelo influyen directamente

en la biodiversidad, procesos físicos, climáticos y biológicos (Laban et al. 2018; Organización de las Naciones Unidas 2017). Por ejemplo, la cobertura bosque es capaz de prestar servicios ecosistémicos como: suministro de agua, almacenamiento de carbono, producción de madera y el control de la erosión del suelo (Griscom et al. 2017; Hua et al. 2016; Romijn et al. 2019; Besseau et al. 2018).

Por lo que, si se analiza desde este enfoque, se considera al suelo como un bien natural cuyo valor económico y ambiental está definitivo por ser un recurso y por el entorno: desarrollo demográfico, usos actuales del suelo, capacidad, ubicación geográfica,

* Correspondencia del autor:

E-mail: francisco.velasquezin@espm.edu.ec

 Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

estructura geológica y condiciones climáticas (Belduma et al. 2020).

El diagnóstico de la cobertura y usos del suelo a través de los sistemas de información geográfica son importantes para la toma de decisiones. La construcción cartográfica de usos del suelo se ha sofisticado en las últimas décadas y actualmente el uso de imágenes aéreas de alta resolución y tratadas con herramientas SIG, es uno de los métodos más eficientes para los análisis cuantitativos (Membrado e Hinojosa 2018). Por otro lado, el mapeo de coberturas y usos del suelo mediante vehículos no tripulados (drones) se utilizan ampliamente para recopilar datos de imágenes en áreas remotas o inaccesibles (Kalantar et al. 2019). Además, la facilidad de uso y la asequibilidad, convierte este método muy rentable, escalable y no requiere mucho tiempo en la obtención de información, esto permite agilizar los procesos de mapeo, obteniendo datos de excelente calidad (Al-Najjar et al. 2019).

El uso de imágenes de alta calidad de la superficie terrestre permite evaluar las coberturas y usos del suelo y sientan las bases para realizar análisis precisos de los cambios en una determinada área. Por lo que el uso de estas herramientas, permiten abordar desafíos ambientales eficientemente y promueven el desarrollo de prácticas sostenibles en armonía con la complejidad de los sistemas terrestres.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Bosque Politécnico y CIIDEA (Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) de la ESPAM MFL, localizado en el sitio El Limón del cantón Bolívar, provincia de Manabí-Ecuador. El Bosque Politécnico cuenta con una extensión de 9,18 ha; mientras que CIIDEA posee una superficie de 125,06 ha, dividida en varias fracciones de terreno denominadas: Lote I (58,64 ha), Lote II (49,79 ha), Lote III (8,21 ha), Lote IV (6,16 ha) y Lote V (2,26 ha); para un total general de 134,24 ha (figura 1).

Mapeo de la cobertura y uso del suelo

El proceso de fotografiado aéreo se realizó a través de dron DJI Phantom 4 Pro, con una altitud media de vuelo de 225 m. Las imágenes obtenidas tienen una resolución en terreno de 5,48 cm/pix y la ruta de vuelo fue planificada mediante la aplicación DroneDeploy mobile app. Antes del vuelo fotogramétrico, se ubicaron puntos de control terrestre del área en estudio mediante el sistema RTK T10 Pro. Utilizando el software Agisoft Metashape 2.0.4, se procesaron las fotos tomadas por el dron, que se etiquetaron geográficamente, creando mosaicos con los puntos de control terrestre y posteriormente exportadas en formato tiff en el sistema de referencia EPSG:32617 WGS 1984/UTM, zona 17M, para la obtención final de la ortofoto del área de estudio.

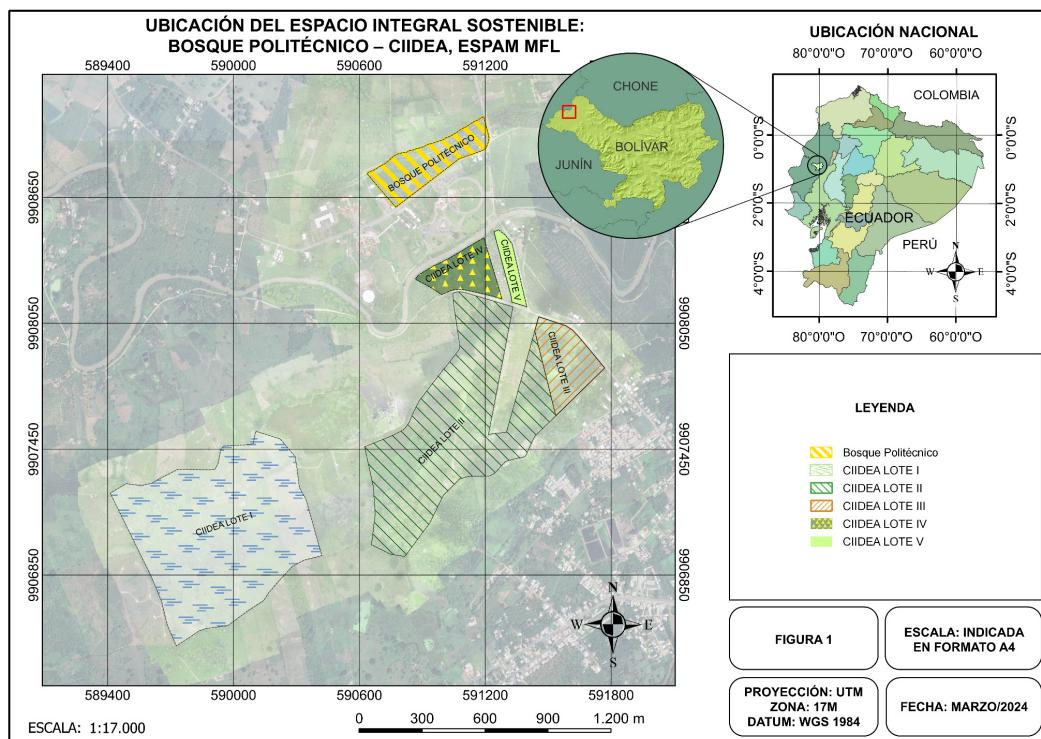


Figura 1. Mapa de ubicación del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico y CIIDEA, ESPAM MFL

Tabla 1. Cobertura y usos del suelo en el área en estudio

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Área: (ha) hectáreas	%
Agrícola	Cultivo	Maíz	6,74	5
		Piña	0,22	0,2
		Pitahaya	0,28	0,2
		Plátano	1,28	1,0
	Mosaico agropecuario	Cacao y plátano	1,05	0,8
		Cítricos y plátano	1,27	0,9
		Papaya y plátano	0,20	0,1
		Cítricos, cacao, café	0,28	0,2
	Cuerpo de agua artificial	Canal de riego	0,82	0,6
		Reservorio	0,16	0,1
		Infraestructura	0,25	0,2
	suelo desnudo	Suelo desnudo	3,13	2,3
Pecuario	Vegetación herbácea	Pastos	34,44	25,7
Conservación y/o Protección	Bosque nativo	Bosque nativo	64,14	47,7
Conservación y/o Protección Forestal	Bosque nativo Laberinto	Remanente	1,03	0,8
	Vegetación arbustiva	Laberinto de hibisco	0,12	0,1
	Vegetación Herbácea	Matorral	7,31	5,5
	Plantación forestal	Sábila, hierba luisa, eucalipto	0,03	0,0
		Algarrobo, pachaco, guachapelí	0,97	0,7
Forestal	Plantación forestal	Caña guadua	0,43	0,3
		Caoba	0,66	0,5
		Pechiche	2,65	2,0
		Bosque cultivado	4,91	3,7
		Teca	1,86	1,4
		Total	134,24	100%

Clasificación supervisada de imágenes

La clasificación supervisada se realizó basada en píxeles en el software QGis 3.28.5 mediante puntos de control de regiones de interés (ROI), identificación y delimitación de las coberturas de área en estudio que previamente fueron mapeadas in situ para una mejor precisión de la clasificación. Estas muestras extraídas de las imágenes sirvieron para obtener las firmas espectrales de cada una de las coberturas, parte fundamental en el entrenamiento del proceso de clasificación supervisada (Tempa y Aryal, 2022).

Una vez realizado el proceso de entrenamiento se realizó la clasificación mediante el algoritmo random forest, se obtuvo un archivo ráster (tiff), con cada una de las clases identificadas en el área de estudio. Una vez realizada la clasificación se procedió a validar los resultados obtenidos, esto permitió medir la precisión de la clasificación donde se realizaron los ajustes necesarios para eliminar las clasificaciones erróneas.

Después de validar la clasificación, el archivo fue convertido a vector (Shp). Para la elaboración de mapa de coberturas y uso del suelo (Akumu et al., 2021).

Elaboración de mapas de usos del suelo

Se elaboró un mapa detallado que representa la cobertura y uso actual del suelo, para identificar las características y utilidades predominantes en el área de estudio. Este análisis permitió comprender el nivel de aprovechamiento del suelo, teniendo como referencia los sistemas de producción agrícola, forestal, infraestructura, así como áreas de conservación.

El proceso de análisis de los usos y coberturas del suelo se realizó mediante capas vectoriales (shapefile), imágenes aéreas, bases de datos geográficos mediante software especializado en sistemas de información

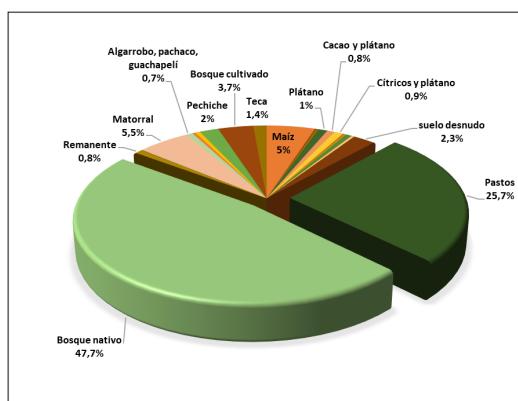


Figura 2. Distribución porcentual de áreas representativas del sitio en estudio.

geográfica ArcGIS 10.8. donde se creó una base topográfica con imágenes aéreas obtenidas con el dron y datos in situ.

Resultados

En los resultados de la clasificación de los usos del suelo en el área de estudio, se identificaron seis categorías como se muestra en la tabla 1, entre ellas la que mayor cobertura ocupa es el uso, Conservación y/o Protección Forestal, con un total de 72,73 ha, ocupando el 54,1% de la cobertura total, superando en nivel de porcentaje las áreas de conservación de todo el territorio nacional ecuatoriano (20,6%) respecto a los datos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador en 2023. Estas áreas son importantes en la conservación de la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios del ecosistema. De acuerdo a Abukari y Mwalyosi (2020) las áreas de conservación aportan a la sostenibilidad del planeta y el bienestar social. No obstante, enfrentan desafíos como el cambio climático, contaminación, deforestación, caza ilegal, etc. (Mengist, 2020). En este sentido, para proteger estas áreas eficientemente se requiere el fortalecimiento en la gestión, la promoción de la educación ambiental e investigaciones científicas (Uralovich et al. 2023).

En cuanto al uso pecuario este cuenta con un área de 34,44 ha, principalmente cubierto por pastizales, esta extensión es considerablemente alta y puede ser destinada para actividades pastoriles y relacionadas. Cabe señalar que esta cobertura ocupa un 25,7% del área total, resaltando la necesidad de planificación y adaptación para mantener de manera eficaz la actividad ganadera. Además, el enfoque es muy importante porque permite el aprovechamiento de los recursos disponibles mientras se promueve un manejo responsable y productivo.

Müller et al. (2019) describen que la capacidad de esta cobertura para actividades pastoriles, debido

a su extensión, sugiere un potencial productivo y sostenible en el uso de la tierra, además el aprovechamiento de manera integral del área puede maximizar su utilidad para fomentar la diversificación de actividades agropecuarias sostenibles y amigables con el medio ambiente. No obstante, Lovarelli et al. (2020) alegan que, si la ganadería no se gestiona de manera eficiente, provoca impactos negativos en el medio ambiente. Cammarata et al. (2021) también mencionan que la sobreexplotación de los pastizales conduce a la degradación y erosión del suelo, afectando negativamente la capacidad productiva del suelo y la calidad del recurso agua.

La cobertura forestal representa el 8,6% de área de estudio con 11,48 ha, este porcentaje tiene similitud al 10% identificado por Morocho et al. (2022) para la región costa. Mientras que la cobertura agrícola representa un 8,4% con 11,32 ha, esta cifra es un poco baja en relación con el 30% identificado para la provincia de Manabí por Pinargote et al. (2019); Márquez y Cuichán (2021). Esto plantea interrogantes sobre los cambios del uso del suelo, por lo que es importante considerar la variabilidad regional y temporal sobre interpretaciones en la dinámica del uso del suelo y cómo influye en la planificación y gestión ambiental.

Pinargote et al. (2019) describen que es crucial reconocer la relación que tienen los diferentes usos y considerar su contribución al paisaje y al sustento de las comunidades locales; que a pesar de ocupar áreas pequeñas, los usos forestales, agrícolas en la provincia de Manabí son de vital importancia en aspectos socioeconómicos y ecológicos, debido a que las actividades agrícolas que proveen recursos para mantener la seguridad alimentaria y sustento económico, mientras que los bosques brindan servicios ambientales importantes.

Como se observa en la figura 2 el uso del suelo del área en estudio se distribuye en varias categorías que representan diferentes tipos de coberturas descritas a continuación:

Bosque nativo: Ocupa una extensión de 64,14 ha, el área está compuesta de vegetación no alterada y brinda hábitat para una diversidad de especies, y contribuye a varios aspectos ambientales como la regulación del clima y la conservación del suelo.

Remanente: Fragmentos de bosques en el área de estudio que tienen una extensión de 1,03 ha.

Mosaico agropecuario: En los mosaicos agropecuarios se identificó cultivos de:

Cacao y plátano: Cultivo con 1,05 ha.

Cítricos y plátano: Ocupa una extensión de 1,27 ha.

Papaya y plátano: Cubre un área de 0,20 ha.

Cítricos, cacao, café: Cultivos con una extensión de 0,28 ha.

Cuerpo de agua artificial: Se identificó canales de riego con una extensión de 0,82 ha y un reservorio

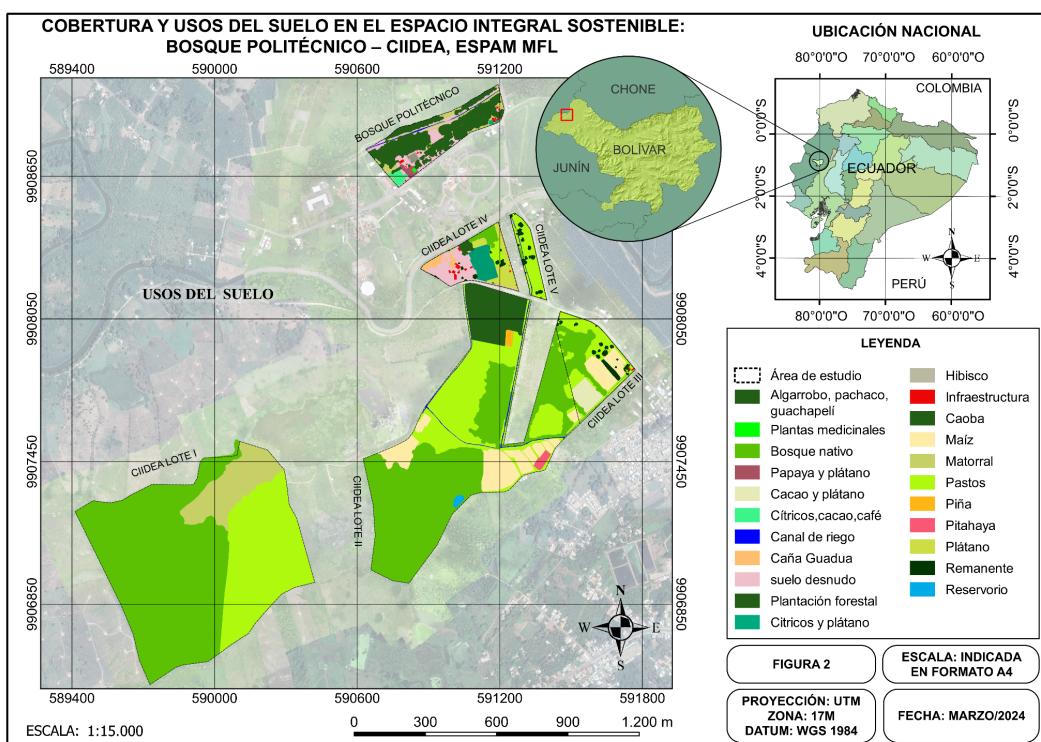


Figura 3. Mapa de cobertura y usos del suelo del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL

con un área de 0,16 ha utilizado para la distribución de agua por tuberías para riego con fines agrícolas.

Plantación forestal: Se identificó 11,48 ha de plantación forestal compuesta de: algarrobo, pachaco, guachapelí, caña guadua, caoba, teca, pechiche, estas áreas están destinadas con propósitos comerciales y conservación.

Infraestructura: Comprende edificaciones y áreas urbanizadas con una superficie de 0,25 ha.

Cultivo: Los cultivos ocupan una extensión de 8,52 ha y se componen de: maíz, piña, pitahaya y plátano.

Vegetación arbustiva: Se compone principalmente de matorrales con una extensión de 7,31 ha.

Vegetación herbácea: Cubierta de pastos en su mayoría con una extensión total de 34,44 ha.

Suelo desnudo: Se identificaron 3,13 ha de suelos descubiertos, estas áreas se caracterizan por no tener cobertura vegetal presente.

Se observaron también 0,12 ha de hibisco y 0,03 ha de un área destinada a fines ornamentales o medicinales, como sábila, hierba luisa y eucalipto.

El área de estudio presenta una diversidad significativa

en las coberturas de suelo, lo que evidencia interacciones complejas entre el medio ambiente y las actividades humanas (figura 3). La cobertura bosque nativo identificada, evidencia la existencia de áreas con vegetación en estado de conservación, factor importante para la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas locales. De acuerdo a Barlow et al. (2018) y Gibson et al. (2011), esta cobertura tiene influencia positiva y destacan la importancia de los bosques nativos en el mantenimiento de la biodiversidad. Al mismo tiempo que desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2021).

Los bosques cuentan con funciones como regulador del clima y sumideros de carbono (Griscom et al. 2017). Esto es importante porque hasta bosques pequeños juegan un papel crucial en estos servicios ecosistémicos, además un bosque nativo primario puede capturar entre 150 y 300 toneladas de C/ha (Tong et al. 2020). Sin embargo, el recurso bosque enfrenta múltiples amenazas, como la deforestación, el cambio climático y la fragmentación. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2020), proteger los bosques requiere de medidas esenciales que prevengan su degradación, como leyes forestales, programas de reforestación y establecimiento de nuevas áreas protegidas.

Por otro lado, el mosaico agropecuario, que es una combinación de cultivos agrícolas, como, cacao y plátano, cítricos y plátano, maíz y demás, son de gran importancia en términos de seguridad alimentaria y sostenibilidad. Hasan et al. (2020) y Godfray et al. (2010) resaltan la importancia de la diversificación de usos del suelo, esto permite que se garantice la seguridad alimentaria, además el manejo sostenible de estas áreas es esencial la promoción de la resiliencia ambiental y la conservación de recursos. Respecto a cultivos como el cacao. Perez et al. (2020) describen que este tipo de cultivos tienen un valor agregado debido a su demanda en la industria chocolatera, lo que contribuye con la economía local. Mientras que los cultivos como el plátano y el maíz son característicos en la provincia de Manabí por su capacidad de producción, siendo estos el 21% y 40% de la producción nacional (Heindorf et al., 2021).

Además, la presencia de cuerpos de agua artificiales en el área de estudios como canales de riego y reservorios, resaltan la importancia del recurso agua en la provincia y la importancia de un adecuado manejo, conceptos que van en línea con lo planteado por Xiong et al. (2021) sobre la importancia de la gestión sostenible del agua para el desarrollo humano. No obstante, la presencia de infraestructura y coberturas como suelos desnudos, evidencian procesos antropogénicos como urbanización y degradación del ambiente.

Schulz y Vogel (2020) describen que a pesar de ser coberturas que ocupan poca área, conllevan implicaciones ambientales y económicas. Mientras que, desde una perspectiva agrícola, Duniway et al. (2019) alegan que los suelos sin vegetación tienden a una producción baja por no retener la humedad, debido a esto no proporcionan el ambiente adecuado para el desarrollo de los cultivos.

Conclusiones

Los resultados evidencian una gran variedad de coberturas del suelo en el área de estudio. Donde destacan complejas interacciones entre las actividades antropogénicas y procesos naturales. La predominancia del bosque nativo, señala la importancia de la conservación de estos lugares que aportan en la protección de los ecosistemas locales y su biodiversidad. Además, diversas coberturas como cacao, plátano, cítricos y maíz, muestran que existe actividad agrícola en la zona que contribuyen a la economía local y a la seguridad alimentaria.

Las coberturas que predominan y la diversidad de actividades agrícolas, forestales, pecuarias y usos de suelo como vegetación herbácea, vegetación arbustiva, cuerpos de agua, suelos desnudos e infraestructura, evidencian la complejidad de este paisaje y la importancia del diagnóstico para una gestión sostenible que garantice la preservación de

estos recursos para generaciones futuras.

El diagnóstico de la cobertura y usos del suelo es esencial para la gestión sustentable y sostenible, ya que reconoce al suelo como un recurso valioso desde perspectivas económicas y ambientales. Al considerar factores como la geografía, el clima, la geología y las actividades humanas, se obtiene una comprensión integral de su estado y potencial. Integrar estos conocimientos proporciona herramientas para promover la sostenibilidad y enfrentar desafíos ambientales, lo que resulta crucial para un manejo adecuado del suelo y la toma de decisiones en la gestión del área de estudio.

Recomendaciones

La gestión adecuada de la cobertura y uso del suelo es esencial para promover la sostenibilidad y la conservación de recursos naturales. A continuación, se presentan recomendaciones clave que pueden ser implementadas en diversas prácticas agrícolas y de manejo del suelo:

Iniciar proyectos de reforestación en áreas degradadas utilizando especies nativas para restaurar el ecosistema y mejorar la calidad del suelo, priorizando la plantación y conservación de especies autóctonas que son más resistentes a plagas y enfermedades, además de promover la biodiversidad.

Establecer áreas protegidas con el propósito de mantener reservas naturales que protejan hábitats críticos y especies en peligro, asegurando un entorno saludable para la fauna y flora, además de programas de seguimiento para evaluar la salud de las poblaciones forestales y adaptar las estrategias de manejo según sea necesario

Cubrir el suelo con materia orgánica, como rastrojo o vegetación muerta, puede reducir la evaporación de agua, mejorar la infiltración y disminuir la erosión. Esta práctica también crea un hábitat para organismos beneficiosos y limita el uso de agroquímicos.

Implementar un sistema rotativo que permita el descanso de las áreas pastoreadas, promoviendo así el crecimiento sostenible de los pastos y aumentando la fertilidad del suelo a través del estiércol, además de sistemas silvopastorales que permitan mejorar la capacidad de infiltración del suelo y reducir la compactación. Es crucial controlar las cargas ganaderas para evitar la degradación del suelo.

Aplicar agricultura de contornos en terrenos inclinados siguiendo las curvas de nivel que ayudan a reducir la erosión hídrica al frenar el flujo de agua.

Optar por franjas de protección arbórea en las orillas de cuerpos de agua para ayudar a prevenir la erosión y sedimentación, además de proporcionar sombra y materia orgánica al ecosistema acuático.

Realizar un monitoreo constante sobre el uso del suelo y las prácticas implementadas es fundamental para evaluar su efectividad. Esto incluye la recopilación

de datos sobre la salud del suelo, biodiversidad y productividad agrícola.

Fomentar talleres y capacitaciones dirigidas a agricultores sobre prácticas sostenibles es vital para asegurar una adopción amplia de estas técnicas. La sensibilización sobre los beneficios a largo plazo puede motivar cambios en las prácticas agrícolas convencionales

Implementar estas recomendaciones no solo contribuirá a una gestión más sostenible del suelo, sino que también mejorará la resiliencia de los ecosistemas agrícolas frente a desafíos ambientales futuros.

Referencias bibliográficas

- Abukari, Haruna, y Raphael Benedict Mwalyosi. 2020. "Local Communities' Perceptions about the Impact of Protected Areas on Livelihoods and Community Development." *Global Ecology and Conservation* 22: e00909. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00909>
- Akumu, Clement E., Eze O. Amadi y Samuel Dennis. 2021. "Application of Drone and WorldView-4 Satellite Data in Mapping and Monitoring Grazing Land Cover and Pasture Quality: Pre- and Post-Flooding" *Land* 10, no. 3: 321. <https://doi.org/10.3390/land10030321>
- Al-Najjar, Husam A. H., Bahareh Kalantar, Biswajeet Pradhan, Vahideh Saiedi, Alfiyan Abdul Halin, Naonori Ueda y Shattri Mansor. 2019. "Land Cover Classification from fused DSM and UAV Images Using Convolutional Neural Networks" *Remote Sensing* 11, no. 12: 1461. <https://doi.org/10.3390/rs11121461>
- Barlow, Jos, Filipe França, Toby A. Gardner, Christina C. Hicks, Gareth D. Lennox, Erika Berenguer, Leandro Castello, Evan P. Economo, Joice Ferreira, Benoit Guénard, Cecilia Gontijo Leal, Victoria Isaac, Alexander C. Lees, Catherine L. Parr, Shaun K. Wilson, Paul J. Young y Nicholas A. J. Graham 2018. "The Future of Hyperdiverse Tropical Ecosystems." *Nature* 559(7715): 517-526. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0301-1>
- Belduma Belduma, Richard Gustavo, Salomón Barrezueta-Unda, Oliverio Vargas Gonzales y Omar Sánchez Romero. 2020. "Gestión y uso del suelo agropecuario en la zona rural del Cantón Chilla desde una visión socioeconómica." *Universidad y Sociedad* 12(1): 299-306. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100299&lng=es&nrm=iso
- Besseau, P., S. Graham y P. Christoffersen. 2018. Restoring Forests and Landscapes: The Key to a Sustainable Future. Vienna, Austria: Global Partnership on Forest and Landscape Restoration. ISBN 978-3-902762-97-9.
- Camacho Sanabria, Raúl, José Manuel Camacho Sanabria, Miguel Ángel Balderas Plata y Marcela Sánchez López. 2017. "Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México." *Madera y Bosques* 23(3): 39-60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Cammarata, Mariarita, Giuseppe Timpanaro y Alessandro Scuderi. 2021. «Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería orgánica en Sicilia: un estudio de caso utilizando el marco SAFA de la FAO», *Agriculture* 11, n.º 3: 274. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030274>
- Duniway, Michael C., Alix A. Pfennigwerth, Stephen E. Fick, Travis W. Nauman, Jayne Belnap y Nichole N. Barger. 2019. "Wind Erosion and Dust from US Drylands: A Review of Causes, Consequences, and Solutions in a Changing World." *Ecosphere* 10(3): e02650. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2650>
- Gibson, Luke, Tien Ming Lee, Lian Pin Koh, Barry W. Brook, Toby A. Gardner, Jos Barlow, Carlos A. Peres, Corey Laurance, William F. Laurence, Thomas E. Lovejoy y Navjot S. Sodhi. 2011. "Primary Forests Are Irreplaceable for Sustaining Tropical Biodiversity." *Nature* 478, 378-381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>
- Godfray, H. Charles J., John R. Beddington, Ian R. Crute, Lawrence Haddad, David Lawrence, James F. Muir, Jules Pretty, Sherman Robinson, Sandy M. Thomas, y Camila Toumlin. 2010. "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People." *Science* 327, 812-818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Griscom, Bronson W., Justin Adams, Peter W. Ellis, Robert A. Houghton, Guy Lomax, Daniela A. Miteva, William H. Schlesinger, David Shoch, Juha V. Siikamäki, Pete Smith, Peter Woodbury, Chris Zganjar, Allen Blackman, João Camarão, Richard T. Conant, Cristóbal Delgado, Patricia Elias, Trisha Gopalakrishna, Marisa R. Hamsik, Mario Herrero, Joseph Kiesecker, Emily Landis, Lars Laestadius, Sara M. Leavitt, Susan Minnemeyer, Stephen Polasky, Peter Potapov, Francis E. Putz, Jonathan Sanderman, Marcel Silvius, Eva Wollenberg, y Joseph Fargione. 2017. "Natural Climate Solutions." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (44) 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Hasan, Shaikh Shamim, Lin Zhen, Md. Giashuddin Miah, Tofayel Ahmed y Abdus Samie. 2020. "Impact of Land Use Change in Ecosystem Services: A Review." *Environmental Development* 34: 100527. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527>
- Heindorf, C., J. A. Reyes-Agüero, J. Fortanell-Martinez y A. van 't Hooft. 2021. More than Maize, Bananas, and Coffee: The Inter- and Intraspecific Diversity of Edible Plants of the Huastec Mayan Landscape Mosaics in Mexico1. *Econ Bot* 75, 158-174. <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09520-9>
- Hua, Fangyuan, Xiaoyang Wang, Xinlei Zheng, Brendan Fisher, Ling Wang, Jianguo Zhu, Ya Tang, Douglas W. Yu, y David S. Wilcove. 2016. "Opportunities for Biodiversity Gains under the World's Largest Reforestation Programme." *Nature Communications* 7 (1). <https://doi.org/10.1038/ncomms12717>
- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kalantar, Bahareh, Alfiyan Abdul Halin, Husam Abdulrasool H. Al-Najjar, Shattri Mansor, John L. van Genderen, Helmi Zulhaidi M. Shafri y Mohsen Zand. 2019. "A Framework for Multiple Moving Objects Detection in Aerial Videos." En *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*, editado por Hamid Reza Pourghasemi y Candan Gokceoglu, 573-88. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815226-3.00026-0>
- Laban, Peter, Graciela Metternicht y Jonathan Davies. 2018. Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2018.03.es>
- Lovarelli, Daniela, Jacopo Bacenetti y Marcella Guarino. 2020. "A Review on Dairy Cattle Farming: Is Precision Livestock Farming the Compromise for an Environmental, Economic and Social Sustainable Production?" *Journal of Cleaner Production* 262: 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
- Márquez, Julio y Maritza Cuichán. 2021. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020 (Técnico 2; p. 15). Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Metodologia%20ESPAC%202020.pdf
- Membrado-Tena, Joan Carles y Francisco Miguel Hinojosa Sancho. 2018. "Evolución de los Usos del Suelo en Paterna (Horta de València). De Periferia Urbana a Centro Innovador." *GeoFocus (Artículos)*, no. 22: 141-161. <https://doi.org/10.21138/GF.603>

- Mengist, Wondimagegn. 2020. Challenges of Protected Area Management and Conservation Strategies in Ethiopia: A Review Paper. *Adv Environ Stud* 4(1):277-285. <https://doi.org/10.36959/742/224>
- Moroch, Ramiro, Ivonne González, Tiago Osorio Ferreira y Xosé Luis Otero. 2022. "Bosques de manglares en Ecuador: Un análisis de dos décadas" *Bosques* 13, no. 5: 656. <https://doi.org/10.3390/f13050656>
- Müller-Hansen, Finn, Jobst Heitzig, Jonathan F. Donges, Manoel F. Cardoso, Eloi L. Dalla-Nora, Pedro Andrade, Jürgen Kurths, y Kirsten Thonicke. 2019. "Can Intensification of Cattle Ranching Reduce Deforestation in the Amazon? Insights From an Agent-based Social-Ecological Model." *Ecological Economics* 159: 198-211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.025>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. 2020. El estado de los bosques del mundo 2020: mensajes principales. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c6882952-dbed-43a6-acf6-fcf70ca82aa/content>
- Organización de las Naciones Unidas. 2017. Perspectiva Global de la Tierra. <https://www.miteco.gob.es/>
- Perez, Maria, Anally Lopez-Yerena, and Anna Vallverdú-Queralt. 2020. "Traceability, Authenticity and Sustainability of Cocoa and Chocolate Products: A Challenge for the Chocolate Industry." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62 (2): 475-89. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1819769>
- Pinargote Mora, Vielka, Javier Posligua Ponce y Pablo Loor Cedeno. 2019. Manabi: territorio de producción hacia la industrialización. ¿Cómo aprovechar su productividad? *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(3), 44-50. DOI 10.5281/zenodo.3280926
- Ramos-Reyes, Rodimiro, Rufo Sánchez-Hernández y Lilia María Gama-Campillo. 2016. "Análisis de Cambios de Uso del Suelo en el Municipio Costero de Comalcalco, Tabasco, México." *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3, no. 8: 151-60. Villahermosa, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://doi.org/10.19136/era.a3n8.746>
- Romijn, Erika, Ruben Coppus, Veronique De Sy, Martin Herold, Rosa Maria Roman-Cuesta y Louis Verchot. 2019. «Restauración de tierras en América Latina y el Caribe: Panorama de las iniciativas de restauración recientes, en curso y planificadas y su potencial para la mitigación del cambio climático», *Forests* 10, n.º 6: 510. <https://doi.org/10.3390/f10060510>
- Schulz, Jan-Peter y Gerd Vogel. 2020. "Mejora de los procesos en el esquema de superficie terrestre TERRA: Evaporación del suelo desnudo y temperatura superficial" *Atmosphere* 11, n.º 5: 513. <https://doi.org/10.3390/atmos11050513>
- Tempa, Karma y Komal Raj Aryal. 2022. "Semi automatic Classification for Rapid Delineation of the Geohazard prone Areas Using Sentinel 2 Satellite Imagery." *SN Applied Sciences*, 4(5). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05028-6>
- Tong, Xiaowei, Martin Brandt, Yuemin Yue, Philippe Ciais, Martin Rudbeck Jepsen, Josep Penuelas, Jean-Pierre Wigneron, Xiangming Xiao, Xiao-Peng Song, Stephanie Horion, Kjeld Rasmussen, Sassan Saatchi, Lei Fan, Kelin Wang, Bing Zhang, Zhengchao Chen, Yuhang Wang, Xiaojun Li y Rasmus Fensholt. 2020. Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration. *Nature Communications*, 11(1), 129. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13798-8>
- Uralovich, Kiyosov-Sherzod, Tulakov-Ulugbek Toshmamatovich, Kholmamatov-Farkhodjon Kubayevich, I.B. Sapaev, Saytbekova-Svetlana Saylaubaevna, Z.F. Beknazarova y Azizbek Khurramov. 2023. A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(4), 965-975. doi: 10.22124/cjes.2023.7155. https://cjes.guilan.ac.ir/article_7155.html
- Xiong, Rentao, Shuo Liu, Michael J. Considine, Kadambot H. M. Siddique, Hon-Ming Lam y Yinglong Chen. 2021. "Root System Architecture, Physiological and Transcriptional Traits of Soybean (*Glycine max* L.) in Response to Water Deficit: A Review." *Plant, Cell & Environment. Physiologia Plantarum*, 172(2), 405-418. <https://doi.org/10.1111/ppl.13201>