

Capacidad de usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL

Capacity for Land Use in the Sustainable Integral Space: Polytechnic Forest - CIIDEA ESPAM MFL

Francisco Javier Velásquez Intriago¹, Carlos Andree Villafuerte Vélez¹, José Miguel Giler Molina¹, Leonardo Sebastián Bazurto Meza

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

Recibido julio 2025, aceptado septiembre 2025, en línea 03 diciembre 2025

Resumen

La presente investigación se enfocó en la identificación de la capacidad de usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL. Se analizaron variables como temperatura, humedad, pendiente, drenaje, pedregosidad, salinidad, pH y textura del suelo, para la identificación de la capacidad vocacional natural o potencial del suelo, empleando la tabla de clases de capacidad de usos del suelo elaborado por MAG/SIGTIERRAS. Las clases agrológicas de capacidad de usos del suelo identificadas fueron presentadas en un mapa, mediante el uso de tecnologías SIG. Los resultados mostraron que el área de estudio se encuentra distribuida por 6 clases de capacidad de usos del suelo: las clases I y II representaron el 5,51% (7,39 ha) y 5,39% (7,24 ha), la clase III un 9,03% (12,12 ha), las clases IV y V un 30,52% (40,97 ha) y 21,72% (29,16 ha) respectivamente, y finalmente la clase VI con un 27,83% (37,36 ha). Las capacidades del suelo reflejan diversidad, por lo que es importante tener en cuenta estas consideraciones para desarrollar estrategias sostenibles.

Palabras claves: Capacidad de usos del suelo, variables del suelo, estrategias sostenibles.

Abstract

This research focused on identifying the land use capacity of the Sustainable Integral Space: Polytechnic Forest - CIIDEA ESPAM MFL. Variables such as temperature, soil moisture, slope, drainage, stoniness, salinity, pH, and soil texture were analyzed to determine the soil's natural or potential productive capacity, using the land use capacity classification table developed by MAG/SIGTIERRAS. The agrological land use capacity classes identified were mapped using GIS technologies. The results revealed that the study area is distributed across six land use capacity classes: Classes I and II represent 5.51% (7.39 ha) and 5.39% (7.24 ha), Class III 9.03% (12.12 ha), Classes IV and V 30.52% (40.97 ha) and 21.72% (29.16 ha), respectively, and finally, Class VI covers 27.83% (37.36 ha). The diversity in soil capacities highlights the importance of considering these factors when developing sustainable land management strategies.

Keywords: Land use capacity, soil variables, sustainable strategies.

Introducción

Una correcta planificación del suelo consiste en evaluar de manera organizada aspectos como el clima, la economía, la sociedad y el tipo de suelo con el objetivo de brindar herramientas útiles para toma de decisiones, esto permite administrar el suelo equilibradamente, respetando al medio ambiente, la economía y las necesidades de la población (Morales y de Vries 2021; Arteaga 2023). Desde esta perspectiva, la evaluación de la capacidad del uso del suelo es fundamental, debido a que permite determinar

su idoneidad para un uso específico en un área determinada (Herzberg et al. 2019).

En este contexto, no solo se consideran las demandas para su uso, sino también su capacidad para funcionar adecuadamente, los suelos se clasifican y agrupan de acuerdo a su capacidad inherente e idoneidad para un uso definido, esto se aborda incorporando en la clasificación una amplia gama de factores que incluyen atributos físicos del suelo, aspectos ambientales y socioeconómicos, entre otros (Morales y de Vries 2021). Por ello la evaluación de la capacidad

* Correspondencia del autor:

E-mail: torresholger99@gmail.com



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.

de uso del suelo es clave en la sostenibilidad y en la solución de los problemas ambientales provocados por el acelerado desarrollo urbano (Yang et al. 2021).

Actualmente, evaluar la capacidad de usos del suelo se considera un requisito previo en la planificación y gestión del mismo (Sakkeri y Devadas 2019). Su propósito destaca en la evaluación de la idoneidad del uso del suelo y evaluar el potencial del suelo para usos alternativos, incluyendo múltiples criterios basados en factores ambientales, sociales y económicos (Luan et al. 2021), mediante análisis cuantitativos y cualitativos (Taghizadeh et al. 2021). Este enfoque constituye un pilar fundamental para alcanzar un desarrollo sostenible, ya que permite evaluar el potencial y las limitaciones de un territorio para diferentes actividades, sin comprometer sus funciones ecológicas a largo plazo (Topuz y Deniz 2023).

Por lo tanto, mientras las dinámicas del desarrollo urbano se vuelven más complejas, se hace imprescindible el empleo de enfoques multidisciplinarios que combinen tecnologías y ciencia de datos en el manejo de los usos del suelo. Por lo que este enfoque no solo ayuda a identificar capacidades de usos del suelo, sino que también es parte del diagnóstico fundamental en la elaboración de políticas y guías que se adapten a las necesidades de las comunidades urbanas y rurales.

Diseño Metodológico

Esta investigación se llevó a cabo en el Bosque

Tabla 1. Distribución del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico y CIIDEA en la ESPAM MFL

Descripción	Área (ha)
Bosque Politécnico	9,18
LOTE 1	58,64
LOTE 2	49,79
LOTE 3	8,21
LOTE 4	6,16
LOTE 5	2,26

Politécnico y CIIDEA (Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) que recientemente en atención a la nueva estructura organizacional ha pasado a ser Parque Tecnológico 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 1 (58,64 ha), Lote 2 (49,79 ha), Lote 3 (8,21 ha), Lote 4 (6,16 ha) y Lote 5 (2,26 ha); para un total general de 134,24 ha.

En el área de estudio se seleccionaron diversos puntos de muestreo para la obtención de los parámetros evaluados. Como se observa en la figura 1, estos puntos se distribuyeron estratégicamente en el Bosque Politécnico y en los diferentes lotes (1 al 5).

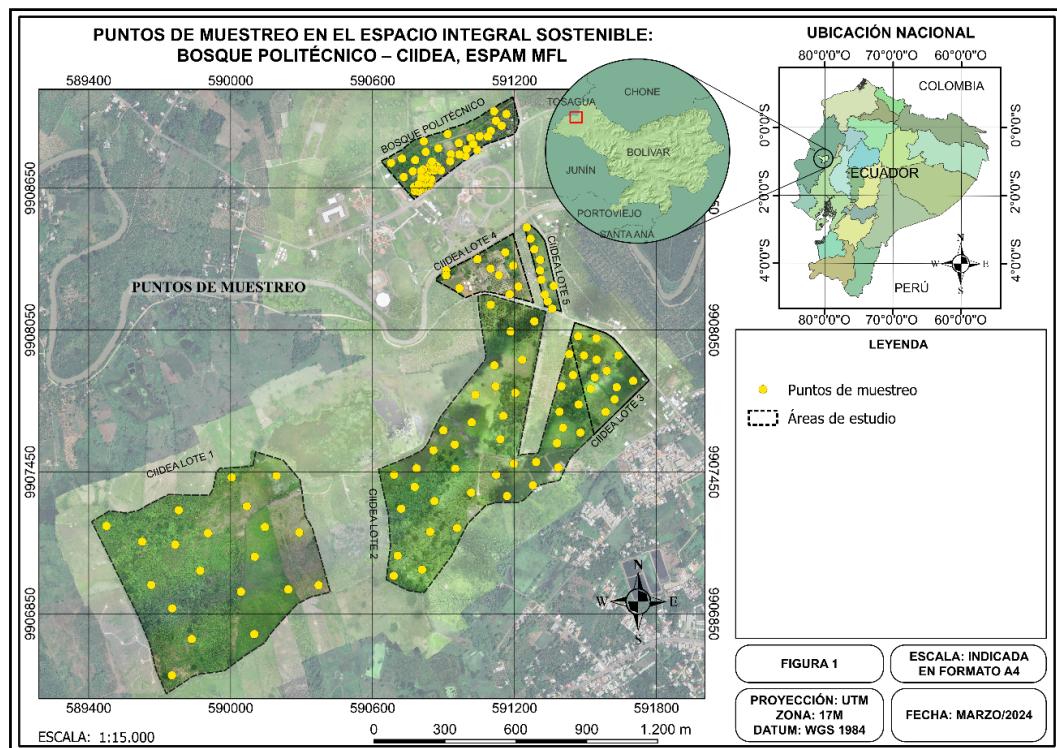


Figura 1. Puntos de muestreo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA, ESPAM MFL

Las coordenadas geográficas de cada punto fueron registradas mediante un sistema de posicionamiento global (GPS), permitiendo su georreferenciación para el análisis espacial.

En investigación previa realizada por Velásquez et al. (2025) se determinó la cobertura y usos del suelo de la superficie en estudio. Con el uso de tecnología geoespacial se obtuvo una ortofoto del espacio geográfico, identificando diferentes áreas de cobertura, que sirvieron como parte del insumo para la presente compilación.

La metodología utilizada para determinar la capacidad de usos del suelo se desarrolló en varios pasos. Se analizó variables físicas y químicas del suelo como régimen de humedad, temperatura, pedregosidad,

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA, ESPAM MFL

Coordenadas		
Lugar	X	Y
Bosque Politécnico	590839	9908661
Bosque Politécnico	590826	9908682
Bosque Politécnico	590810	9908658
Bosque Politécnico	590814	9908650
Bosque Politécnico	590820	9908665
Bosque Politécnico	590800	9908641
Bosque Politécnico	590793	9908636
Bosque Politécnico	590778	9908638
Bosque Politécnico	590678	9908757
Lote 1	589475	9907222
Lote 1	589781	9907288
Lote 1	589625	9907155
Lote 1	589871	9907032
Lote 1	589665	9906972
Lote 1	589835	9906743
Lote 1	590100	9906764
Lote 1	589752	9906590
Lote 1	590102	9907092
Lote 2	591099	9908157
Lote 2	591284	9908087
Lote 2	591183	9908044
Lote 2	591115	9907901
Lote 2	591233	9907925
Lote 2	591034	9907776
Lote 2	591204	9907784
Lote 2	591120	9907812
Lote 2	590947	9907566

Coordenadas		
Lugar	X	Y
Lote 2	591140	9907588
Lote 3	591702	9907835
Lote 3	591632	9907808
Lote 3	591623	9907757
Lote 3	591585	9907704
Lote 3	591522	9907802
Lote 3	591539	9907849
Lote 3	591590	9907878
Lote 3	591639	9907943
Lote 3	591547	9907925
Lote 3	591494	9907943
Lote 3	591546	9908015
Lote 3	591469	9908024
Lote 4	590911	9908303
Lote 4	590911	9908281
Lote 4	590967	9908227
Lote 4	591044	9908350
Lote 4	591099	9908310
Lote 4	591134	9908282
Lote 4	591161	9908379
Lote 4	591195	9908322
Lote 4	591216	9908234
Lote 4	591180	9908202
Lote 5	591360	9908140
Lote 5	591340	9908171
Lote 5	591328	9908200
Lote 5	591366	9908237
Lote 5	591313	9908263
Lote 5	591308	9908302
Lote 5	591308	9908347
Lote 5	591284	9908391
Lote 5	591268	9908436
Lote 5	591252	9908484

Fuente: Elaboración autor

Tabla 3. Parámetros de régimen de temperatura del suelo

Régimen ISO	Temperatura
Isofríido	Menor a 10 °C
Isomésico	10 - 13 °C
Isotérmico	13 - 22 °C
Isohipertérmico	Mayor a 22°C

Fuente: Villalaz et al. (2020)

Tabla 4. Parámetros de régimen de humedad del suelo

Régimen de Humedad	Húmedo	Seco	Descripción
Arídico	menor a 90 días seguidos	-	Mayor a 5 °C
Ústico	Mayor a 90 días seguidos o Mayor a 180 días de acumulación	Mayor a 90 días de acumulación	Mayor o igual a 22 °C
Údico	Mayor a 270 días de acumulación	Menor a 90 días de acumulación	Menor a 22 °C
Hiperúdico	Extremadamente húmedo. En todos los meses Pp mayor a ETP	-	Menor a 22 °C

Fuente: Andrzej (2023)

Tabla 5. Parámetros de tipos de pendientes

Descripción	Porcentaje de pendiente
Topografía plana	0 - 2%
Topografía aproximadamente plana	2 - 5%
Topografía levemente ondulada	5 - 12%
Topografía regularmente ondulada	12 - 25%
Topografía mediana a fuertemente disectada	25 - 40%
Topografía altamente disectada	40 - 70%
Topografía muy altamente disectada	70 - 100%
Topografía escarpada, tiene pendientes de 45°	>100%

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2009

drenaje, textura, salinidad y pH mediante técnicas y análisis de suelo; además de la pendiente del terreno a través de levantamientos de mediciones in situ con equipos topográficos. Estos resultados se emplearon en la elaboración del mapa de capacidad y permitió identificar las clases de capacidad agrológicas del suelo en el área de estudio descrita a continuación:

Variables del suelo en el área de estudio para la identificación de la capacidad del suelo. Para la identificación de la capacidad del suelo se empleó la metodología de CLIRSEN et al. (2011) donde describe que los parámetros esenciales para este proceso son: el régimen de temperatura, el régimen de humedad, la pendiente, el drenaje, la pedregosidad, la salinidad, el pH y la textura del suelo.

Régimen de temperatura
Para el régimen de temperatura se utilizó un

termómetro digital modelo Yieryi, el cual fue introducido en el suelo a una profundidad de 12 cm por un periodo de un minuto, acorde a lo descrito por Madera (2024). Se empleó la tabla 3 para identificar el régimen de temperatura.

Régimen de humedad

En la obtención de los datos del régimen de humedad se utilizó el equipo Soil Tester a una profundidad de 2 cm por un periodo de 1 min acorde a lo descrito por Pachacama y Bersosa (2023). Se usó la tabla 4 para identificar el régimen de humedad.

Pendiente

El cálculo de la pendiente del terreno se realizó a través de las curvas de nivel obtenidos del levantamiento topográfico en el área de estudio mediante la técnica de posicionamiento en tiempo real RTK (Real Time Kinematic) T10 Pro. (Tabla 5).

Drenaje

El drenaje del suelo (Table 6) se determinó mediante la conductividad hidráulica, el proceso consistió en realizar hoyos con un radio de 15 cm y una profundidad de 30 cm, llenando de agua hasta los 20 cm, se registró el tiempo en que el agua se infiltró en el suelo, para el cálculo de este parámetro se utilizó la metodología de Salgado (2020) mediante la siguiente ecuación:

$$K = R \left\{ -\ln \left(\frac{H_2}{H_2 + \frac{R}{2}} \right) + \ln \left(\frac{H_1}{H_1 + \frac{R}{2}} \right) \right\} / 2T_2$$

Donde:

K: Conductividad Hidráulica

R: Radio en m

H: Altura total de hoyo

H1: Altura inicial

H2: Agua sobrante

T1: Tiempo inicial

T2: Tiempo final

Al finalizar se utilizó la tabla 6 para determinar el tipo de drenaje del suelo.

Pedregosidad

Para determinar la pedregosidad se utilizó el método de Andrades et al. (2007). Se excavó en los puntos

Tabla 6. Tipos de drenajes del suelo

TipO	Simb.	Conductividad Hidráulica K (cm/seg)	Descripción
Excesivo	E	100	El agua se elimina más rápido que el agua que ingresa por la precipitación. De hecho, se trata de suelos densos y a menudo se ve que estos horizontes del suelo no están saturados a pesar de la cantidad de agua aplicada.
Bueno	B	$10 - 10^{-4}$	Si bien eliminar el agua es fácil, no ocurre a la velocidad del tipo de drenaje mencionado anteriormente. La textura de estos suelos es de media a fina. Por lo general, se puede encontrar cierto nivel de saturación a los pocos días de la intrusión de agua sin manchas menores. Hasta un 2% de 60 a 100 cm.
Moder- ado	M	$10^{-5} - 10^{-6}$	Se consideran suelos de drenaje lento y textura variada, cuyo nivel suele estar saturado por más de una semana después de la entrada del agua y diversificado en un 2% a una profundidad de 60 a 100 cm.
Mal drenado	X	$10^{-7} - 10^{-9}$	Eliminan la misma cantidad de agua entrante que los anteriores, tienen variedad de texturas, sus horizontes permanecen saturados durante varios meses después de la adición de agua y tienen características tipo gley, con problemas de hidroformo.

Fuente: Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE) 2018

Tabla 7. Tipos de pedregosidad del suelo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin	S	Presencia nula de fragmentos gruesos
Muy pocas	M	Formado por un 10% de fragmentos gruesos, no interfiere en el laboreo
Poca	P	Tiene de 10 a 25% de fragmentos gruesos, interfiere en el laboreo, es adecuado para la siembra de tubérculos y maíz.
Frecuentemente	F	Tiene un 25 a 50% de fragmentos gruesos, es difícil el laboreo, apto para cultivos de pasto y heno.
Abundantes	A	Tiene un 50 a 75% de fragmentos gruesos, es difícil el uso de maquinaria agrícola, es más conveniente el uso de labranza tradicional
Pedregoso o rocoso	R	Tiene más de 75% de fragmentos gruesos, no es apto para cultivos

Fuente: Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE) 2018

Tabla 8. Categorías de salinidad del suelo

Categoría	Símbolo	CE. Promedio (dS/m)	Descripción
No salino	NS	<2	El nivel de crecimiento del cultivo es ilimitado, no afecta a ningún tipo de cultivo.
Ligeramente salino	LS	2-4	El nivel de toxicidad es leve y afecta sólo a las plantas sensibles.
Salino	S	4-8	La salinidad moderadamente tóxica afecta a la mayoría de los cultivos.
Fuertemente salino	MS	8-16	Niveles de salinidad altamente tóxicos, sustentados únicamente por cultivos tolerantes.
Extremadamente salino	ES	>16	El contenido de sal es extremadamente tóxico y puede dar rendimientos muy bajos.

Fuente: Vecilla (2020)

Tabla 9. Clases de capacidad de usos del suelo

CLASE AGROLÓGICA	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
CLASE I	I	<p>Suelos en pendiente plana hasta el 2%, profundos y fácilmente trabajables, que presentan muy pocas o no tienen pedregosidad, es decir, no tienen limitaciones que interfieran las labores de maquinaria, son suelos con drenaje bueno, no salinos y de textura superficial del grupo textural G1 (francos, franco arcillo-arenosos, francos arenosos y francos limosos). Se presentan en régimen de humedad údico y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico. Las tierras de esta clase pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.</p>
CLASE II	II	<p>Suelos similares a la Clase I, y/o en pendientes muy suaves menores al 5 %, moderadamente profundos y profundos, con poca pedregosidad que no limita o imposibilita las labores de maquinaria, son de textura superficial del grupo textural G1, G2 (francos arcillosos, franco arcillo-limosos y limosos) y G3 (arcillo-arenosos, arcillo limosos, arenos fracos y arcillosos), tienen drenaje natural de bueno a moderado. Incluyen a suelos ligeramente salinos y no salinos. Requieren prácticas de manejo más cuidadosas que los suelos de la Clase I. Se presentan en regímenes de humedad údico y ústico, y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico.</p>
CLASE III	III	<p>Suelos en pendientes menores a 12 %, de suaves a planas, son desde poco profundos a profundos, tienen poca pedregosidad que no limita o imposibilita las labores de maquinaria, son de textura del grupo textural G1, G2 y G3, pueden presentar drenaje excesivo, bueno y moderado. Incluyen a suelos salinos, ligeramente salinos y no salinos. Son tierras con régimen de humedad údico y ústico y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico. Por las limitaciones que presentan estas tierras, el desarrollo de los cultivos se ve disminuido, siendo necesarias prácticas especiales de manejo y conservación en los recursos suelo y agua.</p>
CLASE IV	IV	<p>Son suelos que se encuentran en pendientes de medias a planas, es decir menores a 25 %, poco profundos a profundos, y tienen poca pedregosidad. Esta clase de tierras requiere un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria, pues permiten un laboreo “ocasional”, son de textura variable, y de drenaje excesivo a moderado. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Son tierras con régimen de humedad údico y ústico, y en regímenes de temperatura del suelo isohipertérmico e isotérmico.</p>

CLASE AGROLÓGICA	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
POCO RIESGO DE EROSIÓN	Con limitaciones fuertes amuy fuertes	<p>CLASEV V</p> <p>Se ubican en pendientes entre planas y suaves, es decir menores al 12 %, generalmente son suelos poco profundos, como también suelos profundos, pero con severas limitaciones en cuanto a drenaje y pedregosidad. Estos requieren de un tratamiento “muy especial” en cuanto a las labores de maquinaria ya que presentan limitaciones imposibles de eliminar en la práctica; son de textura y drenaje variable. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Se pueden encontrar en áreas propensas o con mayor riesgo a inundación. Son tierras con régimen de humedad údico, ústico, perúdico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos e isotérmicos.</p>
APROVECHAMIENTO FORESTAL O CON FINES DE CONSERVACIÓN	Con limitaciones muy fuertes	<p>CLASEVI VI</p> <p>Suelos similares en pendiente a la Clase IV, pudiéndose también encontrar en pendientes medias y fuertes, es decir entre 12 y 40 %, son moderadamente profundos a profundos, y con poca pedregosidad. Las labores de maquinaria son “muy restringidas”; son tierras aptas para aprovechamiento forestal, ocasionalmente pueden incluir cultivos permanentes y pastos. Son de textura de variable, tienen drenaje de excesivo a mal drenado. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Son tierras con régimen de humedad údico, ústico y perúdico, y en regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos.</p>
	Con limitaciones muy fuertes	<p>CLASEVII VII</p> <p>Suelos en pendientes de medias a fuertes (menores al 70%), son poco profundos a profundos, y tienen una pedregosidad menor al 50 %. Estas tierras tienen limitaciones muy fuertes para el laboreo debido a la pedregosidad y a la pendiente. En cuanto a la textura, drenaje y salinidad éstas pueden ser variables. Son tierras con régimen de humedad údico, ústico, perúdico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos. Muestran condiciones para uso forestal con fines de conservación.</p>
	Con limitaciones muy fuertes	<p>CLASEVIII VIII</p> <p>Suelos en pendiente que varían desde plana (0 - 2 %) a escarpada (mayor a 100%), son superficiales a profundos, son de textura y drenaje variables. Pueden ser suelos muy pedregosos o no; en cuanto a la salinidad, esta clase de tierras incluye a las de reacción muy salina. Son tierras con régimen de humedad údico, ústico, perúdico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura isohipertérmicos, isotérmicos, isomésicos e isofrígidos. Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión.</p>
No aplicable		<p>Para unidades no consideradas como unidades de suelo, que se las adquiere de la cartografía base, incluye principalmente centros poblados y cuerpos de agua.</p>

de muestreo de 0 a 50 cm y se tomó una muestra de suelo. En las muestras se analizó: el volumen total del suelo y el volumen de las piedras. El volumen de los fragmentos rocosos presentes en las capas del suelo se consideró para el proceso y con la tabla 7 se identificó la pedregosidad.

Salinidad

La salinidad se calculó mediante un análisis fisicoquímico de conductividad eléctrica, este proceso permitió obtener datos esenciales para el estudio, se utilizó la tabla 8 de Vecilla (2020) y se identificó los niveles de salinidad en el suelo.

pH

Para determinar el pH del suelo se utilizó la metodología de Calvo (2019). Se obtuvo una muestra a una profundidad de 0 a 50 cm, se preparó la muestra en el laboratorio y mediante un medidor de pH OAKTON 700, se registró los datos.

Textura

La textura del suelo se la determinó utilizando el método del hidrómetro, aplicado por Loor y Trujillo (2021), donde se obtuvo los porcentajes de las clases texturales mediante análisis de laboratorio, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ arcilla} = (\text{Lectura corregida de 4 horas} / \text{Masa de muestra seca}) \times 100$$

$$\% \text{ limo + arcilla} = (\text{Lectura corregida de 40 seg.} / \text{Masa de muestra seca}) \times 100$$

$$\% \text{ limo} = (\% \text{ limo + arcilla}) - \% \text{ arcilla}$$

$$\% \text{ arena} = 100 - (\% \text{ limo + \% arcilla})$$

Una vez obtenidos los porcentajes texturales de arcilla, limo y arena, se empleó el diagrama de triángulo textural, para identificar los diferentes tipos de textura presente en el área de estudio.

Una vez obtenida toda la información de los parámetros del suelo se compararon con la tabla de MAG/SIGTIERRAS (2017) con la descripción de las diferentes clases de capacidad del suelo para la clasificación del área de estudio en sus diversas clases agrológicas.

Una vez clasificado el suelo acorde a las características descritas por MAG/SIGTIERRAS (2017) se elaboró el mapa de capacidad de usos del suelo en el software ArcGIS 10.4, representando gráficamente cada una de las clases.

Resultados

Como se muestra en la figura 2, el área de estudio se divide según diferentes capacidades de uso del suelo. Se identificaron suelos de clase I y II, los cuales son aptos para la agricultura debido a su alta calidad. Los suelos de clase III también son adecuados para

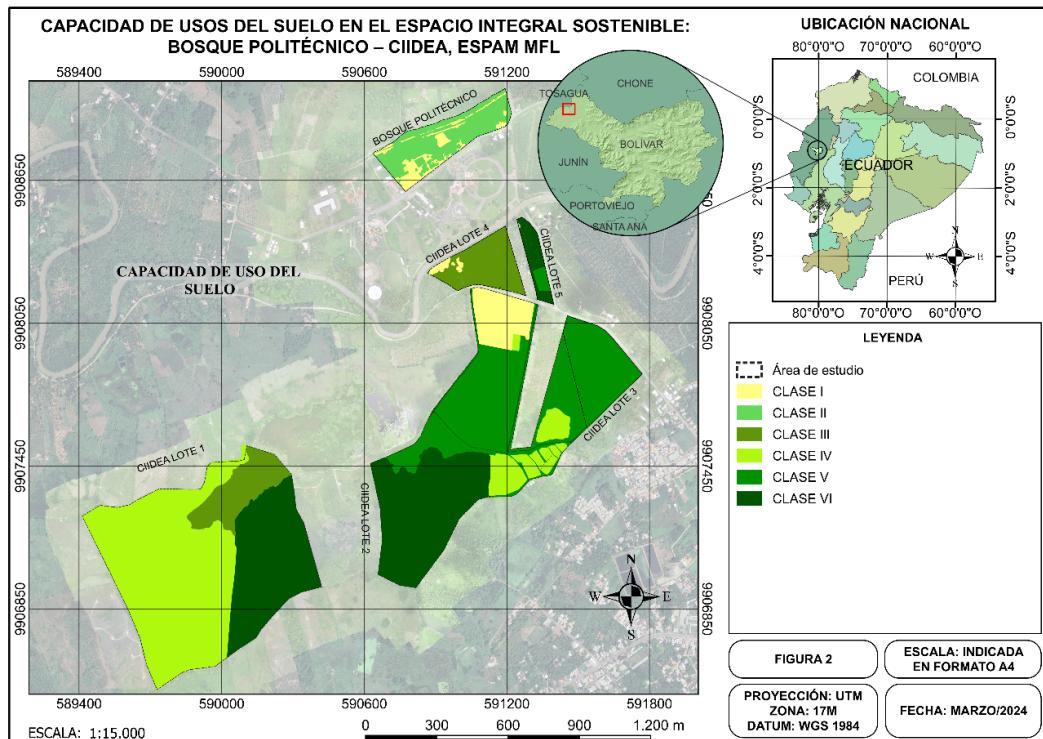


Figura 2. Mapa de capacidad de usos del suelo del Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL

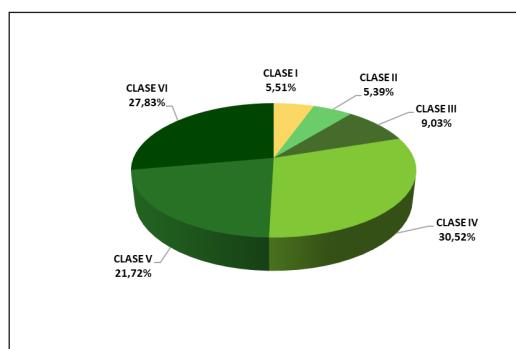
Tabla 10. Áreas que ocupan las clases de capacidad de usos del suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL

Clase de Capacidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
CLASE I	7,39	5,51
CLASE II	7,24	5,39
CLASE III	12,12	9,03
CLASE IV	40,97	30,52
CLASE V	29,16	21,72
CLASE VI	37,36	27,83

actividades agrícolas, aunque su eficiencia es menor en comparación con los de clase I y II. Por otra parte, se encontraron suelos de clase IV y V, que resultan más apropiados para la implementación de prácticas de conservación y usos extensivos. Finalmente, los suelos de clase VI se consideran adecuados para plantaciones forestales o para fines de conservación. De acuerdo con la distribución de la capacidad del suelo en el área de estudio, se obtuvo información fundamental para el proceso de planificación de los usos del suelo, destacando la importancia de considerar las características del suelo para el desarrollo de estrategias de gestión eficiente. Saavedra et al. (2019) señalan que las clases de capacidad del suelo identificadas en un área reflejan la gran diversidad de sus propiedades. En este caso, el área de estudio presenta capacidades que van desde la clase I hasta la VI, lo que indica una amplia variabilidad en la composición y en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Esta composición refleja la complejidad y diversidad del suelo en el Bosque Politécnico y CIIDEA. Los suelos de clase I y II, identificados como aptos para la agricultura, destacan por su contribución a la seguridad alimentaria. Autores como Bamikole et al. (2020) subrayan la importancia de estos suelos en el desarrollo sostenible. Por otro lado, aunque los suelos de clase III presentan una eficiencia menor en comparación con los de clase I y II en relación con

Figura 3. Distribución de la capacidad de los usos de suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL



los resultados obtenidos, se puede observar que la capacidad de producción del suelo no depende de su clase, sino que también por factores como la calidad y la disponibilidad de nutrientes. En este sentido, Akinde et ál. (2020) evidenciaron que estas propiedades varían significativamente según su uso, influyendo directamente en la fertilidad y productividad. Así mismo, Parihar et ál. (2020) alegan que aun en suelos de clase III, la fertilidad y las propiedades físico-químicas pueden mantener niveles aceptables de productividad. Reforzando la idea de que una gestión adecuada de los suelos con limitaciones moderadas puede ser óptima en productividad.

Por otro lado, los suelos de clase IV y V han sido objeto de numerosos estudios debido a su potencial para implementar sistemas de manejo sostenible. Autores como Li et al. (2020) destacan la importancia de aplicar modelos de conservación en estas áreas para mantener la fertilidad del suelo y prevenir la erosión a largo plazo. Finalmente, los suelos de clase VI, aptos para fines de conservación o para plantaciones forestales, han sido considerados en diversas investigaciones relacionadas con la silvicultura y la conservación de ecosistemas. Estudios como los de Ni et al. (2020) y Sofrony (2020) enfatizan de que los suelos de clase VI deben ser una prioridad en la identificación y protección dentro de los sistemas de gestión, debido a su importancia en la conservación de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos.

Como se muestra en la figura 2 y la tabla 9 y 10, la clasificación de la capacidad de uso del suelo en el área de estudio presenta una distribución variada que evidencia el potencial para un uso sostenible del territorio. La clase VI, con una extensión de 37,36 hectáreas, representa el 27,83 % del área total. Estos suelos son aptos para plantaciones forestales o fines de conservación, y pueden ser escenario ideal para actividades de reforestación, conservación de ecosistemas y protección de recursos naturales. Álvarez y Almonte (2023) recomiendan que estos tipos de suelos deben mantenerlos con cobertura forestal permanente y destinárselos preferentemente a cultivos perennes, sistemas agroforestales, pasturas y actividades forestales. Según González (2020), esta clase presenta limitaciones para actividades agrícolas debido a la acidez del suelo o al drenaje deficiente. Asimismo, Sevilla y Comerma (2009) identificaron que los suelos de clase VI están mayormente cubiertos por bosques y matorrales.

Por otra parte, la clase V ocupa 29,16 hectáreas, equivalente al 21,72 % del área total, mientras que la clase IV abarca 40,97 hectáreas que representa un 30,52 %. Estas dos categorías son consideradas aptas para prácticas de conservación y usos extensivos, tales como pastoreo, conservación de la biodiversidad y protección de los recursos naturales. La asignación de estas áreas para la conservación resalta la necesidad de preservar los recursos naturales, un enfoque que coincide con investigaciones como la de Ma et al.

(2021), quienes enfatizan la importancia de mantener una visión holística para conservar la biodiversidad y promover un ambiente más saludable. En esta misma línea, Rojas et al. (2017) refuerzan dicha perspectiva al proponer el desarrollo de conexiones ecológicas amplias, como los corredores biológicos, que permiten mantener tanto la diversidad de especies como el funcionamiento integral de los ecosistemas.

No obstante, las clases de suelos registradas en la parroquia Calceta del cantón Bolívar por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAPI] (2022), no coinciden completamente con la clasificación; sin embargo, esto no indica la ausencia de dichas clases, lo que sugiere una baja representación.

Esta situación resalta la necesidad de destinar estas áreas a prácticas de conservación, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (2015), que promuevan la conservación de la biodiversidad y la gestión adecuada de los recursos naturales, pilares fundamentales para garantizar el bienestar humano. La clase III cubre una extensión de 12,12 hectáreas, equivalente al 9,03 % del área total del estudio.

De acuerdo con Dagar et al. (2021), este tipo de suelo presenta limitaciones para la agricultura, permitiendo el cultivo de ciertos productos específicos, por lo que es importante considerar estas restricciones en términos de capacidad de carga y manejo.

Además, Wang (2022) destaca la importancia de evaluar la capacidad de los suelos de esta categoría para asegurar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Según el INIAPI (2022), la clase III ocupa aproximadamente el 45 % del área total del cantón Bolívar, lo que respalda los resultados obtenidos en el área de estudio.

Finalmente, las Clases I y II, con áreas de 7,39 hectáreas y 7,24 hectáreas representan un 5,51% y 5,39% respectivamente del área total. Somoza et al. (2020) describe que los suelos en esta clasificación son fértiles y aptos para actividades agrícolas y son un recurso valioso en la producción de alimentos.

Según el INIAPI (2022), en Bolívar la clase I, ocupa aproximadamente el 25% del territorio del cantón, no obstante, no es predominante. Según Pawlak et al. (2020) la presencia de esta categoría de suelos es fundamental porque garantizan la producción de alimentos, debido a que estos suelos ofrecen las condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos, aumentando la productividad y disponibilidad de alimentos para la sociedad en general.

Además de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [PDOT] (2012) del cantón Bolívar la clase II ocupa un 5,32%, valores equivalentes al área en estudio.

Conclusiones

Las capacidades de los usos del suelo en el área sostenible Bosque Politécnico y CIIDEA, están compuestas por varios niveles desde la Clase I hasta la Clase VI, esta distribución evidencia la diversidad de las propiedades físicas y químicas del suelo. Dicha diversidad destaca la importancia de tomar en consideración las características del suelo, en la planificación de los usos del suelo, todo desarrollado, en un marco de gestión sostenible y eficiente del suelo, que garantice la seguridad alimentaria y la conservación del medio ambiente.

Las clases IV, V y VI a pesar de no ser óptimas para la agricultura, tienen un alto potencial en la implementación de prácticas de conservación, debido a esto es importante priorizar la conservación y uso sostenible del suelo en estas categorías. Por lo que realizar prácticas en conservación de la biodiversidad y la protección de los recursos naturales, contribuye de manera significativa en la conservación de la fertilidad del suelo, prevención de la erosión, prácticas que se alinean perfectamente con los objetivos de desarrollo sostenible.

A pesar de que los suelos de Clase III cuentan con limitaciones para realizar prácticas agrícolas, cuentan con un área significativa en el Espacio Integral Sostenible Bosque Politécnico - CIIDEA, conocer la capacidad de carga y manejo del suelo ayuda a tomar decisiones informadas que permitan la optimización de la producción mientras se mitigan los impactos adversos al suelo.

Recomendaciones

Adoptar diferentes técnicas de conservación del suelo, entre ellas la rotación de cultivos y agroforestería, además de la implementación del riego por goteo y acolchado (mulching) para optimizar recursos hídricos.

Desarrollar sistemas de monitoreo con la finalidad de establecer indicadores químicos, físicos y biológicos de calidad del suelo con apoyo de sensores remotos y análisis de laboratorio.

Implementar la zonificación económica y ecológica (ZEE) mediante mapas de capacidad productiva del suelo, integrando herramientas de sistemas de información geográfica, para alinear los usos con la vocación natural del territorio.

Evaluuar los riesgos climáticos, ya que los cambios climáticos alteran significativamente la capacidad y uso del suelo, lo que obliga a adaptaciones continuas en la planificación territorial.

Diseñar programas formativos que vinculen a autoridades, agricultores y población civil en la gestión sostenible del territorio, destacando riesgos

de prácticas inadecuadas que incluyan módulos sobre legislación ambiental y beneficios económicos de la conservación.

Referencias Bibliográficas

- Akinde, Bamikole Peter, Abiodun Ojo Olakayode, Durodoluwa Joseph Oyedele, and Fatai Oladapo Tijani. 2020. "Selected Physical and Chemical Properties of Soil under Different Agricultural Land-Use Types in Ile-Ife, Nigeria." *Helijon* 6 (9): e05090. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2020.e05090>
- Álvarez, Yulissa y Héctor Almonte. 2023. "Diagnóstico biofísico, socioeconómico y análisis de vulnerabilidad de los municipios Villa Los Almácigos, El Pino y Loma de Cabrera". *Proyecto Comunidades Caribeñas Resilientes*. <https://bvearmb.do/handle/123456789/4658>
- Andrades, Jesús, Fernando Delgado y Roberto López. 2007. "Estimación de la pedregosidad volumétrica del suelo, con base en el área de fragmentos de roca expuestos en un inceptisol de los Andes venezolanos". *Revista forestal venezolana*, 51(2), 219 - 229. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24477>
- Andrzej Górnjak. 2023. "Recent and Future Soil Temperature Regime in the Coldest Part of Poland". *Journal of Agrometeorology* 25 (1):158-63. <https://doi.org/10.54386/jam.v25i1.1867>.
- Arteaga, Carlos. 2023. «El Ordenamiento Territorial Como Proceso De planificación Y Gobernanza». *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria* 7 (2), 10667-68. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6154.
- Bamikole, Peter, Ojo Abiodun, Joseph Durodoluwa y Oladapo Fatai . 2020. "Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria". *Helijon*, 6(9), e05090. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2020.e05090>
- Calvo, Adriana. 2019. "Qué es y cómo medir el pH de la tierra". *Agroptima blog*. Última modificación 26 de diciembre del 2019. <https://www.agroptima.com/es/blog/medir-ph-tierra/>
- CLIRSEN, MAGAP, y SIGAGRO. 2011. *Memoria técnica: Evaluación de tierras por su capacidad de uso, cantón Guayaquil*. Proyecto: "Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25 000", Componente 2: "Geopedología y amenazas geológicas". <https://www.geoportalgm.gob.ec/>
- CONGOPE (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador) y Consejo Nacional de Competencias. 2018. *Manual técnico para el diseño de sistemas de drenaje en suelos agrícolas del Ecuador*. Quito: CONGOPE. www.competencias.gob.ec
- Dagar, Vishal, Muhammad Kamran Khan, Rafael Alvarado, Muhammad Usman, Abdulrasheed Zakari, Abdul Rehman, Muntasir Murshed, y Brayan Tillaguango. 2021. "Variations in Technical Efficiency of Farmers with Distinct Land Size Across Agro-Climatic Zones: Evidence from India." *Journal of Cleaner Production* 315: 128109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128109>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. *Guía para la descripción de suelos*. 4^a ed. Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas. Roma: FAO.
- González, Adrián. 2020. *Análisis y optimización de los parámetros de evaluación de la capacidad de uso del suelo a partir del mapa de suelos*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de León, España. <http://hdl.handle.net/10612/13403>
- Herzberg, Ronja, Tung Gia Pham, Martin Kappas, Daniel Wyss, and Chau Thi Minh Tran. 2019. "Multi-Criteria Decision Analysis for the Land Evaluation of Potential Agricultural Land Use Types in a Hilly Area of Central Vietnam" *Land* 8, no. 6: 90. <https://doi.org/10.3390/land8060090>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2022. *Análisis de la clasificación agrológica del suelo en el cantón Calceta, Manabí, Ecuador*. p. 25. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec>
- Li, Shicheng, Heng Zhang, Xuewu Zhou, Haibin Yu, y Wangjun Li. 2020. "Enhancing Protected Areas for Biodiversity and Ecosystem Services in the Qinghai-Tibet Plateau." *Ecosystem Services* 43: 101090. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101090>
- Loor, Lucia, y Karla Trujillo. 2021. *Evaluación de la proporción del abono de soca de maíz (Zea mays L.) en la calidad físico-química del suelo en los Amarillos, Tosagua*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAU MFL). <http://repositorio.espaun.edu.ec/handle/42000/1656>
- Luan, Chaoxu, Renzhi Liu, y Sicheng Peng. 2021. "Land-Use Suitability Assessment for Urban Development Using a GIS-Based Soft Computing Approach: A Case Study of Ili Valley, China." *Ecological Indicators* 123: 107333. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107333>
- Ma, Shuai, Yong-Peng Qiao, Liang-Jie Wang, y Jin-Chi Zhang. 2021. "Terrain Gradient Variations in Ecosystem Services of Different Vegetation Types in Mountainous Regions: Vegetation Resource Conservation and Sustainable Development." *Forest Ecology and Management* 482: 118856. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118856>
- Madera, Vladymir. 2024. *Diseño e implementación de un equipo electrónico para la medición de la humedad y temperatura de suelos en el distrito de San Sebastián*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8667>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)/SIG Tierras. 2017. *Memoria explicativa del mapa de conflictos de uso de las tierras en Ecuador (Técnico 6)*. Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica.
- Morales, Florentino, y Walter Timo de Vries. 2021. "Establishment of Land Use Suitability Mapping Criteria Using Analytic Hierarchy Process (AHP) with Practitioners and Beneficiaries" *Land* 10, no. 3: 235. <https://doi.org/10.3390/land10030235>
- Naciones Unidas. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

- Ni, Chen, Fan Qin, Yanxin Zhai, Heping Cao, Rui Zhang, y Fangping Cao. 2020. "Evaluation of Coordinated Development of Forestry Management Efficiency and Forest Ecological Security: A Spatiotemporal Empirical Study Based on China's Provinces." *Journal of Cleaner Production*, 260: 121042. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121042>
- Pachacama, Alexander. 2023. *Determinación de la afectación de los suelos colindantes a plantaciones de eucalipto (Eucalyptus globulus) y pino (Pinus radiata) mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo en la Comunidad de Pesillo, cantón Cayambe*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24423>
- Parihar, C.M., A.K. Singh, S.L. Jat, A. Dey, H.S. Nayak, B.N. Mandal, Y.S. Saharawat, M.L. Jat, y O.P. Yadav. 2020. "Soil Quality and Carbon Sequestration under Conservation Agriculture with Balanced Nutrition in Intensive Cereal-Based System." *Soil and Tillage Research* 202: 104653. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104653>
- Pawlak, Karolina, y Małgorzata Kołodziejczak. 2020. "The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the Problem of Sustainable Food Production" *Sustainability* 12, no. 13: 5488. <https://doi.org/10.3390/su12135488>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT). 2012. *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25 000*. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/BOLIVAR/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_bolivar_capacidad_uso_de_las_tierras.pdf
- Rojas, Carolina, Francisco De la Barrera, Tamara Vidaurrezaga, Juan Munizaga, y Joan Pino. 2017. "Efectos de la Urbanización sobre la Conectividad Ecológica de Paisajes Metropolitanos." *Revista Universitaria de Geografía* 26, no. 2: 155-182.
- Saavedra, David, Valentín Murcia, Leidy Machado, Joserth Sánchez, Luis Estrada, y Claudia Ordoñez. 2019. "Propiedades físicas y químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio Campoalegre, departamento del Huila, Colombia". *Bioagro* 31 (2):151-58. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2643>
- Sakkeri, Ramya, y V. Devadas. 2019. "Integration of GIS, AHP and TOPSIS in Evaluating Suitable Locations for Industrial Development: A Case of Tehri Garhwal District, Uttarakhand, India." *Journal of Cleaner Production* 238: 117872. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117872>
- Salgado, Luis. 2020. *Conductividad hidráulica, porosidad drenable y región de flujo*. Tesis de grado, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Universidad de Concepción. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/36134>
- Sevilla, Víctor, y Juan Comerma. 2009. "Caracterización de la Cuenca del Río Canaobo en el Estado Carabobo, Venezuela. I. Análisis Climático y de Producción de Agua." *Agronomía Tropical* 59, no. 1. ISSN 0002-192X.
- Sofrony, Carolina. 2020. *Otras medidas efectivas de conservación basadas en área (OME): Latinoamérica y el Caribe: perspectivas de conservación más allá de las áreas protegidas*. Bogotá, Colombia: Unión Europea, Redparques, WWF, FAO, UICN, ONU Medio Ambiente. <https://bvearmb.do/handle/123456789/3025>.
- Somoza, Ailín, Patricia Vázquez, Laura Zulaica, y Mónica Sacido. 2020. "Dinámica espacio-temporal de usos del suelo en sistemas ecológicos de la Región Pampeana Austral, Argentina: Agriculturización en el partido de Tandil." *M+A, Revista Electrónica de Medioambiente* 21 (1): 82-101.
- Taghizadeh, Seyedeh, Davoud Nikbin, Mirza Didarul, Syed Rahman, y Gunalan Nadarajah. 2021. "Technological Capabilities, Open Innovation and Perceived Operational Performance in SMEs: The Moderating Role of Environmental Dynamism." *Journal of Knowledge Management* 25, no. 6: 1486-1507. <https://doi.org/10.1108/JKM-05-2020-0352>
- Topuz, Mustafa, y Mehmet Deniz. 2023. "Application of GIS and AHP for Land Use Suitability Analysis: Case of Demirci District (Turkey)." *Humanities and Social Sciences Communications* 10, no. 1: 115. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01609-x>
- Vecilla, Joffre. 2020. *Enmiendas orgánicas como alternativas de manejo en suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8485>
- Velásquez, Francisco, Carlos Villafuerte, Carlos Delgado, y Leonardo Bazurto. 2025. "Cobertura y Usos del Suelo en el Espacio Integral Sostenible: Bosque Politécnico - CIIDEA ESPAM MFL." *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales* 19 (1). <https://doi.org/10.53591/cna.v19i1.1909>
- Villalaz, Jhon, José Villarreal, Adolfo Santo, Abiel Gutiérrez y Iván Ramos. 2020. "Caracterización pedogenética de los suelos dedicados al cultivo de cacao orgánico, Almirante - Bocas del Toro." *Ciencia Agropecuaria* 31: 1-15. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/299>
- Wang, Xiukang. 2022. "Managing Land Carrying Capacity: Key to Achieving Sustainable Production Systems for Food Security" *Land* 11, no. 4: 484. <https://doi.org/10.3390/land11040484>
- Yang, Yang, Xiao Tang, y Zhe Li. 2021. "Land Use Suitability Analysis for Town Development Planning in Nanjing Hilly Areas: A Case Study of Tangshan New Town, China." *Journal of Mountain Science* 18 (2): 528-540. <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6037-z>