



Aplicación de geo-tecnologías y ecología del paisaje para la generación de capacidad de acogida, con fines de planificación territorial en la ciudad de Chone-Ecuador

Application of geo-technologies and landscape ecology for the generation of carrying capacity for territorial planning purposes in the city of Chone-Ecuador

Oña Ruiz, Nicholas Alejandro; Rodríguez Castro, Trosky Alberto;
Mejía Aguilar, Mónica Sofía; Bastidas Valle, Inés María;
Reyes Pozo, Mauricio David

Nicholas Alejandro Oña Ruiz

nicholas.ona@geograficomilitar.gob.ec
Instituto Geográfico Militar, Ecuador.

Trosky Alberto Rodríguez Castro

trosky.rodriguez@geograficomilitar.gob.ec
Instituto Geográfico Militar, Ecuador.

Mónica Sofía Mejía Aguilar

sofia.mejia@geograficomilitar.gob.ec
Instituto Geográfico Militar, Ecuador.

Inés María Bastidas Valle

ines.bastidas@geograficomilitar.gob.ec
Instituto Geográfico Militar, Ecuador.

Mauricio David Reyes Pozo

david.reyes@geograficomilitar.gob.ec
Instituto Geográfico Militar, Ecuador.

Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación

CIDEPRO, Ecuador
e-ISSN: 2588-1000
Periodicidad: Trimestral
Vol. 7, No. 47, 2023
editor@journalprosciences.com

Recepción: 25 Enero 2023
Aprobación: 20 Febrero 2023

DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol7iss47.2023pp75-89>

Resumen: El aumento progresivo de la población requiere que se gestionen técnicamente nuevos lugares para construcción y asentamientos humanos, razón por la cual la planificación territorial constituye una importante herramienta para los diferentes niveles de gobierno. El presente estudio se enfoca en la generación de la Capacidad de Acogida (CA), utilizando la ecología del paisaje, para determinar zonas compatibles o incompatibles para proyectos de construcción, mediante la aplicación de geo-tecnologías permitiendo obtener información detallada (escala 1: 5 000), actualmente generada por el Instituto Geográfico Militar. Se eligió la ciudad de Chone, debido a su importancia en cuanto a superficie y crecimiento poblacional, además, geográficamente se ubica en zonas con alta amenaza a inundaciones, lo que genera que gran parte de su población esté expuesta a sufrir un desastre natural. Para determinar la Aptitud Física Constructiva (APFC) se modeló variables biofísicas de geomorfología, suelos y cobertura, zonificando diferentes clases para soportar asentamientos humanos. La CA se determina a través de la evaluación de la APFC y amenazas a deslizamientos e inundaciones. El resultado de la zonificación de CA en Chone fueron cuatro clases: alta, media, baja y muy baja. Demostrando que la mayor parte del territorio se encuentra en clase baja con un 36,67 %, debido principalmente a que sus características físicas como textura del suelo tipo arcilla pesada, pedregosidad y presencia de nivel freático, no son las adecuadas para soportar algún tipo de construcción, además, se suma que estas tierras se encuentran en zonas con amenaza media de inundaciones y deslizamientos.

Palabras clave: Geo-tecnologías, ecología del paisaje, capacidad de acogida, planificación, Chone.

Abstract: The progressive increase in population requires the technical management of new sites for construction and human settlements, which is why territorial planning is an important tool for the different levels of government. The study focuses on the generation of the Carrying Capacity (CA), using landscape ecology,



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Cómo citar: Oña Ruiz, N. A., Rodríguez Castro, T. A., Mejía Aguilar, M. S., Bastidas Valle, I. M., & Reyes Pozo, M. D. (2023). Aplicación de geo-tecnologías y ecología del paisaje para la generación de capacidad de acogida, con fines de planificación territorial en la ciudad de Chone-Ecuador. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 7(47), 75-89. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol7iss47.2023pp75-89>

to determine compatible or incompatible zones for construction projects, through the application of geo-technologies allowing to obtain detailed information (scale 1: 5 000), currently generated by the Military Geographic Institute. The city of Chone was chosen because of its importance in terms of surface area and population growth, in addition, geographically it is located in areas with high flooding threat, which generates that much of its population is exposed to suffer a natural disaster. In order to determine the Physical Constructive Aptitude (APFC), biophysical variables of geomorphology, soils and coverage were modeled, zoning different classes to support human settlements. The CA is determined through the evaluation of the APFC and landslide and flood hazards. The result of the CA zoning in Chone were four classes: high, medium, low and very low. Most of the territory is in the low class with 36,67%, mainly because its physical characteristics, such as heavy clay texture, stoniness and presence of water table, are not adequate to support any type of construction, in addition to the fact that these lands are located in areas with medium flood and landslide threats.

Keywords: Geo-technology, landscape ecology, constructive carrying capacity, planning, Chone.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la población ha ido creciendo con el tiempo. En el censo de población y vivienda del año 2010 la cifra era 14,3 millones de habitantes (INEC, 2010) y para el año 2050 se proyecta llegar a los 23,3 millones, lo que lleva a que la mayor parte de la población se ubique, principalmente, en las ciudades y sus alrededores. Sin embargo, muchos pobladores por falta de una planificación adecuada, se asientan en lugares como llanuras inundables o laderas con alto riesgo de deslizamientos, áreas con suelos constituidos por arenas finas, pudiendo enfrentar el fenómeno de licuefacción (Vallejo, 2002) o arcillas pesadas, las cuales son características de movimientos expansivos (Porta y López, 2005). Esto conlleva a que las personas se expongan a amenazas naturales. En el Ecuador entre 1970 y 2010 hubo entre 35 y 40 mil viviendas afectadas y 1800 víctimas por una mala distribución en el territorio, por ejemplo, durante El Fenómeno del Niño (1997-1998) las pérdidas de viviendas, cultivos, infraestructura vial, comercio y turismo, fueron estimadas en USD 2 869,3 millones (SGR et al., 2012).

Por lo anterior, el Instituto Geográfico Militar (IGM), como ente responsable de la generación de cartografía oficial y temática, se encuentra ejecutando el proyecto: Determinación de la capacidad de acogida del territorio con fines de desarrollo urbano mediante la generación de geoinformación temática a escala 1: 5 000. Este proyecto es el encargado de la generación de información temática, usando geo-tecnologías como las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), Teledetección y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), lo que permite manejar geoinformación del territorio de manera rápida, ordenada y confiable; e incorporando, como método científico, el análisis de la ecología del paisaje (Zonneveld, 1989 y Kwa, 2018), el cual permite conocer la estructura espacial, el funcionamiento y los cambios que se producen en el territorio.

El objetivo de este estudio es integrar múltiples capas temáticas, por ejemplo, fotointerpretación geomorfológica, fotointerpretación de uso y cobertura de la tierra y caracterización del suelo, para realizar modelamientos de variables biofísicas, y generar dos productos de síntesis: Aptitud Física Constructiva (APFC) y Capacidad de Acogida (CA). La información resultante servirá de apoyo al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Chone, usuario directo de estos insumos de diagnóstico, para la planificación de su territorio y como insumo para la toma de decisiones.

Zona de estudio

El área de estudio se localiza en la región costa del Ecuador, en la provincia de Manabí, dentro del cantón Chone. La zona de análisis abarca el área edificada (726 ha) y sus alrededores (22 260 ha), cubriendo un total de 22 986 ha. La población proyectada al año 2023 es de 87 867 habitantes ubicados en las zonas dispersas y urbanas. La ciudad de Chone es vulnerable a las inundaciones, sobre todo en las zonas bajas. La cota más alta es de 500 y la más baja de 5 m s. n. m. (Figura 1).

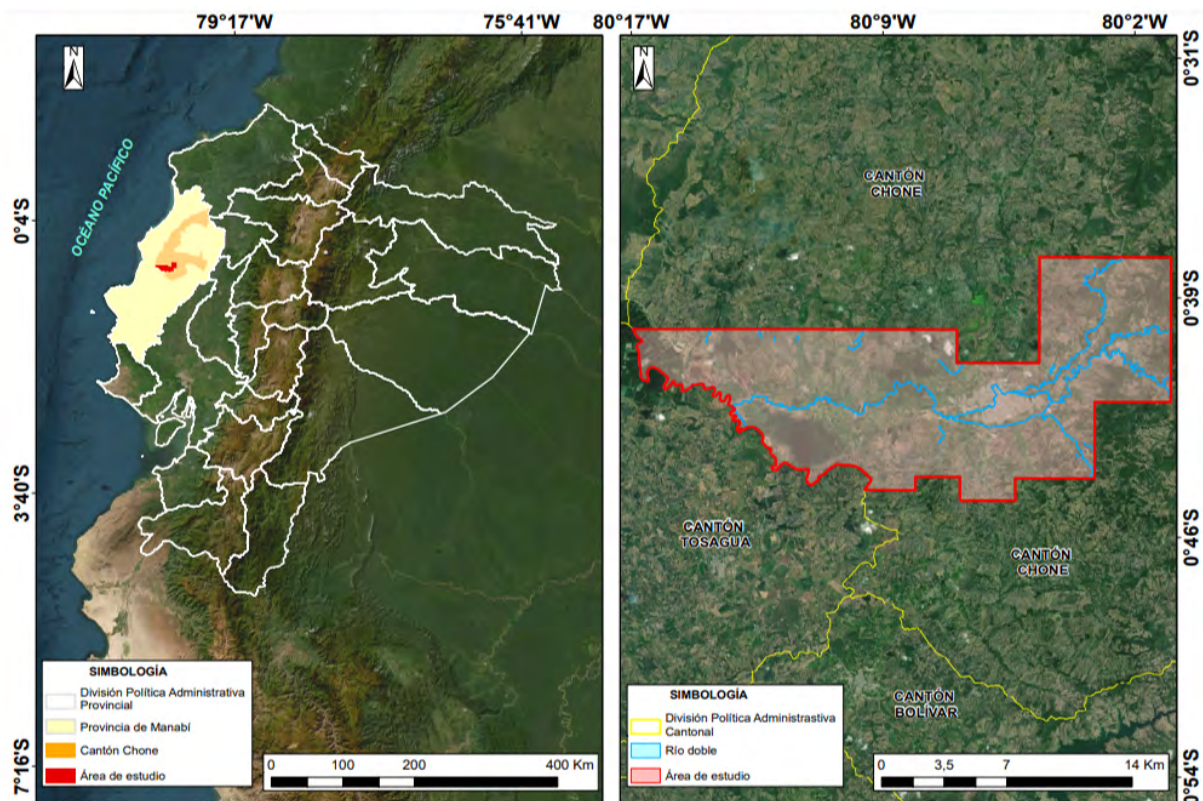


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Elaborado por: los autores

METODOLOGÍA

La metodología se basa en el uso de herramientas SIG y tecnologías para el análisis del sistema físico de la ciudad de Chone, abarcando las temáticas de geomorfología, suelo y cobertura vegetal natural. Además, se sustenta en los estudios científicos de ecología del paisaje (Zonneveld, 1989 y Kwa, 2018) integrando las variables antes mencionadas, con la finalidad de establecer la APFC y la CA.

Geomorfología

El uso de geo-tecnologías pretende evaluar el paisaje con la geoforma (unidad básica de análisis territorial) (Zinck, 2012), dando características morfológicas, morfométricas y morfogenéticas, que están constituidas por una misma roca o material superficial (Van Zuidam, 1985). Para ello se integró la fotointerpretación en 3D, que consiste en espacializar y caracterizar unidades geomorfológicas, con el apoyo de los siguientes insumos: bloques fotogramétricos (BF) en formato. blk, fotografías aéreas (distancia de la muestra en el suelo: 0,30 m), certificado de calibración y centros de exposición, además de la cartografía base a escala 1: 5 000 generada por el IGM.

La visualización estereoscópica se generó con el uso del *software* ArcGis y su extensión *SteroAnalyst* y mediante el modelo digital de elevación se obtuvo la visión en 3D (IGM, 2022). A continuación, un ejemplo de dicha visualización, la misma que se observa con la ayuda de las gafas anaglíficas 3D (Figura 2).



Figura 2. Imagen en 3D del barrio El Aguacate, Chone

Elaborado por: los autores

En la figura 2 se indica una comparación entre zonas relativamente planas y otras de mayor pendiente, que no es más que la inclinación que presenta el terreno con respecto a la horizontal (Pedraza, 1996), tomando en cuenta los rangos dados por el IGM (2022). Aquí se busca la disponibilidad para las actividades de expansión urbanística, además se analizó la erosión generada por la red hídrica, estableciendo que existen cárcavas, surcos y erosión antrópica (IGM, 2022). Este último análisis, con ayuda de información bibliográfica y la respectiva validación en campo sirve para la obtención del Factor Geológico (FG), donde se evaluó las características geotécnicas de la roca, determinadas con base al estudio del macizo rocoso establecido por Bieniawski (1989); y, los depósitos superficiales, evaluando el grado de consolidación, espesor, meteorización, humedad y estructura (IGM, 2022).

Cobertura y uso de la tierra

Este proceso se realizó a partir de productos obtenidos de sensores remotos: ortofotos e imágenes satelitales; que permiten digitalizar cada una de las unidades de cobertura, basándose en colores, tonos, texturas y formas visualizadas por el intérprete (Chuvieco, 2010). Es importante el entrenamiento en la técnica de interpretación visual y el nivel de conocimiento en las disciplinas relacionadas a la temática, para reconocer e identificar las diferentes coberturas de la tierra (Melo y Camacho, 2005).

Se utilizó dentro de los insumos las estimaciones de cultivos anuales, permanentes, plantaciones forestales del Ministerio de Agricultura del año 2020; cartografía temática de sistemas productivos del IGM del año 2014; información temática del INEC; y como guía para la digitalización se ocupa la cartografía base del IGM del año 2022.

Para la interpretación de la cobertura en Chone, se utilizaron ortofotos del año 2020 del IGM, cuyo tamaño de pixel es 0,3 m y 3 bandas (roja, verde y azul); es importante mencionar que se realizó combinación de bandas con el fin de ayudar en la interpretación y resaltar de mejor manera: suelos desnudos, zonas con vegetación, avance de actividades antrópicas y zona urbana.

Suelos

A partir de los productos elaborados por geomorfología y por cobertura, así como de modelamientos de datos climáticos para determinar la humedad y temperatura del área de estudio; parte la generación de datos de suelos, mismos que, con base en la interrelación de los factores formadores del suelo: clima, organismos, topografía, material parental, tiempo (Jenny, 1941), dieron el indicio de sus características físicas (IGM, 2022). El clima fue modelado con datos de humedad y precipitación (INAMHI, 2018); organismos, para lo que se ha considerado la cobertura vegetal; topografía, representado por los rangos de pendientes y las geoformas (Zinck, 2012); material parental, corresponde a los datos de unidad geológica o tipo de depósito superficial (IGM, 2022); y el tiempo que es un dato transversal incluido en los otros factores formadores. A esto se suma la información con que se cuenta de estudios anteriores en zonas cercanas, así como de la relación que existe entre el suelo y el paisaje (Zinck, Mattemicht, Bocco y Del Valle, 2016).

Aptitud física constructiva (APFC)

Para determinar las siete categorías de APFC, se interrelacionan variables de geomorfología (pendiente y factor geológico), así como las variables de suelos (nivel freático; textura; drenaje y pedregosidad).

Las variables utilizadas en el proyecto fueron definidas de acuerdo a su importancia en cuanto a los requerimientos para la construcción.

En primer lugar, las variables correspondientes a geomorfología, se encuentra la pendiente, considerada la más importante, denota cuán factible es desarrollar construcciones en determinado sitio, tomando en cuenta que según la Norma Ecuatoriana de Construcción (MIDUVI, 2015), en pendientes mayores al 30% se deben realizar estudios geotécnicos; el FG, se realizó con base en la composición y propiedades del material parental y de la calificación numérica que se le da según Bieniawski (1989); así también se consideran los depósitos de material rocoso y su grado de consolidación y del tipo de erosión, datos que se ingresan en una matriz de decisión que permite calificar el grado de dureza y/o consolidación.

Respecto a las cuatro variables de suelos, se encuentran: a) el nivel freático, debido a que los suelos sin presencia de una capa freática muestran características favorables para la edificación, su presencia a 30 cm o menos, no permite realizar actividades constructivas sin antes haber realizado

enmiendas (IGAC, 2010; Galacho y Arebola, 2013); b) La textura, señala la cantidad y tamaño de las partículas que forman un suelo (IGAC, 2010; *Soil Survey Staff*, 2014), considerando que cuando son homogéneas, existe peligro de licuefacción (en el caso de las arenas), o cuando son arcillas expandibles se forman grietas en el suelo. Para su agrupación, en cuatro grupos texturales (IGM, 2022), se consideró la primera ley de la geografía (Tobler, 1970), que indica que las cosas más cercanas, se parecen más. (Figura 3); c) El drenaje, permite determinar zonas inundables y húmedas (Aguiló et al., 2004); d) La pedregosidad, indica la presencia o no de fragmentos de roca en el terreno, las cuales inciden en la factibilidad constructiva (Aguiló et al., 2004; IGM, 2022).

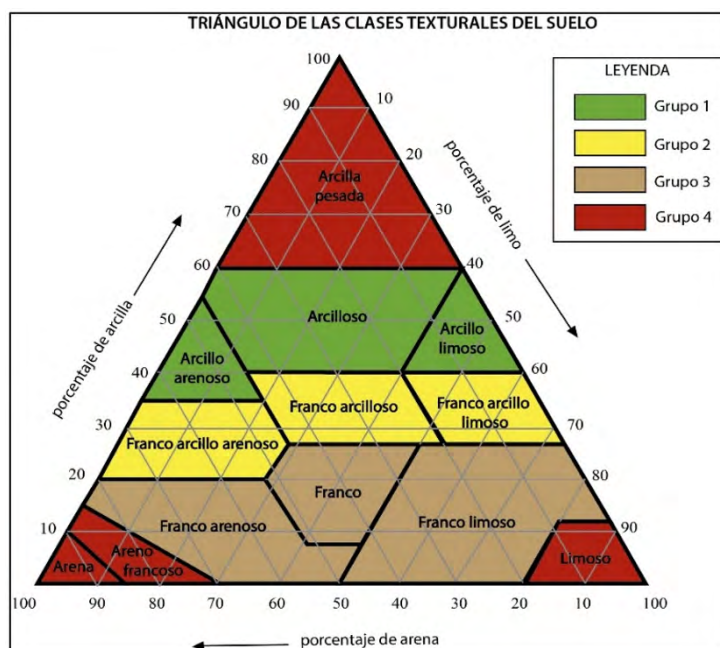


Figura 3. Grupos texturales

Fuente: IGM, 2022

Las seis variables se interrelacionan con la ayuda de una matriz de decisión, que permite calificar los sitios con mayor o menor conveniencia constructiva (Tabla 1).

Tabla 1. Aptitud Física Constructiva (APFC)

CATEGORÍAS		MUY ALTA	ALTA	MEDIA ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	NO APTA
Limitaciones		Sin	Ligeras	Ligeras a Moderadas	Moderadas	Severas	Extremas	Excluyentes
Variables	Pendiente (%)	Hasta 5	Hasta 12	Hasta 25	Hasta 40	Hasta 70	Hasta 100	Cualquiera
	Factor Geológico (FG)	FG1	FG1 y FG2	FG1, FG2 y FG3	FG1, FG2 y FG3	FG1, FG2, FG3 y FG4	FG1, FG2, FG3, FG4 y FG5	Cualquiera
	Nivel freático (cm)	Sin evidencia	Muy profundo (>120)	Profundo (> 90)	Profundo (> 90)	Moderadamente profundo (> 60)	Poco profundo (> 30)	Cualquiera
	Textura del perfil	Grupo 1	Grupo 1 y 2	Grupo 1, 2 y 3	Grupo 1, 2 y 3	Grupo 1, 2, 3, 4	Grupo 1, 2, 3, 4	Cualquiera
	Drenaje	Bueno	Bueno y moderado	Bueno y moderado	Bueno y moderado	Excesivo, moderado y bueno	Mal drenado, excesivo y moderado	Cualquiera
	Pedregosidad en superficie (%)	Sin	< a 10	< a 25	< a 50	< a 75	< a 100	Cualquiera

Fuente: IGM, 2022

Capacidad de acogida (CA)

Se determina con el método sistémico (impacto/aptitud) (Gómez, 2007; Galacho y Arrebola, 2013), utilizando una matriz de doble entrada (Tabla 2), la interacción que se realizó fue entre las siete categorías de APFC y una zonificación de multiamenazas -principalmente deslizamientos e inundaciones- (IGM, 2022); las cinco categorías indican si una zona cuenta con condiciones naturales seguras para un desarrollo constructivo (IGM, 2022).

Tabla 2. Capacidad de Acogida (CA)

CAPACIDAD DE ACOGIDA CIUDAD DE CHONE		CATEGORÍAS APTITUD FÍSICA CONSTRUCTIVA						
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	NO APTA
CATEGORÍAS MULTIAMENAZA	ALTA	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
	MEDIO	Media	Media	Media	Media	Baja	Muy baja	Muy baja
	BAJO	Alta	Alta	Media	Media	Baja	Baja	Muy baja
	NULO	Muy alta	Alta	Alta	Media	Baja	Baja	Muy baja

Fuente: IGM, 2022

RESULTADOS

Mediante la fotointerpretación en 3D se determinó que la ciudad de Chone se encuentra sobre cinco paisajes morfoedafológicos: a) paisajes compuestos de cuestras sobre areniscas y conglomerados; b) colinas arcillosas sobre limolitas, arcillas y arenas más o menos cementadas; c) colinas muy arcillosas sobre arcillas y lutitas; d) valles fluviales con complejos de terrazas indiferenciadas; y, e) formas fluvio marinas. Las unidades geomorfológicas obtenidas, en estos ambientes morfoedafológicos, poseen atributos morfométricos y morfodinámicos específicos (Tabla 3).

Tabla 3. Unidades geomorfológicas

Paisaje	Genética	Unidad Geomorfológica	Pendiente (%)	FG	SUPERFICIE (ha)
Paisajes compuestos de cuestras sobre areniscas y conglomerados	Estructural	Superficie disectada de cuestra	5 a 70	Bueno	1 727,93
		Vertiente de cuestra	12 a 200	Medio	2 983,88
Colinas arcillosas sobre limolitas, arcillas y arenas más o menos cementadas	Tectónico erosivo	Relieve colindado medio	12 a 150	Medio a malo	3 985,87
		Relieve colinado bajo	12 a 100	Medio	503,92
		Relieve colinado muy bajo	12 a 70	Medio	112,76
Valles fluviales con complejos de terrazas indiferenciadas	Fluvio - lacustre	Basin	< a 2	Muy malo	689,13
	Deposicional	Terraza media	< a 2	Medio a malo	6 217,69
		Valle fluvial	< a 5	Medio a malo	1 626,89
	Poligénicas	Coluvio aluvial antiguo	< a 12	Medio a malo	804,99
Formas fluvio marinas	Marino y fluvio-marino	Marisma	< a 2	Muy malo	27,07

Elaborado por: los autores

La fotointerpretación de cobertura y uso de la tierra y el reconocimiento en campo, determinaron que el pastizal permanente (categoría de uso pecuario), representa la cobertura predominante dentro del área de estudio con 26,02 % (5 982,30 ha), está conformada, por ejemplo, con: pasto saboya (*Panicum maximum*); le sigue, en porcentaje de ocupación la categoría de cultivo anual, cuyo uso es agrícola (15,99 %; 3 676,28 ha), está conformado por especies como: maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), yuca (*Manihot esculenta*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*), principalmente (Tabla 4).

Tabla 4. Principales coberturas vegetales

COBERTURA DOMINANTE	USO	PORCENTAJE (%)	SUPERFICIE (ha)
Saboya	Pecuario	15,99	5 982,30
Maíz	Agrícola	15,58	3582,06
Arroz		0,31	70,62

Elaborado por: los autores

Se determinaron nueve clases texturales a profundidad (> 50 cm): a) arcilloso, en geoformas como relieves colinados medios y vertientes de cuesta (13 921,03 ha; 60,56 %); b) franco arenoso, sobre terrazas medias (4 167,21 ha; 18,13 %); c) franco arcilloso, sobre geoformas como frentes de cuesta y valles fluviales (2 398,18 ha; 10,43 %); d) arcillo-limoso, mayoritariamente ubicada en superficies disectadas de cuesta (1 138,92 ha; 4,96 %); e) arcillo-arenoso, con una superficie de 309,18 ha (1,35 %); f) arena, en geoformas como coluvio aluvial antiguo (199,34 ha; 0,87 %); g) franco arcillo-limoso, con un área de 143,89 ha (0,63 %); h) arcilla pesada, sobre superficies intervenidas principalmente (67,28 ha; 0,29 %); e, i) franco, con un área de 23,78 ha (0,10 %).

La calificación del drenaje arrojó cuatro clases: a) bueno, principalmente en la geoforma relieve colinado medio (16 045,45 ha; 69,81 %); b) moderado, mayoritariamente sobre terrazas medias (3 952,09 ha; 17,19 %); c) mal drenado, principalmente en geoformas como superficie intervenida y basín (2 366,54 ha; 10,30 %); y, d) excesivo, localizada sobre las superficies intervenidas (4,73 ha; 0,02 %).

Se determinaron seis tipos de pedregosidad superficial: a) nula, sobre terrazas medias, relieves colinados medios y vertientes de cuesta (19 981,50 ha; 86,93 %; Figura 4); b) muy pocas, menos de 10 % de fragmentos gruesos encontrándose, principalmente, en superficies intervenidas (1 016,80 ha; 4,42 %); c) abundantes, entre el 50 y 75 % de fragmentos, localizándose principalmente sobre la geoforma coluvio aluvial antiguo (806,21 ha; 3,51 %); d) frecuentes, de 25 a 50 % de fragmentos gruesos, con una extensión de 279,89 ha (1,22 %); e) poca pedregosidad, 10 a 25 % de fragmentos gruesos (279,68 ha; 1,22 %), encontrándose sobre coluviones antiguos y vertientes de cuesta; y, f) pedregoso, sobre superficies intervenidas (4,73 ha; 0,02 %).



Figura 4. Perfil de suelo. Sector San Antonio

Fuente; IGM, 2022

Las categorías de nivel freático fueron cinco: a) sin evidencia, con una extensión de 17 163,42 ha (74,67 %), localizada principalmente sobre terrazas medias, relieves colinados medios y vertientes de cuesta; b) superficial, sobre superficie intervenida y basín (2 611,38 ha; 11,36 %); c) moderadamente profundo, ubicados sobre terrazas medias (2 404,07 ha; 10,46 %); d) profundo, sobre vertientes de cuesta (186,11 ha; 0,81 %); y, e) poco profundo, sobre terrazas bajas (3,83 ha; 0,02 %).

El modelamiento de las variables biofísicas determinó seis categorías de APFC (Alta, Media alta, Media, Baja, Muy Baja y no Apta), de acuerdo a sus limitaciones (Tabla 5 y Figura 5) y cuatro categorías en cuanto a CA (Alta, Media, Baja, Muy Baja), que son el resultado de la interrelación con las categorías obtenidas de multiamenazas, principalmente amenaza a inundación media (Tabla 6 y Figura 6).

Tabla 5. Principales Categorías de APFC

CATEGORÍAS APFC	GEOFORMA PRINCIPAL	LIMITANTE	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
ALTA	Superficie disectada de cuesta	Pendiente hasta 12%	107,79	0,47
MEDIA ALTA	- Superficie de relieve - Valle fluvial	Pendiente Factor Geológico FG 3	4 420,80	19,23
MEDIA	- Relieve colinado medio - Relieve colinado bajo	Pendiente hasta 40%	3 673,04	15,98
BAJA	- Coluvio aluvial antiguo - Relieve colinado medio	Pendiente hasta 70% Factor Geológico	8 431,97	36,68
MUY BAJA	- Relieve colinado medio - Vertiente de cuesta	Pendiente hasta 100% Factor Geológico	1 507,30	6,56
NO APTA	- Vertiente de cuesta - Superficie intervenida	Pendiente > 100% Nivel freático	4 227,91	18,4

Elaborado por: los autores

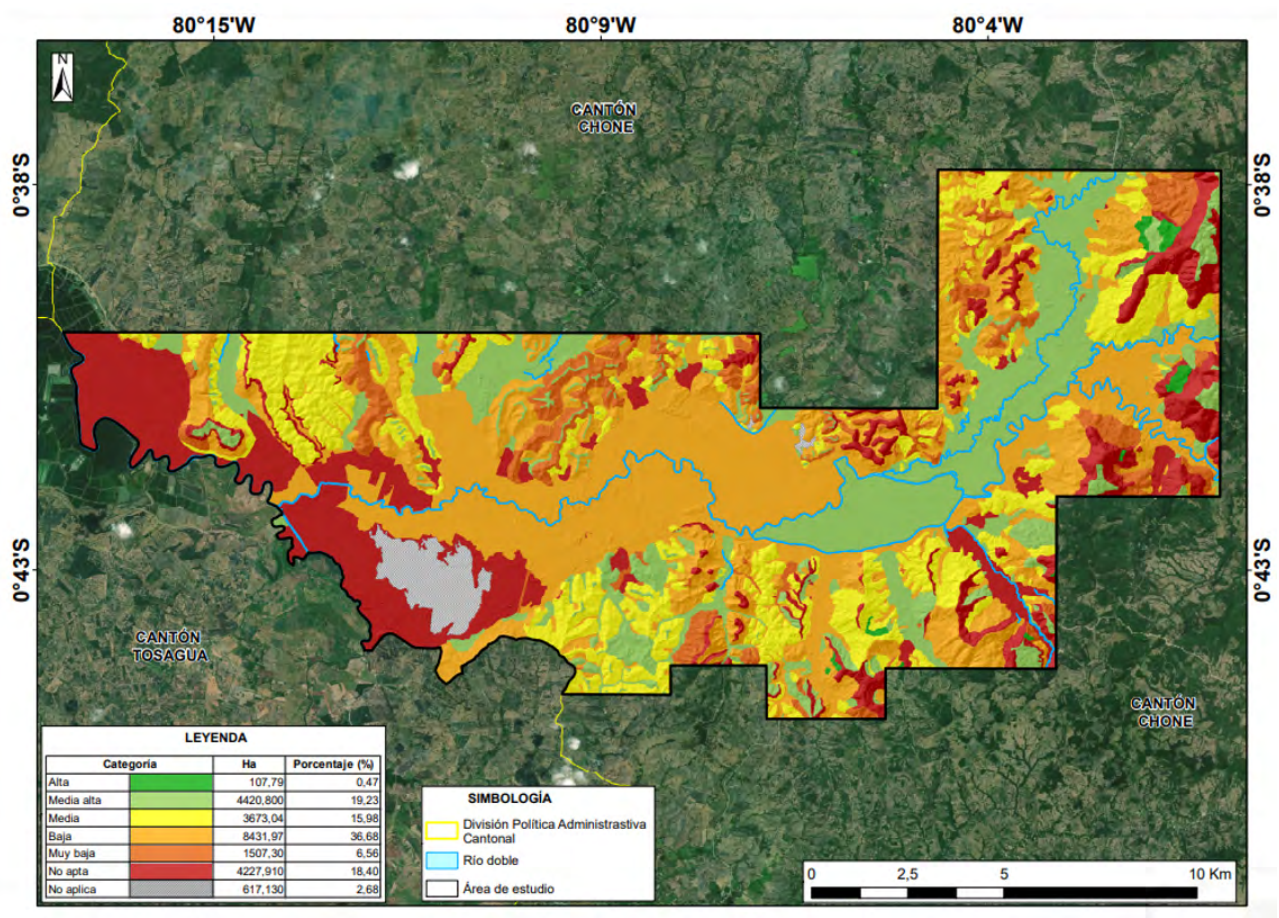
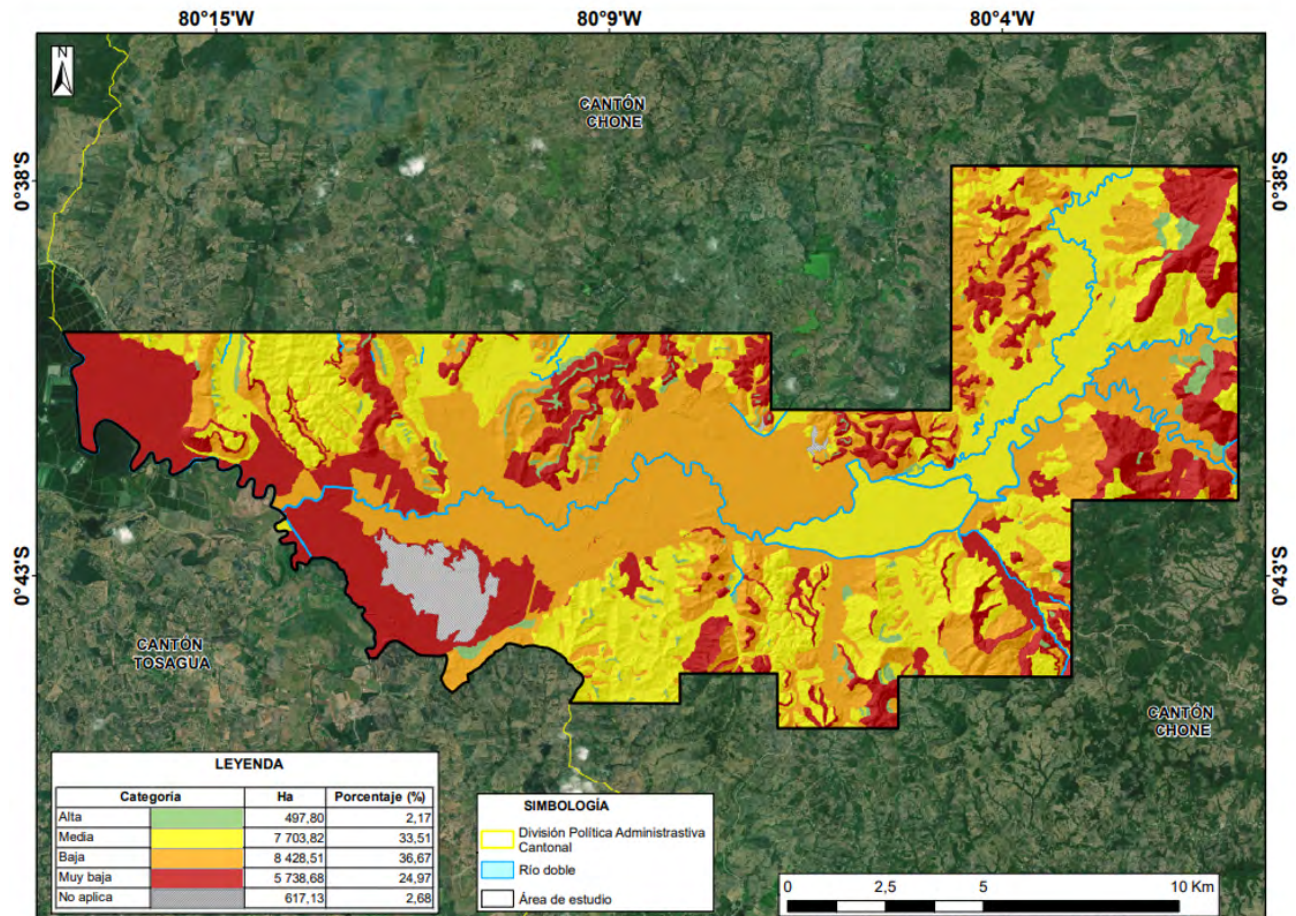


Figura 5. APFC del área de estudio
Elaborado por: los autores

Tabla 6. Principales Categorías de CA

CATEGORÍAS CA	CATEGORÍA APFC	AMENAZAS PRINCIPALES	ÁREA (ha)	PORCENTAJE (%)
ALTA	Media alta Alta	Nula	497,8	2,17
MEDIA	Media alta Media	Inundaciones	7 703,82	33,51
BAJA	Baja Muy baja	Inundaciones Deslizamientos	8 428,51	36,67
MUY BAJA	No apta	Deslizamientos Inundaciones	5 738,68	24,97

Elaborado por: los autores

**Figura 6.** CA del área de estudio*Elaborado por: los autores*

DISCUSIÓN

La revisión de información bibliográfica, fotointerpretación 3D en SIG y trabajos de campo han permitido determinar que el área de estudio está constituida por paisajes compuestos de cuevas sobre areniscas y conglomerados; colinas muy arcillosas sobre arcillas y lutitas; valles fluviales con complejos de terrazas indiferenciadas y al oeste de la ciudad se localizan formas fluvio marinas heredadas de transgresiones marinas cuaternarias concordando con Winckell, et al. (1997).

Las pendientes más representativas son de 0 a 5%, que van de planas a suaves, se asocian a geoformas de origen deposicional (terrazas, valles fluviales, meandros y cauces abandonados); estas unidades se caracterizan por presentar depósitos aluviales compuestos de grava, arena y arcilla. El FG es medio y malo, principalmente por encontrar material suelto.

Otras geoformas son los relieves colinados presentan un amplio rango de pendientes que va desde el 2 al 150 % y están relacionadas a la Formación Dos Bocas, consisten en lutitas con vetillas de yeso, en la parte superior presenta arcillas intercaladas de areniscas (Bristow y Hoffstetter, 1977); se asocia un FG medio y malo, debido al tipo de erosión (surcos y antrópica). Por encima de estos relieves podemos encontrar cuevas de origen estructural, tiene pendientes del 5 hasta 200%, pertenece a la Formación Angostura y constituye de areniscas con granulometría gruesa a fina, además, se puede apreciar arcillas arenosas (Bristow y Hoffstetter, 1977). Presenta un FG bueno a

medio.

Es importante mencionar que en la ciudad se encuentra un humedal denominado como la Segua, que, para este estudio se ha definido como la geoforma Basín, se caracteriza por un drenaje muy deficiente, presencia del nivel freático en la superficie y tiene pendiente menor al 2 %. Está asociada a depósitos de arcilla y limo con un FG muy malo.

Las variables relacionadas biofísicas (Figura 7) para la determinación de APFC y la posterior CA, son indispensables para la determinación de la zonificación: el rango de pendiente influye directamente en la calificación, debido a que es la variable que ubica de manera directa a las tierras en cada una de las clases; es importante mencionar que la construcción en lugares con pendientes mayores a 25 % es posible y técnicamente viable, pero, representa un mayor gasto económico y a su vez, puede existir mayor riesgo a amenazas a deslizamientos (Galacho y Arrebola, 2013; Reyes et al, 2020); la presencia del nivel freático en las zonas planas representa una limitante de mucha consideración en la ciudad ya que al relacionarse, principalmente, con la textura del tipo arcilla pesada (expansiva) encontrada, concordando con Moreno et al. (2022), se provocan los movimientos de expansión-retracción (Porta y López, 2005).

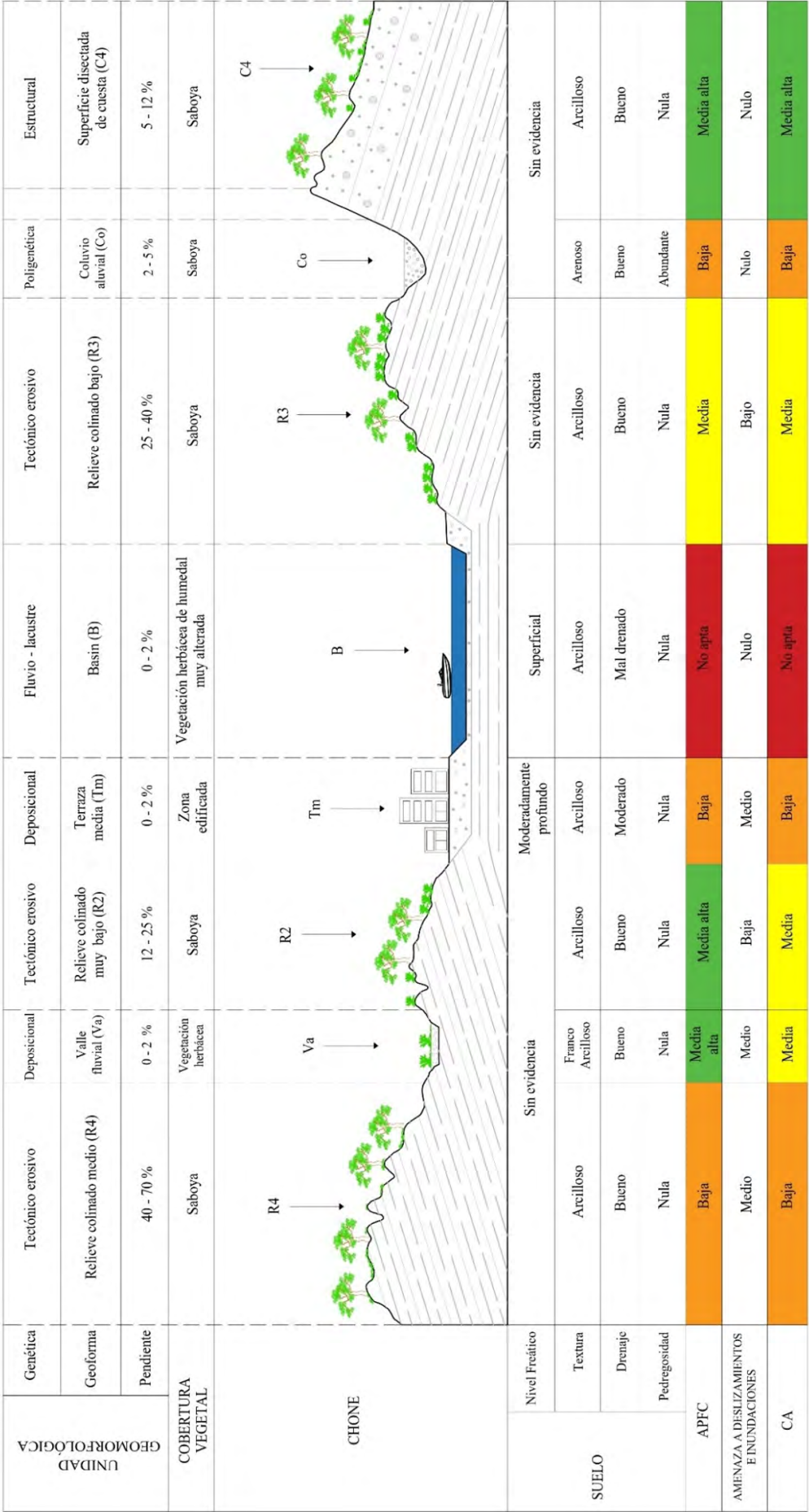


Figura 7. Perfil esquemático de Chone
Elaborado por: los autores

CONCLUSIONES

La zonificación de la CA permite categorizar al territorio de Chone en cuatro clases, de las cuales, la que tiene mayor superficie es la baja, caracterizada por presentar variables físicas como texturas de suelo tipo arcilla pesada o arena, pedregosidad abundante y nivel freático moderadamente profundo -presente desde los 50 cm-, lo que dificulta las actividades constructivas, es decir, el área de estudio posee una APFC baja; además, que se evidencia que son zonas con amenaza a inundaciones de categorías alta y media.

El uso del enfoque científico de ecología de paisaje y la aplicación de geo-tecnologías como el análisis y fotointerpretación 3D, de imágenes y levantamiento de datos con equipos de precisión, nos ha permitido manejar las características biofísicas del territorio de una forma eficiente, es decir, el tiempo de levantamiento de datos y su procesamiento para obtener información se han vuelto más rápidos, con ello, se elaboraron modelos de síntesis como la APFC y CA, los cuales son un instrumento e insumo primordial para el desarrollo territorial en la ciudad de Chone, ya que brindan información a detalle (1: 5 000), fundamental de áreas compatibles para la planificación de nuevos proyectos en beneficio de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiló, M., Aramburu, M., Blanco, A., Calatayud, T., Carrasco, R., Castilla, G y Yoldi, L. (2004). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid (España). Secretaría General Técnica. Disponible en: <https://bit.ly/2FPLTZ5>
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. New York, Wiley. Disponible en: <https://bit.ly/2YYx8fM>
- Bristow, C., y Hoffstetter, R., (1977). *Lexique stratigraphique international, volume V, Amérique latine in Ecuador, Equateur*. Fascicule 5a2, GéoProdig, portail d'information géographique. Disponible en: <https://bit.ly/32YukAv>
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Editorial Ariel, S.A. Barcelona. <https://bit.ly/2Py6QOm>
- Galacho, F. y Arrebola, J. (2013). *Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales*. Investigaciones Geográficas, (60), 69-85. Disponible en: <https://bit.ly/3GSucZT>
- Gómez, D. (2007). *Ordenación territorial*. Mundi-Prensa Libros. Disponible en: <https://bit.ly/2P3XoAi>
- IGAC. (2010). *El ABC de los suelos para no expertos*. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en: <https://bit.ly/2uw5KHp>
- IGM (2022). *Memoria Técnica de la ciudad de Chone*. Instituto Geográfico Militar. Disponible en: <https://n9.cl/u9k6d>
- INAMHI. (2018). *Datos mensuales y diarios de precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa desde 1980 a 2016 de las estaciones a nivel nacional*. Quito, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). *Censo de Población y Vivienda CPV2010*. Disponible en: <https://bit.ly/3EMXmXV>

- Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation. A system of quantitative Pedology*. McGraw-Hill Publications in the Agricultural Sciences. University of California, Berkeley. Disponible en: <https://amzn.to/2WF2RAf>
- Kwa, C. (2018). *The visual grasp of the fragmented landscape: plant geographers vs. plant sociologist*. Historical Studies in the Natural Sciences, 48 (2), 180-222. Disponible en: <https://doi.org/10.1525/hsns.2018.48.2.180>
- MAG. (2020). *Estimaciones de cultivos permanentes, banano, caña de azúcar y palma aceitera*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Disponible en: <https://bit.ly/2Ci14tQ>
- Melo, L.H., y Camacho, M.A. (2005). *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la Tierra*. Santa Fe de Bogotá. Disponible en: <https://bit.ly/2YM9qmp>
- MIDUVI. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción: Viviendas hasta de 2 pisos con luces de hasta 5m. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Disponible en: <https://bit.ly/2Daffln>
- Moreno, V.J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Haro, R., Zambrano, J., y Reyes, D. (2022). Suelos de la Costa. En: J. Espinosa, J. Moreno y G. Bernal (eds). Suelos del Ecuador. Instituto Geográfico Militar (IGM). Quito, Ecuador.
- Porta, J., y López, M. (2005). Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Cataluña, España.
- Reyes Pozo, M.D., Moreno Izquierdo, V.J., López Alulema, A.C., Lasso Benítez, L., Suango Sanchez, V., Toulkeridis, T. (2020). Use of the Heuristic Model and GIS to Zone Landslide Hazards in the Mira River Basin, Ecuador. In: Rodriguez Morales, G., Fonseca C., E.R., Salgado, J.P., Pérez-Gosende, P., Orellana Cordero, M., Berrezueta, S. (eds) Information and Communication Technologies. TICEC 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1307. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_19
- SGR, et al. (2012). Referencias básicas para la gestión de riesgos 2013-2014. Secretaría de Gestión del Riesgo. 62-63. Disponible en: <https://bit.ly/2CajoYf>
- Soil Survey Staff (2014). *Claves para la Taxonomía de suelos*. Décima segunda edición. USDA, NRCS. Disponible en: <https://bit.ly/2LxcRts>
- Tobler, W. R. (1970). *A computer movie simulating urban growth in the Detroit region*. Economic Geography, Vol. 46 (sup1), 234-240. Disponible en: <https://bit.ly/3Fqq15s>
- Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. España, Pearson. Disponible en: <https://bit.ly/2U95kBa>
- Van Zuidam, R.A. (1985). Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphic mapping. *International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC)*. Printed Smith Publishers. Netherlands. ISBN-13: 978-9070043247. Disponible en: <https://stanford.io/2HXepv8>
- Winckell, A., Zebrowski, C. y Sourdat, M. (1997). *Los paisajes naturales del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM del Ecuador. Disponible en: <https://bit.ly/2PpojIH>
- Zinck, A. (2012). *Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. ISBN: 90 6164 339 2. Disponible en: <https://bit.ly/2OMm9AJ>
- Zinck, J. A., Metternicht, G., Bocco, G., y Del Valle, H. F. (2016). *Geopedology*. Springer International Publishing Switzerland. Disponible en: <https://n9.cl/vxzs5>
- Zonneveld, I. (1989). The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3 (2), 67-86. Disponible en: <https://bit.ly/3u329j3>