

Application of geospatial analysis for soil classification in La Libertad region, Peru. 2020

Aplicación de análisis geoespacial para la clasificación de suelos en la región La Libertad, Perú. 2020

Adrián Francisco Bazán Medina, Bachiller¹, Grant Ilich Llaque Fernández, Magíster², Marlon Walter Valderrama Puscán, Magíster³, and Jessica Marleny Luján Rojas, Magíster⁴.

¹Universidad Privada del Norte, Perú, adrian_bazanm@hotmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, grant.llaque@upn.pe

³Universidad Privada del Norte, Perú, marlon.valderrama@upn.pe

⁴Universidad Privada del Norte, Perú, jessica.lujan@upn.pe

Abstract— The main objective of the research work was to update the soil classification map of the La Libertad region. The research is descriptive, and its sample was represented by all the soils of the studied region. To do this, we worked with the Earth Explorer, Google Earth and ArcGis 10.8 programs, which allowed us to identify, evaluate and classify the soils present according to the Land Classification system for its Major Use Capacity in the study region. The results obtained were that the La Libertad region is made up of five groups of soils, occupying the following areas: Protected lands with 66.69%, Lands suitable for pasture with 16.70%, Lands suitable for clean cultivation with 14.93%, Lands suitable for forest production with 1.53% and Land suitable for permanent crops with 0.15%. Concluding that the economic and population growth of the La Libertad region has brought with it a strong pressure on natural resources. Therefore, it is important to have an updated management document as it will allow establishing adequate strategies for the sustained use of the land in the development of the population.

Keywords— Geospatial analysis, soil classification, La Libertad region, increased usability, and SIG.

Resumen— El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal actualizar el mapa de clasificación de suelos de la región La Libertad. La investigación es de tipo descriptivo, y su muestra estuvo representada por todos los suelos de la región estudiada. Para ello, se trabajó con los programas Earth Explorer, Google Earth y ArcGis 10.8, los cuales permitieron identificar, evaluar y clasificar los suelos presentes según el sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor en la región de estudio. Los resultados obtenidos fueron que la región La Libertad está conformada por cinco grupos de suelos, ocupando las siguientes áreas: Tierras de protección con 66.69%, Tierras aptas para pastos con 16.70%, Tierras aptas para cultivo en limpio con 14.93%, Tierras aptas para producción forestal con 1.53% y Tierras aptas para cultivos permanentes con 0.15%. Concluyendo que, el crecimiento económico y poblacional de la región La Libertad ha traído consigo una fuerte presión sobre los recursos naturales. Por lo tanto, es importante contar con un documento de gestión actualizado ya que permitirá

establecer estrategias adecuadas para el uso sostenido del suelo en el desarrollo de la población.

Palabras clave—Análisis geoespacial, clasificación de suelos, región La Libertad, capacidad de uso mayor y SIG.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población es uno de los principales problemas a nivel global, ya que produce un incremento en la demanda de recursos renovables y no renovables, y como consecuencia de esto, se generan impactos negativos sobre el medio ambiente y su funcionamiento. De igual manera, se produce un incremento en las actividades económicas como la minería, ganadería, agricultura, etc., que son las principales causas de las alteraciones ambientales, así como en los cambios de los usos del suelo; ocasionando que se originen mayores problemas como la desertificación y degradación de la tierra [1].

Teniendo en cuenta que el suelo es de vital importancia para el desarrollo de la población, diversos países y organizaciones ya están tomando la iniciativa para el cuidado de este. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los suelos de todo el mundo se están degradando rápidamente debido al agotamiento de los nutrientes, a la erosión y entre otras amenazas [2]. De igual forma, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) señala que las alteraciones en la calidad de los suelos se ven estimulados principalmente por el crecimiento demográfico y económico, factores que se espera que persista en las próximas décadas [2].

Revisando el impacto a los suelos, se puede mencionar que, en España, las extracciones mineras generan repercusiones e impactos ambientales en el suelo que son permanentes y de gran virulencia [3]. Además, en algunos casos esta actividad utiliza mercurio en algunos de sus procesos, el cual entra en contacto con el suelo y a pesar de

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.121>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

que su concentración sea baja, su presencia puede suponer un importante riesgo [4]. De la misma forma, en Bolivia, la ganadería afecta de manera negativa al suelo, el cual es ocasionado por el sobrepastoreo, el manejo indiferente, el cambio del uso del suelo y entre otros problemas [5].

Perú no es indiferente a lo que está sucediendo, ya que los problemas ambientales han ido aumentando en los últimos años [6]; teniendo claras preocupaciones con respecto a la erosión del suelo, que es uno de los principales problemas que se viene intensificando [7]., la pérdida de biodiversidad, la degradación de los recursos naturales, etc. Además, el uso del suelo junto con el cambio climático crea gran presión y alteración en los bosques [6]. Todos estos problemas afectan al medio ambiente y a las diversas actividades económicas.

De igual manera, el crecimiento económico en el país ha permitido que muchos empresarios inviertan en distintas actividades dependiendo de la zona. Sin embargo, existe un desfase documentario que permita factibilizar con certeza dichas inversiones o una guía actualizada que establezca un patrón respetuoso con los ecosistemas. Por lo que, la información sobre las clases de suelo tiene una importancia fundamental en el ordenamiento territorial, en la predicción de producciones agrarias, etc. [8]. Por ende, una de las finalidades del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (CTCUM), el cual forma parte del Decreto Supremo N° 017-2009-AG, es evitar la degradación de los suelos como medio natural de bioproducción y como fuente alimentaria.

La necesidad de poder establecer un uso sostenido y ordenado del ámbito geográfico y de sus recursos permitirá conocer no solo sus limitaciones, sino también su potencial, lo cual ayudará a controlar la degradación y planificar de forma adecuada su aprovechamiento, logrando así de la mano un desarrollo sostenido de las poblaciones [5]. Perú posee 24 departamentos, solo 16 cuentan con un estudio de suelos y capacidad de uso mayor; el cual abarca un total del 58% del territorio nacional [9]. Los métodos empleados para la ejecución de los estudios se basan principalmente en lineamientos y normas que establece el Manual del Soil Survey, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y el Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú, además, el reconocimiento y descripción de las unidades de uso de la tierra se realizan sobre la base de imágenes satélite e información de campo.

Para el desarrollo de la investigación se consideraron relevantes los siguientes aportes debido a sus similitudes y complementos con el estudio; como Fernández, quien en su investigación tuvo como objetivo procesar digitalmente imágenes multiespectrales Landsat 8 para generar cartografía e identificar el uso de suelo en el año 2018. La caracterización del uso de suelo se realizó mediante el software ArcGis 10.3, calculando el índice de vegetación, índice de suelo e índice de agua, uniéndose en una sola imagen sobre la que se realizó una clasificación digital obteniendo el mapa de uso de suelo. Posteriormente, se obtuvo como resultado que la determinación de los diferentes usos que posee un territorio es

una información muy útil a la hora de tomar decisiones [10]. Así también, Torrez tuvo como objetivo caracterizar los suelos en relación con su aptitud y uso actual de la tierra en las comunidades de Tuquí y Huncallani, Provincia Los Andes del Departamento de La Paz, en el año 2014. En el cual se aplicó el procedimiento de la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso. Obteniendo como resultado que la comunidad de Tuquí cuenta con una superficie utilizable de 1.205,88 ha, del cual 314,93 ha no tienen correspondencia de uso actual con capacidad de uso, donde los usos de suelos se aprovechan de manera inadecuada. [5].

En la región La Libertad se encuentra una gran cantidad de empresas que utilizan el recurso suelo para su beneficio, como lo son las empresas agroindustriales, mineras, pecuarias, entre otras; por otro lado, no se tienen suficientes investigaciones ni documentos normativos actualizados, acerca de las características y las clases de suelos que ocupan toda la región. Debido a ese contexto, se vio con la necesidad de realizar un estudio con el objetivo de actualizar el mapa de clasificación de suelos de la región La Libertad según el reglamento nacional CTCUM. También se analizaron los principales documentos de gestión relacionados a la clasificación de suelos, se elaboró el mapa de capacidad de uso mayor para actualizar la clasificación de los suelos de las provincias de la región La Libertad, y se comparó los resultados obtenidos entre el mapa elaborado por el ONERN en el año 1982 y el elaborado en el presente estudio.

II. METODOLOGÍA

El enfoque considerado para esta investigación es cuantitativo, ya que utiliza de manera conjunta los datos numéricos y los resultados obtenidos del análisis de la actualización del mapa de suelos de la región La Libertad. Así mismo, enmarca dentro del tipo descriptivo, dado que describe las condiciones físicas y socioeconómicas de los suelos de la región. Después de describir, se interpretó y evaluó cada clase de suelo correspondiente al área de estudio.

Para la determinación de la muestra, el presente estudio consideró los suelos que conforman el territorio peruano, de los cuales, debido a la aplicación de diversos criterios de exclusión: regiones geográficas que no tienen estudios de suelos, así como también aquellas regiones que no están conformadas por las tres regiones naturales. Seleccionando para el trabajo de investigación a los suelos pertenecientes a la región de La Libertad.

Para el análisis documentario se recopilaron documentos de gestión sobre el cuidado y conservación del suelo, así también, relacionados a la clasificación de este recurso. Posteriormente, se analizaron cada uno de los documentos y se elaboró un breve análisis sobre estos, presentándolos en una tabla.

Por otra parte, se trabajó con programas de información geográfica en su versión libre (Earth Explorer, Google Earth Pro y el mapa base del software ArcGis 10.8) para obtener

imágenes claras y georreferenciadas de cada provincia de la región; y con la ayuda de fuentes secundarias se logró identificar, comparar y analizar cada una de las clases de suelos presentes en la región La Libertad. Posteriormente, con la ayuda del software ArcGis 10.8 en su versión de prueba, se crearon diversos shapefile los cuales se delimitaron por provincia; posteriormente, se procedió a completar la tabla de atributos de cada uno (calculando el área y el perímetro); y se culminó uniendo los shapefile de cada una de las provincias, formando así, el mapa actualizado de capacidad de uso mayor de los suelos de la región La Libertad.

Finalmente, con los datos obtenidos de los grupos y subclases de suelos presentados en el mapa de clasificación de suelos elaborado, se elaboraron dos tablas: en la primera se unieron las clases de suelos presentes, detallándolos por área (km²) y porcentajes que ocupan en la región; posteriormente, se agruparon por grupos y subclases de suelos; aplicándose la siguiente fórmula:

$$T = G_1 + G_2 + \dots + G_x$$

Donde T es el total que abarca el grupo de suelo en toda la región y G viene a ser el grupo de suelo individualmente; esto sirvió para elaborar la segunda tabla, en la cual se realizó una comparación cuantitativa de los grupos de suelos, los porcentajes de ocupación, según el mapa de suelos elaborado en el año 1982 por el ONERN y el mapa elaborado en el presente estudio.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se basa en la aplicación de análisis geoespacial en los suelos de las diferentes provincias que conforman la región La Libertad, y la cual, tiene como finalidad actualizar la clasificación de los suelos que conforman la región. Para ello, se realizaron diversos mapas temáticos con la ayuda del software ArcGis 10.8, en los cuales se visualizan los diferentes tipos de suelos considerados en el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. Así también, lo asevera la teoría que se basa en la clasificación de suelos, que consiste en asociar con un rango de características semejantes (químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas [11].

Con el objetivo de analizar los principales documentos de gestión relacionados a la clasificación de suelos, en la tabla N°1 se recopiló y se realizó un breve análisis sobre cada uno de los principales documentos de gestión del recurso suelo, los cuales mencionan la importancia de la conservación y del uso racional y sostenible de este recurso con el fin de obtener un óptimo beneficio económico y social respetando los principios del desarrollo sostenible.

TABLA I
PRINCIPALES DOCUMENTOS DE GESTIÓN DEL RECURSO SUELO

Documento	Descripción
-----------	-------------

Reglamento de Clasificación de Tierras. DS N° 062-75-AG.	Reglamento publicado en el año 1975 que tiene como objetivo principal establecer un sistema nacional de clasificación de tierras según las características ecológicas de las diversas regiones del país, con el fin de difundir el uso racional permanente de las tierras, y así evitando la destrucción y deterioro del suelo [L1].
Mapa de Clasificación de Tierras del Perú.	La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN, publica el Mapa de Clasificación de Tierras del Perú en el año 1982. En el cual considera el Grupo de Capacidad de Uso Mayor e incluye las categorías de Clases y de Subclases [L2].
Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales	Ley publicada en el año 1997 por el estado peruano y que tiene como objetivo fomentar y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, gestionando un equilibrio entre el desarrollo económico, la preservación del medio ambiente y el crecimiento integral del ser humano [L2].
Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre. DS N° 014-2001-AG.	Reglamento publicado en el año 2001 y que tiene como objetivo principal regular y supervisar el uso sostenible y la conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre del país. Este establece que las tierras se clasifican según su capacidad de uso mayor [L3].
Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. DS N° 017-2009-AG.	Reglamento publicado en el año 2009 que tiene como objetivo principal asignar a cada unidad de suelo su uso y manejo más apropiado. Este sistema de clasificación está conformado por tres categorías de uso: Grupo, Clase y Subclase de Capacidad de Uso Mayor [L4].

Los documentos estudiados dan inicio con el DS N° 062-75-AG en el año 1982, dando una idea general sobre el cuidado y uso racional del suelo. Más adelante se publicaron diversos documentos de gestión detallando de una mejor manera sobre el cuidado y el correcto uso que se le debe dar a este, culminando con el DS N° 017-2009-AG en el año 2009, el cual establece el Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor y es en el cual se guía la presente investigación. Estos documentos que se han ido publicando a lo largo del tiempo, ayudan a prevenir problemas ambientales y así mejorar la calidad de los procesos, y el patrón de vida en general [13]. Así también, es fundamental generar políticas con el objetivo de solucionar la problemática del daño al medio ambiente en general [14]. Cabe precisar, que la evolución de la actualización del reglamento de Clasificación de Tierras formalmente se realizó en dos oportunidades, en el año 1975 y en el año 2009; además, hasta la fecha no se

cuenta con un mapa de Capacidad de Uso Mayor de los suelos en la región La Libertad actualizado, siendo este último del año 1982, ocasionando que la región se desarrolle con documentos técnicos desfazados, el cual complica la sostenibilidad y sustentabilidad de la región.

Por otra parte, se elaboró el mapa de capacidad de uso mayor de los suelos de la región La Libertad, en el cual, para observar de una forma más precisa se realizó de manera individual por cada provincia iniciando con Chepén y culminando con Pataz. Y se finaliza uniendo los mapas de cada provincia en un solo mapa de suelos de la región estudiada.

De acuerdo con la Fig. 1, se obtuvo que la provincia de Chepén está conformada por los grupos: Tierras de protección y Tierras aptas para cultivo en limpio; así como también, de la subclase de Riego permanente u suplementario.

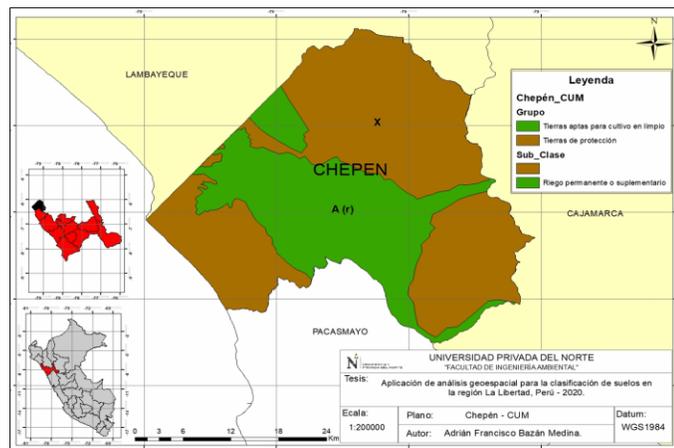


Fig. 1 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Chepén, región La Libertad.

De igual forma, como se observa en la Fig. 2, se obtuvo que la provincia de Pacasmayo está conformada por los grupos: Tierras de protección y Tierras aptas para cultivo en limpio; así también, de la subclase Riego permanente u suplementario.

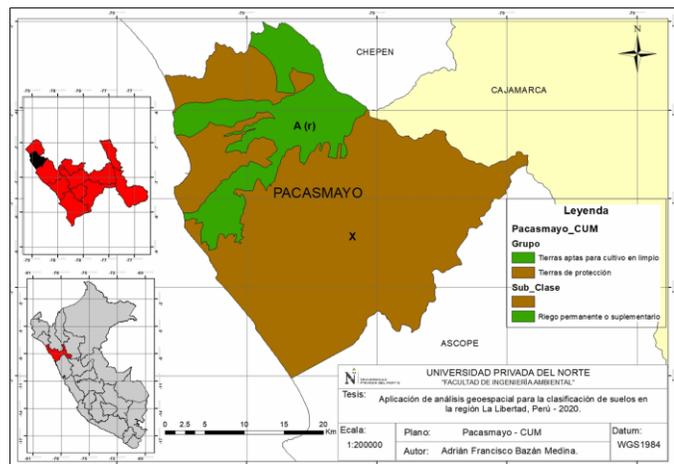


Fig. 2 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Pacasmayo, región La Libertad.

De acuerdo con la Fig. 3, se obtuvo que la provincia de Ascope está compuesta por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para pastos, Tierras aptas para cultivos permanentes y Tierras aptas para cultivo en limpio. De igual manera, las subclases que la provincia son: Riego permanente u suplementario y Limitación por sales.

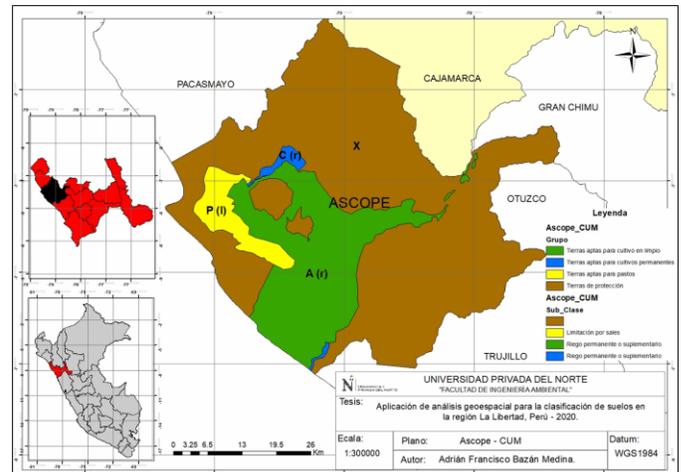


Fig. 3 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Ascope, región La Libertad.

Del mismo modo, en la Fig.4 se puede observar que la provincia de Trujillo está conformada por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para cultivo en limpio y Tierras aptas para producción forestal. Así también, de las subclases: Riego permanente u suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

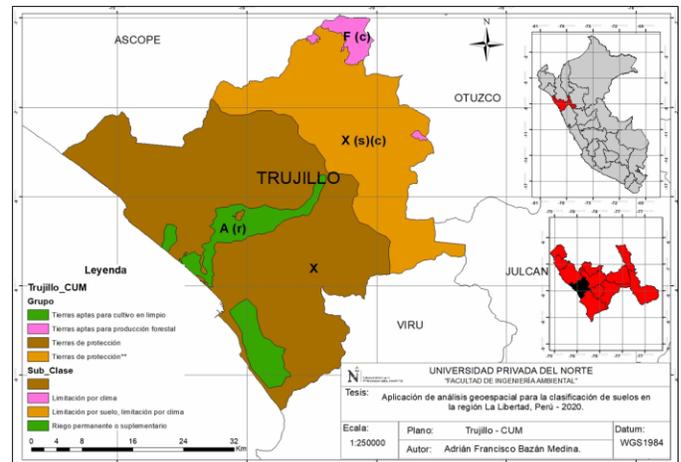


Fig. 4 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Trujillo, región La Libertad.

Así también, como se observa en la Fig. 5, se obtuvo que la provincia de Virú está conformada por los grupos: Tierras de protección y Tierras aptas para cultivo en limpio. De igual manera, las subclases que conforman la provincia de Virú son: Riego permanente u suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

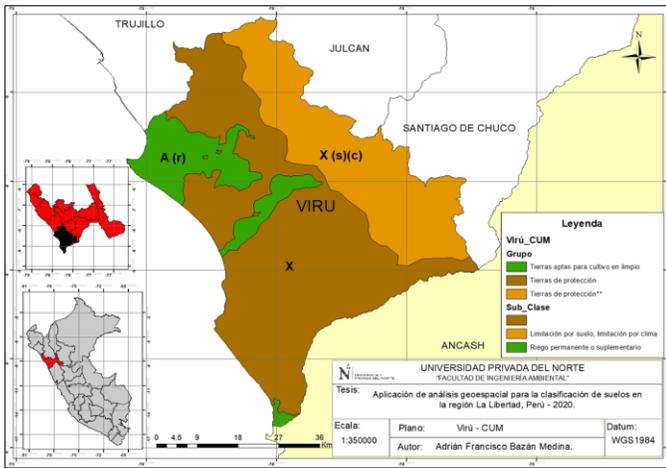


Fig. 5 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Virú, región La Libertad.

De acuerdo con la Fig. 6, se obtuvo que la provincia de Gran Chimú está conformada por los siguientes grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para producción forestal, Tierras aptas para pastos, Tierras aptas para cultivo en limpio y Tierras aptas para cultivos permanentes. De igual manera, las subclases que conforman esta provincia son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por riesgo de erosión.

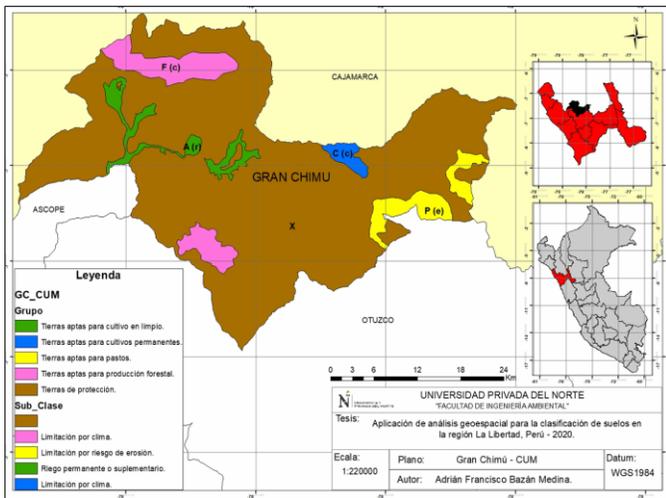


Fig. 6 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Gran Chimú, región La Libertad.

De igual forma, en la Fig. 7 se puede observar que la provincia de Otuzco está conformada por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para producción forestal, Tierras aptas para pastos y Tierras aptas para cultivo en limpio. Así también, las subclases que conforman la provincia de Otuzco son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

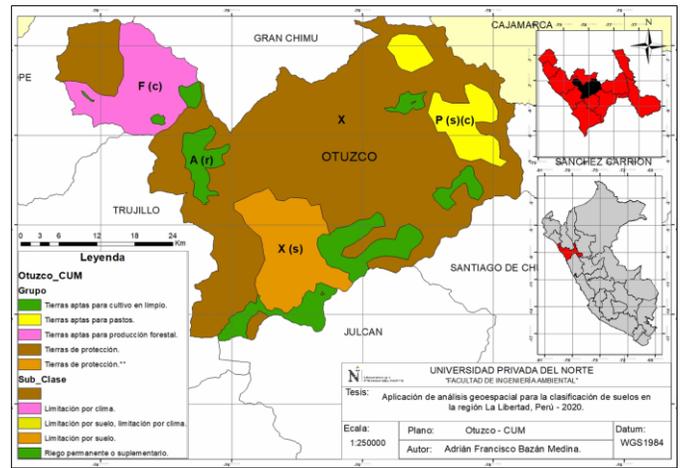


Fig. 7 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Otuzco, región La Libertad.

De acuerdo con la Fig. 8, se obtuvo que la provincia de Julcán está conformada por los siguientes grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para producción forestal, Tierras aptas para pastos y Tierras aptas para cultivo en limpio. De igual manera, las subclases que conforman dicha provincia son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

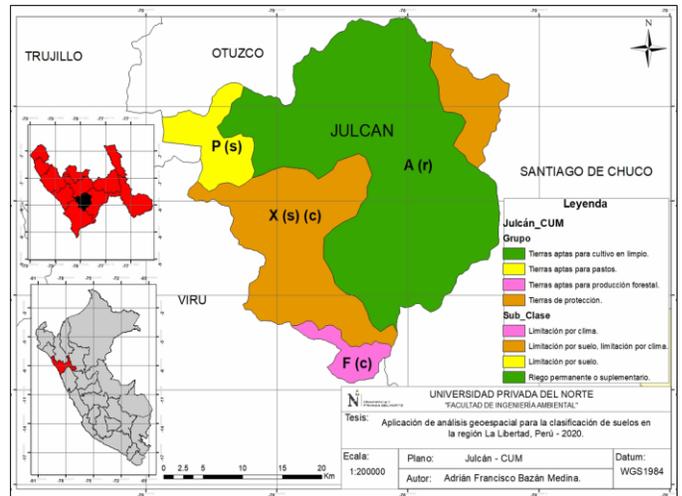


Fig. 8 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Julcán, región La Libertad.

Así También, como se observa en la Fig. 9, se obtuvo que la provincia de Santiago de Chuco está conformada por los siguientes grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para pastos y Tierras aptas para cultivo en limpio. Así también, las subclases que conforman la provincia de Julcán son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

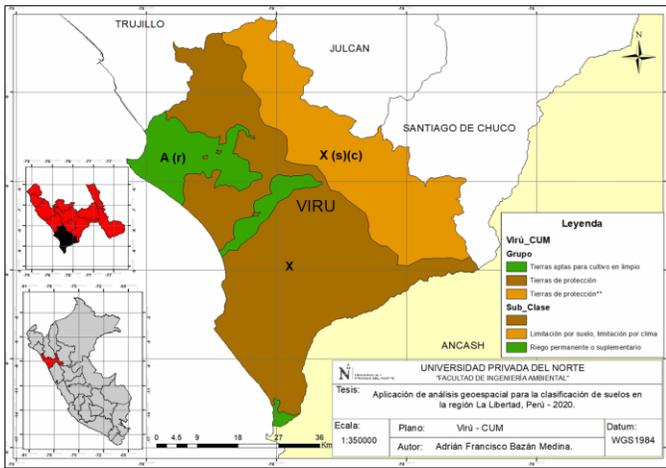


Fig. 9 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad.

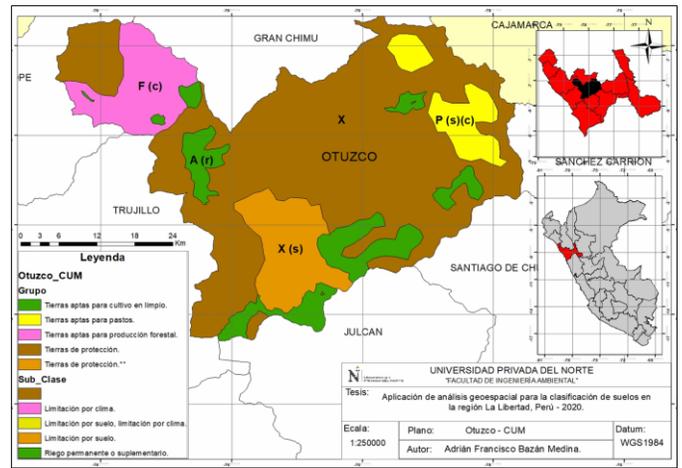


Fig. 11 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Bolívar, región La Libertad.

Del mismo modo, de acuerdo con la Fig. 10, la provincia de Sánchez Carrión está conformada por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para pastos y Tierras aptas para cultivo en limpio. Así también, las subclases que conforman la provincia son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

Finalmente, como se puede observar en la Fig. 12, se obtuvo que la provincia de Pataz está conformada por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para producción forestal, Tierras aptas para pastos y Tierras aptas para cultivo en limpio. Así también, las subclases que conforman la provincia de Patáz son: Riego permanente o suplementario y Limitación por clima.

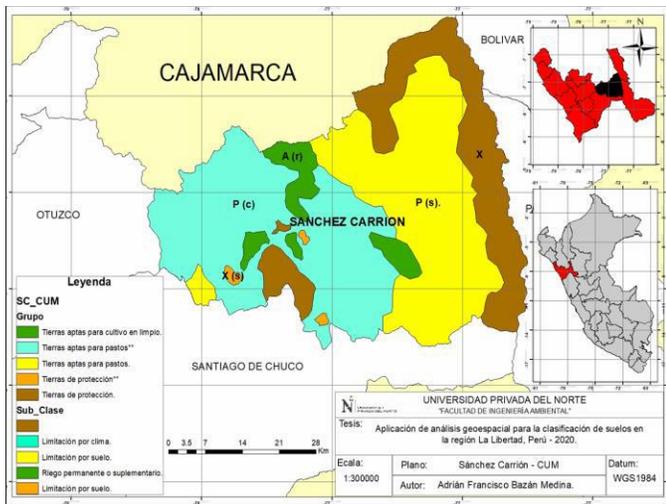


Fig. 10 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad.

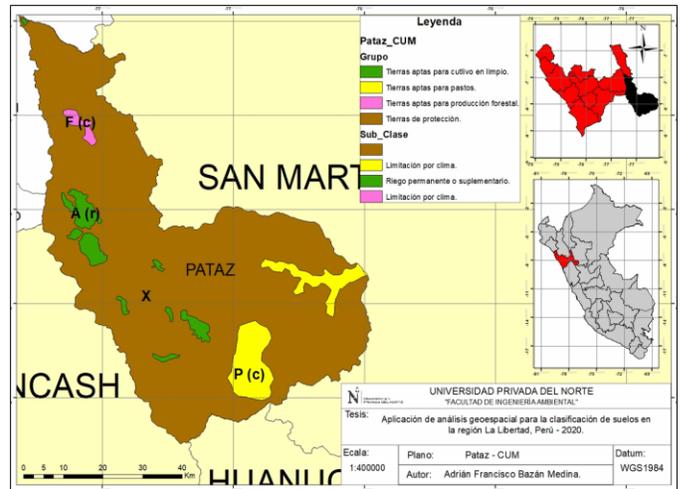


Fig. 12 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la provincia de Pataz, región La Libertad.

De acuerdo con la Fig. 11, se observa que la provincia de Bolívar está conformada por los grupos: Tierras de protección, Tierras aptas para producción forestal y Tierras aptas para cultivo en limpio. Así también, las subclases que conforman la provincia de Bolívar son: Riego permanente o suplementario, Limitación por clima y Limitación por suelo.

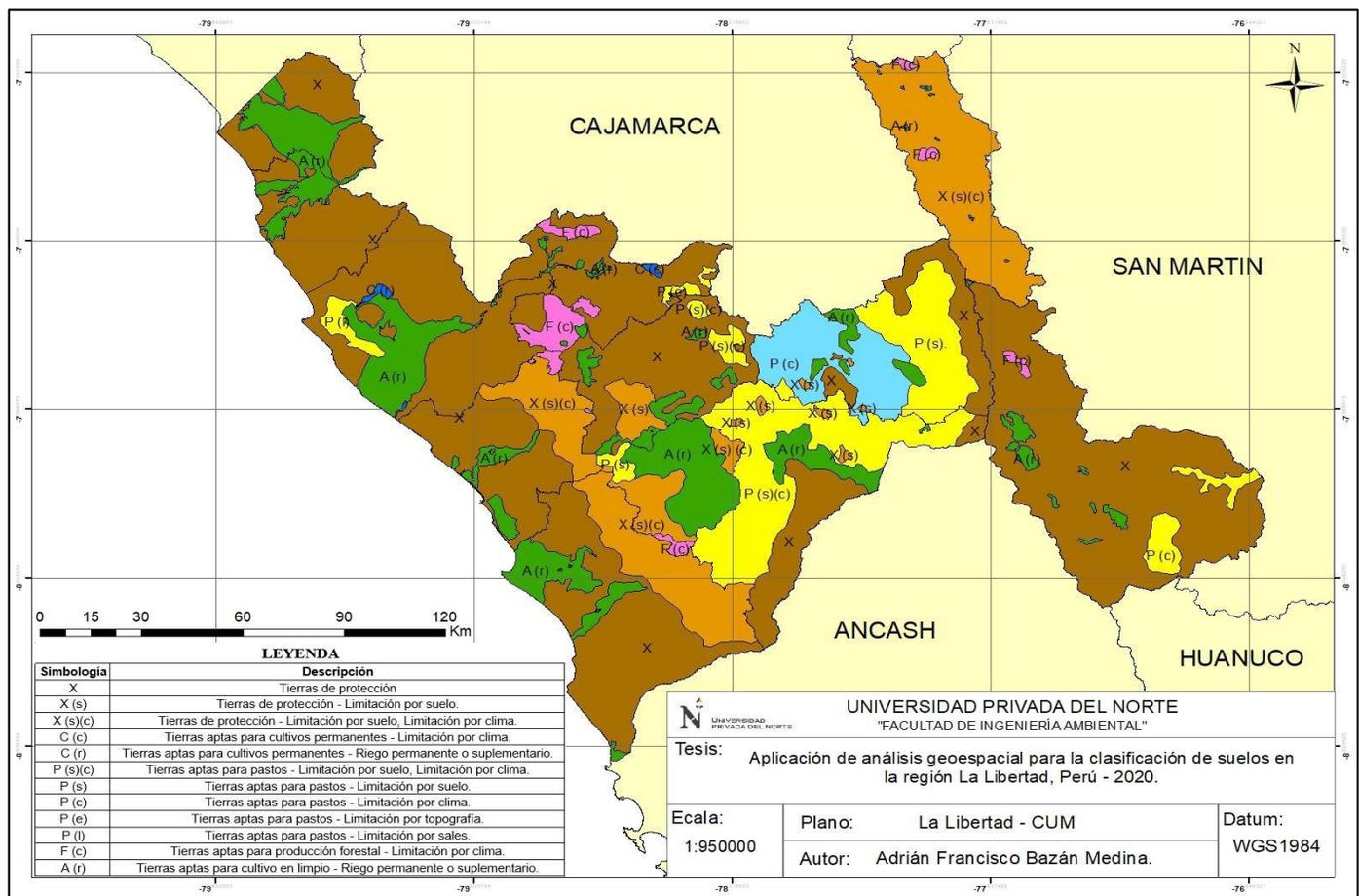


Fig. 13 Clasificación de Tierras según el sistema CTCUM en la región La Libertad.

De acuerdo con el mapa realizado en la Fig. 13, se evidencia que la región La Libertad posee los cinco grupos de suelos, de los cuales, el grupo de suelo que mayor área ocupa es el de Tierras de protección, el cual incluye: nevados, zonas mineras, playas de litoral, zonas urbanas, cauces de ríos y quebradas, ruinas, entre otros., ocupando un área de 13,685.99 km² y con un porcentaje total de 52.27%. Por otra parte, el grupo de suelo que menor área ocupa es el de Tierras aptas para cultivos permanentes, junto con la subclase Limitación por clima, ocupando un área de 13.94 km² y un porcentaje de 0.05%. Cabe recalcar que la costa de La Libertad está clasificada dentro de la región Yermosólica, por la FAO, que viene a ser el desierto de la costa, e incluye grandes extensiones de planicies sedimentarias, colinas y cerros, valles costeros, dunas e inicios de estribaciones andinas [15].

De igual manera, se evidenció que en la región La Libertad el grupo de Tierras aptas para cultivo en limpio, exceptuando el grupo de Tierras de protección, está presente en las doce provincias de la región con un porcentaje total del 14.93%. Demostrando que la agricultura es una actividad que se realiza de manera intensiva en toda la región, y concordando que es la segunda actividad de mayor contribución al Valor Agregado Bruto (VAB) departamental,

siendo de 19.8%, y destacando por su aporte de 11.6% al sector a nivel nacional [16].

Por otro lado, la provincia de Julcán es la única provincia que está compuesta en su mayoría por el grupo de Tierras aptas para cultivo en limpio, con un porcentaje total del 59.63%. Así también, el Ministerio de Agricultura y Riego menciona que estas tierras poseen propiedades climáticas y edáficas para la producción agrícola [L4]. Por ese motivo, la actividad económica predominante en la provincia de Julcán es la agricultura, tal como lo asevera el Gobierno Regional de La Libertad [17].

Así también, la provincia de Sánchez Carrión es la única en poseer el grupo de Tierras aptas para pastos junto con la subclase de Limitación por clima, esto es debido a que en las áreas pertenecientes a este grupo de suelo el clima es una gran limitante para la producción de este. Teniendo en cuenta que el clima de la provincia es catalogado como semi frío, lluvioso y con humedad relativa calificada como húmeda [18].

Los datos obtenidos del mapa de suelos elaborado en la investigación se representan en la tabla N°2; donde se detalla la simbología correspondiente a cada grupo y subclase de suelo, y el área (km²) y el porcentaje que estos ocupan en el área de estudio.

TABLA II
GRUPOS Y SUBCLASES DE SUELOS PRESENTES EN LA REGIÓN LA LIBERTAD

Simbología	Grupos y Subclases	Área (km ²)	%
X	Tierras de protección	13,685.99	52.27
X (s)	Tierras de protección - Limitación por suelo.	252.89	0.97
X (s)(c)	Tierras de protección - Limitación por suelo, Limitación por clima.	3,524.17	13.46
C (c)	Tierras aptas para cultivos permanentes - Limitación por clima.	13.94	0.05
C (r)	Tierras aptas para cultivos permanentes - Riego permanente o suplementario.	24.30	0.09
P (s)(c)	Tierras aptas para pastos - Limitación por suelo, Limitación por clima.	1,803.69	6.89
P (s)	Tierras aptas para pastos - Limitación por suelo.	1,227.72	4.69
P (c)	Tierras aptas para pastos - Limitación por clima.	1,173.87	4.48
P (e)	Tierras aptas para pastos - Limitación por topografía.	50.10	0.19
P (l)	Tierras aptas para pastos - Limitación por sales.	117.52	0.45
F (c)	Tierras aptas para producción forestal - Limitación por clima.	400.10	1.53
A (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio - Riego permanente o suplementario.	3,910.44	14.93

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), publicó en el año 1982 el Mapa de Clasificación de Tierras del Perú junto con su memoria descriptiva, por lo cual, se realizó una comparativa entre los resultados obtenidos en el mapa actualizado y el mapa elaborado por el ONERN en el año 1982, la cual se representó, de igual forma, mediante una tabla en donde se muestran los grupos de suelos y los porcentajes que ocupan en cada uno de los mapas descritos.

TABLA III
COMPARACIÓN CUANTITATIVA ENTRE LA CLASIFICACIÓN REALIZADA POR EL ONERN Y LA REALIZADA EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

Grupos de suelos	ONERN - 1982	Propuesta - 2020
Tierras de protección.	40.91%	66.69%
Tierras aptas para producción forestal.	28.88%	1.53%
Tierras aptas para pastos.	17.92%	16.70%
Tierras aptas para cultivo en limpio.	9.39%	14.93%
Tierras aptas para cultivos permanentes.	2.91%	0.15%

En la tabla N°3 el mapa elaborado por el ONERN en el año 1982 la mayor área de suelo que ocupa la región La Libertad es el grupo Tierras de protección, ocupando un área de 10,332.34 km², siendo un porcentaje total del 40.91%. Así mismo, la menor área de suelo que ocupa la región es el grupo Tierras aptas para cultivos permanentes, ocupando un área de 734.31 km², y siendo un porcentaje de 2.91% [12]. Por otra parte, en el mapa elaborado en esta investigación se tuvo como resultado que la mayor área de suelo que ocupa la región La Libertad es el grupo Tierras de protección, ocupando un área de 13,685.99 km², siendo un porcentaje total del 52.27%. Mientras que, la menor área de suelo que ocupa la región es el grupo Tierras aptas para cultivos permanentes, ocupando un área de 13.94 km², y siendo un porcentaje de 0.15%.

Por consiguiente, se puede evidenciar un cambio considerable con respecto a los grupos de suelos que conforman la región; primeramente, se observa que el grupo de tierras de protección ocupa un mayor porcentaje en la clasificación de suelos actualizada, aumentando de un 40.91% a un 66.69%. Esto es debido a que ha habido un aumento en lo que incluye a este grupo, como son las zonas urbanas, zonas mineras, entre otros. Así también, como indica la referencia [19], es importante mencionar que el incremento de las actividades antropogénicas representa la principal causa de cambios de uso del suelo y cobertura a nivel global. De igual manera, se aprecia una considerable reducción en el grupo de Tierras aptas para producción forestal, disminuyendo de un 28.88% a un 1.53%, ocasionado por la deforestación que se da en la región. Hasta el año 2019 la deforestación aumentó en un 24% en la región La Libertad [20].

Con respecto al grupo de Tierras aptas para cultivo en limpio, se observa que hubo un incremento en la región, aumentando desde un 9.39% hasta un 14.93%, lo cual indica que hay una mayor cantidad de áreas cultivadas en La Libertad. Esto se debe a que las actividades agrícolas han ido aumentando considerablemente a través de los años, especialmente en el espacio Costero y Andino Central de la región [21]. Por otro lado, el grupo de Tierras aptas para pastos disminuyó ligeramente de un 17.92% hasta un 16.7%. De igual forma, el grupo de Tierras aptas para cultivos permanentes disminuyó de un 2.91% a un 0.15%.

La referencia [22] llevó a cabo una actualización de la clasificación de suelos en Tabasco, México; siendo similar a lo que se realizó en la presente investigación, ya que recopilamos diversos estudios de suelos con los que constituyeron una base de datos, y con el apoyo del software ArcGis diseñamos mapas de acuerdo con la clasificación de suelos. Es por ello que ambas investigaciones siguieron un procedimiento similar.

IV. CONCLUSIONES

Los principales documentos analizados en la investigación enfatizan la conservación y el uso adecuado del suelo, ayudando en su gestión responsable, así como a mejorar la calidad de vida de la población. Sin embargo, es imprescindible generar y actualizar de manera periódica las normativas técnicas sobre el uso y conservación de los recursos naturales de las regiones para poder sustentar futuros proyectos sostenibles.

Se elaboró el mapa de suelos de la región La Libertad según la Clasificación de Tierras por su Capacidad de Usos Mayor, concluyendo lo siguiente:

El grupo de suelos que abarca una mayor área en la región La Libertad es el de Tierras de protección, ocupando un área de 17,463.05 km² y con un porcentaje total de 66.69%. Este grupo incluye a los nevados, tierras con cárcavas, zonas urbanas, zonas mineras, cauces de ríos y quebradas, playas de litoral, entre otros. Así también, el segundo grupo de suelos que continúa es el de Tierras aptas para pastos, el cual ocupa un área de 4,372.91 km² y un porcentaje total de 16.7%. Continuando con el grupo de Tierras aptas para cultivo en limpio, ocupando un área de 3,910.44 km² y con un porcentaje total de 14.93%. Siguiéndole el grupo de Tierras aptas para producción forestal, con un área de 400.10 km² y un porcentaje total de 1.53%. Y terminando con el último grupo de Tierras aptas para cultivos permanentes, ocupando un área de 38.24 km² y con un porcentaje total de 0.15%.

La actualización del mapa de suelos correspondiente a la región La Libertad ha permitido identificar y cuantificar los grupos de suelos presentes en la región; y de acuerdo con los resultados obtenidos y comparando con el mapa de suelos elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN en el año 1982, se pudo apreciar un gran cambio con respecto a las áreas ocupadas por los grupos de suelos, lo cual demuestra que el crecimiento económico y poblacional de la región La Libertad ha traído consigo una fuerte presión sobre los recursos naturales. Por lo tanto, es importante realizar una comparativa entre los cambios que han ocurrido en los usos del suelo de las diferentes regiones del país, para poder contrarrestar el daño antrópico.

REFERENCIAS

- [1] E. Barboza, R. Salas, M. Mendoza, M. Oliva, y F. Coroto, “Uso actual del suelo y calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio: Alternativas para la restauración fluvial en el Norte de Perú”, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 20, N° 2, pp. 203-214, abr. 2018, doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2018.364>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse. [En línea]. Disponible en <https://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/> [Accedido: 10, ene. 2021].
- [3] A. Hernández, “Aplicación de técnicas de análisis geoespacial para el estudio de suelos contaminados” Fin de Máster, Universidad de Oviedo, España, 2015.
- [4] J. Rodríguez, G. Carbonel, y J. Grau, “Sistemas de Información Geográfica como herramienta para evaluar la aportación antrópica de mercurio en suelos”, *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, N° 44, pp. 151-168, 2010.
- [5] R. Torrez, “Caracterización de suelos en relación a su aptitud y uso actual de la tierra en dos comunidades del municipio de Batallas”, Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, 2014.
- [6] M. Echevarria, y M. Roman, “Evaluación multitemporal del cambio de uso y cobertura de suelo con imágenes geoespaciales en el distrito de Oxapampa, Perú 2014-2019”, *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, vol. 4, N° 2, pp. 5-15, dic. 2019.
- [7] J. Zúñiga, “Determinación de la pérdida de suelos en la cuenca aportante del embalse Aguada Blanca-Arequipa, aplicando USLE y técnicas geoespaciales”, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2017.
- [8] J. Recio, “Técnicas de extracción de características y clasificación de imágenes orientada a objetos aplicadas a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo”, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2009.
- [9] Ministerio del Ambiente. Dieciséis gobiernos regionales cuentan con zonificación ecológica y económica aprobadas. [En línea]. Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/310758-dieciseis-gobiernos-regionales-cuentan-con-zonificacion-ecologica-y-economica-aprobadas> [Accedido: 14, ene. 2021].
- [10] I. Fernández, “Caracterización de uso de suelo mediante imágenes Landsat en el estado de Queretaro”, *Tlamati Sabiduría*, vol. 9, N° 4, oct. 2018.
- [11] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Clasificación de Suelos. [En línea]. Disponible en <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/> [Accedido: 08, ene. 2021].
- [12] Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Mapa de Clasificación de Tierras, 1982.
- [13] E. Pajares, “Instrumentos de gestión del ambiente y los recursos naturales en el Perú”, *Territorio y Naturaleza Desarrollo en Armonía*, Lima: Desco, 2008, pp. 14-46.
- [14] A. Palacio, “Legislación Ambiental en Colombia: ayer, hoy y desafíos”, *Summa Juris*, vol. 7, N° 1, pp. 97-113, mar. 2019, doi: <https://doi.org/10.21501/23394536.3277>
- [15] Ministerio de Agricultura y Riego. La Zonificación Ecológica Económica potencial de los suelos. [En línea]. Disponible en <https://www.midagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo> [Accedido: 20, dic. 2020].
- [16] Banco Central de Reserva del Perú. (2018). Caracterización del departamento de La Libertad. [En línea]. Disponible en <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/la-libertad-caracterizacion.pdf> [Accedido: 08, nov. 2020].
- [17] Gobierno Regional de La Libertad. Diagnóstico situacional de la provincia de Julcán. [En línea]. Disponible en <http://www.regionallibertad.gob.pe/web/opciones/pdfs/Informacion%20B3n%20de%20la%20Provincia%20Julc%C3%A1n2.pdf> [Accedido: 05, nov. 2020].
- [18] L. Bermúdez, “Diagnóstico Ambiental de la Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión”, Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión, 2013.
- [19] A. Lombeida, et al. “Evaluación Geoespacial del cambio de cobertura y uso del suelo: Caso del Cantón las Naves, provincia Bolívar”, *Ciencia*, vol. 19, N° 2, mar. 2015, doi: <https://doi.org/10.24133/ciencia.v19i2.293>
- [20] La Industria. La Libertad entre las regiones que incrementaron la deforestación de sus bosques. [En línea]. Disponible en <http://laindustria.pe/nota/12508-la-libertad-entre-las-regiones-que-incrementaron-la-deforestacion-de-sus-bosques> [Accedido: 17, nov. 2020].
- [21] Gobierno regional La Libertad. Plan Estratégico Regional del Sector Agrario 2009 - 2015. [En línea]. Disponible en <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4623/ANA003121.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Accedido: 27, oct. 2020].
- [22] J. Zavala, “Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México”, *Agro Productividad*, vol. 10, N° 12, dic. 2017.
- [L1] Decreto Supremo N°0062-75-AG, Reglamento de Clasificación de Tierras.

[L2]Ley N°26821, de 25 de junio de 1997, Ley Orgánica para el aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.

[L3]Decreto Supremo N°014-2001-AG, de 06 de abril, Aprueban el Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

[L4]Decreto Supremo N°017-2009-AG, de 2 de septiembre, Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.