



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

**Áreas de reforestación para la disminución de
riesgos asociados al cambio climático en la
ciudad de Esmeraldas**

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
LICENCIADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR

NICOLÁS ALEJANDRO COTO RODAS

ASESOR

MGT. EDUARDO REBOLLEDO

ESMERALDAS, FEBRERO, 2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	4
DEDICATORIA.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
1. INTRODUCCCIÓN	8
1.1. Planteamiento del problema	8
2. Justificación	9
3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO	10
3.1. Objetivo General	10
3.2. Objetivo específico	10
4. Marco teórico.....	11
4.1. Deforestación	11
4.2. Deslizamiento de tierra	11
4.3. Inundaciones	11
4.4. Incendios forestales	11
4.5. Bosque	12
4.6. Plantación forestal.....	12
4.7. Sistemas de información geográfica (SIG).....	13
4.8. Shapefile.....	13
4.9. Geomorfología	14
4.10. Cobertura y uso de suelo.....	14
4.11. Imagen satelital.....	14
5. Antecedentes	15
6. Marco legal.....	16
6.1. Constitución de la República del Ecuador.....	16
6.2. Código Orgánico Ambiental	17
7. MATERIALES Y METODOS	18
7.1. SITIO DE ESTUDIO	18
7.2. Metodología	19
7.2.1. Identificar sectores estratégicos en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas, empleando herramientas SIG.....	19

7.2.2. Estimar la superficie disponible para cada sector estratégico a ser reforestado mediante el análisis de imágenes satelitales.....	20
7.2.3. Caracterizar el tipo de terreno para cada sector estratégico en función de riesgos principales a ser reforestada, mediante el análisis de imágenes satelitales en la ciudad de Esmeraldas	23
7.2.4. Elaborar un inventario de especies idóneas para reforestación en función de riesgos principales	24
8. RESULTADOS	25
8.1. Identificar sectores estratégicos en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas, empleando herramientas SIG	25
8.2. Estimar la superficie disponible para cada sector estratégico a ser reforestado mediante el análisis de imágenes satelitales.....	27
8.3. Caracterizar el tipo de terreno para cada sector estratégico en función de riesgos principales a ser reforestada, mediante el análisis de imágenes satelitales en la ciudad de Esmeraldas	29
8.3.1. Mapas	29
8.4. Elaborar un inventario de especies idóneas para reforestación en función de riesgos principales	36
1. DISCUSIÓN.....	39
2. CONCLUSIÓN	41
3. RECOMENDACIONES	42
Referencias bibliográficas.....	43
ANEXOS.....	48

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Pablo Nicolás Coto Mata y Alexandra Rodas Medina por el apoyo incondicional, su sacrificio y su amor el cual, con esfuerzo y dedicación, fueron los pilares fundamentales para poder conseguir el logro de la titulación.

Agradezco a la universidad, profesores, compañeros y demás personas por las enseñanzas, los valores inculcados y los saberes en el ámbito académicos y profesional.

A todos, muchas gracias.

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a mi familia, la cual me apoyo en todo el transcurso académico, tanto en los momentos buenos como malos, brindando su esfuerzo en el logro de mi titulación.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar áreas asociadas a riesgos naturales con potencial de reforestación en la ciudad de Esmeraldas. El problema de la escasa cobertura vegetal y actividades antrópicas han tenido un gran impacto en una ciudad de Esmeraldas. Producto de ello, factores como la calidad de suelo, la falta de cobertura boscosa y la inestabilidad de la estructura de los suelos provocan acontecimientos negativos como incendios, inundaciones y deslaves.

El presente estudio se basó en caracterizar sectores principales en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas mediante el uso de herramientas SIG. Tomando en cuenta sitios potenciales para reforestar en la ciudad de Esmeraldas se seleccionó un total de 25 sitios en función de los 3 tipos de terreno en estudio: planicies urbanas, riberas de río y laderas. Una vez realizada la caracterización de sectores principales se dio paso a estimar la superficie disponible para cada categoría de riesgo a ser reforestada mediante el análisis de imágenes satelitales. Mediante las imágenes recopiladas, se realizaron mapas de tipo de terreno en los cual se determinaron que el 52% pertenece a planicies urbanas, el 24% a laderas y el 24% a riberas de río.

Finalmente, en base a los tipos de terreno analizados en el estudio se proponen 10 especies arbóreas idóneas para reforestar: asociado a la protección de ribera de ríos la Caña guadua y Mambla de rivera; los árboles guayacán, roble y caoba dirigidas al fortalecimiento de las estructuras de suelos o laderas y el laurel rojo y muchina para uso de puntos de sombra y ornamental en sitios planos.

Palabras claves: Plan de reforestación, imágenes satelitales, especies arbóreas, incendios forestales, deslizamiento, inundaciones.

Abstract

The study aimed to determinate areas associated with natural risks with potential for reforestation in the city of Esmeraldas. The problem of low vegetation cover and anthropic activities have had a great impact on a city of Esmeraldas. As a result, factors such as soil quality, lack of forest cover and instability of soil structure cause negative events such as fires, floods and landslides.

The present study was based on characterizing main sectors according to main risks in the city of Esmeraldas through the use of GIS tools. Taking into account potential sites for reforestation in the city of Esmeraldas a total of 25 sites were selected Depending on the 3 types of land under study: urban plains, river banks and slopes. Once the characterization of the main sectors was carried out, the area available for each risk category to be reforested was estimated through the analysis of satellite images. Through the images collected, terrain type maps were made in which it was determined that 52% belong to urban plains, 24% to slopes and 24% to river banks.

Finally, based on the types of land analyzed in the study, 10 tree species suitable for reforestation are proposed: associated with the protection of riverbanks the Caña Guadua and Mambra de rivera; the Guayacán, oak and mahogany trees aimed at strengthening the structures of soils or slopes and the red laurel and Muchina for use of shade and ornamental points on flat sites.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el mundo uno de los acontecimientos que más impactos negativos han provocado en el ambiente es la deforestación. A nivel mundial se han perdido aproximadamente 10 millones de hectáreas de bosques, solo en los años 2015 al 2020, teniendo un total de más de 80 millones de hectáreas perdidas desde 1990, provocadas por acciones como actividades agrícolas y maderables, dejando como resultado áreas sin cobertura vegetal abundante provocando la inestabilidad del suelo y el aumento de las probabilidades de incendios forestales (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

A lo largo de la historia del Ecuador se ha visto una disminución significativa de la cobertura boscosa, teniendo una disminución de 19000 km² entre los años 1992 y 2008, teniendo en cuenta que la mayor parte de deforestación, con un 70%, ocurrió en la década de los 90. Esto ha dado como resultado que el 63.5% de la cobertura vegetal determinada en 1990 haya disminuido a un 60.7% en el 2008. Dentro de las provincias con mayor incidencia de deforestación se encuentra Esmeraldas, donde se determinó que, de los 10 cantones con el mayor incremento de áreas deforestadas absolutas, cuatro son de Esmeraldas (Sierra, 2013).

Esmeralda ha sido una de las provincias más afectadas por problemas de cobertura vegetal provocados por la excesiva tala, los cuales provocan consecuencias tales como incendios forestales, inestabilidad de terrenos, entre otros. Se estima que unas 10000 a 20000 hectáreas de bosque primario son taladas por años en la provincia de Esmeraldas, lo cual equivale del 2% al 5% de la cobertura boscosa de la provincia, con el fin de la expansión agropecuaria, acuícola y maderera (Jalón de Torbay & Aguilar Peña, 2018).

Teniendo en cuenta que los proyectos de reforestación en el cantón de Esmeraldas son muy escasos, el presente trabajo tiene como objetivo el identificar áreas en la ciudad de Esmeraldas que sean potenciales para una posible reforestación a partir de las observaciones de imágenes satelitales, enumerando las zonas con menos

cobertura vegetal y con incidencias de incendios forestales, deslizamientos de tierra e inundaciones, determinando qué tipos de usos se le podría dar a estas zonas y poder estimar especies arbóreas aptas para un posible proyecto de reforestación. Con esto se busca resolver la siguiente pregunta

¿Existen sitios potenciales para reforestar en la ciudad de Esmeraldas, los cuales ayuden a la mitigación de riesgos por cambio climático?

2. Justificación

Cada vez la deforestación aumenta a nivel mundial producido por el incremento de las actividades humanas, dada por la necesidad económica, afectando de forma preocupante tanto al ambiente como a la vida de las personas, perjudicando causas de ríos, provocando deslizamientos de tierra, incendios, entre otros (SAAVEDRA EGAS, 2021).

Los proyectos de reforestación son unas de las alternativas más importantes, ya que hacen que disminuyan todas esas consecuencias y ayuda a la creación de conciencia ambiental en las personas. Por lo general, el identificar áreas estratégicas potenciales para reforestar en ciudades, las cuales están plagadas de infraestructuras y automóviles, beneficia a llevar una mejor vida, no solo en la salud, ya que ayudaría a tener una mejora en la calidad de aire, sino en la creación de áreas verdes, teniendo la posibilidad de crear hábitats para especies de animales, paisajismo y un método de conservación de vegetación, la cual se está perdiendo con los años (Jalón de Torbay & Aguilar Peña, 2018).

Este estudio está encaminado a determinar dos puntos fundamentales, la cuantificación de áreas potenciales dentro de la ciudad de Esmeraldas para reforestar, analizando el tipo de terreno de las mismas, y determinar las posibles especies forestales que servirían en una futura reforestación.

Al mismo tiempo, se busca dar a conocer el estado de la cobertura boscosa que se tiene en la ciudad, promoviendo la realización de proyectos de reforestación para poder recuperar esos entornos paisajísticos, la conservación de especies y una mejor calidad de vida en la ciudad.

3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO

3.1. Objetivo General

Determinar áreas asociadas a riesgos naturales en laderas, planicies urbanas y riberas de río con potencial de reforestación en la ciudad de Esmeraldas

3.2. Objetivos específico

- Identificar sectores estratégicos en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas mediante el uso de herramientas SIG
- Estimar la superficie disponible para cada sector estratégico a ser reforestada mediante el análisis de imágenes satelitales.
- Caracterizar el tipo de terreno para cada sector estratégico en función de riesgos principales a ser reforestada, mediante el análisis de imágenes satelitales en la ciudad de Esmeraldas
- Elaborar un inventario de especies idóneas para reforestación en función de riesgos principales.

4. Marco teórico

4.1. Deforestación

La deforestación no es más que el impacto que tienen las actividades antrópicas (actividades realizadas por la mano del hombre) las cuales requieren de materia prima obtenida por especies forestales produciendo una disminución de las áreas boscosas y una debilitación de los terrenos provocando efectos como la pérdida de biodiversidad e incendios forestales (Guevara S, Laborde D, & Sánchez Ríos, 2004)

4.2. Deslizamiento de tierra

Los deslizamientos de tierra son movimientos de masa de tierra que se deslizan en pendientes, estos provocados por varios factores como la estructura del suelo, el tipo de suelo, entre otros. Unos de los factores a destacar son que, por falta de cobertura vegetal, la estructura del suelo se puede ver afectada y tienden a ser más inestables provocando deslizamientos (Torres Chung, 2007).

4.3. Inundaciones

Cuando se juntan excesivas lluvias y la deforestación generan grandes inundaciones. Estas se forman por desbordamiento de causas hídricas o por acumulación de agua provocadas por intensas precipitaciones afectando a áreas, tanto urbanas como rurales. Hay que tomar en cuenta que una de las características principales de este fenómeno es la falta de cobertura vegetal, la cual ayuda a mantener las corrientes de causas estables y evitar impactos graves en zonas aledañas (Perico Granados & Perico Martínez, 2015).

4.4. Incendios forestales

los incendios forestales se dan por la falta de cobertura boscosa, por lo general se dan en áreas las cuales están compuestas por vegetación arbustiva o pastizales los cuales, en épocas como verano donde menos lluvias hay tienden a secarse y son áreas potenciales para que se produzcan estos. Se pueden producir de manera natural, provocados por altas temperaturas o por impactos de rayos, y de manera antrópica, ya sea por actividades agrícolas o incidentes provocados de manera intencional (Coutiño Estrada, 2019).

4.5. Bosque

El bosque como tal no tiene una definición concreta, estas se basan de los puntos de vista que se tienen en varios ámbitos. Es un hábitat para la biodiversidad, fuente de servicios ecosistémicos, un conjunto de árboles, entre otros. Dentro del apartado de la cobertura terrestre los árboles se los considera como ecosistemas, en donde albergan especies de flora y fauna, y dentro del uso del suelo se determinan que son sitios aptos legalmente para bosques, independientemente de la especie vegetal (Chazdon, y otros, 2016).

4.6. Plantación forestal

Para poder definir la plantación forestal partimos en dos puntos importantes. La plantación que es la agrupación de árboles o plantas cultivadas, y forestal que es todo relacionado con áreas de bosque. La plantación forestal es el conjunto de árboles leñosos los cuales crean un bosque. También se define como la acción a crear un bosque tomando en cuenta la siembra de plántulas o la agrupación de varios terrenos y áreas en donde se hayan cultivado árboles (Cabrera Gaillard, 2003).

Hay que tomar en cuenta que la diferencia entre un bosque natural y una plantación forestal es que el patrón de las especies va a ser más uniforme y simple en una plantación ya que esta fue cultivada y un bosque natural nace de forma aleatoria (Cabrera Gaillard, 2003).

4.7. Sistemas de información geográfica (SIG)

la utilización de un sistema de información geográfica o SIG entra en una amplia variedad de ámbitos ya sean socioeconómicos, georreferenciaciones, planificaciones territoriales, etc., las cuales le dan varios significados partiendo de puntos como la funcionalidad, su estructura u refiriéndose a sus aplicaciones y los objetivos (López Lara, Posada Simeón, & Moreno Navarro, 1998).

Mediante la National Center of Geography Information and Analysis se tiene una definición base la cual engloba sus principales procesos operativos el cual especifica qué es un sistema información el cual está compuesto por hardware software para poder manejar, manipular, analizar, entre otros, datos que ayuden a realizar georreferenciación para poder gestionar y planificar problema (López Lara, Posada Simeón, & Moreno Navarro, 1998).

4.8. Shapefile

Un shapefile o shape Es un formato de archivo de representación vectorial utilizado en los SIG que consta entre 3 y 8 archivos en donde cada 1 de estos almacena una información en específico ya sean elementos geométricos ciertos atributos, metadatos y proyecciones (León Estrada & Piñeda, 2011).

Dentro de los archivos que contiene un shapefile hay 3 principales: Shape (.shp), el cual se encarga de guardar información geométrica como puntos, líneas o polígonos conteniendo coordenadas en cada de sus vértices. Shape Index (.shx), ayuda a una mejor búsqueda de la información dentro de archivo. EL dBase (.dbf), se encarga de almacenar los datos de tablas de atributos que puedan tener el shapefile, teniendo en cuenta información numérica o textual (León Estrada & Piñeda, 2011).

4.9. Geomorfología

Se encarga del estudio de los relieves de la tierra demostrando las deformaciones de la superficie como planicies, terrazas, riberas de río, laderas, entre otros. Esta ayuda a la solución de problemas en varios ámbitos como la ingeniería, yacimientos arqueológicos, erosión del suelo, entre otros mediante observaciones directas de los relieves terrestres, ya sea in situ o mediante imágenes satelitales (Lugo Hubp, 1988).

4.10. Cobertura y uso de suelo

Para poder entender la cobertura y uso del suelo, hay que demostrar la relación de ambas. La cobertura de suelo da una descripción de lo que hay en la superficie de un terreno, comprendiendo bosques, zonas sin cobertura vegetal, zonas de asfalto, causes de río, entre otros, y el uso de suelo corresponde a toda actividad que se esté realizando en un territorio ya sea agricultura ganadería, industrias, asentamientos humanos, entre otros. Éstas por lo general se las relacionan como un solo punto de estudio en mapas, ya que nos permiten analizar una forma más completa qué actividad se está haciendo en un área en específico y la situación de su cobertura de suelo donde se esté realizando esta actividad (Camacho Sanabria, Camacho Sanabria, Balderas Plata, & Sánchez López, 2017)

4.11. Imagen satelital

Por lo general se entiende que una imagen satelital no es más que una fotografía tomada desde cierta altura hacia la tierra pero esta no es como la fotografía tomada por una Cámara normal o un celular esta cuenta con sensores digitales Parecidos a los celulares pero que estos contienen miles de detectores de radiación electromagnética que refleja la superficie de la tierra denominados espectrales cada 1 de estos se registran y se transmiten de nuevo a la tierra convirtiéndose en colores y texturas quedan una imagen que se parece a una fotografía (Gómez Vargas, Obregón Neira, & Rocha Arango, 2013).

Esta metodología de toma de imagen ayuda a apreciar de una manera muy precisa cómo se apreciaría detallando tamaños colores y apariencia visual mostrando no solo una imagen bien definida de la tierra sino mostrando contenidos como coberturas vegetales, composiciones físicas de infraestructuras, minerales, entre otros (Gómez Vargas, Obregón Neira, & Rocha Arango, 2013).

5. Antecedentes

En el ámbito local, la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC), en el 2022, realizó un programa de restauración de cuencas hídricas, paisajismo y bosque de las zonas aledañas a la termoeléctrica en la ciudad de Esmeraldas, teniendo en cuenta la siembra de 51000 plantas de varias especies como chíparo, caña guadua, balsa, guayacán, entre otras (Noristz, 2022).

La CONAGOPARE, mediante el convenio con el Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica (MAATE) se realizó un proyecto dentro del programa Nacional de restauración forestal buscando cumplir con cuatro fases, georreferenciación, producción de plantas, entrega de plantas a beneficiarios y plantación (CONAGOPARE, 2015).

Para esto fue necesario de personal capacitado en varios ámbitos. Encargados en la georreferenciación, que analizaron ortofotos, identificando los predios y analizando el uso de suelo y tenencia de tierra. Se requirió la elaboración de viveros con el objetivo de la plantación de especies forestales y el transporte de plantas para su plantación (CONAGOPARE, 2015).

En el ámbito Nacional, en El cantón Bolívar, provincia de Manabí, se realizó un estudio para un plan de reforestación para le preservación de especies forestales de la zona del rio Carrizal. En este estudio investigativo se utilizó información bibliográfica, teniendo técnicas de observación, talleres, encuestas, visitas de campo, entre otras (SAAVEDRA EGAS, 2021).

En Perú, en La libertad, se realizó un estudio donde se propuso un diseño regional de reforestación, incentivando la siembra de especies forestales que ayuden a las riberas de ríos, para potenciar las cuencas hidrográficas y poder preservar especies nativas. Este estudio tomo en cuenta análisis FODA de La Libertad, escenarios biofísicos, clima, recursos naturales de la zona, la aptitud forestal y los factores socioeconómicos (SAAVEDRA EGAS, 2021).

Alrededor del se han realizado muchos estudios sobre la reforestación de espacios afectados, están escasos de un estudio realizado en Chile, donde se realizó un proyecto investigativo para reforestar áreas afectadas por incendios, teniendo en cuenta dos tipos de reforestación (Reforestación en hileras y reforestación en núcleo) mediante especies forestales nativas para poder identificar cual es más idónea para el tipo de terreno afectado por incendios (ROJAS BARRÍA, 2018).

Este proyecto dio como resultado las iniciativas de generar viveros para futuros estudios, teniendo en cuenta las especies forestales necesarias para poder en los dos tipos de reforestación. Llego a la conclusión de que es importante desarrollar más estudios acerca de las especies forestales para áreas afectadas por incendios (ROJAS BARRÍA, 2018).

6. Marco legal

6.1. Constitución de la República del Ecuador

Art. 409.- “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona” (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

Art. 406.- “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros” (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

Art. 414.- “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo” (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

6.2. Código Orgánico Ambiental

Art. 26, 27 Y 28.- “Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. 2. Elaborar planes, programas y proyectos de incidencia provincial para la protección, manejo, restauración, fomento, investigación, industrialización y comercialización del recurso forestal y vida silvestre, así como para la forestación y reforestación con fines de conservación.4. Elaborar planes, programas y proyectos para prevenir incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados” (Asamblea Nacional, 2017).

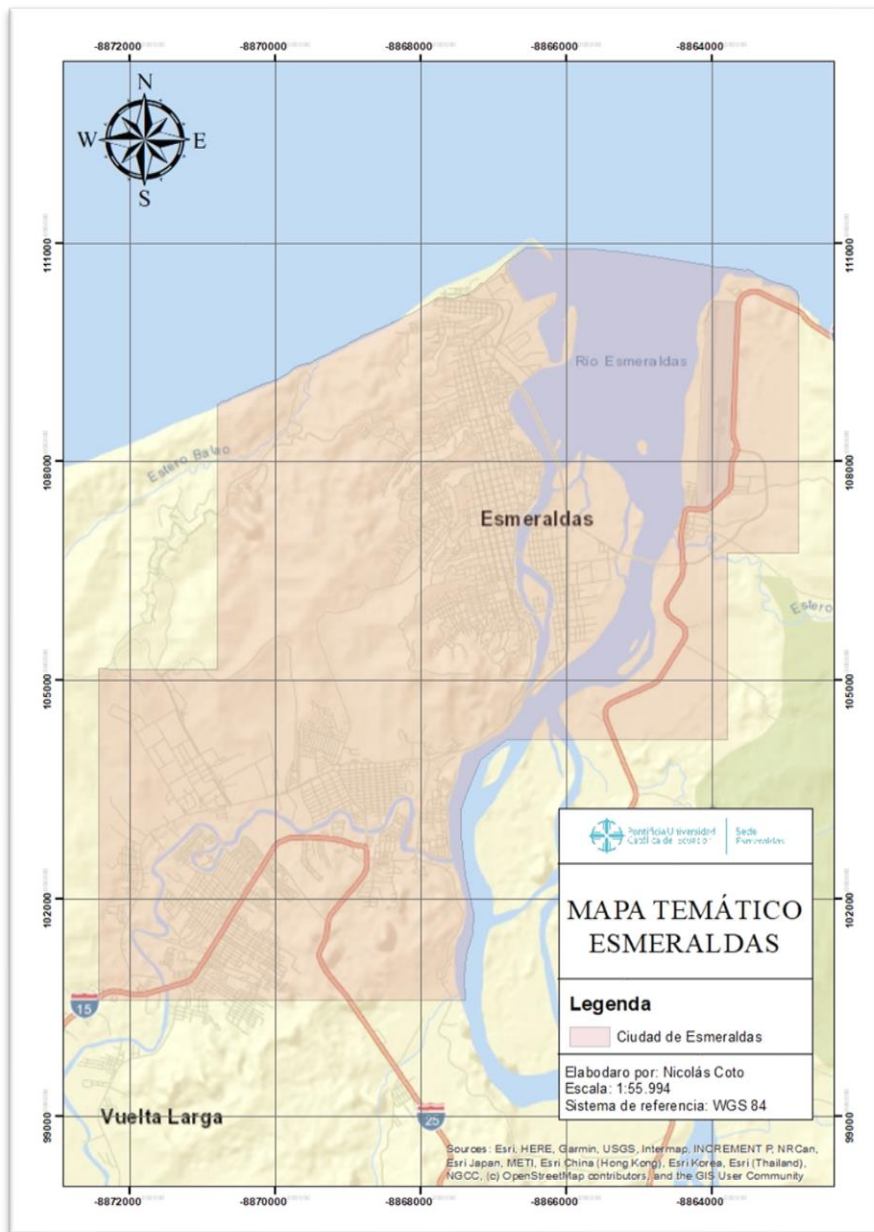
Art. 35.- “De la protección de las especies de vida silvestre. Para la protección de la vida silvestre, se establecen las siguientes condiciones a las personas naturales y jurídicas: 1) Conservar a las especies de vida silvestre; 2) Reconocer el uso tradicional y el aprovechamiento de la vida silvestre; 3) Proteger toda la vida silvestre terrestre, marinas y acuáticas; 4) Proteger los hábitats, ecosistemas y áreas de importancia ecológica; 5) Coordinar acciones interinstitucionales para la conservación in situ de especies de vida silvestre; 6) Promover investigación de vida silvestre; 7) Otras que se determinen para el efecto.” (Asamblea Nacional, 2017).

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. SITIO DE ESTUDIO

El trabajo se lo realizó en la ciudad de Esmeraldas, ubicado en el cantón esmeraldas, provincia de esmeraldas.

La ciudad de Esmeraldas es la capital de la provincia del mismo nombre. Esta tiene una extensión de 70.45 km² y una cantidad poblacional en el 2010 de 154.035.



Mapa de la ciudad de Esmeraldas

7.2. Metodología

7.2.1. Identificar sectores estratégicos en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas, empleando herramientas SIG

- **Materiales**

Google Earth

Google Earth es un software gratuito de almacenamiento de imágenes satelitales de alta calidad el cual ofrece modelos de imágenes en 3D mostrando relieves y tienen la capacidad de mostrar imágenes tomadas en distintos puntos de una gran parte del mundo. Este software es uno de los más grandes y uno de los primeros los cuales facilitaron la obtención de archivos kml los cuales ayudan a poder determinar mediante otros procesos coordenadas, ya sea de puntos, líneas y polígonos (Yu & Gong, 2012).

- **Desarrollo**

Mediante el uso de imágenes satelitales proporcionadas por Google Earth se observaron sitios a lo largo de toda la ciudad de Esmeraldas, tomando en cuenta las zonas urbanas y periurbanas, donde se tomaron en cuenta terrenos que cuentan con tres características importantes geomorfológicas: planicies, laderas y riberas de río, teniendo un número aproximado de sectores potenciales para reforestar. El número contado de sectores se lo demostró mediante la toma de imágenes satelitales obtenidas por el Google Earth, teniendo en cuenta la coordenada en el territorio.

La selección de áreas se la realizó mediante el software Google Earth. Como se observa en el mapa 26, primero se observaron las vistas de la ciudad de Esmeraldas buscando qué sectores tienen poca cobertura vegetal o áreas de lotes baldíos dentro de la ciudad. Una vez reconocidas esas áreas se empezaron a seleccionar las zonas

mediante puntos amarillos las cual serían potenciales para el estudio de investigación.

Como se observa en el mapa 26, se seleccionaron 25 sectores estratégicos potenciales alrededor del centro y sur de la ciudad, tomando en cuenta zonas céntricas de la ciudad con bastantes indicios de asentamientos humanos y actividades asociadas a asentamientos humanos como industrias, pesquerías, agricultura y transporte marítimo.

Para cada una de estos sectores se le determinó un nombre en específico el cual está relacionado con la zona al que pertenece o al propietario del predio. Estos datos se los representó mediante la tabla 1, mostrando las áreas seleccionadas, el nombre que se les dio a cada una, las coordenadas de ubicación, el responsable de cada predio y la categoría geomorfológica del terreno.

7.2.2. Estimar la superficie disponible para cada sector estratégico a ser reforestado mediante el análisis de imágenes satelitales

- **Materiales**

Garmin MapSource

MapSource es un software creado por la compañía Garmin el cual cumple con el objetivo de pasar waypoint, caminos o tracks de GPS a una computadora y viceversa. Este, a diferencia de software de este tipo de procesamiento, permite pasar datos de mapas vectoriales IMG a dispositivos GPS de los mismos marca. Este software puede manejar archivos GPX los cuales puede convertir a varios formatos, uno de los cuales es el GDB, propiedad de Garmin el cual es indispensable para GPS de diversas marcas (GARMIN, 2008).

Este software permite poder convertir los archivos GPX a archivos de texto para poder manipular ya sean puntos de referencia o vértices de polígonos en una tabla

de atributos para poder manejarlos en un sistema de información geográfica (GARMIN, 2008).

Software de uso libre (GPS visualizer)

GPS VISUALIZER es un programa cartográfico de libre acceso el cual procesa datos obtenidos por un GPS a varios formatos como HTML, archivos KML que se pueden obtener mediante el Google Earth, mapas en formato jpg, archivos SVG, perfiles de elevaciones, archivos GPX, entre otros. Este software es importante ya que mediante la conversión de archivos KML a GPX, nos ayuda a poder procesarlos mediante el software MapSource de Gramin para poder obtener coordenadas de referencia de imágenes satelitales (GPS Visualizer, 2018).

Arcgis

Arcgis es un software de información geográfica el cual permite manipular toda la información obtenida mediante imágenes satelitales, pudiendo analizar, organizar y compartir datos geográficos. Este sistema de información geográfico nos entrega varias posibilidades a realizar cómo crear bases de datos geográficas, tener recopilaciones de información geográfica y poder crear y compartir mapas inteligentes (Collado Latorre & Navarro Jover, 2013).

- **Desarrollo**

Después del conteo de las áreas, se tomaron coordenadas mediante el Google Earth, digitalizando en una tabla en Excel e incorporándolas en el software de sistema de información geográfica ARGIS, determinando lo siguiente:

Hectareaje

Se tomaron coordenadas mediante las imágenes obtenidas mediante el Google Earth. El proceso consistió en crear un polígono del área seleccionada en la página del Google Earth Pro, obteniendo archivos kml, los cuales se exportaron a la página de GPS visualizer creando un documento GPX, como lo muestra la ilustración 1.

Una vez obtenido, mediante el software GPS MapSource de Garmin se transformó a un archivo de texto (.txt), como nos muestra la ilustración 2, este mismo codificó los datos del archivo en los vértices tomados en cada polígono, con su respectiva coordenada. Este documento de texto se lo pasó a una ventana de Excel, en la cual se digitalizaron todas las coordenadas y se las guardó como un Libro De Excel 95-2003.

Obtenido las coordenadas en una tabla de atributos, estas se la exportaron al software de sistema de información geográfica ARCGIS para poder calcular su geometría y obtener los vértices que forman los polígonos de cada área.

Una vez obtenidos los vértices de cada polígono mostrados en la ilustración 3, situados en WGS 84 17n, mediante la herramienta de create feature se realizó y la creación del polígono mediante la unión de cada coordenada tomada, mostrado en la ilustración 3, obteniendo así el polígono de cada área con sus coordenadas como nos muestra la ilustración 4.

Mediante el polígono realizado en el SIG, se utilizó la tabla de atributos el cual se obtiene mediante la información obtenida por el Google Earth. Se realizó la creación de un nuevo campo con el nombre área, este mismo al habilitar la edición de toda la capa se procedió al calcular la geometría, especificando el cálculo del área de un polígono en hectáreas.

Cabe indicar que este procedimiento se lo realizó para cada zona seleccionada. Estos datos fueron representados mediante la tabla 2, determinando el nombre de cada área con su respectivo extraje, una sumatoria total de las hectáreas analizadas en el estudio y la categorización geomorfológica de cada sitio de estudio

7.2.3. Caracterizar el tipo de terreno para cada sector estratégico en función de riesgos principales a ser reforestada, mediante el análisis de imágenes satelitales en la ciudad de Esmeraldas

- **Materiales**

Arcgis

Arcgis es un software de información geográfica el cual permite manipular toda la información obtenida mediante imágenes satelitales, pudiendo analizar, organizar y compartir datos geográficos. Este sistema de información geográfico nos entrega varias posibilidades a realizar cómo crear bases de datos geográficas, tener recopilaciones de información geográfica y poder crear y compartir mapas inteligentes (Collado Latorre & Navarro Jover, 2013).

- **Desarrollo**

La caracterización de cada sitio de estudio se realizó mediante la utilización de Arcgis para la elaboración de mapas temáticos, los cuales nos indiquen las características del tipo de terreno de cada superficie.

Mapas

La realización de mapas tuvo como fin el determinar el tipo de terreno de cada área determinando las categorías geomorfológicas, definiendo si es una la planicie, laderas o rivera de ríos

Para esto se descargaron del geovisor del geoportal del IGM, una capa shape de la ciudad de Esmeraldas “**unidad geomorfológica**” la cual nos muestra las categorías geomorfológicas de los tipos de terreno, mostradas en la tabla 3.

Tipo de terreno

Se utilizó un archivo shape de unidad geomorfológica, obtenidos en el visor de mapa del IGM para analizar el tipo de terreno de cada área. Estos mismos se lo

plasma mediante un mapa con leyendas mostrándonos el punto de referencia en la provincia, tipo de terreno del área y a quién pertenece dicho mapa. Este mapa se lo exporto a un archivo PDF y posteriormente a un archivo Word

7.2.4. Elaborar un inventario de especies idóneas para reforestación en función de riesgos principales

Mediante la revisión de información bibliográfica se realizó un inventario forestal, seleccionando las especies potenciales para reforestar en las áreas seleccionadas, definiendo especies para 3 tipos de terreno en específico: planicies urbanas, ribera de río y laderas. Este inventario se lo redactó mediante la tabla 3.

8. RESULTADOS

8.1. Identificar sectores estratégicos en función de riesgos principales en la ciudad de Esmeraldas, empleando herramientas SIG

La identificación fue mediante Google Earth, como se muestra en el mapa 26, que describe, mediante viñetas enumeradas de color amarillo, los sectores estratégicos seleccionados para el proyecto de investigación a lo largo de la ciudad de Esmeraldas.

Estos sectores estratégicos se los seleccionó de acuerdo con la geomorfología de la ciudad, mostrada en el mapa 27. Estas se asocian a los tres tipos de terreno analizados en la tabla 1.

Los tipos de terreno analizado en la tabla 1, van de acuerdo con los riesgos asociados al cambio climático mencionados en el marco teórico.

Tabla 1.

Información general de áreas de estudio

N. de área	Nombre de área	Coordenadas			Responsable legal
		X	Y		
1	VÍA AL BASURERO	647232	104955	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ladera
2	SANTAS VAINAS ALTO PARCELA 1	648146	106493	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ladera
3	SANTAS VAINA ALTO PARCELA 2	648146	106493	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ladera
4	LAS PALMAS ALTO	648409	108245	Viviana Jaramillo	Ladera

5	SECTOR LAS ANTENAS	649887	103912	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ladera
6	BASURERO MUNICIPAL DE ESMERALD AS	647756	105016	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ladera
7	CORP. LA FAVORITA	646058	100868	COORP. LA FAVORITA	Planicie urbana
8	PROPICIA PARCELA 2	648755	102340	Fondo de trabajadores de petroecuador	Planicie urbana
9	CAC PARCELA 1	650443	108813	Centro de Atención Ciudadana (CAC)	Planicie urbana
10	CAC PARCELA 2	650300	108635	Centro de Atención Ciudadana (CAC)	Planicie urbana
11	REDONDEL NAVAL	649815	108655	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Planicie urbana
12	PARQUE EL ARENAL	649797	108457		Planicie urbana
13	EL ARENAL	650161	107535	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Planicie urbana
14	COLGEIO LUIS TELLO	647270	103093	Estado	Planicie urbana
15	COLEGIO 5 DE AGOSTO PARCELA 2	648731	102722	Estado	Planicie urbana
16	COLEGIO 5 DE AGOSTO PARCELA 1	648655	102929	Estado	Planicie urbana
17	COLEGIO MONSEÑO R ANGEL BARBISOTT I	650550	107061	Vicariato de Esmeraldas y estado	Planicie urbana
18	NAVAL	650024	108515	Comando de operaciones norte (COOPNO)	Planicie urbana
19	AUTORIDA D PORTUARI A	650212	109130	Autoridad portuaria	Planicie urbana
20	PROPICIA PARCELA 1	649230	102421	Mendoza Zambrano Pedro	Ribera de río

21	CODESA PARCELA 1	648251	102276	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ribera de río
22	CODESA PARCELA 2	647507	102348	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ribera de río
23	PUERTO ARTESANA L DE ESMERALD AS	650813	108547	Autoridad portuaria	Ribera de río
24	LA BARRACA	650612	107156	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ribera de río
25	EL POTOSÍ	650161	105790	Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas	Ribera de río

Nota: La información del apartado “categoría geomorfológica”, está basado en la tabla 3 (*tipos de terrenos analizados en el estudio*)

Cabe indicar que las categorías geomorfológicas se las determinaron mediante la relación entre la ubicación de cada sitio, mostrado en el mapa 26 de anexos y la geomorfología de la ciudad de Esmeraldas mostrada en la ilustración 27 de anexos.

La tabla 1 de evidencia la selección 25 sectores estratégicos a reforestar en la ciudad de Esmeraldas. Estos están repartidos en 6 zonas de laderas, 13 zonas de planicies urbanas y 6 zonas de riberas de río.

8.2. Estimar la superficie disponible para cada sector estratégico a ser reforestado mediante el análisis de imágenes satelitales

La estimación de la superficie en hectáreas de cada sector estratégico se basó en el proceso de conversión de documentos en varios formatos, desde kml de Google Earth hasta archivos de txt para la obtención de coordenadas, las cuales se digitalizaron en el sistema de información geográfica Arcgis, donde se generaron los respectivos polígonos y su cálculo de geometría para la obtención de la superficie en hectáreas.

Estos procesos están demostrados en las ilustraciones 1, 2, 3 y 4, las cuales se encuentran en anexos.

Tabla 2

Tabla de hectáreas por área de estudio

N. de área	Nombre de área	Hectáreas	Categoría geomorfológica
1	VÍA AL BASURERO	31,5	Ladera
2	SANTAS VAINAS ALTO	18,8	Ladera
3	PARCELA 1 SANTAS VAINA ALTO PARCELA 2	30	Ladera
4	LAS PALMAS ALTO	50	Ladera
5	SECTOR LAS ANTENAS	6,34	Ladera
6	BASURERO MUNICIPAL DE ESMERALDAS	8,33	Ladera
7	CORP. LA FAVORITA	0,50	Planicie urbana
8	PROPICIA PARCELA 2	0,35	Planicie urbana
9	CAC PARCELA 1	1,7	Planicie urbana
10	CAC PARCELA 2	1,6	Planicie urbana
11	REDONDEL NAVAL	0,08	Planicie urbana
12	PARQUE EL ARENAL	0,04	Planicie urbana
13	EL ARENAL	0,22	Planicie urbana
14	COLGEO LUIS TELLO	2,23	Planicie urbana
15	COLEGIO 5 DE AGOSTO PARCELA 2	0,77	Planicie urbana
16	COLEGIO 5 DE AGOSTO PARCELA 1	0,39	Planicie urbana
17	COLEGIO MONSEÑOR ANGEL BARBISOTTI	0,30	Planicie urbana
18	NAVAL	0,89	Planicie urbana
19	AUTORIDAD PORTUARIA	0,15	Planicie urbana
20	PROPICIA PARCELA 1	0,29	Ribera de río
21	CODESA PARCELA 1	0,19	Ribera de río
22	CODESA PARCELA 2	0,09	Ribera de río
23	PUERTO ARTESANAL DE ESMERALDAS	0,44	Ribera de río
24	LA BARRACA	1,54	Ribera de río
25	EL POTOSÍ	0,15	Ribera de río
TOTAL		156.89	

La tabla 2 nos muestra un total de 156.89 hectáreas a reforestar en 25 sitios potenciales en la ciudad de Esmeraldas. Estos están repartidos en 144.97 ha en zonas de laderas, 9.22 ha en planicies urbanas y 2.70 ha en riberas de río.

8.3. Caracterizar el tipo de terreno para cada sector estratégico en función de riesgos principales a ser reforestada, mediante el análisis de imágenes satelitales en la ciudad de Esmeraldas

8.3.1. Mapas

La elaboración de cada mapa consistió en caracterizar el tipo de terreno que tiene cada sector estratégico analizado, agrupándolos en tres categorías principales: ladera, planicie urbana y ribera de río. Estos fueron determinados mediante las categorías geomorfológicas explicadas en la tabla 3.

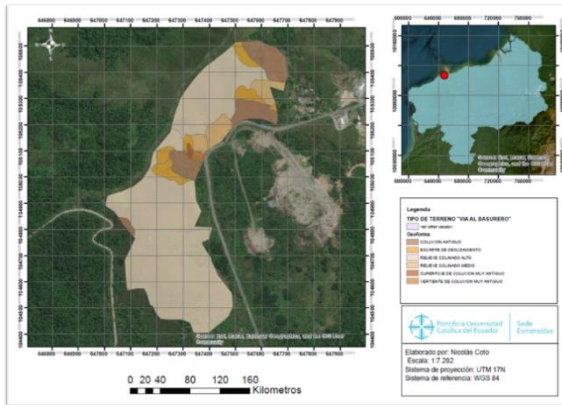
Tabla 3

Tipos de terrenos analizados en el estudio

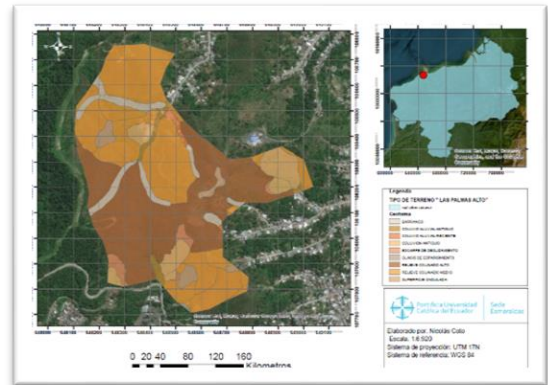
Tipo de terreno	Categoría geomorfológica de cada tipo de terreno
Planicie urbana	Terraza alta Terraza media Terraza baja
Ladera	Escarpe de terraza Barranco Superficie de coluvión muy antiguo Coluvión aluvial antiguo Coluvión aluvial reciente Coluvión antiguo Escarpe de deslizamiento Glacis de esparcimiento Relieve colinado alto Relieve Colinado medio Superficie ondulada Vertiente de coluvión muy antiguo Superficie media
Ribera de río	Cause actual Estuario Superficie plana intervenida Marisma

Cabe indicar que las categorías geomorfológicas fueron extraídas mediante la capa shape “**unidad geomorfológica**” obtenida mediante el geo portal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador

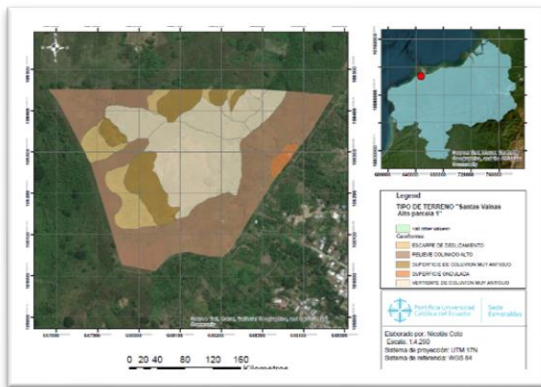
Superficies de laderas



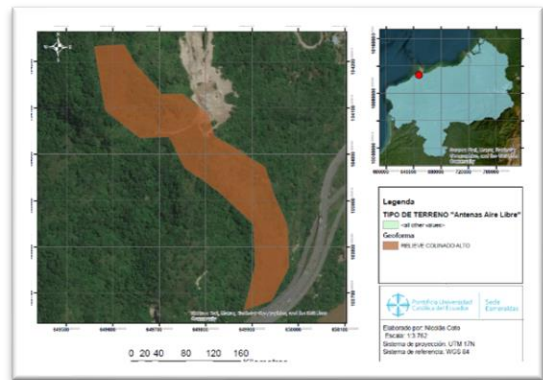
Mapa 1 Tipo de terreno "Vía al basurero"



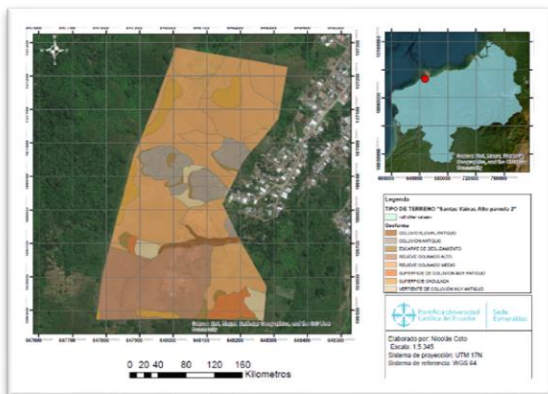
Mapa 4 Tipo de terreno "Las palmas alto"



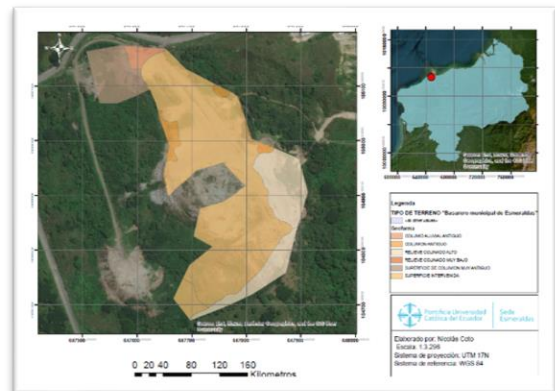
Mapa 2 Tipo de terreno "Santas Vainas alto parcela 1"



Mapa 5 Tipo de terreno "Antenas Aire Libre"



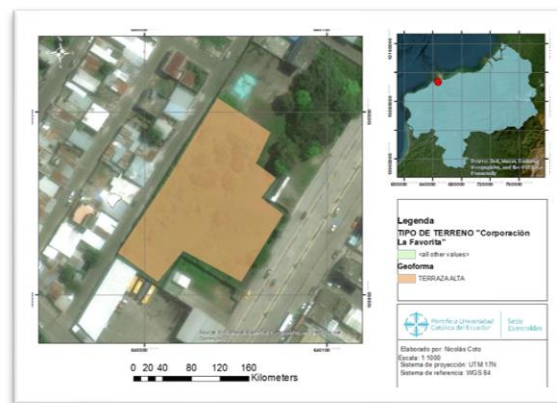
Mapa 3 Tipo de terreno "Santas Vainas alto parcela 2"



Mapa 6 Tipo de terreno "Basurero Municipal de Esmeraldas"

Los mapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 pertenecen al grupo de laderas, ya que, mediante las leyendas, contienen las siguientes categorías geomorfológicas: Escarpe de terraza, Barranco, Superficie de coluvión muy antiguo, Coluvión aluvial antiguo, Coluvión aluvial reciente, Coluvión antiguo, Escarpe de deslizamiento, Glacis de esparcimiento, Relieve colinado alto, Relieve Colinado medio, Superficie ondulada, Vertiente de coluvión muy antiguo, Superficie media

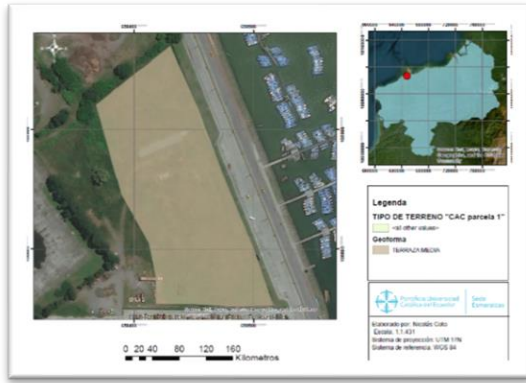
Superficies de planicie urbana



Mapa 7 Tipo de terreno "Corporación la Favorita"



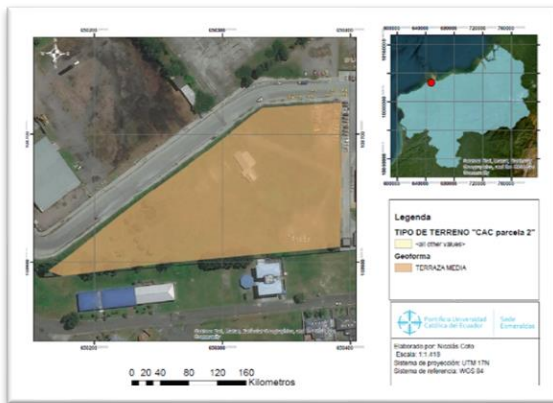
Mapa 8 Tipo de terreno "Propicia parcela 2"



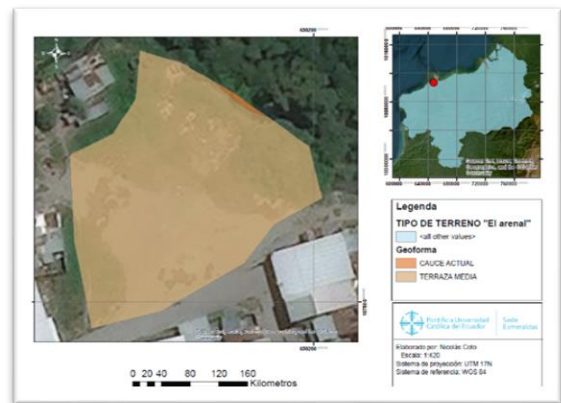
Mapa 9 Tipo de terreno "CAC parcela 1"



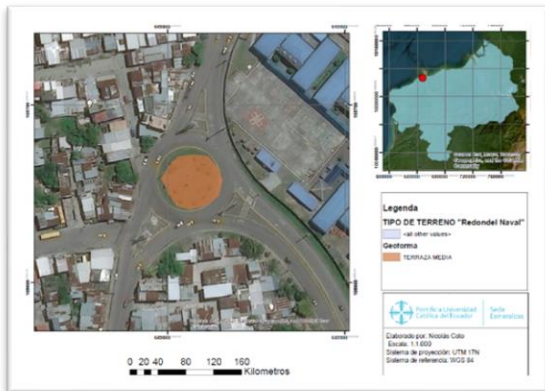
Mapa 12 Tipo de terreno "Parque el arenal"



Mapa 10 Tipo de terreno "CAC parcela 2"



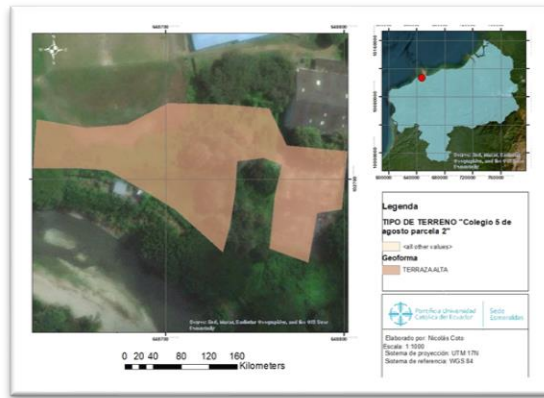
Mapa 13 Tipo de terreno "El arenal"



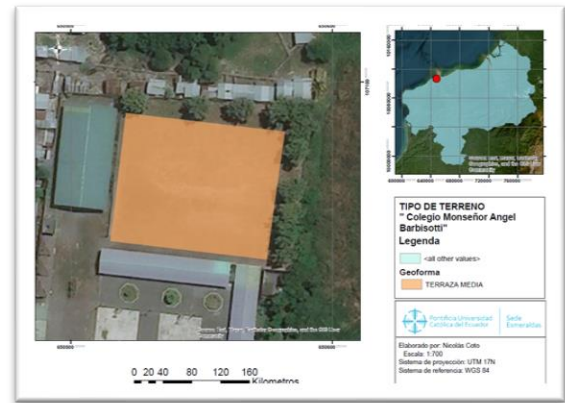
Mapa 11 Tipo de terreno "Redondel naval"



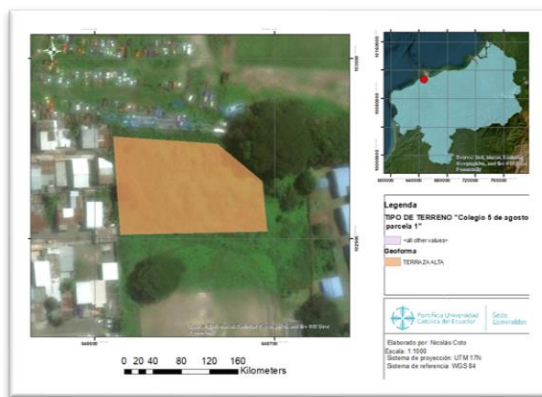
Mapa 14 Tipo de terreno "Colegio Luis Tello"



Mapa 15 Tipo de terreno "Colégio 5 de agosto parcela 2"



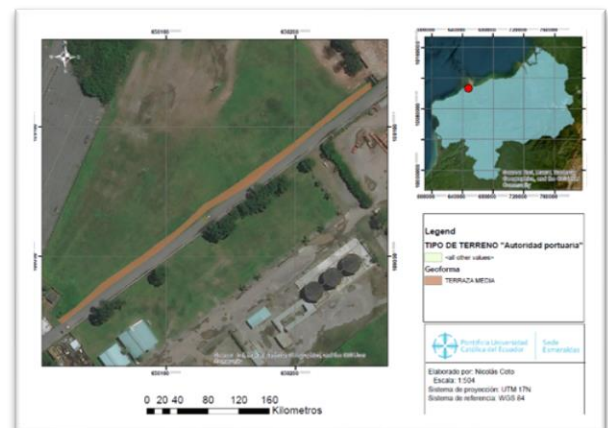
Mapa 17 Tipo de terreno "Colegio Monseñor Ángel Barbisotti"



Mapa 16 Tipo de terreno "Colégio 5 de agosto parcela 1"



Mapa 18 Tipo de terreno "Naval"



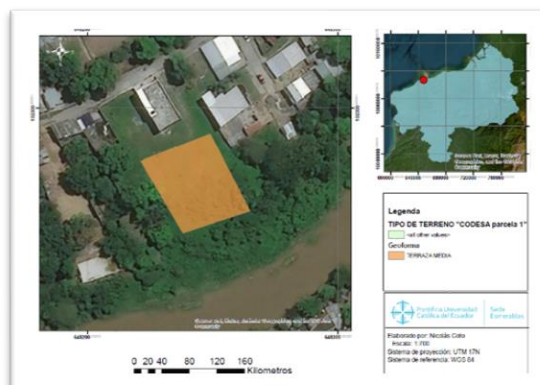
Mapa 19 Tipo de terreno "Autoridad portuaria"

Los mapas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 pertenecen al grupo de planicie urbana, ya que, mediante las leyendas, contienen las siguientes categorías geomorfológica: terraza alta, terraza media y terraza alta

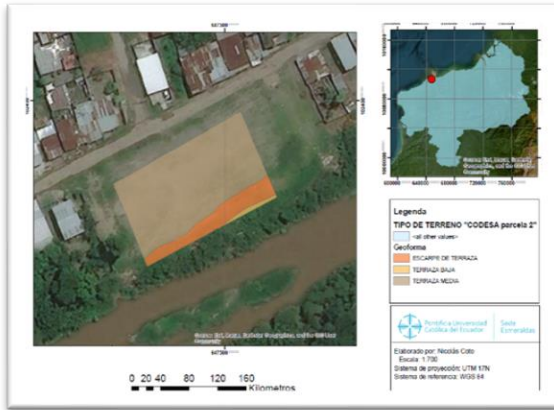
Superficies de “ribera de río”



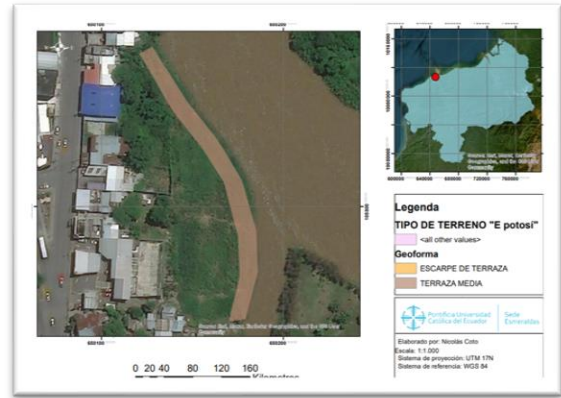
Mapa 20 Tipo de terreno "Propicia parcela 1"



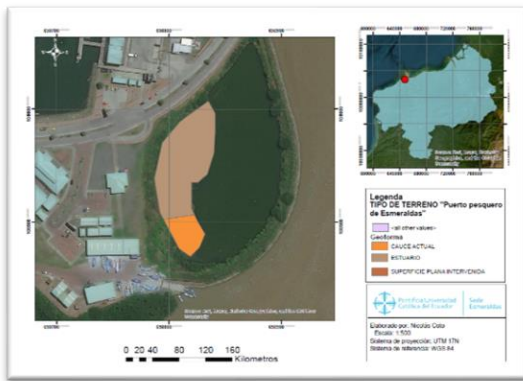
Mapa 21 Tipo de terreno "CODESA parcela 1"



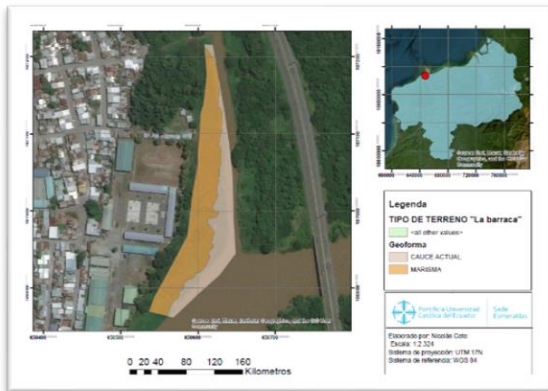
Mapa 22 Tipo de terreno "CODESA parcela 2"



Mapa 25 Tipo de terreno "El potosi"



Mapa 23 Tipo de terreno "Puerto pesquero artesanal de Esmeraldas"







Mapa 24 Tipo de terreno "La barraca"







Los mapas 20, 21, 22, 23, 24 y 25 pertenecen al grupo de ribera de río, ya que, mediante las leyendas, contienen las siguientes categorías geomorfológicas: Cause actual, Estuario, Superficie plana intervenida, Marisma

8.4. Elaborar un inventario de especies idóneas para reforestación en función de riesgos principales

Tabla 4

Inventario de especies arbóreas

Nombre común	Nombre científico	Uso	Imagen de especie	Función/riesgo a mitigar
Amarillo	<i>Centrolobium ochroxylum</i>	Uso de sombra gracias al forraje de sus hojas		Brindar zonas de sombra en sitios urbanos carentes de la misma
Pepa de vaca	<i>Geoffroea spinosa</i>	Holas utilizados para métodos medicinales y uso de sombra gracias a su forraje de sus hojas y frutos		Brindar zonas de sombra en sitios urbanos carentes de la misma y aportes medicinales
Muchina	<i>Triplaris cumingian</i>	Uso como planta ornamental, ideal para sombras		Brindar zonas de sombra en sitios urbanos carentes de la misma y vista paisajista
Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Uso como sobre gracias al forraje de sus hojas y buena estabilidad en la estructura del suelo gracias a sus raíces		Brindar zonas de sombra en sitios urbanos carentes de la misma, vista paisajista y estabilidad estructural de suelo y evitar deslizamientos por eroción

Roble	<i>Terminalia valverdeae</i>	Excelente para proveer sombra gracias a su arquitectura		Brindar zonas de sombra en sitios urbanos carentes de la misma
Laurel costeño	<i>Cordia alliodora</i>	Uso para zonas con perturbaciones por acción del hombre gracias a su favorable crecimiento en este tipo de zonas		Rehabilitación de sitios sin cobertura vegetal y sitios perturbados por actividades del hombre. Evitar desastres como deslizamientos de tierra e incendios gracias a su abundancias en este tipos de zonas Brindar vista paisajista, senderos ecológicos y protección ante incidentes de incendios forestales
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Ornamental Uso en cultivos y callejones forrajeros.		Brindar vista paisajista, senderos ecológicos y protección ante incidentes de incendios forestales
Ébano	<i>Diospyros ebenum</i>	Uso ornamental Uso para callejones forrajeros		Brindar vista paisajista, senderos ecológicos y protección ante incidentes de incendios forestales
Caña Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Uso para barreras en riberas de río y callejones forrajeros.		Senderos ecológicos y el fortalecimiento de sitios aledaños a ríos disminuyendo desastres como inundaciones
Mambla de rivera	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Uso de callejón forrajeros, brinda sombras y barrera viva		Brindar vista paisajista, senderos ecológicos, sitios para protección de especies y protección ante incidentes de incendios forestales

Nota. Fuente: (Aguirre Mendoza, 2012)

Este inventario se consideró desde el uso para la rehabilitación de áreas mediante reforestación, más no desde el uso económico de las especies maderables.

El Amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), el roble (*Terminalia valverdeae*), la mambla de ribera (*Erythrina poeppigiana*), el ébano (*Diospyros ebenum*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*), son especies para el uso ornamental. Ya sea para brindar sombra gracias a su forraje, como para corredores naturales (Aguirre Mendoza, 2012). Un claro ejemplo mostrado por Limongi Andrade, Guiracocha Freire, & Yopez Monserrate (2011), es el uso del amarillo como lindero natural para las delimitaciones de predios.

La caña guadua (*Guadua angustifolia*), siendo una especie muy requerida en las actividades económicas extractivas, esta tiene una funcionalidad de protección de riveras de ríos, evitando impactos por problemas de inundaciones provocadas por desbordamientos de ríos y, en ámbitos de calidad de aire, son buenas reteniendo el CO₂ siendo una de las especies arbóreas con mayor capacidad de fijación (Rezabala Salguero, 2021).

El guayacán brinda varios beneficios como sombra, gracias a su estructura y paisajismo, por la flor de da en temporadas y forman alfombras amarillas alrededor del árbol. Además, gracias a su raíz profunda brinda soporte para terrenos inestables, minimizando eventos de deslizamiento (PERIÓDICO OFICIAL DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2021).

9. DISCUSIÓN

La determinación y caracterización de los sectores estratégicos en la ciudad de Esmeraldas, teniendo en cuenta esta actividad como propuesta para rehabilitación de áreas sin cobertura vegetal mediante reforestación, encaja en procesos mencionados por (Viteri, 2010), en donde proponen elaboración de corredores ecológicos, fomentar el incremento de la siembra de especies arbóreas en zonas agrícolas y urbanas para la disminución de emisiones de CO₂ y el cuidado de cuencas hidrográficas evitando sucesos como erosiones del suelo.

El identificar sectores estratégicos potenciales para reforestar en la ciudad de Esmeraldas no es tarea fácil. Gracias al manejo de las imágenes satelitales se pueden dar cuenta cuál es la situación actual de la cobertura vegetal, encontrando zonas las cuales a simple vista no son reconocibles y pueden ser puntos claves de reforestación disminuyendo situaciones de inundaciones, deslaves, incendios forestales e incremento de temperaturas. Métodos realizados por (Janampa Torres & Ponce Cristóbal, 2022), el cual, gracias al análisis de imágenes satelitales pueden determinar la disminución de la cobertura vegetal y determinar las superficies afectadas en el transcurso de los años 2000-2020 en Huancayo, Perú. Es gracias a estos métodos los cuales facilitan el poder analizar situaciones de riesgo ambiental y poder determinar soluciones.

El manejo adecuado de la superficie en sectores estratégicos pertenecientes a zonas urbanas y agrícolas, toman un punto importante en actividades mencionadas por (Masera, Salazar, & Martínez, 2013), como la recuperación de cobertura vegetal y el uso sustentable de las mismas ante los impactos generados por cambio climático. Estas estrategias son fundamentales para disminución de impactos producidos por riesgos como inundaciones, incendios y deslaves, y poder producir una mejor calidad en el ambiente tanto para las personas como para la biodiversidad.

El total de superficie calculado mostrado en la tabla 1, el cual es 156.89, es gracias al manejo y desarrollo de las imágenes satelitales las cuales pasaron por un proceso que consistió en la toma de puntos, la conversión a formatos necesarios para poder llegar a ser digitalizados en un sistema de información geográfica como coordenadas y podrá calcular su superficie en hectárea. Todo este conjunto de procesos tiene una importancia ya que, cómo nos muestra (Cortez Requejo , 2021), todo manejo de imagen satelital debe

llevar una secuencia de pasos, ya sea en la digitalización de datos, la elaboración de mapas, en el cálculo de superficies, etc.

El uso del sistema de información geográfica ArcGIS brindó la facilidad de determinar los tipos de terrenos de cada sector estratégico analizado, mostrándonos las subcategorías de laderas, planicies urbanas y riberas de río, explicadas en la tabla 4. Así mismo nos dio la facilidad de la creación de mapas, los cuales podemos de manera dinámica, dar una presentación y explicación de la descripción geomorfológica. Comparando con lo que nos dice (Parajuli, y otros, 2020), a la hora de utilizar este tipo de software, en proyectos de restauración, nos dan las facilidades de poder determinar aspectos tales como el uso de suelo, la cobertura vegetal, temperaturas, georreferenciación, entre otras, las cuales dan una mejor perspectiva de la situación de un sitio determinado, y a su vez brinda la facilidad de poder analizar datos y compartirlos.

El propósito por el cual el estudio se rige bajo los tres tipos de terreno (ladera, planicie urbana y ribera de río), es poder minimizar los incidentes de los principales riesgos (incendios, deslizamientos, inundaciones) asociados a estos mismos, buscando futuras propuestas de reforestación para solventar estos incidentes y buscar una mejor calidad de vida, tanto en la salud de los habitantes como el paisajismo de la ciudad. Una clara comparación es lo mencionado por (López, Martínez Murillo, Ruiz Sinoga, & Poesen, 2010), el cual muestra los resultados obtenidos por una reforestación que se realizó en la ribera de la cuenca del Arroyo de Melgarejos, en Montes de Málaga, teniendo un escenario en donde se caracterizaba por la elevada actividad de estos sucesos, mostrando mejoras en la reducción de la erosión de las laderas aledañas a la cuenca y una reducción considerable de la pérdida de suelo.

La selección de especies arbóreas tuvo en cuenta dos factores principales. El primer factor fue el uso que se le va a dar a esa especie (tabla 4), ya sea para cercos ecológicos, apoyo para sombras en sectores urbanos, cercos en riberas de río y apoyo para la estabilidad de suelos en laderas y prevención de incendios, y el segundo factor es el tipo de terreno (tabla 3), ya que es muy fundamental a la hora del crecimiento y desarrollo de la especie. Estos factores mencionados tienen semejanza con la información dada por (De la Cruz-Gutiérrez, 2019), donde nos hablan de una propuesta de establecer un vivero forestal para mitigar los efectos del cambio climático en el Municipio de Caquiaviri, en la Paz-Bolivia, en donde se toman en cuenta los tipos de terrenos, ya sean laderas, planicies, entre otras.

y el tipo de suelo, como suelos arcillosos, suelos arenosos, suelos humíferos, entre otros. Esto con el propósito de establecer las especies arbóreas correctas para la zona.

10. CONCLUSIONES

- En base a los resultados mostrados en el punto 8.1, se determinó que, del total de los 25 sectores estratégicos analizados en el estudio, la mayor parte de la superficie pertenece a planicies urbanas, con un total de 13 zonas, las cuales constan como el 52%, seguido del 24%, perteneciente a 6 zonas de riberas de río y por último un 24%, equivalente a 6 zonas de laderas.
- Mediante la superficie total estimada de 156.89 ha, explicado en el punto 8.2, se pudo observar que los sectores estratégicos situados en laderas, teniendo menor cantidad de zonas analizadas en el estudio, que comprende el 92.40% de las hectáreas analizadas, con un total de 144.97 y la de mayor cantidad de sitios, pertenecientes a planicies urbanas, contempla solo el 5.87% de las hectáreas, con un total de 9.22 ha.
- El análisis de los resultados de las superficies disponibles en hectáreas y los tipos de terrenos descritos mencionados en los puntos 8.2 y 8.3, nos ayudaron a determinar que, los sectores con mayor superficie a reforestar, y siendo las de menor zonas de estudio seleccionadas, son laderas. Lo preocupante es la poca superficie disponible a reforestar en zonas con gran cantidad de asentamientos humanos, teniendo a planicies urbanas y riberas de río con un 7.59% del total de superficie disponible.
- Teniendo en cuenta los sectores estratégicos analizados en el estudio y las superficies estimadas totales, se determinó que las especies seleccionadas en el punto 8.4, sean usadas en: Guayacán, Roble, Ébano, Caña Guadua y Caoba, dirigidas al fortalecimiento de suelos y a la disminución de incendios forestales en zonas como laderas y riberas de río, y el Laurel Costeño, Amarillo, Pepa de vaca y Muchina para usos de puntos de sombra y ornamental en zonas urbanas.

11. RECOMENDACIONES

- Mediante la utilización de SIG, realizar propuestas de reforestación enfocadas en superficies de laderas, las cuales son las más afectadas por incidentes de deslaves e incendios forestales en la ciudad de Esmeraldas.
- Realizar proyectos enfocados en la rehabilitación de espacios degradados en zonas de planicies urbanas, las cuales tienen mayor presencia en la ciudad de Esmeraldas
- Utilizar como referencia este proyecto de investigación para posibles propuestas de georreferenciación, enfocadas a la restauración de espacios degradados.
- Mediante la información recopilada sobre las especies arbóreas para reforestar, inculcar la realización de viveros para la intervención de zonas de laderas, planicies urbanas y riberas de río, para futuros proyectos de reforestación, teniendo en cuenta la participación de estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Esmeralda

Referencias bibliográficas

- SAAVEDRA EGAS, H. (Diciembre de 2021). *PLAN AMBIENTAL AN DE REFORESTACIÓN CON ESPECIES NATIVAS NCA BAJA DEL RÍO SÚA DEL CANTÓN ATACAMES*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2886/1/Saavedra%20Egas%20Hindenburg%20Dean.pdf
- Aguirre Mendoza, Z. (Septiembre de 2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. Obtenido de Guía dendrológica para su identificación y caracterización: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf
- Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de Tribunal Constitucional del Ecuador: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico Ambiental*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Cabrera Gaillard, C. (02 de Mayo de 2003). *PLANTACIONES FORESTALES: OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE*. Obtenido de UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS INSTITUTO DE AGRICULTURA, RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE : chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie_tec/06tec2003.pdf
- Camacho Sanabria, R., Camacho Sanabria, J., Balderas Plata, M., & Sánchez López, M. (2017). *Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México*. Obtenido de Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712017000300039
- Chazdon, R., Brancalion, P., Laestadius, L., Bennett-Curry, A., Buckingham, K., Kumar, C., . . . Wilson, S. (09 de Marso de 2016). *When is a forest a forest? Forest concepts and definitions*. Obtenido de Kungl. Vetenskaps Akademien: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/s13280-016-0772-y.pdf
- Collado Latorre, J., & Navarro Jover, J. (15 de Octubre de 2013). *ArcGIS 10. PRÁCTICAS PASO A PASO*. Obtenido de Universitat Politècnica de València: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70699/TOC_6098_01_01.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- CONAGOPARE. (29 de julio de 2015). *PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACION FORESTAL CONVENIO MAE-CONAGOPARE*. Obtenido de CONAGOPARE: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conagopare.gob.ec/phocadownload/transparencia/2017/PROYECTO%20REFORESTACI%C3%93N.pdf
- Cortez Requejo , Y. L. (2021). *Pérdida de la cobertura vegetal mediante el uso de imágenes satelitales en la subcuenca Gera, distrito de Jepelacio* . Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4537/2/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Yadira%20Lizeth%20Cortez%20Requejo.pdf
- Coutiño Estrada, Y. (2019). *El Sistema de Comando de Incidentes: Política pública para la atención de los incendios forestales*. Obtenido de Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Coutino_Estrada_YA_MT_Ciecnias_Forestales_2019.pdf
- De la Cruz-Gutiérrez, J. L. (2019). *Propuesta de establecimiento de viveros forestales, para mitigar el cambio climático en el Municipio de Caquiaviri*. Obtenido de UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23804/TD-2747.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GARMIN. (junio de 2008). *MapSpurce software de mapas*. Obtenido de GARMIN: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://static.garmincdn.com/pu/mac/MapSource_ESMapSourceManualdelusuario.pdf
- Gómez Vargas, E., Obregón Neira, N., & Rocha Arango, D. (Junio de 2013). *Métodos de segmentación de nubes en imágenes satelitales*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000200009
- GPS Visualizer. (2018). *GPS Visualizer*. Obtenido de Do It Yourself mapping: <https://www.gpsvisualizer.com/about.html>
- Guevara S, S., Laborde D, J., & Sánchez Ríos, G. (2004). *La deforestación*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/267714794_La_Deforestacion
- Jalón de Torbay, A., & Aguilar Peña, R. (Octubre de 2018). *Peña, R. A., & de Torbay, A. J. (2018). Reforestación con especies forestales nativas para la conservación y protección de los recursos hídricos, provincia de Esmeraldas, Ecuador*. Obtenido de DELOS: Desarrollo Local Sostenible: <https://www.eumed.net/rev/delos/32/roberto.html>
- Janampa Torres, S., & Ponce Cristobal, J. J. (2022). *Análisis multitemporal de la deforestación por imágenes satelitales en el distrito de Pangoa, Junín desde el*

- año 2000 al 2020*. Obtenido de Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12239/4/IV_FIN_107_TE_Janampa_Ponce_2022.pdf
- León Estrada , J., & Piñeda , A. (2011). *SOFTWARE PARA LA CONVERSIÓN DE MÚLTIPLES CAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE ESRI SHAPEFILE A POSTGRESQL*. Obtenido de Universidad de las Ciencias Informáticas: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uci.cu/jspui/bitstream/ident/TD_04364_11/2/TD_04364_11.pdf
- Limongi Andrade, R., Guiracocha Freire, G., & Yopez Monserrate, C. (2011). *Amarillo de Guayaquil Centrolobium ochroxylum Rose ex Rudd: Especie de uso múltiple del bosque seco del Ecuador*. Obtenido de Estación Experimental Portoviejo: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2051/1/iniaplsbt148a.pdf
- López Lara, E., Posada Simeón, C., & Moreno Navarro, J. (1998). *LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Obtenido de Depósito de Investigación de la Universidad de Sevilla: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/40831/sistemas_de_informacion_geografica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, V. M., Martínez Murillo, J. F., Ruiz Sinoga, J. D., & Poesen, J. (2010). *EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA REFORESTACIÓN EN LA REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MODELO RMMF (MONTES DE MÁLAGA)*. Obtenido de Avances de la geomorfología en España: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://digital.csic.es/bitstream/10261/101121/1/Lopez-VicenteM_AvancGeomEsp20082010_2010.pdf
- Lugo Hubp, J. (1988). *Elementos de geomorfología aplicada*. Obtenido de Universidad Autónoma de México: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/138/130/484-1>
- Masera, O. R., Salazar, A., & Martinez, R. (2013). *Mitigación del cambio climático y desarrollo sustentable en México: resolviendo necesidades locales con beneficios globales*. Obtenido de Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ru.ceiich.unam.mx/bitstream/123456789/3310/1/CambioClim_Cap11_Mitigacion_del_cambio_climatico.pdf
- Noritz, M. (04 de Febrero de 2022). *CELEC EP Termoesmeraldas lidera programa de reforestación 21-enero-2022*. Obtenido de Corporación Eléctrica del Ecuador:

<https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/sala-de-prensa-2/noticias/680-celec-ep-termoesmeraldas-lidera-programa-de-reforestacion-21-enero-2022>

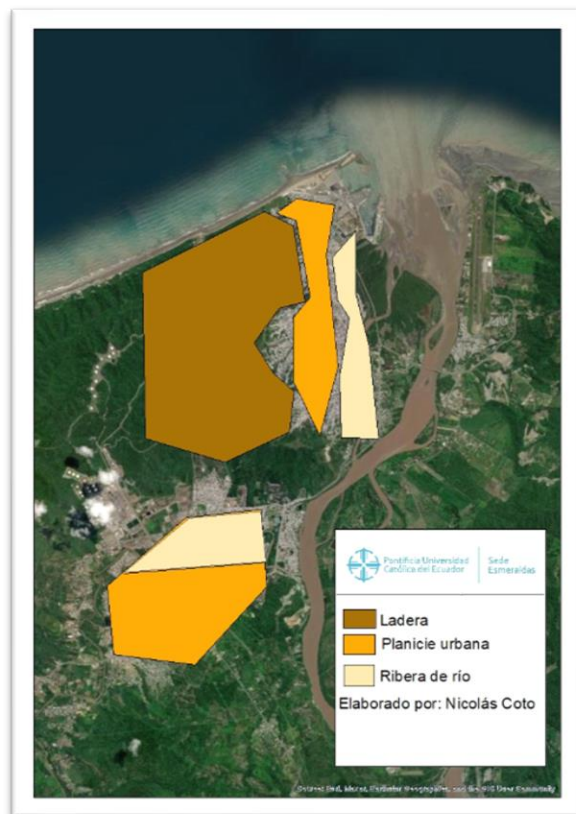
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020*. Obtenido de Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.fao.org/3/cb0102es/cb0102es.pdf>
- Parajuli, A., Prasad Gautam, A., Prasad Sharma, S., Bahadur Bhujel, K., Sharma, G., Bahadur Thapa, P., . . . Poudel, S. (07 de Diciembre de 2020). *Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal*. Obtenido de Geomatics, Natural Hazards and Risk: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/19475705.2020.1853251?needAccess=true&role=button>
- Perico Granados, N., & Perico Martínez, N. (2015). *CAUSAS DE INUNDACIONES EN TUNJA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN*. Obtenido de Encuentro Internacional de Educación de Ingeniería : <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1173/1177>
- PERIÓDICO OFICIAL DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. (31 de mayo de 2021). *Guayacán el árbol que despierta la vida*. Obtenido de EL MISIONERO: http://archivo.uagraria.edu.ec/web/el_misionero/El-Misionero-860.pdf
- Rezabala Salguero, C. J. (2021). *Aprovechamiento y usos potenciales de Guadua angustifolia Kunth en la parroquia Ayacucho, Cantón Santa Ana*. Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y DE LA AGRICULTURA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3429/1/Aprovechamiento%20y%20usos%20potenciales%20de%20Guadua%20angustifolia%20Kunth%20en%20la%20parroquia%20Ayacucho%2C%20Cant%C3%B3n%20.pdf>
- ROJAS BARRÍA , M. (2018). *Reforestación en núcleos de distintas especies nativas para recuperar áreas afectadas por incendios en Chile central*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCC6897_01.pdf
- Sierra, R. (Enero de 2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. Obtenido de Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf%20(2).pdf)

- Torres Chung, C. (2007). *Valoración Del Riesgo En Deslizamientos*. Obtenido de UNIVERSIDAD RICARDO PALMA:
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/torres_cr.pdf
- Viteri, A. (Agosto de 2010). *DOCUMENTO DE ANÁLISIS DEL SECTOR FORESTAL EN EL CONTEXTO DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO DE SUELO, Y SILVICULTURA (FORESTAL) EN EL ECUADOR*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30236413/05_ecuador_nip_forestry_mitigation-libre.pdf?1390881517=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSECTOR_FORESTAL_EN_EL_CONTEXTO_DE_ADAPT.pdf&Expir
- Yu, L., & Gong, P. (2012). Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives. *International Journal of Remote Sensing*, 3966-3986.

ANEXOS



Mapa 26 Sitios seleccionados del estudio



Mapa 27 Geomorfología de la ciudad de Esmeraldas



Ilustración 1. Conversión de archivo kml a GPX mediante el software GPS Visualizer

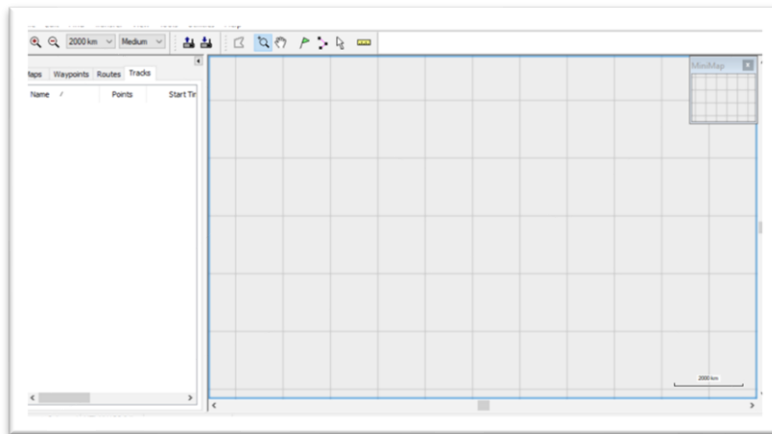


Ilustración 2. Conversión de archivo GPX a txt mediante MapSource

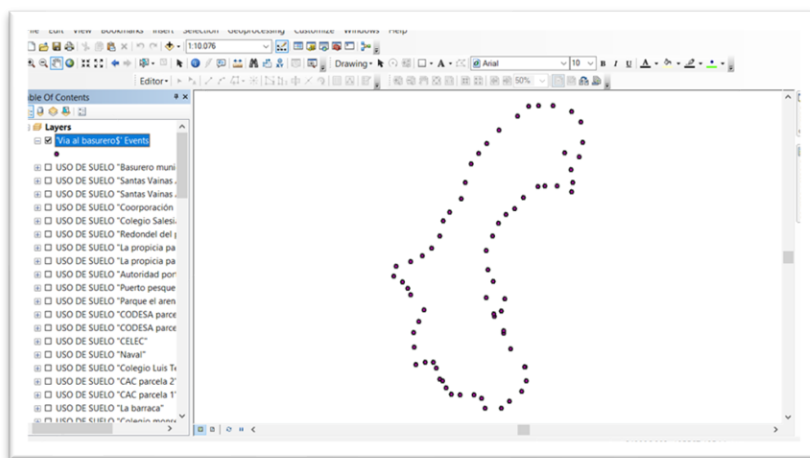


Ilustración 3. Coordenadas de polígono en Arcgis

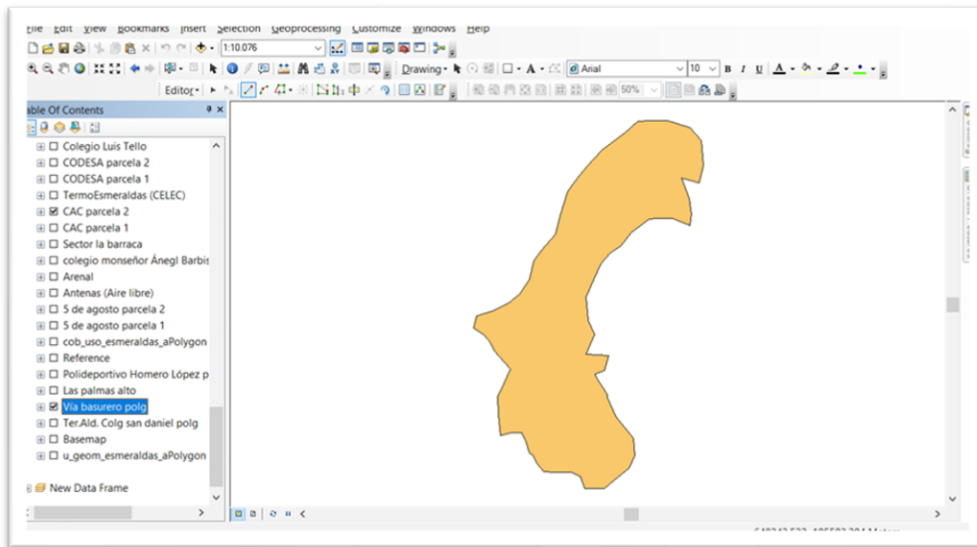


Ilustración 4. Polígonos en Arcgis