

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

Análisis del potencial ecológico del Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Andino Seco.

Autores:

Luis Alfredo Marca Quito

Edison Enrique Vaca Altamirano

Tutora:

Ing. Carla Silva

Riobamba - Ecuador

Año 2021

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de tema: **“ANÁLISIS DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL GUARANGO (CAESALPINIA SPINOSA) EN LA COMUNIDAD CHINGAZO ALTO, CANTÓN GUANO, COMO UNA ESTRATEGIA DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS EN ZONAS DE BOSQUE ANDINO SECO.”**

Presentado por: Luis Alfredo Marca Quito y Edison Enrique Vaca Altamirano.

Dirigido por: Ing. Carla Fernanda Silva Padilla.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se remite la presente para uso y custodia de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Guido Patricio Santillán Lima
Presidente de Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**GUIDO
PATRICIO
SANTILLAN**
.....

Firma

Ing. Carla Fernanda Silva Padilla
Tutora del Proyecto



Firmado electrónicamente por:
**CARLA
FERNANDA
SILVA PADILLA**
.....

Firma

Ing. María Fernanda Rivera Castillo
Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
RIVERA CASTILLO**
.....

Firma

Ing. Silvia Hipatia Torres Rodríguez
Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
**SILVIA HIPATIA
TORRES
RODRIGUEZ**
.....

Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE LA AUTORÍA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**, elaborado por los señores Luis Alfredo Marca Quito y Edison Enrique Vaca Altamirano, con el tema: “**ANÁLISIS DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL GUARANGO (CAESALPINIA SPINOSA) EN LA COMUNIDAD CHINGAZO ALTO, CANTÓN GUANO, COMO UNA ESTRATEGIA DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS EN ZONAS DE BOSQUE ANDINO SECO.**”, el mismo que fue analizado y supervisado bajo mi asesoramiento permanente en calidad de Tutor y Guía, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Firmado electrónicamente por:

**CARLA
FERNANDA
SILVA PADILLA**

.....
Ing. Carla Fernanda Silva Padilla

Tutora del Proyecto

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros **Luis Alfredo Marca Quito**, con cédula de identidad N.º 140069481-4 y **Edison Enrique Vaca Altamirano**, con cédula de identidad N.º 060357324-7; hacemos referencia como autores del presente trabajo de investigación, titulado: “**ANÁLISIS DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL GUARANGO (*CAESALPINIA SPINOSA*) EN LA COMUNIDAD CHINGAZO ALTO, CANTÓN GUANO, COMO UNA ESTRATEGIA DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS EN ZONAS DE BOSQUE ANDINO SECO.**”, dirigida por la tutora del proyecto, **Ing. Carla Fernanda Silva Padilla**.

En tal sentido, manifiesto responsabilidad y originalidad en la conceptualización de ideas, interpretación de resultados, y sustento de autores que han sido debidamente referenciados en la presente investigación.



Luis Alfredo Marca Quito

CI. 1400694814



Edison Enrique Vaca Altamirano

CI. 0603573247

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo fue posible gracias al conocimiento alcanzado en la Universidad Nacional de Chimborazo a través de los docentes que fueron parte primordial en la carrera, quienes nos apoyaron con su experiencia y sus conocimientos, a nuestros familiares por el apoyo permanente durante este proceso y los buenos amigos que nos colaboraron con su apoyo moral y anímico.

De manera especial demostramos nuestra gratitud a la Ing. Carla Silva por el apoyo absoluto y la confianza depositada en nosotros y por el conocimiento brindado durante todo el proceso para la realización de este trabajo investigativo.

Nuestra gratitud a los Ingenieros Luis Peñafiel y Danny Osorio del Departamento de Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo, por la aceptación y la ayuda técnica brindada para la elaboración del proyecto de investigación.

Agradecemos a la comunidad de Chingazo Alto especialmente al presidente de la comunidad Rodrigo Ávalos por la apertura brinda y apoyo con información de la zona de estudio.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS.

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo le dedico a toda mi familia que han sido pilar fundamental en mis estudios.

Para mí es un gran orgullo y satisfacción dedicar este trabajo a mi querida mamá, Luz Quito y a mi amado papá, Luis Marca, por el apoyo y amor incondicional que me han brindado en el transcurso de estos maravillosos años, por el sacrificio que hacen día a día para poder sacar a la familia adelante.

A mis hermanos, Ricardo Marca y Evelyn Marca, que me han apoyado moralmente y por sus palabras de aliento para seguir mejorando como cada día como persona.

A mi amiga Lourdes y al resto de amigos que me han apoyado y han hecho posible que este trabajo se realice con éxito.

Luis Alfredo Marca Quito

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios por que sin el este logro no fuera posible por darme la constancia y fuerza de seguir a pesar de las adversidades.

A mis padres Enrique Vaca Zambrano y María del Carmen Altamirano por haberme dado lo más importante la vida, por el apoyo incondicional durante esta trayectoria estudiantil.

A mis hermanos Gabriela Vaca y Denis Vaca por ser el pilar fundamental en mi vida, que con su ejemplo y esfuerzo me enseñaron a valorar las oportunidades de la vida y por siempre darme el apoyo para poder superarme como persona y sobre todo por nunca dejar de confiar en mí.

Agradezco a todos mis amigos y familiares que de alguna manera me han dado aliento para seguir en los estudios y lograr este gran paso en mi vida profesional.

Edison Enrique Vaca Altamirano

SIGLAS Y ABREVIATURAS

MAATE	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
GADPCH	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo.
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.
TIFF	Tagged Image File Format
SA	Servicios Ambientales.
ASOPROGF	Asociación de Productores de Guarango y Frutales.
TCA	Tasa de cambio.
PDYOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
SIGLAS Y ABREVIATURAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I.....	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Justificación.....	19
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Diagnóstico Biofísico	21
2.2. Clima.....	21
2.3. Capacidad de uso de tierras.....	21
2.4. Relieve	21
2.5. Bosque Seco.....	22
2.6. Guarango.....	22
2.6.1. Origen	22
2.6.2. Beneficios del Guarango	22
2.7. Cambio de uso de suelo	22
2.8. Potencial ecológico	23
2.9. Macronutrientes	23
2.9.1. Nitrógeno (N)	23
2.9.2. Fosforo (P).....	24
2.9.3. Potasio (K).....	24
2.10. Potencial de Hidrógeno	24
2.11. Densidad aparente	24

2.12.	Sistemas de Información Geográfica	25
2.13.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.....	25
2.14.	Análisis Multitemporal.....	25
2.15.	Teledetección	25
2.15.1.	Espectro Electromagnético	26
2.15.2.	Características Básicas de los Sensores Remotos	26
2.16.	Corrección Radiométrica.....	28
2.17.	Plan de Manejo Forestal.....	29
CAPÍTULO III		30
MARCO METODOLÓGICO		30
3.1.	Materiales y equipos	30
3.2.	Metodología de la caracterización biofísica	31
3.2.1.	Diagnóstico de la situación actual de la comunidad Chingazo Alto.	31
3.3.	Metodología diagnóstico multitemporal.....	31
3.3.1.	Levantamiento de información	31
3.3.2.	Tratamiento y procesamiento básico de las imágenes satelitales.....	2
3.3.3.	Determinación de los usos del suelo de la comunidad Chingazo Alto del año 2012, 2016, 2020.	2
3.3.4.	Análisis multitemporal de las imágenes satelitales.	5
3.4.	Metodología del análisis los beneficios del guarango y su potencial ecológico en la zona de estudio.	5
3.4.1.	Metodología del muestreo	5
3.4.2.	Metodología análisis en laboratorio	6
3.4.3.	Metodología análisis estadístico de las muestras	6
3.5.	Metodología del plan de manejo del bosque andino seco	7
CAPÍTULO IV		8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		8
4.1.	Línea Base.....	8
4.1.1.	Ubicación Geopolítica	8
4.1.2.	Relieve	8
4.1.3.	Clima	8
4.1.4.	Ubicación hídrica.....	9
4.1.5.	Precipitación	9
4.1.6.	Vientos.....	10
4.1.7.	Humedad atmosférica	10
4.1.8.	Suelo	10

4.1.9. Biodiversidad.....	11
4.2. Análisis del cambio del uso de suelo a través del procesamiento y tratamiento digital de las imágenes satelitales de los años 2012, 2016 y 2020 en la comunidad Chingazo Alto.....	13
4.2.1. Procesamiento digital de las imágenes.....	13
4.2.2. Correcciones radiométricas (Radiancia y reflectancia).....	14
4.3. Uso del suelo de la comunidad de Chingazo Alto.....	14
4.3.1. Zonificación del área de estudio.....	14
4.3.2. Validación de los resultados de la clasificación.....	15
4.3.3. Análisis del cambio de cobertura de los años 2012 – 2016 – 2020.....	16
4.3.4. Análisis de variabilidad espacial NDVI.....	22
4.4. Análisis de los beneficios del guarango y su potencial ecológico en la zona de estudio.....	24
4.4.1. Análisis de suelo sin presencia de guarango.....	24
4.4.2. Análisis de suelo con presencia de guarango.....	25
4.4.3. Análisis comparativos de los suelos con y sin presencia de guarango.....	26
4.4.4. Comparación de los resultados de los análisis de suelo.....	27
4.5. Diseñar un plan de manejo del bosque andino seco de Chingazo Alto mediante un proceso participativo con la comunidad.....	34
CAPÍTULO V.....	35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
5.1. CONCLUSIONES.....	35
5.2. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de resolución de un sistema sensor.	27
Figura 2. Firmas espectrales de coberturas típicas.	28
Figura 3. Mapa de ubicación de la comunidad Chingazo Alto	15
Figura 4. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2012 de Chingazo Alto.	17
Figura 5. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2016 de Chingazo Alto.	18
Figura 6. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2020 de Chingazo Alto.	20
Figura 7. Mapa de variabilidad espacial NDVI de los años 2012, 2016 y 2020 de Chingazo Alto.....	23
Figura 8. pH de suelos analizados de la zona de estudio.	28
Figura 9. Densidad aparente	30
Figura 10. Nitrógeno total	32
Figura 11. Materia orgánica	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos.....	30
Tabla 2. Clasificación del uso del suelo para la comunidad de Chingazo Alto, cantón Guano.	3
Tabla 3. Clasificación del uso del suelo para la comunidad de Chingazo Alto, cantón Guano.	3
Tabla 4. Especies de flora en la comunidad de Chingazo Alto de la parroquia la Matriz. Guano	11
Tabla 5. Fauna silvestre de la comunidad de Chingazo Alto en la parroquia la Matriz. 12	
Tabla 6. Fauna doméstica de la comunidad de Chingazo Alto en la parroquia la Matriz.	12
Tabla 7. Grado de confiabilidad del índice Kappa	16
Tabla 8. Porcentaje de confiabilidad de las imágenes satelitales	16
Tabla 9. Condiciones iniciales de uso de suelo del año 2012.....	17
Tabla 10. Cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) de los años 2012 -2016 ...	19
Tabla 11. Cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) de los años 2016 -2020 ...	20
Tabla 12. Tabla resumen del cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) en los años 2012 – 2020.	21
Tabla 13. Interpretación de la tasa de cambio (TCA).....	21
Tabla 14. Clasificación de los valores NDVI.....	22

Tabla 15. Coordenadas de la zona del análisis de suelo.	24
Tabla 16. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 044 – 21	25
Tabla 17. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 045 – 21	25
Tabla 18. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 046 – 21	25
Tabla 19. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 047 – 21	26
Tabla 20. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 048 – 21	26
Tabla 21. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 049 – 21	26
Tabla 22. Promedios de los parámetros analizados.	27
Tabla 23. Rangos de pH en los suelos	28
Tabla 24. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la sierra.	29
Tabla 25. Densidad aparente según la textura.	31
Tabla 26. Clasificación del nitrógeno disponible.	33
Tabla 27. Clasificación de la materia orgánica para suelos.	33

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la comunidad de Chingazo Alto perteneciente a la parroquia La Matriz, cantón Guano, cuyo objetivo fue analizar el potencial ecológico del Guarango (*Caesalpinia Spinosa*) en zonas de bosques andinos secos, ya que esta leguminosa tiene un nivel alto de recuperación de suelos secos. Se realizó un análisis del cambio del uso de suelo, a través del procesamiento y tratamiento digital de las imágenes satelitales de los años 2012, 2016 y 2020, en donde los resultados más significativos en 8 años son los cambios en tres clases de uso de suelo, donde en el año 2012 no existía plantaciones de guarango, con el paso del tiempo se realizó una reforestación llegando al 1 % de su área en el año 2016 y para el año 2020 hubo una disminución a 0.4% siendo valores no representativos para el área total de Chingazo Alto; en cuanto al suelo desnudo en el año 2012 al 2020 hubo un aumento del 41% a 72% de su área, correlacionándose con el cultivo de ciclo corto, el cual en los años de 2012 a 2020 se produjo una reducción de su área del 40.6% al 8 %.

Se analizaron parámetros fisicoquímicos y macronutrientes, en dos zonas, con y sin presencia de guarango y en base a los resultados obtenidos en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo se obtuvo que el pH tiene un promedio de 7.44 a 8.20 en las dos zonas, siendo estos suelos ligeramente alcalinos, los niveles de materia orgánica son bajos, el nitrógeno es más elevado en la zona con guarango con un porcentaje de 0.12 %, teniendo un suelo medio con tendencia a alto en nitrógeno, y la densidad aparente con valores de 0.98 a 1.03 g/cm³ siendo el valor más bajo para la zona con guarango teniendo un suelo con mejor porosidad y aireación.

En los bosques secos andinos el guarango es una especie que ayuda y aporta a la recuperación de suelo propensos a degradación y erosión por su gran aporte ecológico proporcionando nutrientes al suelo como el nitrógeno siendo este uno de los más importantes.

Palabras clave: Guarango, Guano, Bosques secos andinos, Macronutrientes, Imágenes Satelitales

ABSTRACT

The research has developed in the community of Chingazo Alto belonging to La Matriz of Guano city. This study aimed to analyze the ecological potential of Guarango (*Caesalpinia Spinosa*) in areas of dry Andean forests since this legume has a high level of recovery of dry soils. An analysis of land-use change had carried out through the processing and digital treatment of satellite images of 2012, 2016, and 2020. The most significant results were the changes in three classes of land use in 8 years, wherein in the year 2012, there were no Guarango plantations. Along time, reforestation had carried out, reaching 1% of its area in 2016, and there was a decrease to 0.4% being non-representative values for the total size of Chingazo Alto for 2020. Related to the soil, there was an increase from 41% to 72% of its area from 2012 to 2020, correlating with the short cycle crop, in which there was a reduction of its location from 40.6% to 8% from 2012 to 2020.

Physicochemical and macronutrient parameters of the soil have analyzed in two zones. This process has done with and without Guarango in the Environmental Services Laboratory of the Faculty of Engineering of the National University of Chimborazo. The results showed that the pH had an average of 7.44 to 8.20 in the two zones, being these soils slightly alkaline. The organic matter levels were low; the nitrogen was higher in the zone with Guarango with a percentage of 0.12 %, having a medium soil with a tendency to be high in nitrogen, and the bulk density with values from 0.98 to 1.03 g/cm³. The lowest value was soil with better porosity and aeration for the zone with Guarango.

Guarango is a species that helps and contributes to the recovery of soil prone to degradation and erosion in the dry Andean forests. Its significant ecological contribution provides nutrients to the ground, such as nitrogen, one of the most important.

Keywords: Guarango, Guano, Andean dry forests, Macronutrients, Satellite Images.

MONICA
ALEXANDRA
CASTELO REYNA



Firmado digitalmente por
MONICA ALEXANDRA
CASTELO REYNA
Fecha: 2021.12.10 10:52:53
-05'00'

Reviewed by:

Mgs. Castelo Reyna Monica.

ENGLISH PROFESSOR

C.C: 060453982-5

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas frágiles son aquellos ambientes previstos de flora y fauna que tienen una representatividad única para nuestro país y que al mismo tiempo se encuentran bajo una serie de amenazas al ser susceptibles por la intervención antrópica de pequeña a gran magnitud, provocando graves desequilibrios ambientales, por lo tanto, requieren un manejo adecuado para asegurar su permanencia a través de la prevención de la erosión y deforestación. (Troya et al., 2016)

Una de las estrategias para la conservación es el aprovechamiento sostenible de especies no maderables, optimizando los recursos para promover la protección de las especies endémicas y su repoblación, además de promover actividades no extractivistas como el turismo conservacionista. (García Cáceres et al., 2007)

Según Costa Estrella & Costa Troya (2007), “los bosques secos en general están ubicados en zonas relativamente pobladas, muchas veces en suelos aptos para cultivos, y por tal razón han sido muy intervenidos y destruidos mucho más que los bosques húmedos”. En Ecuador sus bosques secos son poco conocidos, muy amenazados y mantienen una importancia económica para grandes segmentos de la población rural, suministrando productos maderables y no maderables para subsistencia y a veces para la venta. (Aguirre et al., 2006)

El guarango (*Caesalpinia spinosa*) es una especie leguminosa nativa propia de los bosques secos andinos que se lo puede encontrar en la cordillera de los Andes y en los valles interandino. En Ecuador se lo encuentra en zonas cuya altitud varía desde los 1.500 hasta los 2.800 metros, teniendo una mayor adaptabilidad a altitudes entre los 1.800 y 2.500 metros. (FONAG, 2006) El guarango es una especie propia de los bosques secos andinos y se puede evidenciar sus plantaciones principalmente en las provincias de: Imbabura, Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, donde sus suelos se caracterizan por ser pobres y con bajos regímenes de precipitación. Su aprovechamiento económico está dirigido principalmente a la producción de madera de calidad y frutos con alto contenido de taninos en sus vainas que al procesar da como resultado harina que se utiliza en la industria textil, curtiembre de cueros y la elaboración de fármacos. (FONAG, 2006)

Según Cordero et al., (2017), en su investigación menciona que esta especie arbórea es el principal captador de niebla en el bosque, lo que mejora la disponibilidad de agua en este sistema árido y posibilita la ocurrencia del oasis de niebla.

Dentro del potencial ecológico del guarango se han realizado estudios donde se evidencia el alto nivel de recuperación de suelos secos, donde el guarango al ser una leguminosa beneficia al suelo, ya que los nódulos en las raíces fijan nitrógeno y alimentan a la planta.(Cordero et al., 2017)

Para aprovechar los nutrientes del suelo utilizan rizobios (*Rhizobium leguminosarum*) estas son bacterias que forman nódulos en las raíces de las plantas, las mismas que toman el nitrógeno de la atmósfera para convertirlo en nitrógeno disponible para la planta, mientras que la planta provee de componentes orgánicos obtenidos por la fotosíntesis. Los rizobios se encuentran siempre en el suelo y se activan cuando se siembran leguminosas, ingresando a sus raíces, este proceso es conocido como simbiosis ya que estos dos organismos se benefician mutuamente y ayudan a descompactar el suelo.(Cordero et al., 2017)

Al ser una especie leguminosa el guarango contribuye al mejoramiento de suelos degradados y erosionados, su hojarasca aporta materia orgánica al suelo y es parte de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y fósforo, su sistema radicular profundo favorece a la estabilización de los suelos y control de cárcavas, siendo utilizada en la conservación de cuencas hidrográficas. (Arguello Erazo & Saltos Aguilar, 2017)

Para mitigar esta problemática relacionada con la erosión de suelo y la ausencia de precipitación, la población de Chingazo Alto se vio en la necesidad de buscar una salida, encontrando como una alternativa económica, ambiental y productiva a la plantación del guarango que produce ingresos económicos a la población con el aprovechamiento de su fruto.

CAPITULO I

1.1. Planteamiento del problema

Los bosques secos andinos son ecosistemas severamente amenazados ya que tienen una pérdida potencial de área a causa de la deforestación, sin embargo, ha recibido poco interés en cuanto a su análisis y estudio a pesar de su función ecológica y económicamente importante por ejemplo en la captación de agua y control de la erosión. Actualmente los suelos son el tema ambiental que reviste mayor gravedad, siendo sus principales consecuencias la erosión, pérdida de fertilidad, desertificación, deforestación, degradación de pasturas, bajo riego y subutilización de tierras agrícolas de buena calidad. Es indudable que las modificaciones producidas en el suelo y al ambiente afectan considerablemente la calidad de vida humana, sabiendo que la agricultura es uno de los principales autores de este cambio. (Encina Rojas & Ibarra, 2003)

Uno de los principales problemas es la desertificación el cual es un proceso de desgaste del medio físico y biológico por medio de las cual tierras económicamente activas de los ecosistemas áridos, semiáridos y subhúmedos pierden su capacidad de regenerarse a sí mismas, desarrollando en casos extremos, un ambiente incapaz de contener a las comunidades que antes dependían de él. (Ministerio del Ambiente, 2013)

Otra problemática es la degradación de los suelos que produce la pérdida y la reducción de su capacidad para proveer servicios ecosistémicos sufriendo cambios mayores en su composición de especies, provocando afectaciones a nivel social, cultural, económico y ambiental (Ibero Redd+, 2016).

El guarango por su adaptabilidad a condiciones climáticas y edáficas no favorables se convierte en una alternativa adecuada para aprovechar los suelos degradados y propensos a erosión en ambientes de bosques secos (Fabara Pazmiño, 2012).

Con este estudio se pretende analizar el potencial ecológico del guarango para de esta manera verificar el aporte que tiene esta leguminosa al suelo y a través del tiempo observando sus beneficios y aportes para minimizar la problemática que tienen los bosques andinos secos.

La investigación a realizar será en la parroquia La Matriz del cantón Guano, Provincia de Chimborazo, ya que al ser un sector que cuenta con suelos arenosos y no tiene condiciones favorables para ser aprovechados para la agricultura se toma al guarango como una

alternativa de aporte de nitrógeno al suelo permitiendo así una mejora del suelo. Estos suelos tienen acceso limitado a riego, con períodos largos de escasas de precipitación y de fuertes vientos, considerados como indicadores de erosión de suelo, que causan pérdida de la fertilidad y funcionalidad del suelo.(PDOT Guano, 2018)

1.2. Justificación

Los bosques nativos de la zona andina han sido desplazados por el avance de la frontera agrícola a través de los años. La erosión precipitada del suelo es causada principalmente por el agua y el viento, situación que se ve agravada por las condiciones climáticas propias de la zona, el desconocimiento generalizado de prácticas inclinadas a la conservación del suelo, el mal uso de fertilizantes inorgánicos, entre otros factores que en una acción relacionada provocan la pérdida de la capa arable de suelo, lo que conlleva a la desertificación. El guarango (*Caesalpinia spinosa*) por su alta adaptación a condiciones edáficas y climáticas no favorables es una buena alternativa para estas zonas, convirtiéndose en una opción adecuada para la reforestación de suelos degradados en ambientes de bosques andinos secos. El guarango representa una gran oportunidad para que nuevos productores lo aprovechen ya que, se utilizan como harina para las curtiembres o en goma para la industria alimentaria.

Asimismo, su potencial de recuperar macronutrientes al suelo, ya que, al tratarse de una leguminosa con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo mejora la fertilidad y capacidad productiva, el guarango es una especie perenne ideal para programas de reforestación y disminución de la erosión.

Con el presente estudio se pretende identificar la capacidad del guarango para la recuperación de los bosques andinos secos, incentivando a la población de la comunidad de Chingazo Alto, cantón Guano, provincia de Chimborazo, para que formen plantaciones que lleven a mejorar sus suelos erosionados para una mejor productividad. El estudio a realizar está planteado para desarrollarse en el sitio antes mencionando, ya que al ser un sector que cuenta con suelos erosionados y no aprovechados para la agricultura por las condiciones climáticas adversas como escasas de precipitación y excesivos vientos, por ello se convierte en un sitio idóneo para el desarrollo de plantaciones de guarango.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Analizar el potencial ecológico del Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Andino Seco.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar la caracterización biofísica del suelo de la comunidad Chingazo Alto – Guano.
- Analizar el cambio del uso de suelo a través del tiempo, mediante el procesamiento y tratamiento digital de las imágenes satelitales de los años 2012,2016 y 2020 en la comunidad Chingazo Alto.
- Analizar los beneficios del guarango y su potencial ecológico (aporte de nutrientes al suelo) en la zona de estudio, mediante análisis fisicoquímico del suelo.
- Diseñar un plan de manejo del bosque andino seco de Chingazo Alto, mediante un proceso participativo con la comunidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Diagnóstico Biofísico

El diagnóstico biofísico es el que permite saber los elementos bióticos, abióticos y fisiográficos que se interrelacionan en un medio natural (Cordón & Johnson, 2008). Los elementos del diagnóstico contiene aspectos biofísicos que son indicadores como: ubicación geográfica, clima, relieve y capacidad de uso de tierras (Faustino & Jiménez, 2000).

2.2. Clima

Según la Organización Meteorológica Mundial (*OMM*, 2021) define como: “la medida de la media y la variabilidad de cantidades relevantes de determinadas variables (como la temperatura, la precipitación o el viento) durante un período de tiempo, que va desde meses hasta miles o millones de años.”

2.3. Capacidad de uso de tierras

La capacidad de uso de tierras es la clasificación técnica interpretativa basada en efectos combinados del clima y características permanentes del suelo, y que tiene por objeto aglomerar a los suelos existentes en clases de capacidad de uso, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos propios de una zona, además de indicar las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. La clasificación está basada también en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de ella.(Zelada & Maquire, 2005)

2.4. Relieve

El relieve representa una serie de procesos que generan, dan forma y destruyen la superficie terrestre, incluidos los procesos endógenos relacionados con los movimientos de la corteza. Las fuerzas tectónicas son capaces de transportar continentes, doblar, deformar y mover formaciones rocosas, así como forma volcanes, mientras que los de carácter exógeno se encargan de modelar la superficie a través de la erosión, el transporte y la deposición de materiales a través de los agentes químicos, físicos o biológicos; y la presión de ambientes fluviales y glaciares. (Espinosa Rodríguez et al., 2018)

2.5. Bosque Seco

Los bosques secos son ecosistemas frágiles y presionados, se desarrollan en condiciones climáticas extremas, una precipitación anual de 400-600 mm, en un periodo de 3-4 meses, generalmente en febrero, marzo y abril; la temperatura media anual es de 24,9°C. La existencia del bosque seco se atribuye a la presencia de corriente fría de Humboldt y a la Cordillera de los Andes.(Aguirre Mendoza & MAE, 2012)

2.6.Guarango

2.6.1. Origen

El guarango o también llamado tara (*Caesalpinia spinosa*), es una especie forestal endémica que se encuentra en Ecuador, Perú y Bolivia. El guarango es un árbol que empieza a dar frutos a partir del quinto año de su siembra; sus vainas y semillas son utilizados para diferentes productos, los que más resaltan son: un tanino que se la utiliza en las curtiembres y una goma utilizada en la industria alimenticia.(Arteaga Rodríguez, 2015) Además, el árbol puede tener hasta 12 m de altura y el diámetro del tronco puede ser hasta 60 cm, con la copa globosa y ramas cortas, estiradas, con espinas cónicas recurvadas entre los nudos; la mayoría tiene ramificaciones desde la base y su corteza es rugosa con un color gris.(Arteaga Rodríguez, 2015)

2.6.2. Beneficios del Guarango

El guarango tiene un potencial superior a fines utilitarios, en cultivos asociantes ya que es una leguminosa que nitrifica al suelo, mejorando su fertilidad y su capacidad productiva, además es una variedad perenne, siendo la opción ideal para programas de agrosilvicultura y para suelos propensos a la erosión. Su valor económico e industrial más relevante, está sustentado por el alto contenido de taninos que se obtienen de sus vainas, convirtiéndose en un producto de exportación.(Ortega Ordóñez, 2013)

2.7.Cambio de uso de suelo

Los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de distintos procesos asociados con la deforestación, degradación y perturbación de los bosques, erosión y desertificación del suelo, pérdida de la biodiversidad entre otros. Estos procesos de transformación o cambio que experimentan las coberturas vegetales y usos del suelo de un determinado territorio o región, son considerados en muchos países como una de las principales causas que contribuyen al deterioro ambiental. (Camacho-Sanabria et al., 2015)

2.8.Potencial ecológico

El potencial ecológico se refiere a la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, abundancia, es el conjunto de especies nativas y trayectorias sucesionales que ofrece un paisaje. En esta fase se tiene una aproximación a las especies pioneras y a las especies de sucesión tardía, a las especies dominantes, codominantes y raras y sobre todo a las especies que potencialmente pueden ser utilizadas en experimentos y programas de restauración. (Vargas Ríos, 2011)

2.9.Macronutrientes

Según Villasanti et al., (2013) los macronutrientes son los que están presentes en el suelo en mayores cantidades para ser aprovechado por los cultivos, su presencia es importante para el crecimiento y madurez de las plantas.

Los principales Macronutrientes son:

- Nitrógeno (N)
- Fósforo (P)
- Potasio (K)
- Magnesio (Mg)

2.9.1. Nitrógeno (N)

Según Benimeli et al., (2019) el Nitrógeno (N) es un elemento esencial para todos los seres vivos, que además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de los vegetales. Está verificado que es el factor limitante más común del desarrollo de las plantas, y que un deficiente de este nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal. Tanto sus deficiencias como sus excesos en los suelos, tienen gran impacto en la salud y en la productividad de los ecosistemas mundiales.

El nitrógeno tiene varios compuestos esenciales para las plantas, entre los más importantes se destacan (Benimeli et al., 2019):

- Componente de los aminoácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas.
- Componente de moléculas de enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos.
- Componente de la molécula de clorofila.

Además, es esencial en la utilización de los carbohidratos y estimula el crecimiento y desarrollo radicular.

2.9.2. Fosforo (P)

El Fosforo (P) es el elemento que proviene de depósitos de fosfato natural de donde es liberado a través de procesos de meteorización, lixiviación, erosión y extracción industrial como fertilizante. El fosfato liberado absorbe las plantas y la biomasa microbiana, luego se incorpora en la materia orgánica de los suelos y sedimentos, y de nuevo se deposita en formas minerales poco solubles.(Cerón Rincón & Aristizábal Gutiérrez, 2012)

2.9.3. Potasio (K)

Según Vistoso Gacitúa & Martínez-Lagos (2020) el Potasio (K) es un nutriente esencial que se requiere para conservar praderas mixtas de alta producción, especialmente con presencia de especies leguminosas; asume un importante rol en la fisiología de las plantas porque actúa en el proceso de fotosíntesis, transporte y almacenamiento de carbohidratos, sistemas enzimáticos; síntesis de proteínas y mejora la nodulación de las leguminosas; aumenta la resistencia a plagas, enfermedades y estrés como las sequías y heladas; regula la apertura del flujo del agua; eficiencia del nitrógeno; floración y fructificación.

2.10. Potencial de Hidrógeno

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. Por definición se considera que el pH es el logaritmo negativo de la actividad de los protones (H⁺) en una solución acuosa.(Osorio, 2012)

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. El pH usa una escala de medición cuyo rango de fluctuación es de 0 a 14. Se basa en el principio de que la constante de equilibrio de la disociación del agua es 10^{-14} .(Osorio, 2012)

2.11. Densidad aparente

Según Rubio Gutiérrez (2010), la densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso.

Para medir la densidad aparente se retira del campo una muestra de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105°C, hasta que alcanza un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo:

$D.a. (g\ cm^{-3}\ o\ Mg/m^{-3}) = \text{peso de los sólidos de la muestra o peso seco} / \text{Volumen de los sólidos} + \text{Volumen de los poros.}$

2.12. Sistemas de Información Geográfica

Según Pucha-Cofrep et al. (2017) un sistema de información geográfica (SIG) es un conjunto de herramientas compuestos por hardware, software, datos y usuarios, que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos y mapas, y representar datos alfanuméricos.

2.13. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

El índice NDVI es útil para el estudio de características de la vegetación para el índice cuantitativo del funcionamiento de los ecosistemas, mismo que resulta del cociente normalizado entre bandas espectrales que al mostrar un claro contraste entre las bandas visibles (0,6 a 0,7 μm) y el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1 μm) que permiten identificar la vegetación de otras superficies. (Arboit & Maglione, 2018)

2.14. Análisis Multitemporal

El análisis multitemporal es el que permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo el progreso del medio natural o los efectos de la acción antrópica sobre ese medio (Ruiz et al., 2013).

2.15. Teledetección

La teledetección es una técnica que emplea la energía electromagnética, tal como la luz, el calor y las ondas de radio como medio para la detección y medición de las características de un objeto en la superficie, sin que haya contacto físico con el sensor. Permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas satelitales o aéreas. Se asume que existe entre el suelo y la radiación electromagnética, interacciones medidas y/o emitida por el sensor.(Edrosa, 2011)

Según Pucha-Cofrep et al. (2017), la teledetección se define como la adquisición de información sobre un objeto a distancia, esto es, sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador.

Cualquier sistema de teledetección tiene tres elementos primordiales: el sensor, el objeto observado y un flujo energético que relacionan. El flujo de energía suministrado por el objeto puede ser debido a la reflexión de la luz solar, algún tipo de energía emitida por el propio objeto, o incluso por el sensor. De esta manera hay como obtener información a partir de un sensor remoto: por reflexión, por emisión y por emisión-reflexión.(Edrosa, 2011)

2.15.1. Espectro Electromagnético

Existen una gran cantidad de bandas ya establecidas en donde la radiación electromagnética se comporta de forma similar, a esto se le llama como espectro electromagnético. A continuación, se muestra las diferentes bandas electromagnéticas (Edrosa, 2011):

- **Infrarrojo cercano (0,7 a 1,3 μm):** Es sustancial por su capacidad de discriminación de masas vegetales y concentraciones de humedad.
- **Infrarrojo medio (1,3 a 8 μm):** En esta región se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie de la tierra. En dicha banda se sitúan otras dos, el infrarrojo de onda corta (1,3 a 3 μm), útil para valorar el contenido de humedad en la vegetación y los suelos, y la cercana a los 3,7 μm conocida como el infrarrojo medio, necesario para la detección de focos de alta temperatura (incendios, volcanes activos, etc.).
- **Infrarrojo lejano o térmico:** varía entre los 8 y 14 μm valiendo para detectar el calor emitido por la mayor parte de las cubiertas terrestres.
- **Microondas:** superior a 1 mm, este tipo de energía es bastante transparente a la cobertura nubosa.

2.15.2. Características Básicas de los Sensores Remotos

La resolución de un sistema sensor hace referencia a su “destreza” para segregar información.

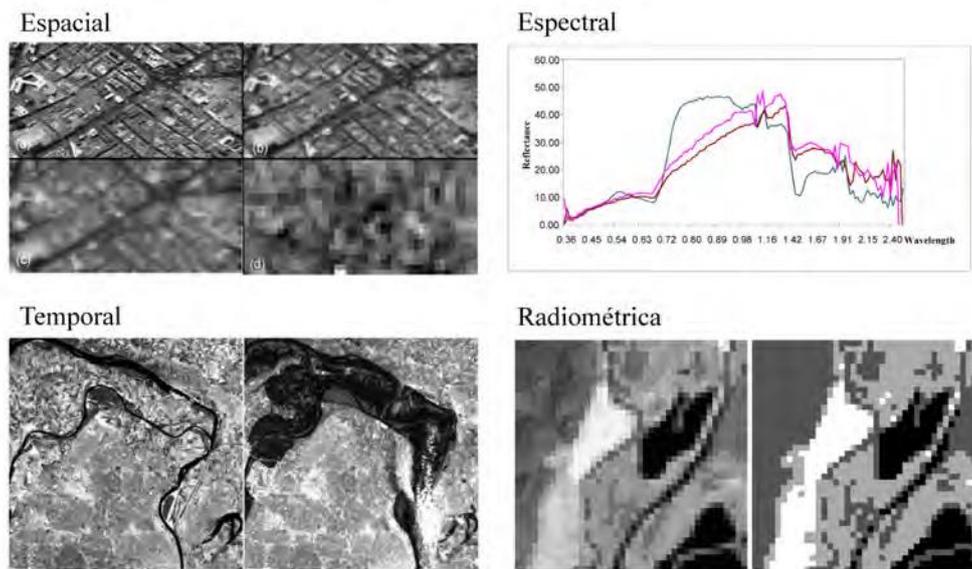


Figura 1. Tipos de resolución de un sistema sensor.

Fuente: (Edrosa, 2011)

2.15.2.1. Resolución Espacial

Según Edrosa (2011), la resolución espacial hace referencia a la identificación del objeto más pequeño sobre la imagen, recalcando el nivel de detalle que ofrece la misma. Se pueden identificar los objetos que superen el tamaño del píxel. Para los sensores ópticos la resolución espacial depende de la distancia al objeto, la apertura y longitud de onda del sistema.

$$\Delta x = \frac{\lambda}{L} \cdot D$$

donde:

λ = longitud de onda

L = apertura focal

D = distancia al objeto

2.15.2.2. Resolución Espectral

La resolución espectral indica el número de bandas espectrales que puede segregar el sensor. La información multiespectral toma un gran interés ya que detecta en distintas bandas el comportamiento de los objetos presentes en la superficie. Cuantas más bandas espectrales proporcione el sensor, las coberturas podrán ser diferenciadas espectralmente de gran manera. Si las bandas son estrechas, la señal obtenida será coherente al espectro. Si las bandas son más amplias, se registrará un valor promedio que puede encubrir las

diferencias espectrales entre distintas coberturas. Cabe destacar que, entre los sensores remotos, los de radar y los sistemas fotográficos son los de menor resolución espectral.(Edrosa, 2011)

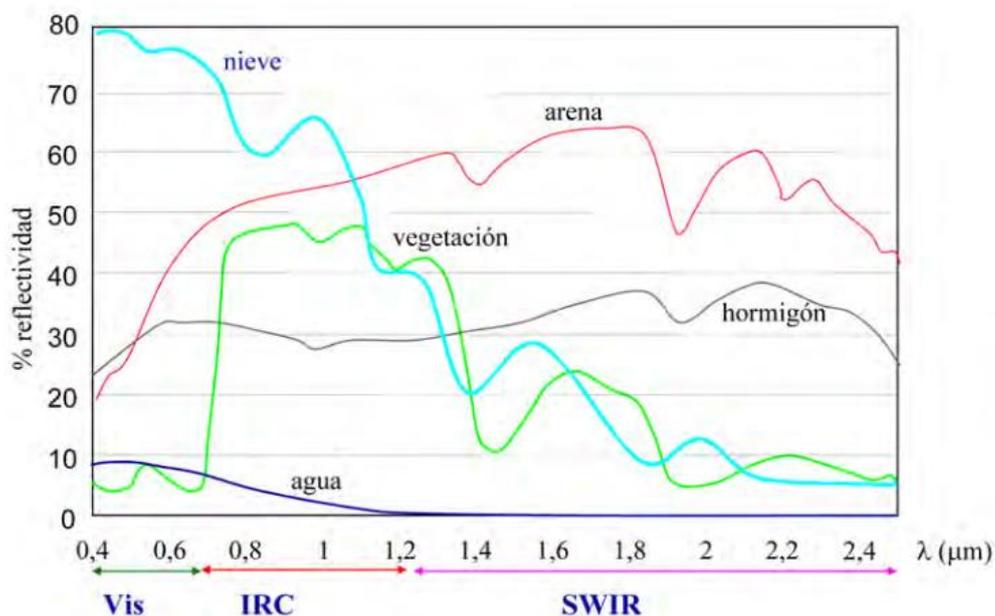


Figura 2. Firmas espectrales de coberturas típicas.

Fuente: (Edrosa, 2011)

2.15.2.3. Resolución Radiométrica

La resolución radiométrica hace mención a la sensibilidad del sensor para detectar variaciones de radiancia espectral. Para los sistemas digitales la imagen se codifica en sistema binario. La resolución radiométrica suele identificarse con el número de bits que necesita cada valor numérico para almacenarse, por ejemplo, el sensor ETM del Landsat 7 posee una resolución radiométrica de 8 bits ($2^8 = 256$ niveles de grises). Resulta muy importante este tipo de resolución para la interpretación de imágenes en análisis digital. Es importante resaltar que el número de niveles de gris que puede discriminar el ojo humano, no supera los 64 y las tonalidades de color las 200.000.(Edrosa, 2011)

2.16. Corrección Radiométrica

Según Gómez Vargas et al. (2013), la corrección radiométrica es un término genérico, que designa técnicas que modifican los valores originales digitales de cada píxel, a fin de acercarlos a los que habría presentes en la imagen caso de una recepción ideal.

2.17. Plan de Manejo Forestal

Según Aguirre-Calderón (2015), el manejo forestal abarca las decisiones y acciones enfocadas al aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada, procurando satisfacer las necesidades de la sociedad actual, sin comprometer la provisión de bienes y servicios para las generaciones futuras.

Otro concepto de un plan de manejo forestal según la Fundación Forestal Juan Manuel Durini (2005), es el instrumento que determina los propósitos y lo que se va a hacer con el recurso forestal en un período de tiempo. Se planean actividades forestales de aprovechamiento, cuidado, mantenimiento del bosque productivo y algunas actividades de la comunidad.

El manejo forestal es una actividad de largo plazo, lo que da como resultado que los productos del manejo están sujetos a riesgos potenciales por las condiciones ambientales, así como por la propia influencia antropogénica(De León Hernández & Escarramán García, 2020).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Materiales y equipos

Tabla 1. Materiales y equipos

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
MATERIAL DE GABINETE	Material de escritorio (CDs, Flash drive (32 GB), hojas, esferos, borrador, lápiz)
	Equipos: <ul style="list-style-type: none">✓ HP Intel™. Core™ i7-7500✓ Geoposicionador espacial (GPS) Garmin Gpsmap 62s✓ Cámara fotográfica
MATERIAL CARTOGRÁFICO	Software: <ul style="list-style-type: none">✓ ARC GIS 10.8✓ QGIS 3.16.9✓ Google Earth Engine✓ GraphPad 9.3.0✓ Word✓ Excel.
	<ul style="list-style-type: none">✓ Imagen Landsat 7; “LE07_L1TP_010061_20121203_20200908_02_T1” del 03 de diciembre, 2012.✓ Imagen Sentinel 2A; “S2A_MSIL1C_20161208T153612_N0204_R068_T17MQU_20161208T153912.SAFE” del 08 de diciembre, 2016.✓ Imagen Sentinel 2A; “S2A_MSIL1C_20201227T153621_N0209_R068_T17MQU_20201227T190606.SAFE” del 27 de diciembre, 2020.

Fuente: Autores

Las imágenes satelitales correspondientes a los satélites LANDSAT 7 y SENTINEL 2A, mismas que se toma en cuenta los años 2012, 2016 y 2020 se obtuvieron a través de la plataforma de internet earth explorer USGS science for a changing world.

3.2. Metodología de la caracterización biofísica

3.2.1. Diagnóstico de la situación actual de la comunidad Chingazo Alto.

- Ubicación geopolítica
- Precipitación
- Usos de suelos
- Relieve
- Vientos
- Biodiversidad
- Clima
- Humedad Atmosférica
- Ubicación hídrica
- Suelos

La información fue obtenida del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Guano 2018, la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guano 2019 – 2023, tomando en cuenta el componente biofísico de cada PDYOT para el desarrollo de la línea base con relación a la información biofísica de la zona de estudio.

3.3. Metodología diagnóstico multitemporal

Para el desarrollo del diagnóstico multitemporal de la zona de estudio se realizaron cuatro pasos:

- Levantamiento de información.
- Tratamiento y procesamiento básico de las imágenes satelitales.
- Determinación de los usos del suelo de la comunidad Chingazo Alto del año 2012, 2016, 2020.
- Análisis multitemporal de las imágenes satelitales.
- Calculo del índice NDVI

3.3.1. Levantamiento de información

3.3.1.1. Delimitación de la zona de estudio

Para delimitar la zona de estudio se realizaron recorridos con el presidente de la asociación de Guarango de Chingazo Alto quien conocía bien el área lo que permitió identificar los límites imaginarios que tiene la comunidad Chingazo Alto con otras comunidades; con la ayuda del GPS se tomaron puntos para el posterior análisis, facilitando conocer la extensión y ubicación exacta del área de estudio.

3.3.1.2. Localización de la zona de estudio

Para determinar la ubicación geográfica del área de estudio se utilizaron las coberturas digitales de Provincias y Cantones del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC), también fue utilizada la cobertura digital de la parroquia La Matriz de la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guano 2019 – 2023, con esta información se elaboró el Mapa de Ubicación que se puede visualizar en la figura 3.

3.3.2. Tratamiento y procesamiento básico de las imágenes satelitales.

3.3.2.1. Selección de las imágenes satelitales

Para realizar este estudio se utilizó imágenes satelitales Landsat 7 y Sentinel 2A descargadas de la plataforma de internet <https://earthexplorer.usgs.gov/> Earth explorer USGS science for a changing world. Las imágenes descargadas corresponden a los años de 2012, 2016, 2020 en el mes de diciembre respectivamente. La imagen de 2012 pertenece al satélite Landsat 7 mientras que la imagen de 2016 y 2020 fue tomada con Sentinel 2A. Para la selección de las imágenes se tomó en cuenta que el porcentaje de nubosidad no sobrepase el 10 % sobre el área de estudio.

3.3.2.2. Corrección Radiométrica.

La imagen Landsat 7 del año 2012 se realizó la corrección radiométrica mediante el Software de procesamiento QGIS 3.16.9, se selecciona “Ráster”, luego “Análisis” y posteriormente en “Rellenar sin datos”, para ello se necesita los datos de las bandas que se hallan en la carpeta gap_mask que se encuentra incorporado en el metadato de la imagen satelital.

3.3.3. Determinación de los usos del suelo de la comunidad Chingazo Alto del año 2012, 2016, 2020.

Para la clasificación en ArcGIS 10.8 partimos de las imágenes satelitales Landsat 7 del año 2012 con una resolución de 15x15 m, en el caso puntual de las bandas del Landsat las mismas fueron muestreadas nuevamente a 15 m de resolución espacial utilizando la banda pancromática (Picone, 2017); para Sentinel 2A de los años, 2016 y 2020 con una resolución de 10x10 m respectivamente, obtenidas de la plataforma USGS. Las imágenes satelitales contienen bandas que están divididas, mismas que se hicieron una combinación en color natural con las bandas 3, 2, 1 para la imagen satelital Landsat 7 (Franco, 2017); y para las imágenes Sentinel 2A con las bandas 4, 3, 2 (Matellanes Ferreras, 2018).

Para comenzar con la clasificación supervisada en el ArcGIS 10.8 se dirige hacia “customize” >> “toolbars” >> “Image Classification” dentro de la misma ventana activar “Draw Polygon”, para dibujar los polígonos en los pixeles seleccionados para cada clase, luego seleccionar “Training Sample Manager” para cambiar el nombre de las clases, mismas que son:

Tabla 2. Clasificación del uso del suelo para la comunidad de Chingazo Alto, cantón Guano.

Nivel I
Bosques, Vegetación Herbácea y Arbustiva, Zona Antrópica y Otras Tierras.
Nivel II
Plantación Forestal, Cultivo Anual.
Fuente: (MAGAP & MAE, 2014)

En el caso de la imagen de Landsat 7 solo se obtienen 5 clases debido a que en el año 2012 no había sido introducida las plantaciones de guarango, por ende, las clases para este año serán:

Tabla 3. Clasificación del uso del suelo para la comunidad de Chingazo Alto, cantón Guano.

Nivel I
Bosques, Vegetación Herbácea y Arbustiva, Zona Antrópica y Otras Tierras.
Nivel II
Cultivo Anual.
Fuente: (MAGAP & MAE, 2014)

Luego de seleccionar todos los pixeles correspondientes en la ventana “Image Classification”, seleccionamos “Create Signatures”, para establecer la firma espectral de cada una de las muestras lo que permite generar una matriz de información que abarca los usos de suelo, luego procedimos hacer la clasificación utilizando la herramienta “Maximun Likelihood Classification”. Despues se hizo la disolución a través de un filtro por mayoría utilizando la herramienta “Majority filter”, luego el ráster generado se convirtió en polígono con la herramienta “Raster to Polygon”. Abrir la tabla de atributos para calcular el área en metros cuadrados, una vez calculada el área hacemos clic en “Área” y utilizamos “Sort Ascending” con la finalidad de ordenar de menor a mayor las áreas de cada polígono para así eliminar los polígonos de menor área, para ello se utiliza

la herramienta “Eliminate” la cual se ubica en “Artoolbox”, en la herramienta “Data Management tools”, y en “Generalization”.(Manzanilla Quiñones, 2020)

3.3.3.1. Cambio de uso de suelo, tasa de cambio (TCA) en los años 2012, 2016 y 2020

El cálculo de la tasa de cambio anual (TCA) se obtiene comparando el área forestal en dos puntos de tiempo diferentes. La fórmula utilizada de la ecuación (1) es el porcentaje anual , que se utiliza habitualmente para cálculos de este tipo.(Silva Padilla & Rivera Salas, 2016)

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1 \quad (1)$$

Donde:

q = Tasa de cambio Anual

A2 y A1 = Son las áreas en la fecha final e inicial respectivamente y

t2 y t1 = Son la fecha final e inicial

3.3.3.2. Validación de los resultados de la clasificación

La validación de resultados se utiliza para constatar que la clasificación supervisada con la información geográfica sea cierta, con el fin de establecer el grado de seguridad en el proceso de clasificación (Guillén-García et al., 2019). Para la validación de la clasificación de las imágenes correspondientes a los años de 2012, 2016 y 2020 se realizó un muestreo al azar simple, generando 10 muestras para cada uso de suelo con puntos de muestreo obtenidos con la interpretación visual de las imágenes y comprobadas en las clasificaciones supervisadas alcanzadas.

Mediante la matriz de confusión se evaluó la precisión de la clasificación, situando en las filas las clases o categorías obtenidas en el mapa y en las columnas las mismas clases con datos reales del terreno. La precisión general se evaluó dividiendo el número de píxeles clasificados correctamente entre el total de lugares de referencia. Otra prueba estadística complementaria que se empleó, fue el coeficiente de Kappa. Kappa calcula la diferencia entre la proporción de acuerdo observado y la proporción de acuerdo esperado por azar; si ésta es igual a cero, entonces el grado de acuerdo que se ha observado puede atribuirse enteramente al azar; si la diferencia es positiva, ello indica que el grado de acuerdo es mayor que el que cabría esperar si solo estuviera operando el azar y viceversa.(Epidat, 2014)

El índice kappa (K) se calcula mediante la siguiente ecuación (2):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_{+i})} \quad (2)$$

Fuente: (López de Ullibarri & Pita Fernández, 2001)

Donde:

N= número total de observaciones

r = número de líneas de la matriz

x_{ii}= número de observaciones de línea i y la columna i

x_{i+} y x_{+i} = totales marginales de la línea i y columna i, respectivamente

3.3.4. Análisis multitemporal de las imágenes satelitales.

3.3.4.1. Índice NDVI

Para la realización del índice NDVI, nos apoyamos en la metodología utilizada por Cruz Flores et al., (2020) en donde se utilizó el Software ArcGIS 10.8 en donde se realizó la combinación de las bandas del infrarrojo y el rojo con base en la ecuación (3) por medio de la herramienta que se localiza en “Spatial Analyst Tools” >> “Map Algebra” >> “Raster Calculator”, luego de realizar el ráster se realizará una clasificación en 5 clases abriendo en las propiedades del ráster generado para así tener el un ráster final con las clasificaciones del NDVI.

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)} \quad (3)$$

Fuente:(Rueda Calier et al., 2015)

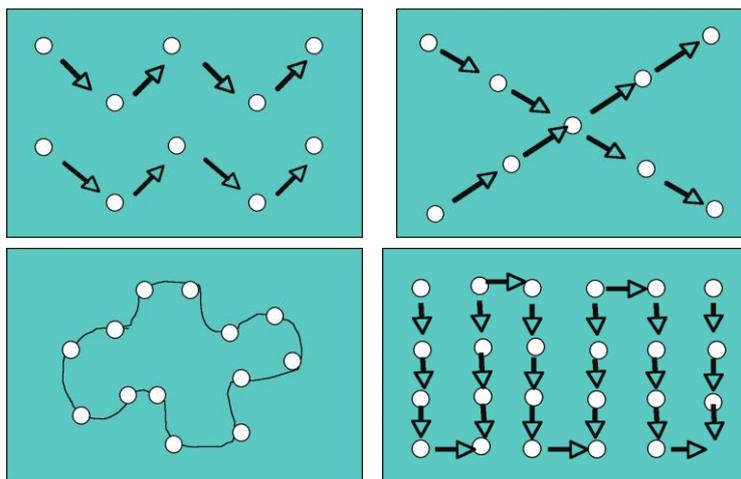
3.4. Metodología del análisis los beneficios del guarango y su potencial ecológico en la zona de estudio.

3.4.1. Metodología del muestreo

Las muestras de suelo se tomaron en el perímetro de parcelas experimentales de 20 x 20 m, bajo dos características esenciales; la primera (control) será determinada por presencia de vegetación natural y la segunda (prueba) será una con presencia de guarango. Se establecerán 60 puntos de submuestreo, distribuidos aleatoriamente determinado estadísticamente bajo el sistema de muestreo al azar estratificado, se realizará este

procedimiento para la obtención de una muestra representativa de tipo compuesta. (Schweizer, 2011)

De las 60 submuestras, 30 correspondieron para los que tienen presencia de guarango y las otras 30 fueron para la vegetación natural, asimismo, de las 30 submuestras de cada uno se obtuvo 3 muestras de tipo compuesta, dando así un total de 6 muestras de tipo compuestas de los suelos de la zona de estudio.



Ejemplos de recorrido para toma de submuestras de suelo.

Fuente: (Schweizer, 2011)

3.4.2. Metodología análisis en laboratorio

Las 6 muestras compuestas serán llevadas para ser analizadas en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, en donde se analizó las propiedades físicas químicas y macronutrientes siguientes:

- Nitrógeno (N)
- Densidad aparente
- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Materia orgánica

Para las metodologías de los parámetros a analizar son métodos internos del laboratorio de SA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

3.4.3. Metodología análisis estadístico de las muestras

Para el análisis estadístico se utilizó el T-student con una confiabilidad del 95% en donde se examina las diferencias entre dos muestras independientes y pequeñas que tengan

distribución normal y homogeneidad en sus varianzas, Gosset recalca que en la normalidad de las dos muestras es crucial en el desarrollo de la prueba. (Sánchez Turcios, 2015)

$$t = \frac{X-\mu}{s/\sqrt{n}} \quad (3)$$

Fuente:(Miniguano, 2016)

Donde:

t= valor estadístico

μ = promedio de la población

X= promedio de la variable, es decir, la media

s= desviación estándar

n= tamaño de la desviación estándar

3.5. Metodología del plan de manejo del bosque andino seco

Para la elaboración del plan de manejo del bosque se realizó en primer lugar un resumen ejecutivo del plan, en el cual está plasmado los aspectos como: localización geográfica, área total por manejar (área de protección y área de producción), volumen y especies por aprovechar; estrategia de manejo (sistema silvicultural, intensidad de aprovechamiento, principales productos, ciclo de corta, aspectos sociales, ecológicos y ambientales); además de información sobre las principales actividades por realizar, según los objetivos propuestos y la disponibilidad del recurso. En segundo lugar, consta con objetivos claros del plan del bosque, información básica, características actuales de producción y manejo forestal, cronograma de actividades y mapas. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador, 2011)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Línea Base

4.1.1. Ubicación Geopolítica

La comunidad de Chingazo se encuentra ubicada dentro de la parroquia La Matriz, perteneciente al cantón Guano, al norte limita con la parroquia Ilapo, al sur con la parroquia San Gerardo de Pacaicagan, al este con la parroquia Quimiag y al oeste limita con la parroquia San Andrés. Su ubicación en coordenadas UTM son: X: 768372 y Y: 9821485.

4.1.2. Relieve

4.1.2.1. Geomorfología

La parroquia La Matriz perteneciente al cantón Guano se encuentra entre tres grandes volcanes: Chimborazo, El Altar y Tungurahua, mismos que presenta una geología de formaciones volcánicas como Cangahua, Pisayambo, Riobamba, depósitos coluviales, aluviales, lavas jóvenes del Chimborazo, lavas del Carihuairazo. Se encuentra influenciado por fallas tectónicas a lo ancho, en el centro del Cantón y al este a lo largo del mismo y en la parte noroeste.(PDOT Guano, 2021)

Además presenta paisajes geomorfológicos y formas de relieve relacionadas con la alineación de la cordillera de los Andes y específicamente con los procesos endógenos y exógenos desarrollados sobre la Cordillera Central, donde el vulcanismo y los glaciares generados durante el cretácico, Pleistoceno y Holoceno y las condiciones climáticas influenciadas por las heladas, vientos fuertes y sequias descendientes de la Sierra, han dado lugar a la variedad de relieves.(Andrade Montalvo, 2013)

4.1.3. Clima

La comunidad Chingazo Alto que pertenece a la parroquia La Matriz presenta diferentes tipos de climas, como:

- **Nivel frío seco de alta montaña.** - Se ubica sobre los 4000 m de altura. La temperatura media anual es inferior a 4 °C y depende de la altitud, la precipitación anual esta sobre los 2000 mm y varía según la altitud y exposición(Andrade Montalvo, 2013).
- **Ecuatorial de alta montaña.** - En las montañas la temperatura reduce con la altitud, mientras que crecen las precipitaciones, al menos hasta un cierto nivel altimétrico. La montaña, en este sentido, altera las características de la zona

climática en la que se sitúa. Presenta una oscilación térmica inferior a los 12 °C y las precipitaciones, más abundantes en verano que en invierno, superan los 750 mm anuales. Este clima de alta montaña es el que predomina en el cantón.(Andrade Montalvo, 2013)

- **Ecuatorial meso térmico semi-húmedo.** - Otro clima de la parroquia La Matriz es el meso térmico semi-húmedo. La precipitación anual es de 550 a 2000 mm, tiene dos estaciones lluviosas que oscilan entre febrero-mayo y octubre-noviembre. Este clima se encuentra sobre los 3000m de altura. La temperatura media oscila entre 10 y 12 °C.(Andrade Montalvo, 2013)
- **Ecuatorial meso térmico seco.** - El clima meso térmico seco se presenta en el fondo de los valles. Las temperaturas y la vegetación son las mismas que las del clima semi-húmedo. Las precipitaciones son inferiores a los 550 mm anuales. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 12 y 22 °C.(Andrade Montalvo, 2013)

4.1.4. Ubicación hídrica

Las unidades hidrográficas han sido identificadas dentro de la comunidad de Chingazo Alto como la microcuenca del río Guano, subcuenca del río Chambo y la cuenca del río Pastaza, formadas por el Volcán Chimborazo, que drenan hacia el este. Para esta cuenca los drenajes se realizan a través de quebradas de gran pendiente y corta distancia.

4.1.5. Precipitación

Según el (PDYOT Guano, 2021) manifiesta que en la parroquia La Matriz del cantón Guano, no existe un rango lineal en relación a las precipitaciones ya que presenta una variabilidad tanto en espacio como en el tiempo.

De acuerdo a los valores característicos de precipitación de los pisos bioclimáticos se muestra que alrededor de 600 a 1800 mm de precipitaciones anuales, en los años 1993, 1999, 2000, 2008, 2011 son años en los cuales los valores se encuentran dentro de los rangos, a diferencia de los demás años que se presentan valores tolerables, en cambio en los años 1992, 2001, 2003, 2009 y 2013 las precipitaciones disminuyen y esto se debe a que está relacionada con la temperatura, esto se debe a que los valores de temperatura son altos, analizando que cuanto existe mayor temperatura las precipitaciones son menores o viceversa.(PDYOT Guano, 2021)

4.1.6. Vientos

Los vientos predominantes son los que van en dirección NORESTE – ESTE, en los meses de julio, agosto y septiembre, estos poseen mayor velocidad. Frecuentemente, los vientos que se presentan en la parroquia La Matriz del cantón Guano se los puede considerar moderados(Andrade Montalvo, 2013).

4.1.6.1.Vientos Fuertes

En los últimos 5 años, en las parroquias La Matriz y El Rosario se han presentado vientos fuertes en los meses de agosto y septiembre frecuentemente con una afectación del 67%, causando daños especialmente en techos de viviendas, daños leves como la caída de árboles y tendido eléctrico.(Andrade Montalvo, 2013)

4.1.7. Humedad atmosférica

Según Andrade Montalvo (2013) la humedad relativa existente en la zona es de 72% anual y es casi constante a lo largo de todo el año con variaciones entre el 69% y 77%.

4.1.8. Suelo

En la comunidad de Chingazo Alto, perteneciente a la parroquia La Matriz del cantón Guano existe la taxonomía del suelo, el mismo que es el entisol, es decir, que es aquel suelo que se caracteriza por ser un suelo de baja evolución, con escasa o ninguna evidencia de formación de horizontes edáficos, debido por su tiempo de desarrollo que ha sido muy corto o lento; se encuentran en pendientes que aceleran los procesos de erosión, también suelen estar en zonas de barrancos o aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad. Estos suelos ocupan una superficie de 11.609 ha de todo el cantón de Guano, mismo que representa el 25%, se sitúa una gran parte de ellos en pendientes fuertes (>40 a 70%) de los relieves montañosos.(PDYOT Guano, 2021)

Según el (PDYOT Guano, 2021) en el cantón Guano se ha identificado 13 clasificaciones, los mismos que se procede a detallar a continuación:

El cantón Guano tiene una superficie total de 46.522,87 ha, el mayor porcentaje con el 24,19% con 11256,08 ha es pastizal, 23,21% mosaico agropecuario, 12,06% (5611,47 ha) páramo, 12,2% (5591,46) vegetación herbácea, 10,19% (4742,75 ha) cultivos, 5,75% (2680,79ha) plantación forestal, 4,50% (2091,27 ha), Vegetación arbustiva 3,78% (1759,85 ha) erial, 1,91% glacial, 1,76% (816,86ha) área poblada, 0,25% (114,42 ha) infraestructura antrópica, 0,25% (115,15 ha) cuerpos de agua.

4.1.8.1. Usos del suelo

Según Andrade Montalvo (2013) el principal uso del suelo de los barrios sub-urbanos, de la parroquia La Matriz son utilizados en zonas de cultivo siendo las principales especies cultivadas son: maíz, papas, chocho, algunos tipos de frutales.

Cultivos en Barrios Urbanos Cabe señalar que los sectores considerados como urbanos tiene una producción pequeña en cuanto se refiere, a cultivos y los principales son: maíz. Alfalfa, papas, habas, fréjol, chocho, tuna. Cultivos en Barrios Urbanos y/o rurales el sector urbano rural posee variedad en cuanto se refiere a cultivos, el mayor porcentaje de los habitantes de este sector depende de la agricultura, los principales productos son: maíz, alfalfa, papas, arveja, habas, frejol, chocho, tuna. En el sector urbano rural, de las parroquias La Matriz y El Rosario, se aprecia una extensa variedad de cultivos y al igual que en el sector urbano el principal cultivo es el de maíz, señalando que la producción es dispuesta a los mercados de las ciudades de Riobamba y en menor cantidad a la ciudad de Ambato. (Andrade Montalvo, 2013)

4.1.9. Biodiversidad

La comunidad de Chingazo Alto de la parroquia la Matriz del cantón Guano cuenta con **Tabla 4.** Especies de flora en la comunidad de Chingazo Alto de la parroquia la Matriz. una importante reserva ecológica, que de a poco va desapareciendo, por el avance de la frontera agrícola, tomando en cuenta que la mayor zona de páramo del cantón se encuentra por encima de los 3600 msnm. El avance de la frontera agrícola ha contribuido a la destrucción de pequeños nichos ecológicos y la biodiversidad que se desarrolla en los mismos. (PDYOT Guano, 2021)

4.1.9.1. Flora

En la parroquia La Matriz del cantón Guano se encuentran las principales especies de flora.

Tabla 2. Flora de la comunidad de Chingazo Alto del cantón Guano.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Capulí	<i>Prunus serótina Kunth</i>
Guarango	<i>Caesalpinia spinosa</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>
Aliso	<i>Alnusacuminata H.B. K</i>
Arrayán	<i>Eugenia halli</i>
Ciprés	<i>Cupressusmacrocarpa</i>
Pino	<i>Pinus radiata D Don.</i>
Tuna	<i>Opuntia indica</i>

Totora	<i>Scirpus californicus</i>
Cabuya negra	<i>Agave americana</i>
Cabuya blanca	<i>Fourcraea andina Trel</i>
Chilca	<i>Baccharis balsamífera Benth</i>
Retama	<i>Spartiumjunseum Lin P</i>
Achupalla	<i>Puya lanata Belongs</i>
Espino blanco	<i>Crataigusmonojina Jaquin</i>
Romero	<i>Rosmarinusofficindis</i>
Sigse	<i>Cortadeirasp.</i>
Carrizo	<i>Arundodonax</i>
Sábila	<i>Aloe vera L</i>
Sauco	<i>Sambucusperubiana</i>

Fuente: (Andrade Montalvo, 2013)

4.1.9.2.Fauna

En la comunidad de Chingazo Alto de la parroquia La Matriz del cantón Guano se encuentran las principales especies de fauna silvestre.

Tabla 5. Fauna silvestre de la comunidad de Chingazo Alto en la parroquia la Matriz.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Conejo silvestre	<i>Sylvilagusbrasiliensis</i>
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>
Curiquingue	<i>Phalcoboenuscarunculatus</i>
Guarro	<i>Geranoaetusmelanoleucus</i>
Gorrión	<i>Zonotrichiacapensis</i>
Codorniz	<i>Coliscristatus</i>
Sapo	<i>Gastrothecariobambe</i>
Paloma collarota	<i>Columba fasciata</i>
Tórtola orejuda	<i>Zenaida auriculata</i>
Golondrina	<i>Notiochelidonmurina</i>
Mirlo	<i>Turdusfusacater</i>
Colibrí	<i>Oreotrichilusestella</i>

Fuente: (Andrade Montalvo, 2013)

Tabla 6. Fauna doméstica de la comunidad de Chingazo Alto en la parroquia la Matriz.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Toro/vaca	<i>Bostaurus</i>
Caballo	<i>Equuscaballus</i>
Asno	<i>Equusasinus</i>
Oveja	<i>Oviesaries</i>
Cerdo	<i>Sus domesticus</i>
Conejo	<i>Oryctolaguscuniculus</i>
Gallina	<i>Gallusgallus</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Mulo	<i>Hibrido</i>

Fuente: (Andrade Montalvo, 2013)

4.2. Análisis del cambio del uso de suelo a través del procesamiento y tratamiento digital de las imágenes satelitales de los años 2012, 2016 y 2020 en la comunidad Chingazo Alto.

4.2.1. Procesamiento digital de las imágenes.

✓ Características de las imágenes

Imagen año 2012

- WRS-PATH: 010 WRS-ROW: 061
- Datum de Referencia: "WGS84"
- Elipsoide de Referencia: "WGS84"
- Origen: "Norte arriba"
- Resolución especial: 15.000
- Proyección "UTM" Zona: 17S
- Formato de salida "GEOTIFF"
- Origen = "USGS"
- Fecha del archivo = 2012-12-03
- Categoría de datos = "nominal"
- Grupo = Metadato
- Tipo de datos = "L1TP"
- Formato de salida = "GEOTIFF"
- Identificación = Landsat 7

Imagen año 2016

- WRS-PATH: 010 WRS-ROW: 061
- Datum de Referencia: "WGS84"
- Elipsoide de Referencia: "WGS84"
- Origen: "Norte arriba"
- Resolución especial: 10.000
- Proyección "UTM" Zona: 17S
- Formato de salida "GEOTIFF"
- Origen = "USGS"
- Fecha del archivo = 2016-12-08
- Categoría de datos = "nominal"
- Grupo = Metadato

- Tipo de datos = "L1C"
- Formato de salida = "GEOTIFF"
- Identificación = Sentinel 2A

Imagen año 2020

- WRS-PATH: 010 WRS-ROW: 061
- Datum de Referencia: "WGS84"
- Elipsoide de Referencia: "WGS84"
- Origen: "Norte arriba"
- Resolución especial: 10.000
- Proyección "UTM" Zona: 17S
- Formato de salida "GEOTIFF"
- Origen = "USGS"
- Fecha del archivo = 2020-12-27
- Categoría de datos = "nominal"
- Grupo = Metadato
- Tipo de datos = "L1C"
- Formato de salida = "GEOTIFF"
- Identificación = Sentinel 2A

Para las correcciones se tomó en cuenta el proceso de eliminación de anomalías, sean de localización o por niveles digitales de los pixeles que conforman la imagen, mismas que se hallan las correcciones radiométricas y geométricas. Para obtener una mejor imagen se realizó una combinación de las máscaras que existen en la carpeta de la imagen satelital. El Software de procesamiento fue QGIS 3.16.9 para la salida gráfica.

4.2.2. Correcciones radiométricas (Radiancia y reflectancia)

Las correcciones radiométricas se realizan con la finalidad de mejorar la calidad de las imágenes obteniendo un producto con mayor aproximación a la realidad. La corrección se realizó solo para la imagen del año 2012 debido a que las imágenes de los años 2016 y 2020 ya poseen correcciones radiométricas.

4.3. Uso del suelo de la comunidad de Chingazo Alto

4.3.1. Zonificación del área de estudio

Para delimitar el área de estudio se realizaron recorridos con el presidente de la asociación de guarango de Chingazo Alto quien conocía bien el área lo que permitió identificar los

límites imaginarios que tiene la comunidad Chingazo Alto con otras comunidades. Este sitio se encuentra situado en la Sierra centro del país políticamente se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Guano, parroquia La Matriz con un área total de 431.3 Ha.

La comunidad de Chingazo Alto comprende una taxonomía del suelo, mismo que es el entisol en su mayoría, suelo que se caracteriza por tener baja evolución, escasa o ninguna evidencia de formación de horizontes edáficos, debido por su tiempo de desarrollo que ha sido muy corto o lento. (PDYOT Guano, 2021)

Según MAGAP & MAE (2014), para el sistema de clasificación de uso y cobertura de la tierra se apoyó en el mapa de cobertura de uso de la tierra generado por el MAG y MAATE con lineamientos establecidos por el CONAGE del año 2015 según la tabla 2.

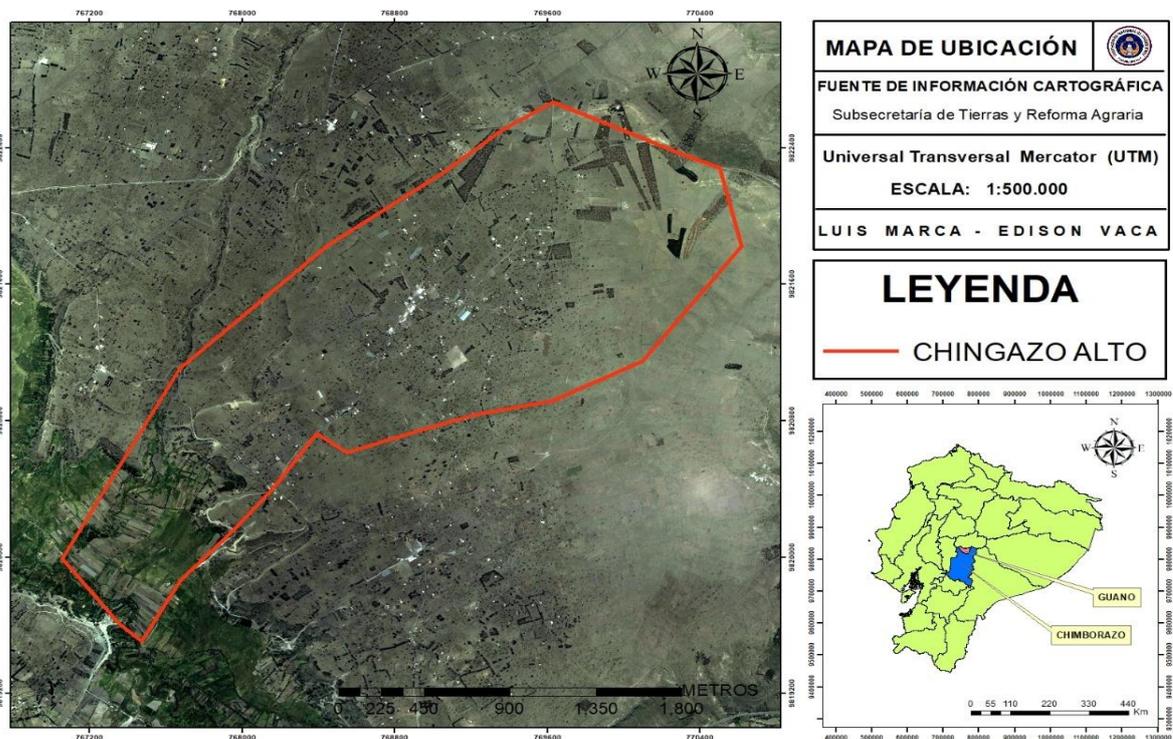


Figura 3. Mapa de ubicación de la comunidad Chingazo Alto

Fuente: Autores

4.3.2. Validación de los resultados de la clasificación

Para determinar el nivel de confianza de los valores obtenidos del índice Kappa se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 7. Grado de confiabilidad del índice Kappa

Valor K	Fuerza de concordancia
<0.21	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 - 1	Muy buena

Fuente: Autores

4.3.2.1. Validación

Los valores estimados del índice Kappa para cada imagen son:

Tabla 8. Porcentaje de confiabilidad de las imágenes satelitales

Año	Índice Kappa
2012	98%
2016	87%
2020	95%

Fuente: Autores

La validación de las imágenes satelitales a través de índice Kappa están en el rango de la tabla 12, es decir, que las tres imágenes analizadas son muy buenas.

4.3.3. Análisis del cambio de cobertura de los años 2012 – 2016 – 2020

4.3.3.1. Cambio del uso del suelo en los años 2012 y 2016

Para el análisis del cambio de uso del suelo se trabajó aplicando la combinación en color natural bandas 3, 2, 1 para la imagen satelital Landsat 7 (Franco, 2017); y para la imagen Sentinel 2A con las bandas 4, 3, 2 siendo estas los tonos percibidos por el ojo humano (Matellanes Ferreras, 2018).

Se trabajó con 6 clases, mismas que son:

- 1.Plantación forestal (Guarango)**
- 2.Zona antrópica (Intervención antrópica)**
- 3.Vegetación herbácea y arbustiva (Humedales)**
- 4.Cultivo anual (Cultivo de ciclo corto)**
- 5.Bosques (Plantación de eucalipto)**
- 6.Otras tierras (Suelo desnudo)**

La diferencia de los colores nos permite distinguir cada clase. Para la plantación forestal (guarango), el color será verde oscuro. Para la zona antrópica (intervención antrópica), el color será fucsia. Para vegetación herbácea y arbustiva (humedales) el color será verde claro. Para cultivo anual (cultivo de ciclo corto), el color crema. Para bosques (plantación de eucalipto) el color será el café oscuro y para otras tierras (suelo desnudo) el color será café claro.

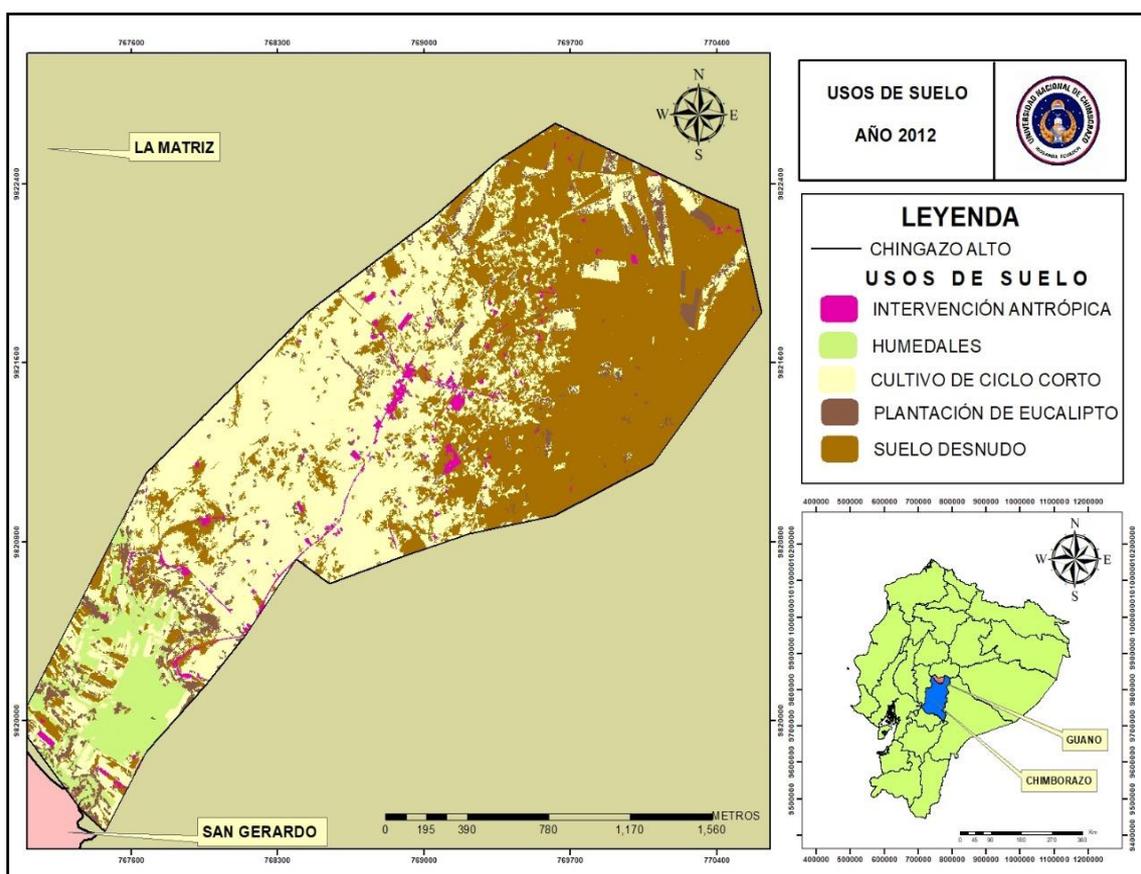


Figura 4. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2012 de Chingazo Alto.

Fuente: Autores

Tabla 9. Condiciones iniciales de uso de suelo del año 2012.

CLASES	AÑO 2012	
	m ²	%
GUARANGO	0	0.0%
INTERVENCIÓN ANTROPICA	121073.24	2.8%
HUMEDALES	252413.83	5.9%
CULTIVOS DE CICLO CORTO	1748142.58	40.6%
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	417462.27	9.7%
SUELO DESNUDO	1764000.83	41.0%
TOTAL	4303092.75	100%

Fuente: Autores

Las condiciones iniciales de partida para nuestro análisis están representadas en el mapa de la figura 4, y tabla 6. Las áreas más representativas son suelo desnudo y cultivos de ciclo corto con un porcentaje del 41.0% y 40.6 % respectivamente del total de metros cuadrados, con menor porcentaje se encuentra la intervención antrópica con un 2.8%. Según Vásquez Navarrete (2019), en el año 2012 no existían plantaciones de guarango, ya que la Asociación de Productores de Guarango y Frutales (ASOPROGF) se conformó mediante el acuerdo ministerial 186 de 31 de julio de 2012, por tal razón la reforestación del guarango se inició en los años siguiente.

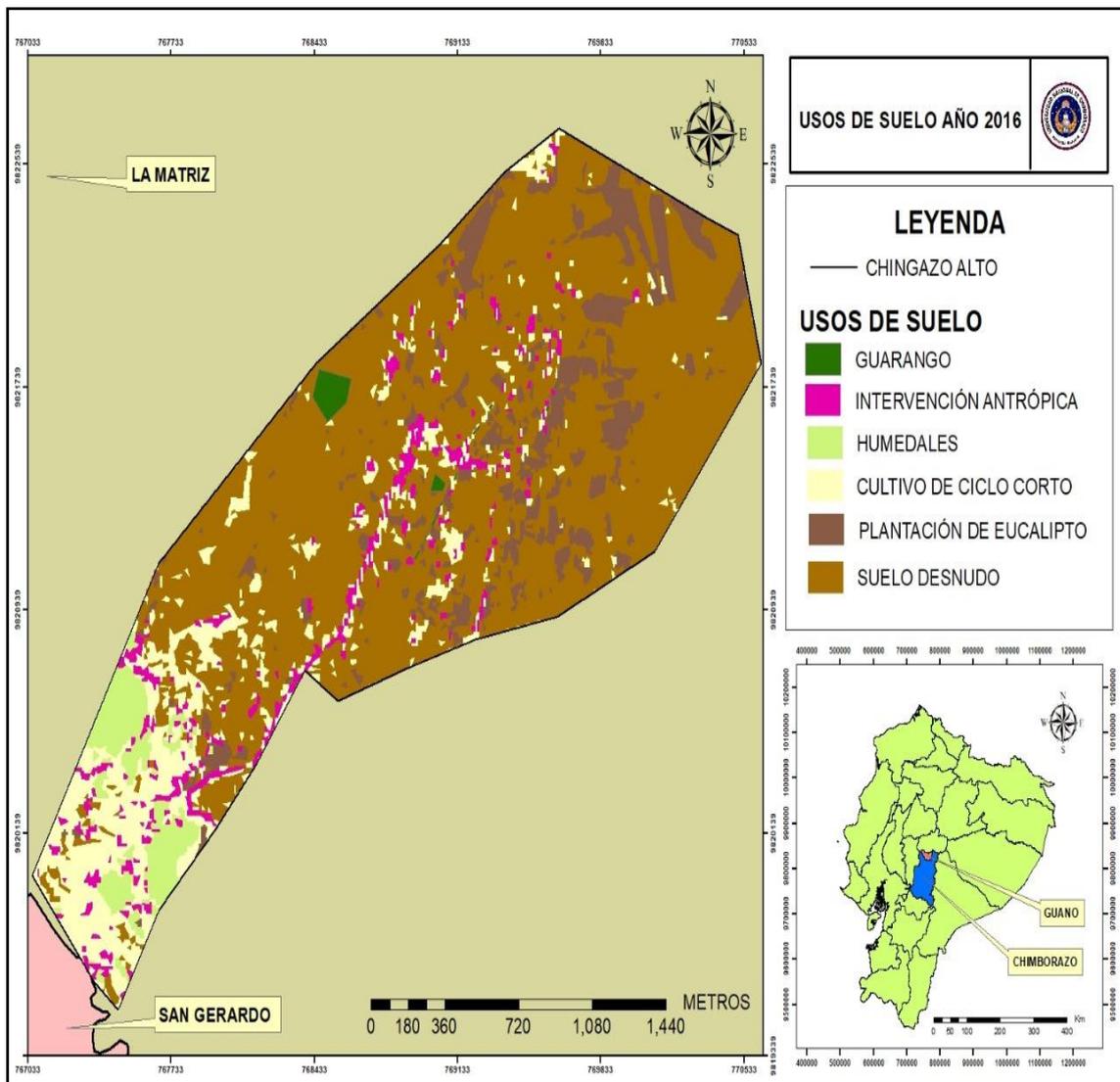


Figura 5. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2016 de Chingazo Alto.

Fuente: Autores

4.3.3.2. Cambio de uso de suelo, tasa de cambio (TCA) en el periodo 2012 - 2016

Tabla 10. Cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) de los años 2012 -2016

CLASES	AÑO 2012		AÑO 2016		TCA
	m ²	%	m ²	%	%
GUARANGO	0	0.0%	28244.21	1%	0.00
INTERVENCIÓN ANTROPICA	121073.24	2.8%	162424.77	4%	0.08
HUMEDALES	252413.83	5.9%	157604.26	4%	-0.11
CULTIVOS DE CICLO CORTO	1748142.58	40.6%	535701.13	13%	-0.26
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	417462.27	9.7%	451489.33	11%	0.02
SUELO DESNUDO	1764000.83	41.0%	2664949.41	67%	0.11
TOTAL	4303092.75	100%	3972168.9	100%	

Fuente: Autores

El primer cambio importante, en el año 2012 no existía la presencia de plantaciones de guarango, por ende, en el año 2016 existe la presencia del uso de suelo de “guarango” en un 1% debido a que la ASOPROGF desde el año 2012 comenzaron con la reforestación de esta leguminosa por el apoyo que dio el “Plan de Buen Vivir”, esto con el objetivo de mejorar la economía del sector ya que las plantaciones de guarango producen ingresos económicos por el aprovechamiento de su fruto.(Vásquez Navarrete, 2019)

Los cambios más relevantes de las otras clases de uso de suelo son el “suelo desnudo” con una TCA del 0.11% aumentado significativamente de año a año y de esta manera reduciendo los “cultivos de ciclo corto” con un TCA de -0.26%. Otro cambio relevante es la “intervención antrópica” con u TCA de 0.08% esto debido al crecimiento de la tasa poblacional del censo del año 2010, en el cual en la parroquia La Matriz el aumento de números de habitantes fue de 38.5%. (PDYOT Guano, 2018)

4.3.3.3. Cambio de uso de suelo, tasa de cambio (TCA) en el periodo 2016 – 2020

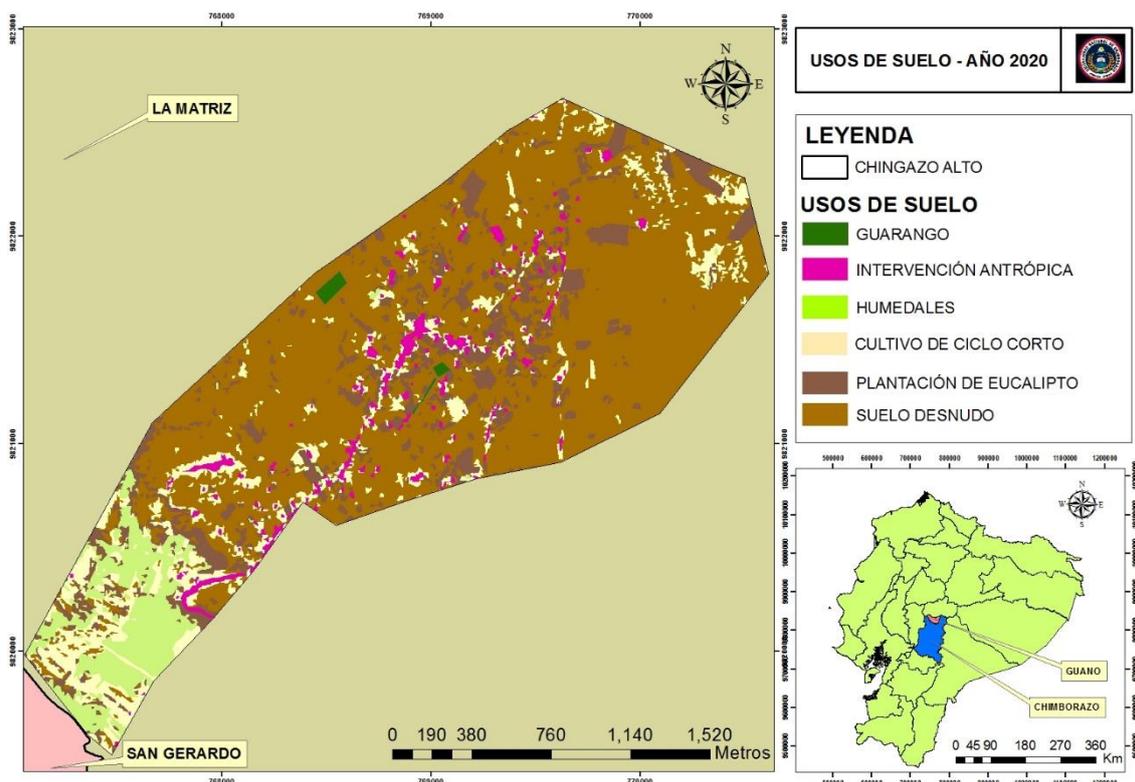


Figura 6. Mapa del cambio del uso de suelo del año 2020 de Chingazo Alto.

Fuente: Autores

Tabla 11. Cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) de los años 2016 -2020

CLASES	AÑO 2016		AÑO 2020		TCA
	m ²	%	m ²	%	
GUARANGO	28244.21	1%	15595.54	0.4%	-0.14
INTERVENCIÓN ANTRÓPICA	162424.77	4%	170994.99	4%	0.01
HUMEDALES	157604.26	4%	264527.67	6%	0.14
CULTIVOS DE CICLO CORTO	535701.13	13%	321326.96	8%	-0.12
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	451489.33	11%	372786.4	9%	-0.05
SUELO DESNUDO	2664949.41	67%	2947942.39	72%	0.03
TOTAL	3972168.9	100%	4077578.41	100%	

Fuente: Autores

Entre los cambios más evidentes en estos años es del “guarango” que disminuyó en un TCA de -014%, debido a que la población no fue paciente para el aprovechamiento de esta leguminosa tanto económico como ambiental de esta especie debido a que su beneficio se puede palpar a partir de tres a cinco años luego de ser sembrada. (Arguello Erazo & Saltos Aguilar, 2017)

Otro cambio que se visualiza en la tabla 9, es la “plantación de eucalipto” con un TCA de -0.05% disminuyendo esto a causa de la deforestación producida por la intervención antrópica, ya que en el sector se dedican a la producción de madera. En la clase de “suelo desnudo” hay un aumento del TCA de 0.03% por ende, se reduce los “cultivos de ciclo corto” con un TCA de -0.12% a causa de las condiciones climáticas no favorables que presenta los bosques secos andinos del sector por lo cual no favorece para la agricultura.(FONAG, 2006)

Tabla 12. Tabla resumen del cambio de uso de suelo y tasa de cambio (TCA) en los años 2012 – 2020.

CLASES	AÑO 2012		AÑO 2016		TCA	AÑO 2020		TCA
	m ²	%	m ²	%	%	m ²	%	%
GUARANGO	0	0.0%	28244.21	1%	0.00	15595.54	0.4%	-0.14
INTERVENCIÓN ANTROPICA	121073.24	2.8%	162424.77	4%	0.08	170994.99	4%	0.01
HUMEDALES	252413.83	5.9%	157604.26	4%	-0.11	264527.67	6%	0.14
CULTIVOS DE CICLO CORTO	1748142.58	40.6%	535701.13	13%	-0.26	321326.96	8%	-0.12
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	417462.27	9.7%	451489.33	11%	0.02	372786.4	9%	-0.05
SUELO DESNUDO	1764000.83	41.0%	2664949.41	67%	0.11	2947942.39	72%	0.03
TOTAL	4303092.75	100%	3972168.9	100%		4077578.41	100%	

Fuente: Autores

Tasa de cambio (TCA). Expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año (Silva Padilla & Rivera Salas, 2016).

Tabla 13. Interpretación de la tasa de cambio (TCA)

Valores negativos (-)	Valores positivos (+)
Disminución o pérdida de áreas	Ganancia o aumento de áreas

Fuente: Autores

Según el PDYOT Guano (2018), los ecosistemas presentes en el Cantón Guano actualmente se encuentran afectadas por acciones antropogénicas en las cuales se esta disminución de los hábitats naturales, lamentablemente no existe información de monitoreo cualitativos que evidencien el estado de salud y uso optimizado del suelo en la zona.

En el año 2012 para la clase del “suelo desnudo” según nuestro análisis es de 1764000.83 m² y para el año 2020 su área fue de 2947942.4 m², esta clase presenta un aumento

significativo en 8 años de su área de un 31.30%, esto debido las condiciones climáticas no favorables como los fuertes vientos en los meses de agosto y septiembre frecuentemente con una afectación del 67%, causando daños en las caídas de árboles y tendido eléctrico.(Andrade Montalvo, 2013)

La clase de “cultivo de ciclo corto” para el año 2012 presenta un 1748142.58 m² y para el año 2020 su área fue de 321326.96 m², en esta categoría presenta una disminución, este cambio se correlaciona con el aumento del “suelo desnudo” por las condiciones climáticas del sector no se produce de manera adecuada los cultivos de ciclo corto.

En el año 2012 las plantaciones del “guarango” aún no existían, sin embargo, existían arboles de guarango de generación natural en la zona de estudio que no son significativos para realizar una comparación con el año 2016. A partir del año 2012 a través de la ASOPROGF se empezó una reforestación de esta especie evidenciándose en el año 2016 con un área de 28244.21 m²; en el año 2020 se evidenció una disminución de su área a 15595.54 m².

La clase de “intervención antrópica” contaba con un área de 121073.24 m² en el año 2012 y para el año 2020 su área fue de 170994.99 m², presentando un aumento del 1.2% de su área inicial, esto debido a que su suelo es vacante para la infraestructura, actividades económicas de micro y pequeñas industrias combinadas con uso residencial y lotes con actividad agrícola. (PDYOT Guano, 2021)

4.3.4. Análisis de variabilidad espacial NDVI

Para determinar el estado de salud de la vegetación en el área de estudio se han desarrollado cinco clasificaciones.

4.3.4.1. Categorías de clasificación NDVI

El índice NDVI está determinado por los valores entre (-1 y 1), como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 14. Clasificación de los valores NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua (NA)	<0.01
Suelo sin vegetación (SV)	0.01 – 0.1
Vegetación ligera (VL)	0.1 – 0.2
Vegetación mediana (VM)	0.2 – 0.4
Vegetación alta (VA)	>0.4

Fuente: (López-Pérez et al., 2015)

4.3.4.2. Mapa de variabilidad espacial NDVI de los años 2012, 2016 y 2020 de Chingazo Alto

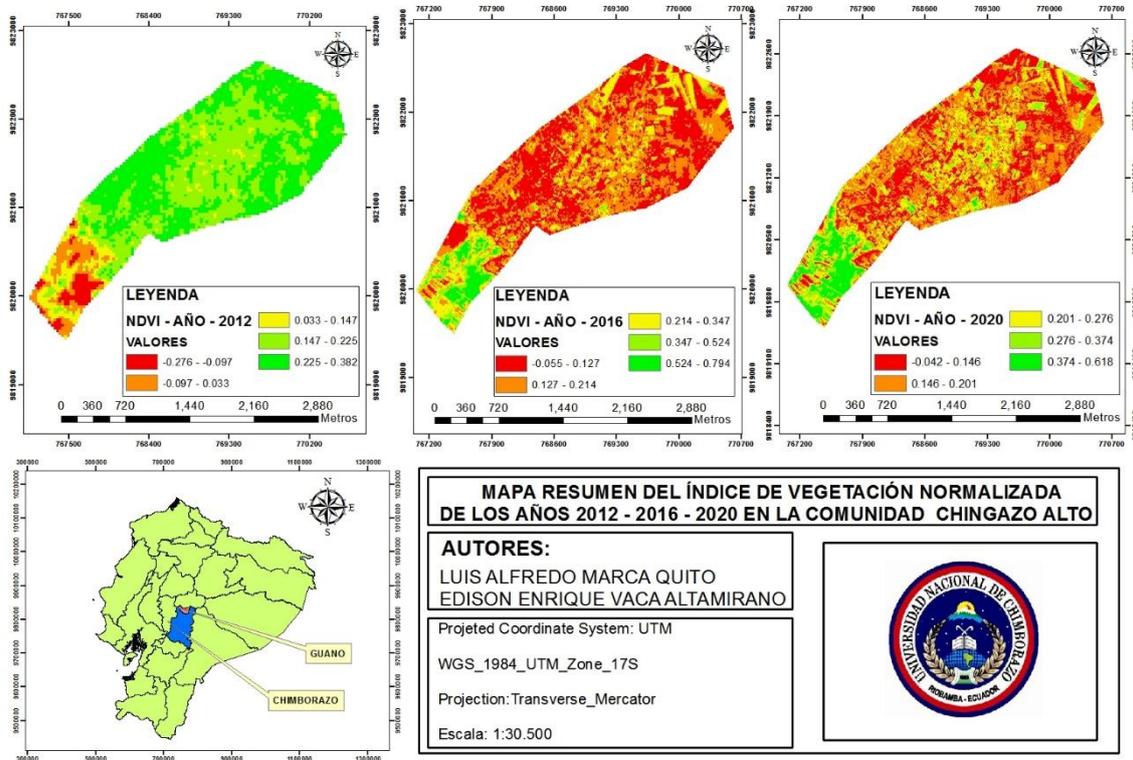


Figura 7. Mapa de variabilidad espacial NDVI de los años 2012, 2016 y 2020 de Chingazo Alto

Fuente: Autores

En la comunidad de Chingazo Alto en el año 2012 los usos de suelos presentan los siguientes rangos espectrales:

Para la clase de “humedales” está en el rango de -0.27 a 0.033, e la clase de “suelo desnudo” está en el rango de 0.033 a 0.14, la clase de “cultivo de ciclo corto” y oscila entre 0.14 a 0.22 y para la clase de “plantación de eucalipto” están entre 0.22 a 0.38 dando a entender que se tiene una vegetación mediana como se puede visualizar en la figura 7 e interpretar con la tabla 14.

Para el año 2016 dentro de la zona de estudio, los usos de suelos presentan los siguientes rangos espectrales:

Para la clase de “suelo desnudo” el rango es de -0.05 a 0.12, la clase de “cultivo de ciclo corto” y “plantación de eucalipto” el rango es de 0.12 a 0.34, la clase “guarango” y

“humedales” oscila entre 0.34 a 0.79, dando a entender que tenemos una vegetación alta como se puede observar en la figura 7 e interpretar con la tabla 14.

Para el año 2020 en la comunidad de Chingazo Alto, los usos de suelo presentan los siguientes rangos espectrales:

Para la clase de “suelo desnudo” el rango es de -0.042 a 0.14, la clase de “cultivo de ciclo corto” y “plantación de eucalipto” el rango es de 0.14 a 0.27, la clase de “guarango” y “humedales” están en un rango de 0.27 a 0.61, dando a entender que tenemos una vegetación alta como se puede visualizar en la figura 7 e interpretar con la tabla 14.

4.4. Análisis de los beneficios del guarango y su potencial ecológico en la zona de estudio.

Para los respectivos análisis de los suelos que se detallan en esta sección se tomó en cuenta el informe de análisis informe N° 009 - 21 emitido por el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo mismo que se puede evidenciar en el anexo 9.3.

Los análisis fisicoquímicos y de macronutrientes realizados presentan datos de la comunidad de Chingazo Alto de la parroquia La Matriz del cantón Guano, en el cual se realizó un muestreo de 6 muestras compuestas que se dividen en 3 para una zona en el cual no se evidencia la presencia del guarango y los 3 sobrantes en una zona con presencia de guarango con las siguientes coordenadas:

Tabla 15. Coordenadas de la zona del análisis de suelo.

Zona	X	Y
Sin presencia de guarango	768905	9821130
Con presencia de guarango	768481	9821707

Fuente: Autores

4.4.1. Análisis de suelo sin presencia de guarango

Para la primera muestra compuesta sin guarango con código: MS – 044 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 044 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	8.16
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	1.10
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.10
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	1.06

Fuente: Laboratorio SA

En la segunda muestra compuesta sin guarango con código: MS – 045 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 045 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	7.09
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	1.00
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.05
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	0.88

Fuente: Laboratorio SA

En la tercera muestra compuesta sin guarango con código: MS – 046 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de la muestra compuesta sin guarango MS – 046 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	7.13
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	0.98
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.06
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	0.72

Fuente: Laboratorio SA

4.4.2. Análisis de suelo con presencia de guarango

Para la primera muestra compuesta con guarango con código: MS – 047 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 047 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	8.16
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	0.99
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.15
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	1.09

Fuente: Laboratorio SA

En la segunda muestra compuesta con guarango con código: MS – 048 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 048 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	8.25
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	0.98
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.12
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	1.05

Fuente: Laboratorio SA

En la tercera muestra compuesta con guarango con código: MS – 049 – 21 evidenciamos los resultados en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la muestra compuesta con guarango MS – 049 – 21

Parámetros	Unidades	Métodos/Procedimiento	Resultado
pH		EPA 9045 D	8.2
Densidad aparente	g/cm ³	MÉTODO INTERNO	0.96
Nitrógeno Total	%	MÉTODO INTERNO KJELDAHL	0.10
Materia Orgánica	%	MÉTODO INTERNO	0.95

Fuente: Laboratorio SA

4.4.3. Análisis comparativos de los suelos con y sin presencia de guarango

Con los distintos resultados de los análisis de laboratorio antes mencionados se realizó la tabla N° 22, en el cual se obtuvo los siguientes promedios.

Tabla 22. Promedios de los parámetros analizados.

Parámetros	Unidades	Sin guarango	Con Guarango
		Promedios	
pH		7.44	8.20
Densidad aparente	g/cm ³	1.03	0.98
Nitrógeno Total	%	0.07	0.12
Materia Orgánica	%	0.88	1.03

Fuente: Autores

4.4.4. Comparación de los resultados de los análisis de suelo.

4.4.4.1. pH

El pH del suelo es una de las determinaciones químicas más importantes en las muestras, ya que refleja muchas condiciones existentes en el suelo. Influye por el contenido de carbonatos, bien sea de Mg o Ca, o a su vez en conjunto, por el uso exagerado de fertilizantes u otros agroquímicos de naturaleza acida o alcalina. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 2016)

El pH de los suelos estudiados en la comunidad de Chingazo Alto, tal como se puede apreciar en la tabla 13, se encuentra en un rango de 7,44 – 8,20 con un promedio de 7,82. Según MAG (2019), a partir de estos valores podemos decir que los suelos estudiados se clasifican según su nivel de pH como suelos ligeramente alcalinos, como se observa en la tabla 14, por ende, existe impedimento en el desarrollo de varios cultivos de ciclo corto según la tabla 14 del Ministerio de Agricultura.

La alcalinidad del suelo es una condición que predomina en suelos de regiones andinas secas Osorio, (2012) con un pH >6,5 misma que se hallan en los suelos de la comunidad de Chingazo Alto.

Conforme a la estadística realizada en ambos suelos se determinó que los valores obtenidos son significativos según la figura 8, ya que afecta directamente a la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Juárez Morales, 2018).

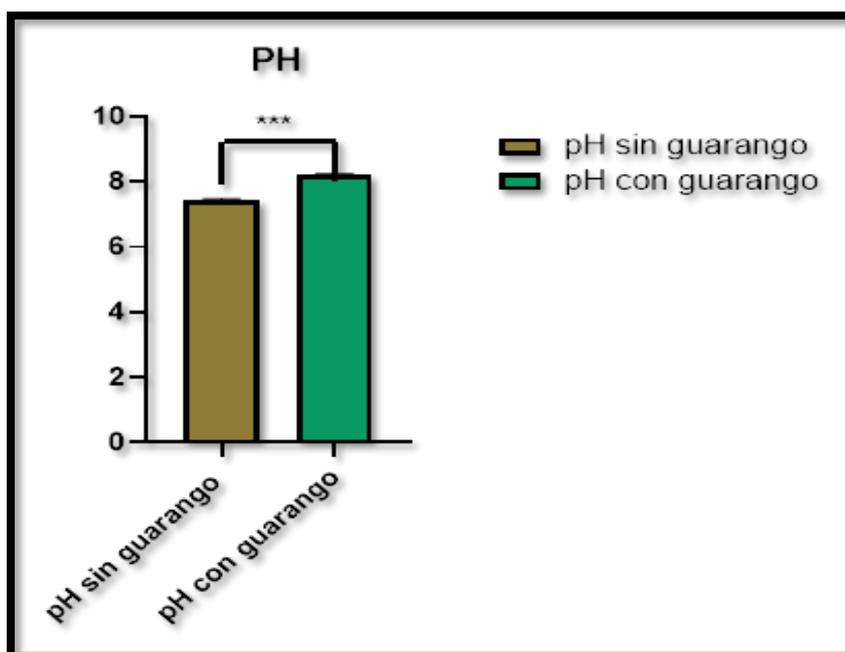


Figura 8. pH de suelos analizados de la zona de estudio.

Fuente: Autores

Tabla 23. Rangos de pH en los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy ácido	Mac	0,0 a <5,0: Condiciones desfavorables para los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de cationes divalentes intercambiables 5,0
Acido	Ac	5,0 a 5,5: Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; deficiencia de P, Ca, K, N, Mg, Mo y N; exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Suelos sin carbonato cálcico. Actividad microbiana escasa.
Medianamente ácido	MeAc	>5,5 a 6,0: Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg; algunos cultivos como las leguminosas requieren encalamiento.
Ligeramente ácido	Lac	>6,0 a 6,5: Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Prácticamente ácido	PN	>6,5 a 7,5 (Excepto el 7): Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad de P; baja disponibilidad de los microelementos con excepción del Mo.

Neutro	N	7,0: Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Ligeramente alcalino	LAl	>7,5 a 8,0: Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos; baja solubilidad del P y microelementos con excepción del Mo; posible necesidad de tratar el suelo con enmiendas como por ejemplo el yeso. Se inhibe el desarrollo de varios cultivos.
Medianamente alcalino	Mal	>8,0 a 8,5: Posible exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; se tiene la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
Alcalino	Al	> 8,5: Exceso de sodio intercambiable (PSI > 15 %); se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; existiendo la necesidad de tratar el suelo con enmiendas. Presencia de MgCO ₃ en caso de no existir sodio intercambiable. Problemas de clorosis férrica en las plantas por deficiencia de Fe en el suelo.
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

Fuente:(MAG, 2019)

En cuanto el pH en función de la fertilidad natural de los terrenos analizados dentro de la zona de estudio según MAG (2019), se dice que es baja por tener un pH medianamente alcalino con rango mayor a 8,0. teniendo materia orgánica menor a 3,0 con texturas arenosas gruesas, finas y francosas. Observar en la tabla 24.

Tabla 24. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la sierra.

Fertilidad natural	pH	Materia orgánica	Textura
MUY BAJA	Muy ácido a ácido o alcalino (<5.5 o >8.5)		Arenosa - Arenosa muy fina - Arenosa fina - Arenosa media - Arenosa gruesa
BAJA	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5 a 6,0 o >8,0 a 8,5)	Menor a 3,0	Areno francosa
MEDIANA	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0 a 6,5 o >7,5 a 8,0)	Entre 3,0 y 5,0	Arcillosa Arcillo - limosa Arcillo - arenosa Limosa Franco arcillo - limosa Franco

ALTA	Prácticamente neutro o neutro (>6,5 a 7,5 o 7,0)	Mayor a 5,0	arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo - arenosa Franca
------	--	-------------	--

Fuente:(MAG, 2019)

4.4.4.2.Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es la relación entre el volumen total de sólidos del suelo y su masa, es utilizada como un indicador de calidad del suelo, con la que se puede establecer variaciones originadas por las actividades antrópicas como uso de arado, maquinaria pesada, cultivos, pudiendo indicar el grado de compactación del suelo y las limitaciones para el crecimiento de las raíces. (Novillo Espinoza et al., 2018)

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas y el manejo del suelo.(Rubio Gutiérrez, 2010)

Los valores de densidad aparente de las muestras provenientes de la comunidad de Chingazo Alto oscilan entre 0.98 a 1.03g/cm³, dichos valores varían dependiendo del terreno analizado, sea este, con y sin presencia de guarango tal como se observa en la tabla 13.

Según la figura 9, se puede observar que los valores de la densidad aparente son significativos en la comparación de los dos terrenos analizados, teniendo una diferencia notable en el aporte que da el guarango al suelo.

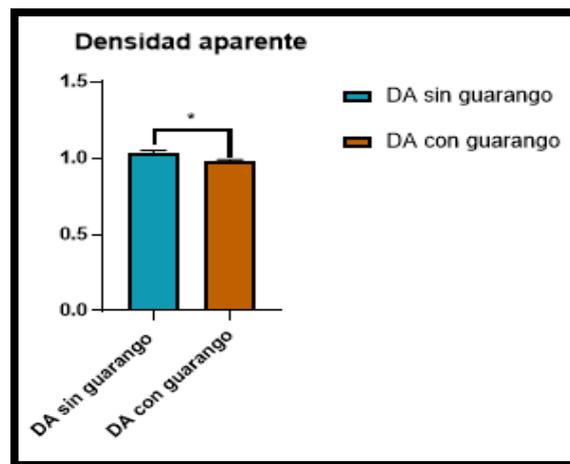


Figura 9. Densidad aparente

Fuente: Autores

Para el terreno sin presencia de guarango tenemos una densidad aparente de 1.03 g/cm³, donde se determina según la tabla 22, que contiene una textura arcillosa que oscila entre 1.0 a 1.2, según Rubio Gutiérrez, (2010), los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar inundación y que las raíces tengan dificultades para penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios.

Para el terreno con presencia de guarango existe una densidad aparente de 0.98 g/cm³, donde se determina según la tabla 22, que contiene una textura de suelo orgánico con valores de densidad aparente entre 0.7 a 1.0 g/cm³, donde según Rubio Gutiérrez, (2010), los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo que permite un buen desarrollo de las raíces. Además, que en este terreno con guarango existe cultivos de ciclo corto que aporta porosidad y drenaje al suelo con ayuda del guarango ya que es una leguminosa que favorece al suelo por sus raíces profundas que facilitan la absorción de agua de los horizontes inferiores del suelo, aportando así en la mejora del suelo en el terreno con guarango. (De La Torre, 2018)

Tabla 25. Densidad aparente según la textura.

Textura	Densidad aparente (g/cm³)
Arenas	1.6 a 1.7
Francos	1.3 a 1.4
Arcillas	1.0 a 1.2
Suelos orgánicos	0.7 a 1.0

Fuente: (Castillo Cerna, 2005)

4.4.4.3. Nitrógeno total

El nitrógeno es uno de los principales macroelementos primarios necesarios para los cultivos, porque es de gran importancia en el desarrollo y crecimiento de los mismos. Además, es componente de diversas sustancias importantes en el metabolismo de las plantas, por ello no es raro encontrar cultivos con crecimiento lento en suelos, cuando existen bajos niveles de nitrógeno. (Juárez Morales, 2018)

Para el caso de los suelos estudiados de la comunidad de Chingazo Alto, los porcentajes de nitrógeno observados en la tabla 22, donde se evidencia que en el terreno sin presencia de guarango tiene un promedio de 0.07 %; para el terreno con presencia de guarango hay un promedio del 0.12%.

Según la figura 10, se puede observar que los valores de porcentaje del nitrógeno, mismos que son significativos en la comparación de ambos terrenos analizados, teniendo una diferencia significativa en el aporte de nitrógeno al suelo por parte del guarango.

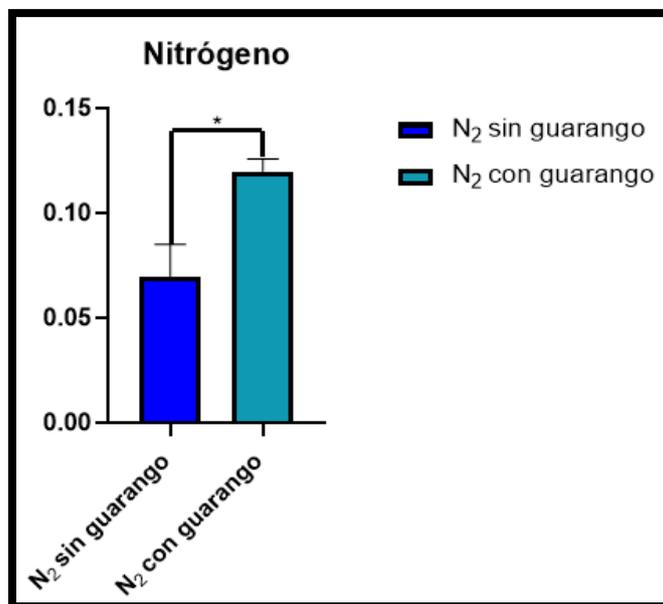


Figura 10. Nitrógeno total

Fuente: Autores

En el terreno sin presencia de guarango existe porcentaje de nitrógeno de 0.07%, calificándose según la tabla 26 como un suelo medio en nitrógeno debido a que en este terreno no hay presencia de vegetación, por ende, su bajo de nutrientes, en especial de nitrógeno en el suelo. Según (Báez et al., 2016) existen estudios que brindan una mirada general de cómo el cambio climático y la intervención antrópica generan diferentes impactos sobre los bosques secos andinos debido a esto existe escasez de nutrientes y aumento de la erosión en estos suelos.

Para el terreno con presencia de guarango se evidencia un porcentaje de nitrógeno del 0.12%, considerándose según la tabla 22 como un suelo medio con tendencia a un suelo alto en nitrógeno. El guarango al ser una leguminosa tiene la capacidad de fijar el nitrógeno ambiental y de crecer en condiciones no favorables, así contribuyendo a la nutrición de los cultivos posteriores que no tienen esta capacidad; combatiendo a la erosión y así recuperando los suelos de estos ecosistemas (Ballesta Remy, 2007)

Uno de los beneficios de que este terreno tenga presencia de guarango es que existen nódulos en las raíces que fijan nitrógeno y alimentan a la planta, mismos que son llamados

rizobios (*Rhizobium leguminosarum*) siendo estas bacterias que forman nódulos en las raíces, toman el nitrógeno de la atmósfera para convertirlo en nitrógeno disponible para la planta. Estas bacterias se encuentran siempre en el suelo y se activan cuando se siembran leguminosas como el guarango, en nuestro caso esto ha ayudado a la disminución de la erosión y aumento en la descompactar el suelo, obteniendo como resultado un suelo más productivo. (Cordero et al., 2017)

Otro de los beneficios que ha aportado el guarango en este terreno es que las plantas que están a su alrededor crezcan saludables y verdes por ser un fertilizante natural, de esta manera evitando fertilizantes químicos que contaminan el ambiente. (De La Torre, 2018)

Tabla 26. Clasificación del nitrógeno disponible.

Rango (%)	Clasificación
<0.07	Pobre
0.07 – 0.15	Medio
>0.15	Alto

Fuente: (Castillo Cerna, 2005)

4.4.4.4. Materia orgánica

La materia orgánica es un parámetro importante de un suelo ya que condiciona la fertilidad de éste, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Así beneficia la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y eleva su capacidad amortiguadora de cambios de pH. (Rubio Gutiérrez, 2010)

Las muestras de suelo de la comunidad de Chingazo Alto con y sin presencia de guarango presentan valores muy bajos de materia orgánica tal como se observa en la tabla 22, estos valores oscilan entre 0.88 % (sin guarango) y 1.03 % (con guarango), es decir, estos valores los clasifican según la tabla 27 como suelos pobres en materia orgánica.

Tabla 27. Clasificación de la materia orgánica para suelos.

Rango (%)	Clasificación
<2	Pobre
2 – 4	Medio
>4	Alto

Fuente: (Castillo Cerna, 2005)

Como se puede observar en la figura 11, los valores de porcentaje de materia orgánica, son significativos en la comparación de los dos terrenos analizados, teniendo un valor de materia orgánica más alto en el terreno con presencia de guarango que en el terreno sin guarango, por el forraje mismo de la leguminosa, cabe recalcar que la variación de materia orgánica es mínima en los ambos terrenos analizados.

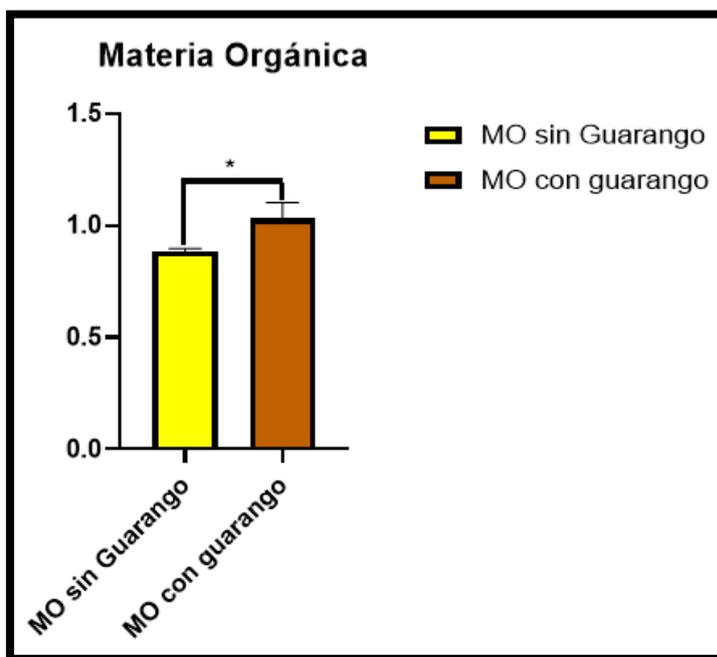


Figura 11. Materia orgánica

Fuente: Autores

De los resultados encontrados se puede decir que la materia orgánica en los dos terrenos analizados, no es favorable para los beneficios en el suelo, debido a que la velocidad de descomposición de la materia orgánica, es mayor a la cantidad de materia orgánica que natural o artificialmente recibe el suelo, razón por la cual los niveles siempre van a ser bajos. (Juárez Morales, 2018)

4.5. Diseñar un plan de manejo del bosque andino seco de Chingazo Alto mediante un proceso participativo con la comunidad.

El plan de manejo forestal de la comunidad Chingazo se puede encontrar en los anexos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de la situación actual del suelo de la comunidad de Chingazo fue realizado en función a las características físicas que se presentan en el territorio, se ha determinado que la comunidad Chingazo Alto mantiene un suelo entisol, es decir, de baja evolución debido a su desarrollo lento. Los relieves presentes en Chingazo Alto se encuentran influenciado por fallas tectónicas a lo ancho y largo del mismo y en la parte noroeste relacionadas con la alineación de la cordillera de los Andes y específicamente, dando lugar a la variedad de relieves que presentan áreas en proceso de erosión por las condiciones climáticas influenciadas por las heladas, vientos fuertes y sequias descendientes de la Sierra. Chingazo Alto posee un clima frío seco de alta montaña con una temperatura media anual inferior a 4°C y un clima seco con temperatura media anual que asciende hasta los 22°C. La comunidad no tiene un rango lineal en relación a las precipitaciones ya que presenta una variabilidad tanto en espacio como en el tiempo de acuerdo a la actualización del plan de ordenamiento y desarrollo territorial de Guano. En Chingazo Alto los vientos con mayor velocidad son en los meses de julio a septiembre. La biodiversidad que abarca la comunidad está en peligro por el avance de la frontera agrícola y la destrucción de los pequeños nichos ecológicos existentes en la zona. Para el sistema de clasificación utilizado para definir las clases de uso de suelo se basa en un método dicotómico que conlleva diferentes niveles; la clasificación se encuentra en el primer y segundo nivel que se compone de las clases nacionales; bosques (plantación de eucalipto), vegetación herbácea y arbustiva (humedales), zona antrópica (intervención antrópica), otras tierras (suelo desnudo), cultivo anual (cultivo de ciclo corto) y plantación forestal (guarango).
- El análisis multitemporal del uso de suelo se obtuvo mediante un intervalo de 8 años, como principal cambio de uso de suelo la plantación forestal (guarango) siendo evidente la pérdida de área del año 2016 con 28244.21 m² al 2020 con un área de 15595.54 m². En el año 2012 para la clase de otras tierras (suelo desnudo) se obtuvo un área de 1764000.83 m² y para el año 2020 su área fue de 2947942.4 m², esta clase presenta un aumento significativo en 8 años de su área de un

31.30%. La clase de cultivo anual (cultivo de ciclo corto) para el año 2012 presenta un área de 1748142.58 m² y para el año 2020 su área fue de 321326.96 m², en esta categoría presenta una disminución, este cambio se correlaciona con el aumento de otras tierras (suelo desnudo). La clase de “intervención antrópica” contaba con un área de 121073.24 m² en el año 2012 y para el año 2020 su área fue de 170994.99 m², presentando un aumento del 1.2% de su área inicial.

- En la comunidad Chingazo Alto en donde existe suelos de taxonomía entisol, suelos que son de poco desarrollo por tal razón se analizó los parámetros fisicoquímicos y macronutrientes de dos zonas, una sin presencia de guarango y la segunda con presencia de esta leguminosa. Los suelos analizados presentaron con un valor promedio de 7,82, siendo suelos ligeramente alcalinos, la densidad aparente presentó un valor de 1,03 g/cm³, siendo así un suelo compacto y poco poroso; para el terreno con presencia de guarango tiene un valor de 0,98 g/cm³, siendo así suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje, para el parámetro de macronutriente de nitrógeno en el terreno sin presencia de guarango es de 0,07 %, siendo un suelo medio en nitrógeno y con presencia de guarango un porcentaje de 0,12%, considerándose un suelo medio con tendencia a alto de nitrógeno, para el ultimo parámetro, la materia orgánica para los terrenos con y sin presencia de guarango presentan valores muy bajos como son 0,88 % para el terreno sin guarango y 1,03% con guarango, estos suelos son denominados suelos pobres en materia orgánica. Según estos resultados el guarango aporta positivamente a los bosques andinos secos por el aporte de macronutrientes al suelo como el nitrógeno, siendo este el más importante, además aporta a la recuperación de suelos en proceso de erosión y degradación por los nódulos de rizobios que se activan al ser una leguminosa para ayudar a descompactar el suelo.
- Se realizó un plan de manejo forestal para la comunidad de Chingazo Alto principalmente para protección y reforestación de las áreas de suelo desnudo que se encuentran erosionadas o que están en proceso de erosión por causa de diferentes factores tanto naturales como antrópicos. Los proyectos establecidos en el plan de manejo forestal están destinados para los moradores de Chingazo con el fin de conservar la especie del guarango, todo esto identificando estrategias de buenas prácticas forestales, como manejo responsable del bosque, organización, conciencia social, control y vigilancia, las cuales van a contribuir al desarrollo y mejoramiento del ecosistema de la comunidad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para la elaboración de este tipo de investigaciones es aconsejable trabajar de manera interinstitucional con los GADs provinciales o cantonales para la obtención de ortofotos ya que presentan una mejor resolución al momento de su tratamiento, es recomendable que las ortofotos sean de la misma fecha, es decir, que sean captadas en la misma época estacional para no presentar confusiones al momento de detectar cambios.
- Continuar el presente estudio con la finalidad de continuar observando el aporte del guarango en el transcurso de los años por la razón de que el guarango tiene un tiempo estimado de 3 a 5 años para su desarrollo, por lo cual no brinda su aporte completo al suelo, por ende, se recomienda hacer el análisis a partir de 7 a 10 años de edad de la especie.
- Se recomienda capacitar a los pobladores para aplicar buenas prácticas forestales relacionadas al manejo, conservación y protección de bosques de guarango en áreas secas, con el fin de recuperar y mejorar estas zonas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Management in the XXI Century. *Madera y Bosques*, 21, 17–28. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7404-3_11
- Aguirre Mendoza, Z. H., & MAE. (2012). Especies Forestales - Bosques Secos - Ecuador. In *Bosques Secos en Ecuador y su diversidad* (pp. 1–74). <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Bosques-Secos4.pdf>
- Aguirre, Z., Peter, L., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 162–187. [https://beisa.au.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 11.pdf](https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2011.pdf)
- Andrade Montalvo, A. P. (2013). “*Manejo Adecuado De Los Recursos Naturales Y Su Impacto En El Desarrollo Eco-Turístico En La Cabecera Cantonal Parroquia La Matriz Cantón Guano Provincia De Chimborazo*” [Universidad Técnica De Ambato]. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4854/1/tma_2013_1001.pdf
- Arboit, M. E., & Maglione, D. S. (2018). Análisis multitemporal y multiespacial del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y del índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) en centros urbanos forestados y oasis irrigados, con climas secos. *Boletín de Estudios Geográficos*, 109, 13–60. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11458/02-arboit-mglione.pdf
- Arguello Erazo, S. E., & Saltos Aguilar, W. M. (2017). El Guarango en el Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo – Ecuador. *Industrial Data*, 20(1), 43. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13508>
- Arteaga Rodríguez, B. A. (2015). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA FINCA PRODUCTOR DE GUARANGA (Caesalpinia spinosa) EN EL SECTOR SAN GUILLERMO, IMBABURA, ECUADOR 2014*. [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/UPS-YT00240.pdf>
- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., & Osinaga, O. (2016). *Propuestas andinas*. 14, 7. <https://condesan.org/wp-content/uploads/2017/07/Resumen-de-politica1.pdf>
- Ballesta Remy, A. (2007). *Efecto de la alfalfa (Medicago sativa L .) y del abonado*

nitrogenado en el maíz (Zea mays L .) y el trigo (Triticum aestivum L .) en una rotación Alfalfa-Maíz-Trigo en regadío.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/77827/Tabr1de1.pdf;jsessionid=EF4131EF95CCE7790F4F855626C04367?sequence=1>

Benimeli, M. F., Plasencia, A., Corbella, R. D., Andina Guevara, D., Sanzano, A., Sosa, F. A., & Fernández de Ullivari, J. (2019). El nitrógeno del suelo. *Universidad Nacional de Tucumán*, 1–11.
<https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El+nitrogeno+del+suelo+2019.pdf?t=1563476239>

Camacho-Sanabria, J. M., Pérez, J. I. J., Jaimes, N. B. P., Vargas, E. G. C., Peña, L. C. B., & López, M. S. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93–112.
<https://doi.org/10.21829/myb.2015.211435>

Castillo Cerna, C. M. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa, 2005* [Universidad Nacional Agraria].
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>

Cerón Rincón, L. E., & Aristizábal Gutiérrez, F. A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285–295.

Cordero, I., Ruiz-Díez, B., Balaguer, L., Richter, A., Pueyo, J. J., & Rincón, A. (2017). Rhizospheric microbial community of *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze in conserved and deforested zones of the Atiquipa fog forest in Peru. *Applied Soil Ecology*, 114(2016), 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.015>

Cordón, S. U., & Johnson, W. (2008). Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la cuenca Bilwi Tingni, Puerto Cabezas, RAAN. *Ciencia E Interculturalidad*, 2(2), 28–43. <https://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/download/571/396/#:~:text=2.1>
El diagnóstico biofísico, nan en un medio natural.

Costa Estrella, M. A., & Costa Troya, S. M. (2007). “ *Estudio Etnobotánico En La Reserva Ecológica Militar Arenillas, Provincia De El Oro* ” [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA].

[http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5041/1/ESTUDIO ETNOBOTÁNICO EN LA RESERVA ECOLÓGICA MILITAR ARENILLAS.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5041/1/ESTUDIO%20ETNOBOTANICO%20EN%20LA%20RESERVA%20ECOLOGICA%20MILITAR%20ARENILLAS.pdf)

- Cruz Flores, D. D., Curbelo Benítez, E. A., Ferrer-Sánchez, Y., & Ávila, D. D. (2020). Variaciones espaciales y temporales en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en Cuba. *Ecosistemas*, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1885>
- De La Torre, L. (2018). La Tara beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. In R. Proaño (Ed.), *Monografía* (p. 52). <https://condesan.org/recursos/la-tara-beneficios-ambientales-recomendaciones-manejo-sostenible-relictos-bosque-sistemas-agroforestales/>
- De León Hernández, C. B., & Escarramán García, A. M. (2020). *Análisis de factibilidad de la aplicación de un plan de manejo forestal para el desarrollo socioeconómico local Caso de estudio Ejido San José Contadero , Zinacantepec , Estado de México Director de Tesis.*
- Edrosa, R. M. (2011). *Aplicación de la Teledetección para el Monitoreo de Eventos Hídricos Superficiales mediante Imágenes Cosmo Sky Med* [Universidad Nacional de Córdoba]. https://pep.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/68/2017/08/2009_Edrosa-Rodrigo.pdf
- Encina Rojas, A., & Ibarra, J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarrollo*, 25, 4–9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5654360>
- Epidat. (2014). Concordancia Y Consistencia. *Epidat*, 43. https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/1894/Ayuda_Epidat4_Concordancia_y_consistencia_Octubre2014.pdf
- Espinosa Rodríguez, L. M., Balderas Plata, M. Á., & Baro Suárez, J. E. (2018). El relieve, factor para la génesis, desarrollo y gestión del riesgo. *CIENCIA Ergo Sum*, 25(1), e5-1-e5-14. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n1a4>
- Fabara Pazmiño, V. S. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción de Guarango (Caesalpinia spinosa) en el cantón de Guano- Chimborazo- Ecuador* [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO].

- <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2350/1/103384.pdf>
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas* (p. 35). <https://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/download/571/396/#:~:text=2.1> El diagnóstico biofísico, nan en un medio natural.
- Fondo para la protección del agua (FONAG). (2006). *Cadenas agroproductivas para la conservación de la cuenca media del río Pita*. 1–24. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/6.pdf
- Franco, R. (2017). *Composiciones Landsat en Arcgis*. 45. https://mixdyr.files.wordpress.com/2017/06/composiciones_landsat_en-arcgis.pdf
- Fundación Forestal Juan Manuel Durini. (2005). *PLAN DE MANEJO FORESTAL DEL CENTRO CHACHI GUALPÍ DEL ONZOLE PROYECTO*.
- García Cáceres, D., Varillas Cueto, G., & Falconí, E. (2007). BIODIVERSIDAD Y MECANISMOS PARA SU CONSERVACIÓN. *ECOLEX*, 34. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49546.pdf>
- Gómez Vargas, E., Obregón Neira, N., & Rocha Arango, D. F. (2013). Métodos de segmentación de nubes en imágenes satelitales Cloud segmentation methods applied to satellite images. *Tecnura*, 17(36), 96–110. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttps://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6900/8507
- Guillén-García, C. E., Mogollón -Rojo, A., Dávila-Albarrán, M. J., & Boscán-Árraga, K. (2019). Monitoreo de la producción de caña panelera mediante herramientas de SIG y teledetección, años 2016-2017, Mérida, Venezuela. *Revista Geográfica de América Central*, 2(63), 249–268. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.9>
- Ibero Redd+. (2016). Degradación de bosques en Latinoamérica. Síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales. In *Red Ibero REDD+*. [http://www.cyted.org/sites/default/files/Degradacion de bosques en latinoamerica.pdf](http://www.cyted.org/sites/default/files/Degradacion_de_bosques_en_latinoamerica.pdf)
- Juárez Morales, V. H. (2018). *CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FERTILIDAD DE*

SUELOS CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL CHIRA - PIURA
[Universidad Nacional de Piura].
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1295/AGR-VIC-HUG-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López-Pérez, A., Martínez-Menes, M. R., & Fernández-Romero, D. S. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, VI(1), 121–137.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000100007

López de Ullibarri, G. I., & Pita Fernández, S. (2001). Medidas de concordancia : el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria*, 6, 5.
<https://fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>

MAG. (2019). *Metodología del levantamiento de suelos para el mapa geopedológico del Ecuador continental*. 80.

MAGAP, & MAE. (2014). *MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL ECUADOR CONTINENTAL, ESCALA 1:100.000 TEMPORALIDAD : 2013-2014*.
[http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal SNI 2014/USO DE LA TIERRA/04-PRESENTACION_MAPA USO Y COBERTURA DE LA TIERRA -2013-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/04-PRESENTACION_MAPA_USO_Y_COBERTURA_DE_LA_TIERRA_-2013-2014.pdf)

Manzanilla Quiñones, U. (2020). *Clasificación supervisada de imágenes satelitales mediante firmas espectrales: método de máxima verosimilitud* Material divulgativo. July, 11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30020.45444>

Matellanes Ferreras, R. (2018). *Sentinel Index ToolBox*. 28.
<http://www.gisandbeers.com/RRSS/SentinelToolbox/Manual-Sentinel-Index-Toolbox.pdf>

Miniguano, E. (2016). *Distribución «T» de Student – Estadística en Investigación*.
<https://estadisticaeninvestigacion.wordpress.com/distribucion-t-de-student/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. (2011). *Guía para la elaboración simplificada de planes generales de manejo forestal (PGMF) en áreas de 7 a 200 hectáreas de bosque latifoliado*. 34.
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8708/Guia_par

a_la_elaboracion_simplificada_bosque_latifoliado.pdf

Ministerio del Ambiente. (2013). *Aprendiendo a Luchar contra la Desertificación, Degradación de Tierras y Sequía*. 1–32. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/06/aprendiendo2.pdf>

Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Moreira, V. N., Albán Solarte, K. E., & Morales Intriago, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177–187. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6587923.pdf>

Ortega Ordóñez, G. M. (2013). *INDUCCIÓN AL PROCESO DE CALLOGÉNESIS in vitro A PARTIR DE COTILEDONES Y EJES EMBRIOGÉNICOS DE SEMILLAS MADURAS DE GUARANGO (Caesalpinia spinosa) COMO COADYUVANTE PARA SU PRESERVACIÓN EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO [ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO]*. <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/jspui/bitstream/21000/6241/1/T-ESPE-038474.pdf>

Osorio, N. W. (2012). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1–4. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

PDYOT Guano. (2018). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUANO. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>

PDYOT Guano. (2021). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUANO 2019 - 2023*.

Picone, N. (2017). *Comparación de imágenes satelitales Sentinel 2 y Landsat 8 en el estudio de áreas urbanas*. 1–10. https://www.researchgate.net/publication/320705706_COMPARACION_DE_IMAGENES_SATELITALES_SENTINEL_2_Y_LANDSAT_8_EN_EL_ESTUDIO_DE_AREAS_URBANAS

Preguntas frecuentes - Clima | Organización Meteorológica Mundial. (2021).

<https://public.wmo.int/en/about-us/frequently-asked-questions/climate>

Pucha-Cofrep, F., Fries, A., Cánovas-García, F., Oñate-Valdivieso, F., González-Jaramillo, V., & Pucha-Cofrep, D. (2017). Fundamentos de SIG. Aplicaciones con ArcGIS. In *Ediloja Cia. Ltada.* (Issue July). http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_sig.pdf

Rubio Gutiérrez, A. M. (2010). *LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES.*

Rueda Calier, F., Peñaranda Mallungo, L. A., Velásquez Vargas, W. L., & Díaz Báez, S. A. (2015). Aplicación de una metodología de análisis de datos obtenidos por percepción remota orientados a la estimación de la productividad de caña para panela al cuantificar el NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 25–40. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:377

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117–123. <https://doi.org/10.7818/ecos.2013.22-3.16>

Sánchez Turcios, R. A. (2015). T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59–61. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmc/v26n1/v26n1a9.pdf>

Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. In M. Mesén Villalobos & L. Ramírez Cartín (Eds.), *INTA Costa Rica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>

Secretaría de Agricultura y Ganadería. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de honduras.* <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=DE07963EC9006F7EF9809334420EF36A?sequence=1>

Silva Padilla, C. F., & Rivera Salas, M. F. (2016). Diagnóstico multitemporal y generación de un plan de acción, adaptación y mitigación para las zonas de desertificación y degradación del Cerro Nitón, Parroquia Chiquicha Cantón Pelileo. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. In *Facultad de Ciencias*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6224>

- Troya, A., Bersosa, F., & Espinoza, L. (2016). Insectos de los remanentes de bosques secos Andinos del norte de Ecuador. *Ecosistemas*, 25(2), 79–82. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.10>
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biologica Colombiana*, 16(2), 221–246. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>
- Vásquez Navarrete, Y. M. (2019). *EVALUACIÓN EXPOST DEL PROYECTO DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MORA DE CASTILLA EN EL SECTOR CHINGAZO ALTO, CANTÓN GUANO, AÑO 2016* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11227/1/20T01217.pdf>
- Villasanti, C., Román, P., & Pantoja, A. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. In *Food and Agriculture Organization of the United Nation*.
- Vistoso Gacitúa, E., & Martínez-Lagos, J. (2020). Potasio disponible y fertilización en suelos de la Región de Los Ríos. *Inia*, 254, 1–4. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4037/NR42366.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zelada, A., & Maquire, P. (2005). Capacidad de uso del suelo. *Asesoría Urbana*, 19. <http://www.econel.cl/wp-content/uploads/2014/03/Capacidad-uso-de-suelo-coronel.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Plan forestal de la comunidad de Chingazo Alto



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PLAN DE MANEJO FORESTAL PARA LA COMUNIDAD DE CHINGAZO
ALTO**

ELABORADO POR:

LUIS ALFREDO MARCA QUITO

EDISON ENRIQUE VACA ALTAMIRANO

TUTORA:

ING. CARLA SILVA

RIOBAMBA-ECUADOR

ÍNDICE GENERAL

2.1.	Actividades de la investigación	50
2.2.	Actividades en la comunidad de Chingazo Alto	50
3.1.	Ubicación Política y Geográfica.....	50
3.2.	Situación del área.....	52
3.3.	Mapa de ubicación de Chingazo Alto.....	53
3.4.	Servicios básicos e infraestructura.....	53
3.4.1.	Servicios básicos.....	53
3.4.2.	Vías de comunicación	54
3.4.3.	Salud.....	54
3.4.4.	Vivienda	54
3.5.	Aspectos socioeconómicos	54
3.5.1.	Migración	54
3.5.2.	Trabajo y Empleo	54
3.5.3.	Actividades productivas	55
3.5.4.	Potencialidades y Problemas	56
3.6.	Ecología.....	57
3.6.1.	Suelo.....	57
3.6.2.	Clima	58
3.7.	Ubicación hídrica.....	59
3.8.	Precipitación	59
3.9.	Vientos.....	59
3.10.	Humedad atmosférica	59
3.11.	Recursos naturales	59
3.11.1.	Recursos Florísticos y Faunísticos.....	60
4.1.	Cobertura vegetal del área en uso.....	60
4.2.	Situación de la Cobertura Vegetal de la comunidad de Chingazo Alto	61
4.3.	Áreas en las cuales se va a realizar el plan	62
4.3.1.	Área de protección permanente en el área útil	62
4.3.2.	Zona para manejo de bosque nativo	62
5.1.	Proyecto de protección	63
5.2.	Proyecto de reforestación	64
5.3.	Proyecto de reforestación	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de la comunidad de Chingazo Alto.....	51
Tabla 2. Área de los usos de suelo de la comunidad de Chingazo Alto.....	52
Tabla 3. Sectores económicos del cantón Guano.	55
Tabla 4. Problemas y potencialidades del cantón Guano.	56
Tabla 5. Flora de la comunidad de Chingazo Alto	60
Tabla 6. Fauna de la comunidad de Chingazo Alto.....	60
Tabla 7. Uso de suelo de la comunidad de Chingazo Alto.....	60
Tabla 8. Cronograma de actividades para la conservación del guarango.....	63
Tabla 9. Cronograma de actividades para la reforestación de guarango	64
Tabla 10. Cronograma de actividades para la socialización a la población de Chingazo Alto	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la comunidad Chingazo Alto	53
--	----

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del Convenio Interinstitucional entre la Universidad Nacional de Chimborazo en conjunto con la prefectura de Chimborazo para la elaboración del trabajo de titulación en el tema *Análisis del potencial ecológico del Guarango (Caesalpinia spinosa) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Andino Seco.* para lo cual se realizó un plan de manejo forestal para zona con la especie del guarango.

El guarango (*Caesalpinia spinosa*) es una especie leguminosa nativa propia de los bosques secos andinos que se lo puede encontrar en la cordillera de los Andes y en los valles interandino. En Ecuador se lo encuentra en zonas cuya altitud varía desde los 1.500 hasta los 2.800 metros, teniendo una mayor adaptabilidad a altitudes entre los 1.800 y 2.500 metros. (FONAG, 2006) El guarango es una especie propia de los bosques secos andinos y se puede evidenciar sus plantaciones principalmente en las provincias de: Imbabura, Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, donde sus suelos se caracterizan por ser pobres y con bajos regímenes de precipitación. Su aprovechamiento económico está dirigido principalmente a la producción de madera de calidad y frutos con alto contenido de taninos en sus vainas que al procesarla da como resultado harina que se utiliza en la industria textil, curtiembre de cueros y la elaboración de fármacos. (FONAG, 2006)

El plan de manejo forestal considera un breve diagnóstico socio-económico, uso actual, zonificación del área y perfiles de proyectos a ejecutarse en la comunidad de Chingazo Alto en un tiempo de 4 años.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del Plan de manejo forestal de la comunidad de Chingazo Alto se realizaron actividades de investigación y de campo.

Durante la etapa de investigación se realizó un análisis de la bibliografía y de la cartografía existente, en la etapa de campo se hizo un diagnóstico socioeconómico y el recorrido por la comunidad, mediante estas actividades se obtuvo información del uso de suelo y delimitación del área y estado del guarango en la zona.

2.1. Actividades de la investigación

- Análisis de cartografía existente.
- Análisis del levantamiento topográfico.
- Análisis y definición de zonificación.
- Preparación de la investigación.

2.2. Actividades en la comunidad de Chingazo Alto

- Diagnóstico Socioeconómico.
- Mapeo Participativo.
- Recorrido de campo.
- Toma de puntos con GPS.
- Identificación de especies forestales.
- Identificación de actividades agropecuarias.
- Identificación de los usos de suelo.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. Ubicación Política y Geográfica

- ❖ **Ubicación del área.**

- **Provincia:** Chimborazo
 - **Cantón:** Guano
 - **Parroquia:** La Matriz
 - **Comunidad:** Chingazo Alto
- ❖ **Coordenadas UTM (WGS 84. 17 S) centro del área:** 68939.00 X; 9821573.00 Y
- ❖ **Coordenadas del perímetro de la propiedad en UTM (WGS 84. 17 S)**

Tabla 28. Coordenadas de la comunidad de Chingazo Alto

PUNTOS	X	Y
1	768440	9821822
2	769048	9822252
3	769360	9822507
4	769628	9822668
5	770352	9822344
6	770500	9822285
7	770615	9821822
8	770095	9821149
9	769620	9820915
10	769217	9820834
11	768884	9820728
12	768547	9820611
13	768387	9820721
14	768151	9820389
15	767953	9820156
16	767673	9819861
17	767473	9819503
18	767356	9819603
19	767055	9819987
20	767669	9821105

Fuente: Autores

Altitud: 1.500 hasta los 2.800 m.s.n.m

3.2 Situación del área

La parroquia La Matriz del cantón Guano, provincia de Chimborazo, ya que al ser un sector que cuenta con suelos arenosos y no tiene condiciones favorables para ser aprovechados para la agricultura se toma al guarango como una alternativa de aporte de nitrógeno al suelo permitiendo así una mejora del mismo. Estos suelos tienen acceso limitado a riego, con períodos largos de escasas de precipitación y de fuertes vientos, considerados como indicadores de erosión de suelo, que causan pérdida de la fertilidad y funcionalidad del suelo.(PDYOT Guano, 2018)

La determinación de los diferentes usos de suelo con el levantamiento topográfico, con un área total de 4093173.95 m² de la comunidad, en esta zona de estudio se puede encontrar cultivos de ciclo corto, plantaciones de eucalipto, intervención antrópica, humedales, suelo desnudo y bosques de guarango en menor proporción siendo este una especie endémica del sector.

Tabla 29. Área de los usos de suelo de la comunidad de Chingazo Alto.

CLASES	ÁREA (m²)
Intervención Antrópica	170994.99
Plantación de Eucalipto	372786.4
Suelo Desnudo	2947942.39
Humedales	264527.67
Cultivos de Ciclo Corto	321326.96
Guarango	15595.54
Área total	4093173.95

Fuente: Autores

3.3. Mapa de ubicación de Chingazo Alto

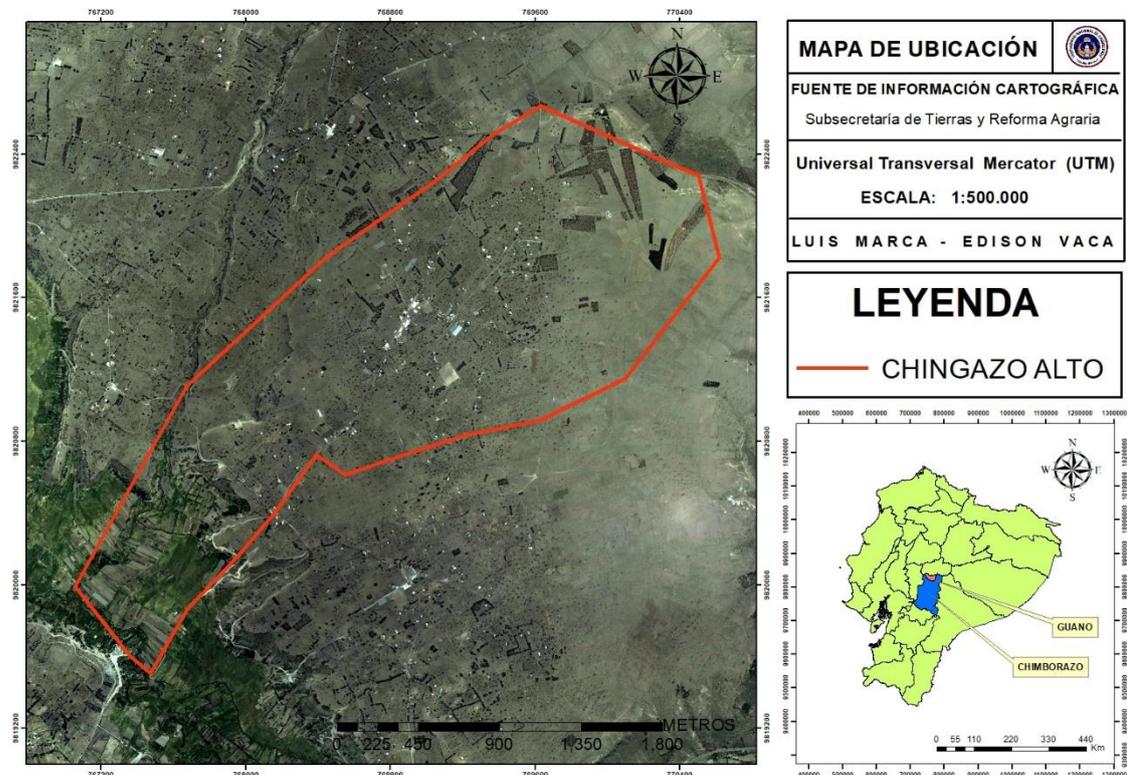


Figura 12. Mapa de ubicación de la comunidad Chingazo Alto

Fuente: Autores

¿Cómo se llega?

Desde la ciudad de Riobamba, por la vía a los Elenes hasta el barrio Santa Terecita, gira a la derecha con dirección a Chingazo Alto. La comunidad está aproximadamente a 20 minutos de Santa Terecita, esto viajando en automóvil.

3.4. Servicios básicos e infraestructura

3.4.1. Servicios básicos.

La comunidad no cuenta con servicio de alcantarillado, el agua servida se descarga en pozos sépticos. El agua llega a través de tanqueros para cada vivienda, disponen de servicio de electrificación, y comunicación por celular en toda la comunidad.

3.4.2. Vías de comunicación

Las vías de comunicación desde Guano hasta la comunidad de Chingazo Alto se encuentran en buen estado siendo en parte asfaltada - lastrada. Desde el ingreso a la comunidad hay una vía de tercer orden, con lastre, pero en mal estado.

3.4.3. Salud

Guano posee un índice alto de la oferta en salud que corresponde al 43% en relación al índice provincial que es el 48,2%, tomando en cuenta que el cantón tiene una demanda considerable en relación al total de la población de la provincia, lo que indica que se debe aperturar nuevos centros de salud y cubrir la demanda de la población. (PDYOT Guano, 2021)

3.4.4. Vivienda

El número total de hogares del cantón Guano es de 11496 y el promedio de personas por hogar es de 3,73(PDYOT Guano, 2021).

3.5.Aspectos socioeconómicos

Guano es un cantón con una profunda vocación agrícola y ganadera, siendo estas actividades una alternativa de desarrollo socioeconómico de los habitantes del cantón, cuenta con una superficie total de 45.972 hectáreas de acuerdo a la base de datos del Instituto geográfico militar (IGM). (PDYOT Guano, 2021)

3.5.1. Migración

Otros factores, que al parecer también influyeron en la migración de la población, son los relacionados con las oportunidades de desarrollar actividades de producción y comercio de artesanías y la posibilidad de educar a los hijos en las universidades de las ciudades consideradas como grandes del país (tales como Quito, Guayaquil, Cuenca). Este aspecto influyo en la decisión de muchas familias de trasladarse con sus negocios a vivir en dichas ciudades. (PDYOT Guano, 2021)

3.5.2. Trabajo y Empleo

La situación socio económica del cantón en los últimos años ha mejorado, respecto a años anteriores, sin embargo, resulta primordial analizar el índice de pobreza tanto en la zona urbana y rural, con la finalidad de atender a los grupos con necesidades básicas insatisfechas (NBI), de manera que se logre identificar sus principales problemas para

posteriormente establecer alternativas que permitan incluirlos en actividades que contribuyan a mejorar su calidad y condiciones de vida.

Las necesidades básicas insatisfechas de la población cantonal se originan por la falta de oportunidades laborales seguido por el mal uso del excedente económico agrícola por parte de los mismos agricultores.

Pero una disminución sistemática de los niveles de ingreso tiene siempre una situación que la provoca; es evidente que esto obedece a la dinámica del sector rural que está atravesado por varios factores, unos estructurales y otros coyunturales.

3.5.3. Actividades productivas

Principales actividades productivas del Cantón Guano

Tabla 30. Sectores económicos del cantón Guano.

SECTOR ECONÓMICO	PEA %
Primario:	
Agricultura, Silvicultura, Pesca y Ganadería	43,84
Secundario:	
Manufacturas	15,13
Terciaria:	
Comercio	9,51
Construcción	8,70
Transporte y Almacenamiento	1,6
Administración Pública y Defensa	6,52
Actividades de los hogares como empleadores.	1,17
Enseñanza	1,14
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	1,0
Otras actividades de servicios	1,7

Fuente: (PDYOT Guano, 2021)

3.5.4. Potencialidades y Problemas

Tabla 31. Problemas y potencialidades del cantón Guano.

VARIABLE	PROBLEMAS	POTENCIALIDADES
Trabajo y empleo	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la Migración interna - Débil poder de emprendimiento para actividades productivas - Escasas oportunidades y/o plazas laborales - Alto porcentaje de pobreza por NBI - El 32,9% de la población Guaneña habitan en viviendas con características físicas inadecuadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen zonas agrícolas con capacidad productiva - Presencia de ONG. Para la producción local sostenible.
Principales actividades económico productivas del territorio (manufactura, comercio, agropecuario, piscícola, etc.) según ocupación por PEA.	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de actividades manufactureras - Escasa motivación para reactivar las manufacturas dentro del cantón. - Bajo nivel organizativo para fortalecer actividades de alojamiento y servicio de comidas. - Limitada diversificación de productos turísticos. - Reducida participación de la población en el sector económico primario. - Alta incidencia de intermediarios en la comercialización artesanal y agropecuario 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de personal con conocimientos en manufacturas. - Existencia de recursos naturales y culturales con alto potencial turístico. - Alta demanda turística nacional e internacional. - Población económicamente activa joven. - Acogida de productos artesanales por turistas nacionales y extranjeros. - Existencia de Proyectos que dan alternativas productivas para diversificar la producción agrícola.
Principales productos	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo nivel de tecnificación en la producción agropecuaria. - Disminución de la producción de papa 	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas gubernamentales de fomento a las actividades agrícolas. - Zona aptas para producción de tuna, chochos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Tierras agrícolas con potencial no aprovechadas. - Escasa producción de quinua y amaranto - Disminución de la producción de tuna y chocho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversidad de productos agrícolas - Disponibilidad de suelos para uso productivo. - Presencia de industrias para comercialización de quinua y amaranto.
Factores Productivos	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado porcentaje de Upas sin riego - Inadecuado manejo de vertientes - Pérdida de buenas prácticas agrícolas para el mejoramiento de suelo (combinación de especies) - Limitado acceso a créditos para actividades productivas. - Alta tasa de interés de entidades prestamistas para la producción agrícola. - Reducida iniciativa de cajas de ahorro solidario y comunitario. - Sectores productivos del cantón poco competitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de Proyectos del GAD provincial para proveer de riego a sectores sin este recurso - Disponibilidad de 82 vertientes a nivel cantonal. - Existencia de otras instituciones financieras. - Presencia de técnicos del MAGAP para asistir profesionalmente, a los pequeños y medianos agricultores.
Infraestructura de apoyo a la producción existente en el territorio	<ul style="list-style-type: none"> - Reducidos sistemas de comercialización para productos agropecuarios. - Reducidos encadenamientos productivos agropecuarios. - Escaso mantenimiento de vías de acceso a sectores productivos. - Escasa producción y previsión de semillas del cantón. - Escasa infraestructura para semilleros asociativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cercanía a mercados provinciales e interprovinciales - Alta diversificación y producción de productos agrícolas, pecuarios, textiles, artesanal. - Existencia de proyectos para semilleros de alfalfa en la Parroquia La Providencia. - Disponibilidad de diversidad de semillas de calidad.

Fuente: (PDYOT Guano, 2021)

3.6. Ecología

3.6.1. Suelo

En la comunidad de Chingazo Alto, perteneciente a la parroquia La Matriz del cantón Guano existe la taxonomía del suelo, el mismo que es el entisol, es decir, que es aquel suelo que se caracteriza por ser un suelo de baja evolución, con escasa o ninguna

evidencia de formación de horizontes edáficos, debido por su tiempo de desarrollo que ha sido muy corto o lento; se encuentran en pendientes que aceleran los procesos de erosión, también suelen estar en zonas de barrancos o aluviones constantes que no permiten el desarrollo en profundidad. Estos suelos ocupan una superficie de 11.609 ha de todo el cantón de Guano, mismo que representa el 25%, se sitúa una gran parte de ellos en pendientes fuertes (>40 a 70%) de los relieves montañosos.(PDYOT Guano, 2021)

3.6.2. Clima

La comunidad Chingazo Alto que pertenece a la parroquia La Matriz presenta diferentes tipos de climas, como:

- Nivel frío seco de alta montaña. - Se ubica sobre los 4000 m de altura. La temperatura media anual es inferior a 4 °C y depende de la altitud, la precipitación anual esta sobre los 2000 mm y varía según la altitud y exposición (Andrade Montalvo, 2013).
- Ecuatorial de alta montaña. - En las montañas la temperatura reduce con la altitud, mientras que crecen las precipitaciones, al menos hasta un cierto nivel altimétrico. La montaña, en este sentido, altera las características de la zona climática en la que se sitúa. Presenta una oscilación térmica inferior a los 12 °C y las precipitaciones, más abundantes en verano que en invierno, superan los 750 mm anuales. Este clima de alta montaña es el que predomina en el cantón. (Andrade Montalvo, 2013)
- Ecuatorial meso térmico semihúmedo. - Otro clima de la parroquia La Matriz es el meso térmico semihúmedo. La precipitación anual es de 550 a 2000 mm, tiene dos estaciones lluviosas que oscilan entre febrero-mayo y octubre-noviembre. Este clima se encuentra sobre los 3000m de altura. La temperatura media oscila entre 10 y 12 °C. (Andrade Montalvo, 2013)
- Ecuatorial meso térmico seco. - El clima meso térmico seco se presenta en el fondo de los valles. Las temperaturas y la vegetación son las mismas que las del clima semi-húmedo. Las precipitaciones son inferiores a los 550 mm anuales. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 12 y 22 °C. (Andrade Montalvo, 2013)

3.7. Ubicación hídrica

Las unidades hidrográficas han sido identificadas dentro de la comunidad de Chingazo Alto como la microcuenca del río Guano, subcuenca del río Chambo y la cuenca del río Pastaza, formadas por el Volcán Chimborazo, que drenan hacia el este. Para esta cuenca los drenajes se realizan a través de quebradas de gran pendiente y corta distancia. (Andrade Montalvo, 2013)

3.8. Precipitación

Según el (PDYOT Guano, 2021), manifiesta que en la parroquia La Matriz del cantón Guano, no existe un rango lineal en relación a las precipitaciones ya que presenta una variabilidad tanto en espacio como en el tiempo.

De acuerdo a los valores característicos de precipitación de los pisos bioclimáticos se muestra que alrededor de 600 a 1800 mm de precipitaciones anuales, en los años 1993, 1999, 2000, 2008, 2011 son años en los cuales los valores se encuentran dentro de los rangos, a diferencia de los demás años que se presentan valores tolerables, en cambio en los años 1992, 2001, 2003, 2009 y 2013 las precipitaciones disminuyen y esto se debe a que está relacionada con la temperatura, esto se debe a que los valores de temperatura son altos, analizando que cuanto existe mayor temperatura las precipitaciones son menores o viceversa. (PDYOT Guano, 2021)

3.9. Vientos

Los vientos predominantes son los que van en dirección NORESTE – ESTE, en los meses de julio, agosto y septiembre, estos poseen mayor velocidad. Frecuentemente, los vientos que se presentan en la parroquia La Matriz del cantón Guano se los puede considerar moderados. (Andrade Montalvo, 2013)

3.10. Humedad atmosférica

Según Andrade Montalvo (2013), la humedad relativa existente en la zona es de 72% anual y es casi constante a lo largo de todo el año con variaciones entre el 69% y 77%.

3.11. Recursos naturales

3.11.1. Recursos Florísticos y Faunísticos

Flora:

Tabla 32. Flora de la comunidad de Chingazo Alto

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Capulí	<i>Prunus serótina</i> Kunth
Guarango	<i>Caesalpiniaspinosa</i> O Mol Kuntze
Eucalipto	<i>Eucalyptusglobulus</i> Labill
Aliso	<i>Alnusacuminata</i> H.B.K
Arrayán	<i>Eugenia halli</i>

Fauna: Autores

Tabla 33. Fauna de la comunidad de Chingazo Alto

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Conejo silvestre	<i>Sylvilagusbrasiliensis</i>
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>
Curique	<i>Phalcoboenuscarunculatus</i>
Guarro	<i>Geranoaetusmelanoleucus</i>
Gorrión	<i>Zonotrichiacapensis</i>

Fuente: Autores

4. MANEJO DEL ÁREA

4.1. Cobertura vegetal del área en uso

Tabla 34. Uso de suelo de la comunidad de Chingazo Alto

USO ACTUAL	m²	%
GUARANGO	15595.54	0.4%
INTERVENCIÓN ANTROPICA	170994.99	4%
HUMEDALES	264527.67	6%
CULTIVOS DE CICLO CORTO	321326.96	8%
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	372786.4	9%
SUELO DESNUDO	2947942.39	72%
TOTAL	4077578.41	100%

Fuente: Autores

4.2. Situación de la Cobertura Vegetal de la comunidad de Chingazo Alto

A continuación, la descripción del uso actual de la cobertura vegetal, dentro de la comunidad de Chingazo Alto.

Guarango:

El área del Guarango corresponde a 15595.54 m², correspondiente a 0.4 % del total del área de la zona de estudio, el guarango se localiza en 2 plantaciones representativas la primera con 150 árboles de guarango y la segunda con 70 árboles de guarango, sin dejar de lado a los distintos guarangos de generación natural del sector que están distribuidos por toda la zona de estudio, tomando en cuenta que esta es la principal especie de este plan con la finalidad de reforestar esta leguminosa por su gran valor económico y aportación a la recuperación de estos ecosistemas.

Intervención Antrópica:

El área de intervención antrópica de 170994.99 m², corresponde al 4% del total del área de la zona de estudio, el cual ha incrementado durante los años por efecto del crecimiento poblacional del sector, aumentando la frontera agrícola, perjudicando al sector por las malas prácticas agrícolas, tala de árboles, entre otras actividades antrópicas.

Humedales:

El área de humedales de 264527.67 m², corresponde al 6% del total del área de Chingazo Alto, estos humedales se encuentran en la zona baja de la zona de estudio, se forman cuando el agua se acumula en áreas bajas donde el terreno tiene un drenaje muy bajo y su principal fuente de alimentación son las lluvias, en este caso, el río Guano que pasa muy cerca de los humedales.

Cultivos de ciclo corto:

El área de cultivos de ciclo corto es de 321326.96 m², corresponde al 8% del total del área de Chingazo Alto, los cuales la mayoría son plantados por habitantes del sector, el porcentaje es bajo ya que las condiciones de los suelos no son favorables, con escasas de agua y muchas zonas erosionadas por las condiciones climáticas, es por ello que no es una zona en la cual se dediquen a la agricultura.

Plantación de eucalipto:

El área de cultivos de ciclo corto es de 372786.4 m², corresponde al 9% del total del área de Chingazo Alto, por las condiciones no favorables del sector uno de las principales especies arbóreas son las que pueden resistir a escasas de agua una de ellas es el eucalipto la cual durante los años por intervención antrópica se produce la deforestación del mismo.

Suelo desnudo:

El área de cultivos de ciclo corto es 2947942.39 m², corresponde al 72% del total del área de Chingazo Alto, siendo este el más representativo por la alta extensión, especialmente en la parte alta, esto se debe a que la población por no ser un suelo productivo no hace uso del suelo en la agricultura.

4.3. Áreas en las cuales se va a realizar el plan

4.3.1. Área de protección permanente en el área útil

Dentro del área más importante en este plan de manejo forestal es el de Guarango, con solo apenas 15595.54 m², lo cual debe tener una protección permanente, ya que es una vegetación nativa de estos ecosistemas, y sobre todo ayuda a la recuperación de los mismos mejorando el suelo para la agricultura ya que aporta nitrógeno al suelo por ser una leguminosa.

4.3.2. Zona para manejo de bosque nativo

El Bosque Andino es el área cubierta con bosque nativo en este caso es el Guarango el cual es el que se destinarán a la producción forestal permanente dentro de la zona de estudio.

5. PERFILES DE PROYECTO

Perfiles de proyecto, las actividades planteadas a cumplir en menos de 4 años.

Perfil de proyecto del plan de manejo forestal

Objetivo General

- Mantener, incrementar, y recuperar el guarango como una vegetación nativa en la comunidad de Chingazo Alto en conjunto con la comunidad.

Objetivos Específicos

- Proteger las distintas plantaciones y plantas de guarango en la zona de estudio para evitar pérdidas de la especie.
- Plantar guarango en los sitios faltantes de vegetación como los suelos desnudos con fertilidad pobre y erosión, además de proporcionar el cuidado necesario.
- Realizar socializaciones cada determinado tiempo para hablar sobre el progreso y ventajas del guarango en el sector.

5.1. Proyecto de protección

Objetivo

- Conservar el bosque nativo existente del guarango que hay en la zona de estudio.

Tabla de Actividades

Tabla 35. Cronograma de actividades para la conservación del guarango

Actividad	Especie	Cantidad	Tiempo a cumplir			
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
Proteger las distintas plantaciones y plantas de guarango en la zona de estudio para evitar pérdidas de la especie.	GUARANGO	230 plantas	X	X	X	X

Fuente: Autores

Meta:

Conservar 230 árboles de guarango en 4 años.

Actividad a cumplir:

Capacitar a la comunidad sobre el manejo y cuidado del guarango.

5.2. Proyecto de reforestación**Objetivo**

- Reforestar la zona de estudio con 5.000 especies de guarango en 4 años.

Tabla de Actividades

Tabla 36. Cronograma de actividades para la reforestación de guarango

Actividad	Especie	Cantidad Total	Tiempo a cumplir			
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
Plantar guarango en los sitios faltantes de vegetación como los suelos desnudos con fertilidad pobre y erosión, además de proporcionar el cuidado necesario.	GUARANGO	5.000 plantas	1250 plantas	1250 plantas	1250 plantas	1250 plantas

Fuente: Autores

Meta:

Reforestar la comunidad de Chingazo Alto con 5.000 especies árboles de guarango en 4 años.

Actividad a cumplir:

Prestar los insumos necesarios y capacitación técnica a los moradores de la comunidad para una reforestación adecuada.

5.3. Proyecto de socialización**Objetivo**

- Socializar dos veces al año sobre los beneficios, técnicas y buenas prácticas forestales sobre el guarango en el transcurso de 4 años.

Tabla de Actividades

Tabla 37. Cronograma de actividades para la socialización a la población de Chingazo Alto

Actividad	Especie	Cantidad	Tiempo a cumplir			
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
•Realizar socializaciones cada determinado tiempo para hablar sobre el progreso y ventajas del guarango en el sector.	GUARANGO	2 capacitaciones	X	X	X	X

Fuente: Autores

Meta:

Población capacitada y apta para el manejo adecuado del guarango en ecosistemas de bosques andinos secos.

Actividad a cumplir:

Realizar reuniones con los moradores de la comunidad dos veces por año en un transcurso de 4 años en total, en la junta comunal de Chingazo Alto.

6. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Anualmente el presidente de la comunidad de Chingazo Alto realizará las actividades planteadas en el Plan de manejo forestal y el respectivo mantenimiento (cuidado y replante) a las actividades establecidas dando un seguimiento cada 6 meses, durante 4 años. La evaluación y actualización del plan de manejo forestal de Chingazo Alto a los 5 años. La evaluación al plan de manejo forestal por la entidad Pública que le corresponda, y la actualización del plan de manejo forestal por personal independiente en libre ejercicio profesional, si así fuera el caso.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y PRESUPUESTO

ACTIVIDADES A CUMPLIR	Nro. Plantas	Valor total USD.	Cronograma				
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Proteger las distintas plantaciones y plantas de guarango en la zona de estudio para evitar pérdidas de la especie.							
Conservar el bosque nativo existente del guarango que hay en la zona de estudio.	230	50	■	■	■	■	■
Plantar guarango en los sitios faltantes de vegetación como los suelos desnudos con fertilidad pobre y erosión, además de proporcionar el cuidado necesario.							
Reforestar la zona de estudio con 5.000 especies de guarango en 4 años.	5,000	2500	■	■	■	■	■
Realizar socializaciones cada determinado tiempo para hablar sobre el progreso y ventajas del guarango en el sector.							
Socializar dos veces al año sobre los beneficios, técnicas y buenas prácticas forestales sobre el guarango en el transcurso de 4 años.	0	500	■	■	■	■	■
Total	50230	3050					

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Andrade Montalvo, A. P. (2013). “*Manejo Adecuado De Los Recursos Naturales Y Su Impacto En El Desarrollo Eco-Turístico En La Cabecera Cantonal Parroquia La Matriz Cantón Guano Provincia De Chimborazo*” [Universidad Técnica De Ambato]. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4854/1/tma_2013_1001.pdf

Fondo para la protección del agua (FONAG). (2006). *Cadenas agroproductivas para la conservación de la cuenca media del río Pita*. 1–24. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/6.pdf

PDYOT Guano. (2018). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUANO. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>

PDYOT Guano. (2021). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN GUANO 2019 - 2023*.

Anexo 2. Aceptación para la elaboración del proyecto de investigación (tesis) por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo.



ASUNTO: Aceptación para la elaboración del proyecto de investigación (Tesis).

Señores.

Luis Alfredo Marca Quito

Edison Enrique Vaca Altamirano

TESISTAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO UNACH

Presente;

De mi consideración:

Mediante Oficio S/N, de fecha 13 de julio del año en curso, remitido a la Dirección de Gestión Ambiental, solicitan autorizar la ejecución de nuestro proyecto de titulación denominado "Análisis del potencial ecológico del guarango (*Caesalpinia Spinosa*) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como estrategia de protección y recuperación de suelo en la zona de Bosque Andino Seco (...)".

En atención su requerimiento, me permito comunicar que se acepta la ejecución de la propuesta, relacionada a "Análisis del potencial ecológico del guarango (*Caesalpinia Spinosa*) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano; en virtud que la misma contribuye como fuente importante de información para la planificación institucional, para lo cual se mantendrá la coordinación pertinente hasta su conclusión.

Con sentimiento de distinguida consideración.

Atentamente,

Ing. Luis Peñafiel Espinosa

TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Anexo 3. Permiso para el ingreso a la comunidad de Chingazo Alto para la realización de la investigación.



Honorable Gobierno Autónomo
Descentralizado de la
Provincia de Chimborazo

DIRECCION DE GESTIÓN AMBIENTAL

OFICIO No. HGADPCH-DGA-2021-308

Riobamba, 21 de julio del 2021

Licenciado

Rodrigo Ávalos
PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD CHINGAZO ALTO
Presente.

De mi consideración:

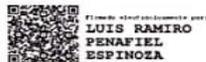
A nombre de la Dirección de Gestión Ambiental del Honorable Gobierno Provincial de Chimborazo, hacemos extensivo un cordial saludo y el mejor de los éxitos en sus funciones.

Aprovecho la oportunidad para dar a conocer que la Dirección de Gestión Ambiental, viene llevando a cabo la Gestión de los Recursos Naturales en la Provincia de Chimborazo para mantener la oferta de los Servicios Ambientales en beneficio de toda la población, como parte de la estrategia provincial es el vínculo de colaboración con la Universidad Nacional de Chimborazo, en este marco se ha acordado realizar un estudio para el "*Análisis del potencial ecológico del Guarango (Caesalpinia spinosa) en la comunidad Chingazo Alto, Cantón Guano*" como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Seco, estudio que llevarán a cabo los Señores Estudiantes Luis Alfredo Marca Quito y Edison Enrique Vaca Altamirando.

En este contexto y con la finalidad de aportar a la investigación, la generación de información para las partes y conocer el potencial ecológico del Guarango en la Comunidad Chingazo Alto, solicitamos de la manera más comedida permitir el ingreso a la Comunidad y dar las facilidades para que puedan llevar a cabo las actividades inherentes al estudio y recabar la información pertinente para este fin.

En espera que nuestro pedido sea atendido, expresamos nuestra gratitud de estima.

Atentamente.



Ing. Luis Peñiel E.
ANALISTA DE RECURSOS NATURALES 2
COORDINACIÓN RECURSOS NATURALES
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Anexo 4. Análisis del suelo de la zona de estudio emitido por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Edison Vaca
Luis Alfredo Marca

INFORME N°: 009 – 21
N° SE: 009 – 21

EMPRESA: Proyecto de Tesis UNACH

DIRECCIÓN: San Martín de Veranillo

FECHA DE RECOLECCIÓN: 20 – 09 – 21

TELÉFONO: 0987296382

FECHA DE INFORME: 29 – 09 – 21

NÚMERO DE MUESTRAS: 6

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Chingazo Alto, Parroquia La Matriz, Cantón Guano

IDENTIFICACIÓN:

MS – 044-21	CH_A_SD_01	Terreno sin guarango
MS – 045-21	CH_A_SD_02	Terreno sin guarango
MS – 046-21	CH_A_SD_03	Terreno sin guarango
MS – 047-21	CH_A_GU_01	Terreno con guarango
MS – 048-21	CH_A_GU_02	Terreno con guarango
MS – 049-21	CH_A_GU_03	Terreno con guarango

El laboratorio se responsabiliza del análisis y de la recolección de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-044-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	8,16
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	1,10
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,10
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	1,06

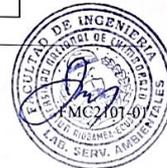
MS-045-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	7,09
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	1,00
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,05
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	0,88

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





MS-046-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	7,13
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,98
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,06
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	0,72

MS-047-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	8,16
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,99
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,15
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	1,09

MS-048-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	8,25
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,98
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,12
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	1,05

MS-049-21

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	8,20
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,96
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,10
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	0,95

RESPONSABLE DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.


 Dr. Juan Carlos Lara R.
 TÉCNICO/L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Anexo 5. Excel de validación de tasa de cambio (TCA)

CHINGAZO ALTO								
CLASES	AÑO 2012		AÑO 2016		TCA	AÑO 2020		TCA
	m2	%	m2	%		m2	%	
GUARANGO	0	0.0%	28244.21	1%		15595.54	0.4%	-0.14
INTERVENCIÓN ANTRÓPICA	121073.24	2.8%	162424.77	4%	0.08	170994.99	4%	0.01
HUMEDALES	252413.83	5.9%	157604.26	4%	-0.11	264527.67	6%	0.14
CULTIVOS DE CICLO CORTO	1748142.58	40.6%	535701.13	13%	-0.26	321326.96	8%	-0.12
PLANTACIÓN DE EUCALIPTO	417462.27	9.7%	451489.33	11%	0.02	372786.4	9%	-0.05
SUELO DESNUDO	1764000.83	41.0%	2664949.41	67%	0.11	2947942.4	72%	0.03
TOTAL	4303092.75	100%	3972168.9	100%		4077578.4	100%	

Anexo 6. Excel de la matriz de error – índice Kappa del año 2012

AÑO 2012	Clases 2012	Intervención Antrópica	Humedales	Plantación de Eucalipto	Cultivos de Ciclo Corto	Suelo Desnudo	Total	ERROR_COMISIÓN	EXACTITUD DEL USUARIO
	Intervención Antrópica	15	0	0	0	0	15	0%	100%
	Humedales	0	0	21	1	0	22	5%	95%
	Plantación de Eucalipto	0	0	0	0	20	20	0%	100%
	Cultivo de Ciclo Corto	0	19	0	0	0	19	0%	100%
	Suelo Desnudo	0	0	0	26	1	27	4%	96%
	Total	15	19	21	27	21	103		
ERROR_COMISIÓN	0%	0%	0%	4%	5%				
EXACTITUD DEL PRODUCTOR	100%	100%	100%	96%	95%				
PRECISIÓN GLOBAL	98.06%								
KAPPA	98.06%								

Anexo 7. Excel de la matriz de error – índice Kappa del año 2016

AÑO 2016	Clases 2016	Intervención Antrópica	Humedales	Cultivo de Ciclo Corto	Plantación de Eucalipto	Suelo Desnudo	Total	ERROR_ CO MISIÓN	EXACTITUD DEL USUARIO
	Intervención Antrópica	4	2	0	0	0	6	33%	67%
	Humedales	0	0	0	0	15	15	0%	100%
	Cultivo de Ciclo Corto	1	7	0	5	0	13	46%	54%
	Plantación de Eucalipto	0	0	14	0	0	14	0%	100%
	Suelo Desnudo	0	0	0	15	0	15	0%	100%
	Total	5	9	14	20	15	63		
ERROR_ O MISIÓN	20%	22%	0%	25%	0%				
EXACTITU D DEL PRODUCT OR	80%	78%	100%	75%	100%				
PRECISIÓN GLOBAL	87.30%								
KAPPA	87.28%								

Anexo 8. Excel de la matriz de error – índice Kappa del año 2020

AÑO 2020	Clases 2020	Intervención Antrópica	Plantación de Eucalipto	Suelo Desnudo	Humedales	Cultivos de Ciclo Corto	Total	ERROR _C OMISIÓN	EXACTITUD DEL USUARIO
	Intervención Antrópica	37	1	0	0	0	38	3%	97%
	Plantación de Eucalipto	0	24	0	0	0	24	0%	100%
	Suelo Desnudo	4	0	36	0	0	40	10%	90%
	Humedales	0	0	0	52	0	52	0%	100%
	Cultivos de Ciclo Corto	4	0	0	0	59	63	6%	94%
	Total	45	25	36	52	59	217		
ERROR _OMISIÓN	18%	4%	0%	0%	0%				
EXACTITUD DEL PRODUCTOR	82%	96%	100%	100%	100%				
PRECISIÓN GLOBA L	95.85%								
KAPPA	95.85%								

Anexo 9. FOTOGRAFÍAS

Anexo 9.1. Toma de puntos GPS para la delimitación del área de Chingazo Alto



Anexo 9.2. Entre de la delimitación de Chingazo Alto y el Plan de Manejo Forestal al presidente de la ASOPROGF



Anexo 9.3. Plantación de guarango



Anexo 9.4. Toma de muestras de suelo



Anexo 9.5. Muestras de suelo

