



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINÁCEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medio Ambiente

Autor

Mariño Egas Christian Santiago

Tutor

Ing. Mg. Daza Guerra Oscar Rene

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Yo Mariño Egas Christian Santiago, con cédula de ciudadanía Bo. 180472964-6 declaro ser el autor del presente proyecto de investigación: **“Implementación de un sistema agroforestal con una especie arbórea (*Alnus acuminata*) y una especie de pasto (*Festuca arundinacea*) para la estabilidad de un tramo del talud en la vía Cotaló – Chacauco ubicada en el cantón San Pedro de Pelileo de la provincia de Tungurahua”**, siendo el Mg. Daza Guerra Oscar René tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Mariño Egas Christian Santiago
CI. 180472964-6

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte MARINO EGAS CHRISTIAN SANTIAGO, identificado con C.C. N° **180472964-6**, de estado civil **Soltero** y con domicilio en la comunidad de Chacauco perteneciente a la parroquia Cotaló, cantón San Pedro de Pelileo, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor: Ing. Mg. Daza Guerra Oscar Rene.

Tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINACEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfieren definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

Mariño Egas Christian Santiago

EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINACEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA de Mariño Egas Christian Santiago, de la carrera Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra
TUTOR DEL PROYECTO
CC: 040068979-0

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Lectores, aprobamos el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la universidad Técnica de Cotopaxi: y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y recursos Naturales: por cuanto el postulante: Mariño Egas Christian Santiago con el título del proyecto de investigación “Implementación de un sistema agroforestal con una especie arbórea (*Alnus acuminata*) y una especie de pasto (*Festuca arundinacea*) para la estabilidad de un tramo del talud en la vía Cotaló – Chacauco ubicada en el cantón san pedro de Pelileo de la provincia de Tungurahua”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes mencionado, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Ing. Mg. José Agreda Oña
LECTOR 1 (PRESIDENTE)
CC: 040133210-1

Lcdo. Mg. Jaime Lema Pillalaza
LECTOR 2
CC: 1713759932

Ing. Phd. Vicente Córdova Yanchapanta
LECTOR 3
CC: 180163492-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que han sido mi apoyo y ejemplo a seguir durante todo mi periodo académico además, agradezco a todas aquellas personas miembros de mi familia y ajenas a ella que me han brindado su consejo y apoyo

Mariño Egas Christian Santiago

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis hermanos:
Carlos Emmanuel, Christopher Paúl y
Johanna Cristina.

Mariño Egas Christian Santiago

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINACEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

Autor: Mariño Egas Christian Santiago

RESUMEN

La creación y asfalto del camino vecinal que conecta la parroquia Cotaló con la comunidad de Chacauco ubicada en la provincia de Tungurahua, ha dado paso a la formación de taludes a lo largo del sistema vial conformados en su mayoría por una pendiente moderada y fuerte, estos han presentado un sin número de sucesos físicos anormales, sobre todo en épocas de altas precipitaciones. Algunos de los sucesos que se han podido observar son las fallas o deslizamientos, descubrimiento superficial y erosión del suelo, desgaste de relieve, entre otros. Entre los diversos métodos que se utilizan actualmente en ingeniería para la estabilización de taludes se encuentra la revegetalización sensu estricto o la combinación integrada de la vegetación y los elementos estructurales que dan lugar a los que conocemos como bioingeniería, tomando en cuenta este método se implementó un sistema agroforestal conformado por la especie arbórea Aliso (*Alnus acuminata*) y el pasto Festuca Alta (*Festuca arundinacea*), los mismos que fueron evaluados en un periodo de 13 meses que inició en mayo del 2019 y finalizó en el mes de marzo del 2020, esta evaluación se dio con la finalidad de evaluar el comportamiento de las dos especies vegetales implementadas, con respecto a su adaptabilidad y crecimiento. De esta manera se pudo determinar la eficiencia del sistema agroforestal con respecto a la estabilización del talud y el control de algunos sucesos importantes que afectan al cuerpo interno y externo del mismo, como los sucesos señalados a un inicio, cabe recalcar que los beneficios que se han obtenido están ligados principalmente a la cobertura vegetal que se ha podido generar a partir del sistema agroforestal implementado.

Palabras clave: Aliso (*Alnus acuminata*), Cobertura vegetal, Festuca Alta (*Festuca arundinacea*), Estabilización, sistema agroforestal, talud.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES SCHOOL

THEME: "IMPLEMENTATION OF AN AGROFORESTRY SYSTEM WITH A TREE SPECIES (ALNUS ACUMINATA) AND A GRASS SPECIES (FESTUCA ARUNDINACEA) FOR THE STABILITY OF A SECTION OF THE SLOPE SITUATED IN COTALÓ - CHACAUCO ROAD LOCATED IN THE CANTON OF SAN PEDRO DE PELILEO IN THE PROVINCE OF TUNGURAHUA".

Author: Landeta Tapia Jeisson Javier

ABSTRACT

The creation and asphalt of the local road that connects the Cotaló parish with the community of Chacauco located in the province of Tungurahua, has given way to the formation of slopes along the road system, which are mostly made up of a slope moderate and strong (50% - 75%), these have presented a number of abnormal physical events, especially in times of high rainfall. Some of the events that have been observed are faults or landslides, surface discovery and soil erosion, relief wear, among others. Among the various methods currently used in engineering for the stabilization of slopes is revegetalization or integrated combination of plant species, taking into account this last method an agroforestry system was implemented consisting of the arboreal species Aliso (*Alnus acuminata*) and grass Tall Festuca (*Festuca arundinacea*), these species were selected for having a biological characterization that meets the necessary requirements to achieve the proposed objectives, which were evaluated in a period of 13 months that began in May 2019 and ended in March of 2020, this evaluation was given in order to evaluate the behavior of the two implemented plant species, with respect to their adaptability and growth. In this way it was possible to determine the efficiency of the agroforestry system with respect to the stabilization of the slope and the control of some important events that affect the internal and external body of the same. It should be noted that the results and benefits that have been obtained are mainly linked to two factors: the first one that maintains a connection with the action of the root system of the implemented species and of the species that have grown outside of them, allowing the union of materials shallow and deep, the propping effect, the arching effect, the infiltration and the transpiration in the soil; and the second factor that has to do with the increase in vegetation cover due to the incorporation of litter, the effect of shade, the retention of humidity and the contribution of atmospheric nitrogen to the soil.

Keywords: Aliso (*Alnus acuminata*), Vegetation cover, Festuca Alta (*Festuca arundinacea*), Stabilization, agroforestry system, slope.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA	8
1.1. Conservación del suelo.....	8
1.2. Taludes.	9
1.3. Especies vegetales a implementar en el proyecto.....	19
2. PREGUNTAS DIRECTRICES	24
3. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)	26
3.1. Datos del proyecto.....	26
3.2. Especificaciones técnicas.	27
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	38
4.1. Evaluación mensual del comportamiento de las dos especies vegetales implementadas, con respecto a la adaptabilidad y crecimiento.	38
4.2. Adaptabilidad de las especies.....	44

4.3. Determinación de la eficiencia del sistema agroforestal implementado con respecto a la estabilización del talud.	48
5. CONCLUSIONES	52
6. RECOMENDACIONES	53
7. BIBLIOGRAFÍA	54
8. ANEXOS	60

INFORMACIÓN GENERAL

Tema Aprobado

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINACEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

Fecha de inicio: Septiembre del 2019

Fecha de finalización: Agosto del 2020

Lugar de ejecución: Provincia de Tungurahua, Cantón Pelileo, Parroquia Cotaló

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado: Desarrollo de mi tierra

Equipo de Trabajo:

Nombres de equipo de investigadores: Mariño Egas Christian Santiago

Tutor de Titulación: Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

Lector 1: Ing. Mg. José Agreda Oña

Lector 2: Lcdo. Mg. Jaime Lema Pillalaza

Lector 3: Ing. Phd. Vicente Córdova Yanchapanta

Área de Conocimiento: Ciencias de la vida.

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Impactos Ambientales.

INTRODUCCIÓN

Cualquier tipo de actividad natural o antrópica desarrollada en nuestro medio físico trae consigo un sin número de derivaciones, en algunos casos estas suelen ser positivas y en otros casos suelen ser negativas como es el caso de las carreteras o caminos, los cuales con el paso del tiempo han sido de mucha importancia y utilidad para el desarrollo social y económico de un determinado sector, sobre todo de los más pequeños.

Sin embargo, la construcción de carreteras o caminos al ser una actividad antrópica involucra de manera directa e indirecta al medio natural, dando como resultados una gran variedad de cambios físicos y ambientales en el entorno que consecuentemente, pueden generar ciertas alteraciones que repercuten al medio agua, suelo y aire independientemente del lugar que se ha visto intervenido.

Las distintas y muy variadas irregularidades geográficas han sido grandes condicionantes para el desempeño de este tipo de obras, un ejemplo de ello es el caso de Ecuador, que al conformarse por cuatro regiones de las cuales la Sierra se caracteriza por poseer una gran irregularidad geográfica al encontrarse en la Cordillera de los Andes, haciendo que los trabajos viales dejen como consecuencia cuerpos superficiales de tierra inclinados denominados como taludes, los mismos que centran su caracterización en el material que lo componen y su variada inclinación o pendiente.

Los aspectos geomorfológicos como la topografía, geometría del talud y la distribución de las discontinuidades, los aspectos internos al talud como el nivel freático y las propiedades del suelo y los aspectos externos como la influencia del clima o en esencia el movimiento de tierra por el desempeño de obras civiles; son los factores que al desarrollarse en un talud, lo vuelven inestable. (Espinel, 2012)

Existen numerosas formas y métodos destinados para la estabilización de taludes, de los cuales el más económico, considerablemente efectivo y estrechamente relacionado con las buenas

prácticas ambientales es la estabilización por vegetación, este método aun habiendo sido muy rebatido en los últimos años, a través de los resultados obtenidos ha demostrado que el efecto de la vegetación juega un papel muy importante en la estabilidad de los taludes. La experiencia está demostrando el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, desmoronamiento, reptación, flujo de detritos, entre otros. En este sentido, y con la idea de analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se necesitan investigar las características específicas de la vegetación, en el ambiente natural que se esté estudiando. (Fernández, 2016)

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se ha llevado a cabo con el fin de brindar una alternativa viable y funcional, con relación a la estabilidad de uno de los taludes correspondientes al camino Cotaló – Chacauco, tomando en cuenta principalmente la estabilidad del talud con respecto a las alteraciones físicas que pueden ocurrir en el mismo como los deslizamiento, descubrimiento, erosión laminar, surcos o cárcavas, profundización de cauces, erosión del talud, desgaste del relieve en los interfluvios, descubrimiento y fallas (Escobar, Enrique, & Duque, 2006)

Además, es importante señalar otros importantes beneficios que este proyecto acarrea consigo, como en el ámbito económico tanto para los moradores del sector como para el personal de mantenimiento del camino al evitar las mingas o trabajos que puede generar un posible desprendimiento, deslizamiento o deslave del talud, también se considera beneficiado el sector social, debido a que el traslado vehicular y de personas está seguro una vez que las especies implementadas cumplan su función (JRA, 1984).

Finalmente en el ámbito ambiental donde el mayor beneficiado es el ecosistema, se pueden puntualizar un sin número de aportaciones que este proyecto trae consigo como son: restauración ambiental a través de la generación de biomasa, la regeneración de suelos erosionados a través del aporte de materia orgánica (Canga, 1995), también se logrará mantener y conservar la superficie del suelo y se mejorarán los factores edáficos del suelo (Parra, 2010), de esta manera se promueve el uso sustentable y sostenible del mismo.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1

Detalle y cantidad de los BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

Beneficiarios	
Detalle de los beneficiarios	Cantidad
Directos	
Habitantes de la comunidad de Chacauco	80 personas
Habitantes de la parroquia Cotaló - Tungurahua y Bilbao – Chimborazo.	6.500 personas
Indirectos	
Vehículos que circulan.	70 vehículos por día.
Turistas locales y no locales	12 vehículos por día. 36 personas por día.
Total de personas beneficiadas de forma directa	6580 personas
Total de personas beneficiadas de forma indirecta	36 personas por día
Total de vehículos beneficiados de forma indirecta	82 vehículos por día

Fuente: Elaboración propia.

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los últimos años los trabajos viales, así como la construcción de carreteras se han intensificado en todo el país (MTO, 2018), haciendo que la red vial nacional abarque cada vez más redes viales estatales, provinciales y cantonales, ofreciendo grandes beneficios al sector comercial, turístico y de transporte pero también causando un alto impacto en los ecosistemas intervenidos.

Tungurahua pese a que en extensión territorial se considera como la provincia más pequeña del Ecuador (Ospina, y otros, 2011), ha gozado de este beneficio, por esta razón y por el hecho de encontrarse en el centro de la región sierra la cual se caracteriza por su irregularidad topográfica (DPT, 2015), es que se puede observar una gran cantidad y tipología de taludes naturales y artificiales en sus 9 cantones.

En la parroquia de Cotaló perteneciente al cantón San Pedro de Pelileo, se han realizado varios trabajos viales como la creación de una red vial terciaria y la creación y asfalto de caminos vecinales, uno de ellos es el asfalto del camino que conecta a esta parroquia con la comunidad de Chacauco, dicho trabajo ha generado en ciertos tramos de la vía; taludes con pendientes que van desde moderadas hasta fuertes, definiéndose como problema principal a los deslizamientos o fallas que se han desarrollado o están por ocurrir y como problema secundario a la erosión de los taludes, ambos producidos principalmente por la ausencia de cobertura vegetal y por la acción directa de factores como la inestabilidad del suelo, el transporte y deposición de sedimentos por las descargas hídricas naturales, otros.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Implementar un sistema agroforestal con una especie arbórea (*Alnus Acuminata*) y una especie de pasto (*Festuca arundinacea*) para la estabilidad de un tramo del talud en la vía Cotaló – Chacauco.

Objetivos Específicos

- Implementar el sistema agroforestal con las especies *Alnus Acuminata* y *Festuca arundinacea*.
- Evaluar el comportamiento de las dos especies vegetales implementadas, con respecto a la adaptabilidad y crecimiento.
- Determinar la eficiencia del sistema agroforestal implementado con respecto a la estabilización del talud.

1 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA.

1.1 Conservación del suelo.

La FAO (2020), señala que, WOCAT La reseña mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación lanzada en 1992, tomando un enfoque en la SWC (Conservación del Suelo y el Agua), define a la conservación del suelo como las actividades a nivel local que mantienen o aumentan la capacidad productiva de la tierra en áreas afectadas por la erosión o que están propensas a la degradación, SWC incluye la prevención o la reducción de la erosión del suelo, consolidación y la salinidad; la conservación o drenaje del suelo; el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo.

1.1.1. Métodos para la conservación de los suelos.

Hernández (1997), a través de su publicación referente a la degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad, determina que existen dos métodos para la conservación de los suelos, los métodos naturales y artificiales.

1.1.1.1. Métodos naturales.

- Mantener la cobertura Vegetal (Bosques, Pastos y Matorrales) en las orillas de los ríos y en las Laderas. Esto implica el evitar la quema de la Vegetación de cualquier tipo en laderas. El incendiar la vegetación es un acto criminal, que va en contra de la fertilidad del Suelo; deteriora el hábitat de la Fauna, y deteriora la disponibilidad del recurso Agua. Reforestar las laderas empinadas y las Orillas de ríos y quebradas.
- Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente, porque favorece la Erosión.
- Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (agroforestería), y sembrar árboles como cercos, en laderas, como rompevientos, etc.
- Rotar Cultivos, leguminosas con otros, para no empobrecer el suelo. Integrar Materia orgánica al suelo, como los residuos de las Cosechas.

1.1.1.2. Métodos artificiales.

- Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.

- Construir Zanjias de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente. Construir defensas en las orillas de ríos y quebradas para evitar la erosión. Abonar el suelo adecuadamente para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas.
- El abonamiento debe evitar el uso exagerado de Fertilizantes químicos, de lo contrario se mermará la Microflora y Microfauna del suelo y se pueden producir procesos de intoxicación de los suelos. Antes es conveniente hacer un análisis para determinar las deficiencias y según ello aplicar un programa de fertilización.

1.1.2. Importancia de la protección del suelo.

Pita (1996), en el manual de prácticas agroecológicas de los Andes ecuatorianos infiere que se deben proteger los terrenos determinados por pendientes, pues estos son los más propensos a sufrir los problemas de la erosión que principalmente se ven afectados por la falta de una cubierta vegetal.

1.2 Taludes.

1.2.3. Definición de talud.

Los autores Valiente, Sobrecases, & Días (2017), definen al talud como la superficie inclinada, con respecto a la horizontal, que adoptan permanentemente o provisionalmente las estructuras de tierra.

En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. (Espinel, 2012)

Para complementar Valiente, Sobrecases, & Días (2017), señalan que de la misma manera, los taludes pueden estar conformados por suelos, rocas o mixtos.

1.2.4. Definición de deslizamiento.

De Matteis (2003), define al deslizamiento como la rotura y al desplazamiento de un suelo situado debajo de un talud, que origina un movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa que participa del mismo.

La JRA (1984), añaden también que estos tienden a concentrarse en áreas con geologías específicas o formaciones geológicas tales como lodolitas del Terciario, o zonas tufáceas, o zonas de roca metamórfica del Mesozoico o Paleozoico.

De igual forma De Matteis (2003), infiere que los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo existen otros casos donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a la filtración de agua.

1.2.4.1. Tipos de fallas más comunes.

1.2.4.1.1. Deslizamientos superficiales (*creep*).

Estos deslizamientos se dan cuando se forman los taludes de corte con sedimentos fácilmente erosionables, arena no cohesiva, o ceniza volcánica o arena. (JRA, 1984)

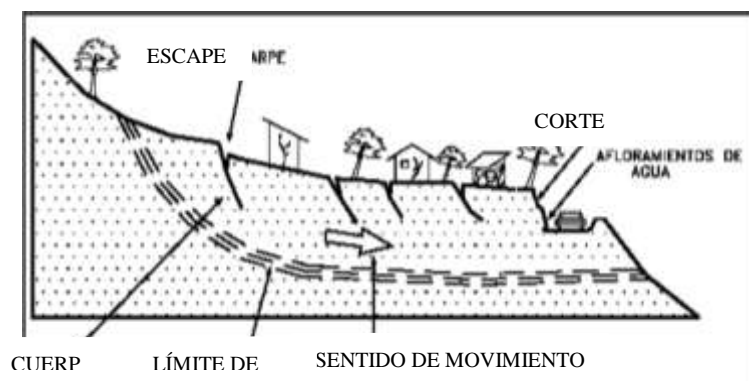
De Matteis (2003), afirma que cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones de suelo próximas a su frontera se deslicen hacia abajo.

Estos deslizamientos según Duque (2017), pueden ser profundos (sin control estructural), caídas de detritos (con control estructural) y deslizamientos de rocas (con control estructural).

Se refiere esta falla al proceso más menos continuo, y por lo general lento, de desplazamiento de ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales, asegura (De Matteis, 2003). Y Duque (2017), señala que además estas fallas pueden ser rotacionales (superficie de falla curva y suelo cohesivo) o traslacionales (superficie de falla plana y suelo friccionantes).

Figura 1

Deslizamiento Superficiales Producidos por la Saturación en Suelos Blandos



Nota: Para que sucedan los deslizamientos superficiales debe existir cuerpo a deslizarse, un escape superficial por donde se da el proceso de infiltración hídrica, un corte final del cuerpo que le da forma al mismo y un límite y sentido de movimiento. Tomada de (Duque, 2017)

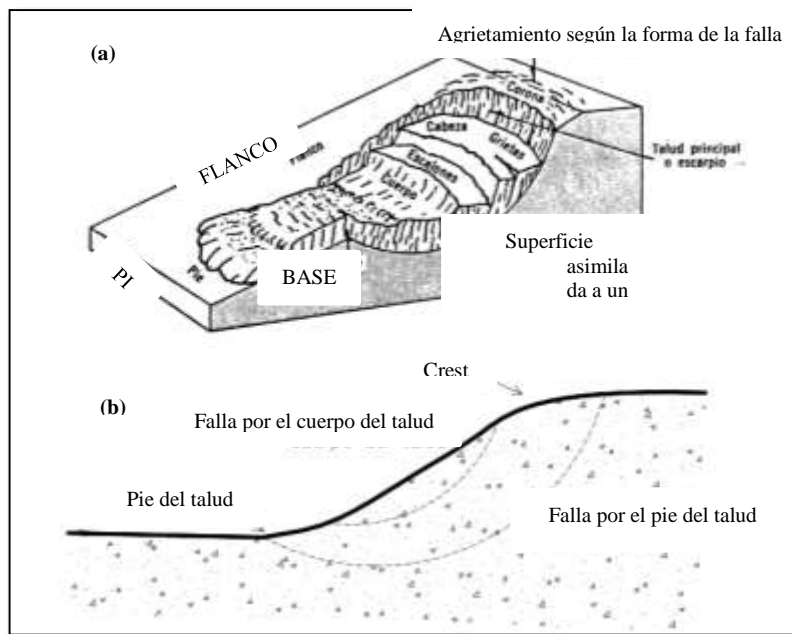
1.2.4.1.2. *Movimiento del cuerpo del talud.*

En su apartado Duque (2017), afirma que en ciertos taludes pueden ocurrir movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo y que estos desprendimientos son volcamientos, caídas, saltamientos y rodamientos de rocas.

Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material, a consecuencia de ello sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual se produce la falla. (De Matteis, 2003)

Figura 2.

(a) Nomenclatura de una Zona de Falla. (b) Distintos Tipos de Falla.



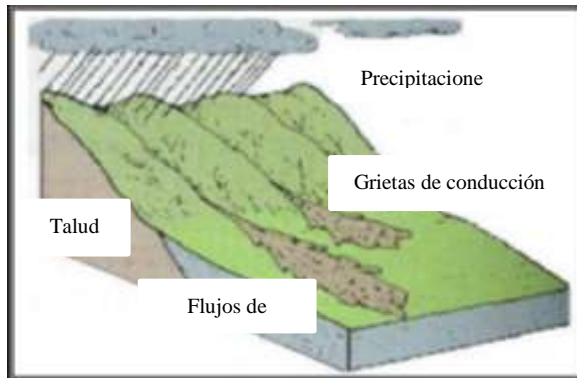
Nota: Las fallas ocurridas en los distintos taludes naturales y artificiales suelen estar conformados por la misma caracterización y nomenclatura. Tomada de (De Matteis, 2003)

1.2.4.1.3. *Flujos.*

En un talud De Matteis (2003), señala que este tipo de falla se refiere a movimientos más o menos rápidos, de tal manera que el movimiento en sí y la distribución aparente de velocidades y desplazamientos se asemejan al comportamiento de un líquido viscoso.

Figura 3.

Flujos de Lodos.

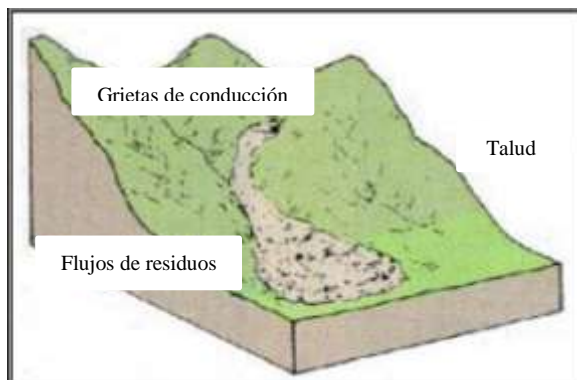


Nota: Los flujos pueden ser flujos de tierra (baja velocidad), flujos de lodo (velocidad moderada) y avalanchas de detritos (alta velocidad), según (Duque, 2017)

Además Espinel (2002), determina que las unidades morfológicas de un flujo depende de: un origen que generalmente es un deslizamiento, un camino o canal de flujo y finalmente una zona de acumulación, que varían de acuerdo a su topografía y morfología.

Figura 4.

Flujo de Residuos.



Nota: La superficie del desplazamiento o no es distinguible o se desarrolla durante un lapso relativamente breve. De Matteis (2003)

1.2.5. Estabilización de taludes.

Según De Matteis (2003), se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento, respaldada por la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén.

1.2.5.1. Consideraciones generales sobre estabilidad de taludes.

En la mayor parte de los casos, el estudio de la estabilidad de taludes no puede realizarse a nivel general, sino talud por talud, ya que las inestabilidades suelen ir asociadas a la presencia de discontinuidades concretas con orientaciones determinadas. (Valeriano, 2015)

1.2.5.2. Factores que influyen en la estabilidad de los taludes en las vías terrestres.

En su apartado Espinel (2002), señala que los taludes pueden fallar por factores que tienen influencia sobre el comportamiento geomecánico de los mismos. Estos factores son:

Tabla 2

FACTORES que influyen en la estabilidad de los taludes en las vías terrestres.

Factores	
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Topografía y geometría del talud. ▪ Distribución de las discontinuidades y planos de estratificación.
Internos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nivel freático. ▪ Propiedades de los suelos.
Externos	Factores climáticos (agua superficial).
Sismicidad	-
Causas externas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Excavaciones. ▪ Obras civiles. ▪ Movimiento de tierra. ▪ Erosión.

Fuente: Elaboración propia

1.2.5.3. Procesos que influyen en la inestabilidad y medidas de control.

La gravedad proporciona la energía para el movimiento pendiente abajo de las masas de suelo. No obstante el movimiento se favorece por la acción del agua, por la geometría de los depósitos y por la naturaleza de los materiales. (Duque, 2017)

Tabla 3

PROCESOS que influyen la inestabilidad y medidas de control.

Procesos			
Tipo	Acción	Consecuencia	Medidas
Pluvial (lluvia)	Impacto	Deslizamiento	Empradizado, mateado
	Escorrentía	Descubrimiento	Plantación protectora
	Infiltración		Captación y recubrimiento
Escorrentía (arroyamiento)	Difusa	Erosión laminar	Barreras vivas y colchones
	Concentrada	Surcos o cárcavas	Trinchos, gaviones
Fluvial (corrientes)	Línea	Profundiza cauces y erosiona laderas	Obras de disipación y plantación protectora
	Areolar	Desgasta el relieve en los interfluvios	Obras transversales, reforestación
Eólica (viento)	Levantamiento	Descubrimiento	Mateado y plantaciones
	Abrasión	Desgaste	Barreras cortaviento vivas

Fuente: Control de la erosión (Duque, 2017)

En la tabla anterior Duque (2017), señala que en algunos casos, puede ser conveniente completar las actuaciones de estabilización con actividades de revegetación, ya que las plantas protegen la superficie del suelo contra la erosión.

1.2.6. Estabilización de taludes por vegetación.

La problemática en la estabilidad de taludes no puede resolverse con soluciones fijadas con unos márgenes estrechos, ya que no encontraremos dos deslizamientos iguales. Entre los diversos métodos que se utilizan actualmente en ingeniería para la estabilización de taludes se

encuentra la revegetalización sensu estricto o la combinación integrada de la vegetación y los elementos estructurales que dan lugar a los que conocemos como bioingeniería. (Fernández, 2016)

1.2.6.1. Efectos de la vegetación.

Según Fernández (2016), aun habiendo sido muy rebatido en los últimos años, el efecto de la vegetación juega un papel muy importante en la estabilidad de los taludes. La experiencia está demostrando el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, desmoronamiento, reptación, flujo de detritos, etc.

Además, los tipos de vegetación, tanto a pie como cabecera en el talud es un parámetro muy importante para su estabilidad. (Fernández, 2016)

El papel que desempeña la vegetación entre otros, con los siguientes aspectos. (Menashe, 2001)

- **Intercepción:** el follaje y los residuos de las plantas absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación del suelo por el impacto de sus gotas directamente sobre la superficie.
- **Retención:** físicamente, el sistema de raíces amarra o retiene las partículas del suelo, además, las partes aéreas funcionan como trampas de sedimentos.
- **Retardación:** sobre la superficie, los residuos incrementan su aspereza, o dicho en otras palabras, aumentan el coeficiente de rugosidad del terreno, disminuyendo así la velocidad de escorrentía.
- **Infiltración:** las raíces y los residuos de las plantas ayudan a mantener la porosidad y permeabilidad del suelo.
- **Transpiración:** el agotamiento de la humedad del suelo por las plantas retrasa la saturación y con ello la aparición de escorrentía superficial; es muy importante la función que cumple la vegetación en la regulación de humedad del suelo: árboles grandes individuales pueden absorber entre 100 y 150 litros de agua por día soleado.

Por otra parte Menashe (2001), señala que de forma ya no genérica sino aplicada, la vegetación cumple un importante papel en términos de la prevención de movimientos en masa, de manera especial con relación a los deslizamientos superficiales en laderas. A este respecto, las posibles formas en que la vegetación afecta el balance de fuerzas son:

- Refuerzo de las raíces: mecánicamente las raíces refuerzan el suelo al transferirle resistencia a la cizalladura (Figura 10), con tensiones de resistencia en la raíz.
- Modificación del contenido de humedad del suelo: la evapotranspiración y la interceptación por el follaje limitan la aparición de esfuerzos en el suelo por humedad.
- Apuntalamiento: el anclamiento y embebimiento de los troncos hace que éstos actúen como pilares -puntales o contrafuertes- en las laderas, contrarrestando las tensiones por cizalladura; se dice que los troncos actúan como anclas rígidas, favoreciendo el sostenimiento o restricción lateral contra el movimiento superficial del talud. El arqueado ocurre cuando el suelo intenta un movimiento a través y alrededor de las filas de árboles, los cuales se encuentran finamente anclados en el suelo; dicho fino anclaje de los árboles se puede lograr si éstos logran un contacto radicular con rocas o a una alta profundidad de sus raíces.
- Peso de la vegetación: ejerce dos tipos de esfuerzos, uno desestabilizante hacia abajo de la pendiente y uno que es componente perpendicular a la pendiente el cual tiende a incrementar la resistencia al deslizamiento.
- Cuñamiento de raíces: tendencia de las raíces a invadir grietas, fisuras y canales y causar con ello inestabilidad local, especialmente en masas rocosas.
- Remolinos: serpenteo del viento a través de los troncos de los árboles, generando influencia desestabilizante por creación de momentos de remolino al chocar el viento con el tallo: el viento corre serpenteando por entre la vegetación.

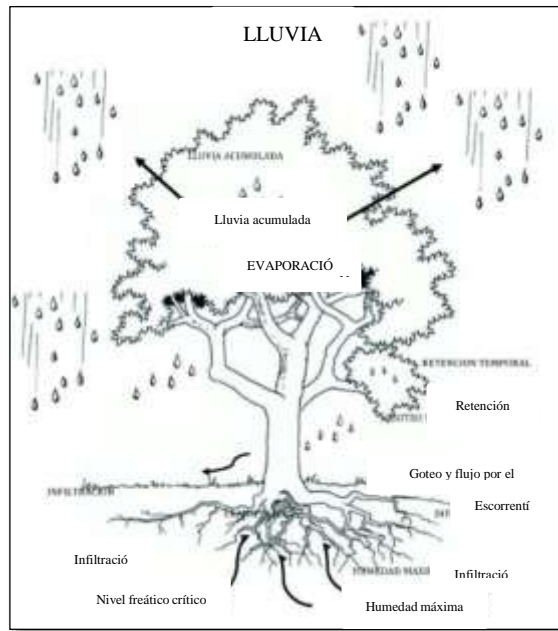
La resistencia a la tensión de las raíces puede ser hasta el 30% de la del acero y pueden extenderse varios metros por debajo de la superficie del talud. (Suárez, 1998)

1.2.6.2. Modificación de las condiciones hidrológicas superficiales.

De forma esquemática, podemos evidenciar los efectos de la vegetación sobre las condiciones hidrológicas de un talud:

Figura 5.

Efectos de la Vegetación Sobre las Condiciones Hidrológicas de un Talud.



Nota: La caracterización del factor vegetal en relación con las lluvias está determinada por la retención y acumulación de agua, la evaporación y evapotranspiración, la retención temporal y goteo frugal provocado por el forraje, la escorrentía moderada y uniforme en la superficie del suelo y sobre todo la infiltración y buena disposición hídrica en la superficie por la presencia de la vegetación. Tomado de (Suárez, 1998)

1.2.6.3. Interrupción de la lluvia.

La lluvia al caer se divide, por un lado en la que cae directamente sobre el suelo y por otro en la lluvia que es atrapada por la frondosidad de la vegetación. Esta última es retenida y evaporada y otra parte alcanza finalmente, la tierra por goteo o por flujo sobre las hojas y troncos.

1.2.6.4. Contención de agua.

El frenado de agua por el follaje demora y modifica el ciclo hidrológico en el momento de producirse el fenómeno de lluvia. Este disminuye la tasa de agua de escorrentía minimizando su poder erosivo. Sin embargo puede aumentar la tasa de infiltración. (Fernández, 2016)

El tipo de vegetación, sus características y la intensidad de la lluvia son factores que determinan el frenado. Los árboles más frondosos, aumentan la demora del ciclo hidrológico a razón de que retienen mayor tiempo las gotas de lluvia. (Fernández, 2016)

1.2.6.5. Depósito de agua.

Parte del agua frenada se acumula en el follaje para luego ser evaporada.

1.2.6.6. Goteo o flujo.

El agua retenida no acumulada retorna a la tierra por goteo o flujo, por el follaje. La rapidez de flujo está en función de la aspereza de las superficies de las hojas y tronco y los diámetros y ángulos de las hojas con la vertical. Por lo tanto, el retorno por goteo o flujo es inversamente proporcional a la aspereza de las superficies de la vegetación. (Fernández, 2016)

1.2.6.7. Evapotranspiración.

Siendo un efecto sumatorio evaporación + transpiración provoca un descenso de la humedad en el suelo. Está en función del tipo de vegetación y su interacción con un determinado tipo de suelo, lo cual define un potencial de evapotranspiración específico para cada tipo. De aquí normalmente, podemos obtener una humedad de equilibrio dependiendo en la disponibilidad del agua de lluvia y el nivel freático. (Fernández, 2016)

Desde el punto de vista ingenieril debe tenerse en cuenta que, un suelo saturado disminuye las fuerzas de succión o presiones negativas de agua de poros, las cuales ayudan a la estabilidad del mismo. Por este motivo, la clave está en determinar la humedad máxima y el nivel freático crítico para un talud determinado, teniendo en cuenta el efecto de la vegetación. Así realizando la comparativa con la humedad obtenida del balance de la infiltración y la evapotranspiración podremos mantener la humedad por debajo del límite de saturación mejorando la estabilidad de las laderas. (Fernández, 2016)

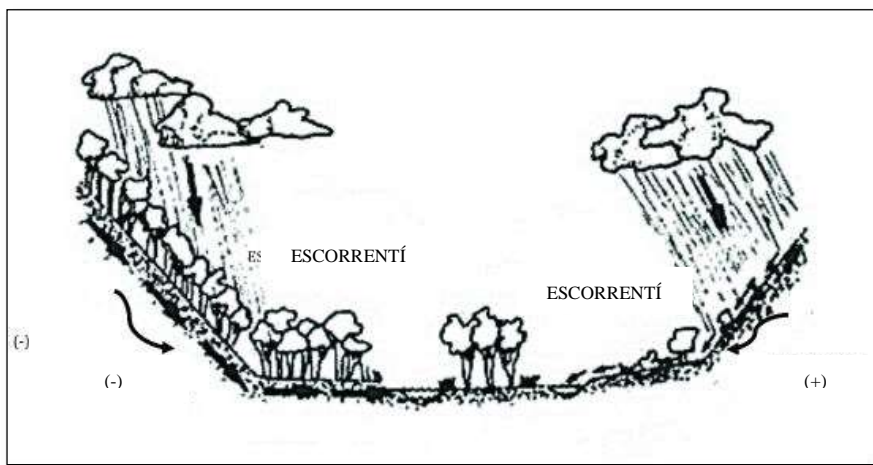
1.2.7. Control de la erosión

Fernández (2016), manifiesta que una vegetación más frondosa mitiga más eficientemente los efectos de la lluvia, disminuyendo en consecuencia la erosión. Podemos comprobar como la escorrentía del agua y sus efectos erosivos son inversamente proporcionales a la densidad y volumen del follaje. De esto podemos concluir, que la mejor protección contra la erosión y los deslizamientos, se obtiene estableciendo conjuntamente todos los sistemas de vegetación,

incluyendo desde los más simples musgos a las demás variedades (arbustos, matorrales, arboles, etc.)

Figura 6.

Efectos de la Vegetación sobre el Control de la Erosión de un Talud.



Nota: Por ejemplo, las hierbas y pastos actúan como colchón protector del sistema continuo de goteo emitido por el forraje de los árboles. Tomado de (Fernández, 2016)

1.3 Especies vegetales a implementar en el proyecto.

1.3.1. *Alnus Acuminata.*

1.3.1.1 Descripción.

Familia: *Betulaceae.*

Nombre científico: *Alnus acuminata*

Nombre común: *Aliso.*

Árbol o arbusto perennifolio caducifolio, de 10 a 25 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 35 a 40 cm (hasta 1 m). Algunos individuos llegan a superar los 42 m de altura en plantaciones. (Carranza & ., 1995)

“Su Tronco cilíndrico es ligeramente ovalado con uno o varios tallos erectos o ramificados, de hasta 1 m de diámetro.” (Pérez, 2014)

La corteza externa es escamosa y de color cenizo claro en los individuos jóvenes, tornándose gris oscura y rugosa en los adultos., con lenticelas protuberantes y alargadas, de 1 cm de longitud. La corteza interna es de color rosado o crema. (Reynel, 2010)

En su manual Oliva, Vacalla, Pérez, & Tucto (2014), apuntan que la floración se da en los meses de marzo, abril y mayo y la maduración de su fruto en los meses de mayo, junio y julio.

Las hojas son simples y alternas. Tienen forma oblonga a ovada, de 7 cm a 9 cm de longitud y de 5 cm a 7 cm de ancho. Se caracterizan por tener el borde aserrado y los nervios muy rectos e impresos en la cara superior de la hoja. Usualmente carecen de pelos, aunque en algunos casos se observa algo de pilosidad rala. Las flores se agrupan por separado según el sexo (especie monoica) en un mismo árbol. (Reynel, 2010)

Según Chamorro (2018), “el aliso es una especie originaria de centro américa y américa del sur en zonas de media y alta montaña y se pueden encontrar en laderas montañosas muy inclinadas.”

En su trabajo Chamorro (2018), “también señala que a esta especie se la puede encontrar a 2000 y 3100 msnm, con pH de 4,5 a 6 con alto contenido de humedad.”

1.3.1.2. Caracterización y beneficios de la especie.

En su artículo Molina, Medina, & Orozco (2006), argumentan que las plantas actinorrízicas y en esencia el aliso, se adaptan a muy diversos ecosistemas y a condiciones ambientales extremas como suelos salinos, áridos, terrenos pantanosos y son de alta resistencia a medios hostiles. Además Rey (2014) señala, que esta especie puede ser incorporada en sistemas silvopastoriles, no solo por la razón detallada anteriormente, sino porque también tiene la capacidad de crecer en suelos marginados y contribuir a la conservación de la biodiversidad y al mejoramiento del suelo; lo cual se relaciona con la incorporación de hojarasca, el efecto de sombra, la retención de humedad, el reciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno atmosférico, debido a su asociación simbiótica con el actinomiceto Frankia.

“La mayoría de especies de aliso se utilizan como fuentes de forraje y combustible y para aumentar rápidamente la biomasa forestal especialmente en áreas deforestadas.” (Becerra, Nouhra, Daniele, Dominguez, & McKay, 2003)

Según Bell (1991), “el aliso ocupa mayores extensiones en las laderas con exposición al sol, concluyendo así que la especie muestra preferencia por aquellas laderas que son más húmedas y más frescas.”

Por otro lado Elias (1970), determina que estas especies se caracterizan por ser colonizadoras de rápido crecimiento y que invaden áreas modificadas como derrumbes, razón por la que Bell (1991), asegura que estas características deben ser consideradas en proyectos de desarrollo de zonas montañosas ya que se podría complementar un uso racional del aliso con protección de zonas superiores de cuencas hídricas. El autor Easdale (1998), “también hace referencia sobre esta caracterización argumentando que en la zona fitogeográfica de Las Yungas, en el Nordeste de Argentina, la especie *Alnus acuminata* creció bien en zonas fuertemente erosionadas.”

Y según Reynel (2010), “el follaje aportado por estos árboles al suelo incorpora también cantidades significativas de nutrientes.”

Fijar nitrógeno en el suelo

Según Reynel (2010), “tal vez el aspecto más importante de la especie es su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo y fertilizarlo de modo natural por medio de sus nódulos radiculares.”

El nitrógeno (N), junto con el agua, es el nutriente mineral que más frecuentemente limita la producción de plantas. Además señalan que, su fijación biológica representa la clave para incrementar las fuentes de N, puesto que, la mayoría de los seres vivos son incapaces de aprovecharlo en la forma en que se encuentra allí como N₂, tomando en cuenta que la atmosfera contiene casi el 80 por ciento de N. (Molina, Medina, & Orozco, 2006)

Además Reynel (2010), argumenta que estudios realizados en Colombia reportan aumentos de N de hasta 280 kg/ha/año en plantaciones de esta especie, siendo esta, según Carranza & . (1995), una de las razones que permite y facilita el establecimiento de otras especies.

1.3.2. *Festuca arundinácea.*

1.3.2.2. Descripción.

Familia: *Gramineae*

Nombre científico: *Festuca arundinacea* Schreber

Nombre común: *Festuca alta*

Esta especie es originaria de Europa y Asia y en la actualidad está distribuida también en América. (Reyes, 2006)

Demagnet (2000), la describe como una gramínea perenne de crecimiento erecto, con sistema radical fibroso y profundizador. Es más sus raíces son profundas y varían de 1 a 2,5 m. de profundidad. (León, Bonifaz, & Gutiérrez, 2018),

Posee una laminar foliar plana, larga, aguzándose hacia el extremo, tiesas, áspera o suave en la cara inferior, bordes dentados, sus hojas son de color verde opaca y áspera en su cara superior y brillante en su cara inferior, que varía de 3 a 12 mm con relación a su ancho laminar y de 10 a 60 cm con relación a su largo laminar. (Demagnet, 2000)

Puede alcanzar tamaños mayores a 2 m que según (Naturalista, 2008), posee una disposición erecta, cespitosa y muy vigorosa, generalmente tuberculosa que crece en macollas, y sus hojas con pelos tienen un color verde azulado, con una lígula membranosa y sin aurículas, y un limbo largo.

La inflorescencia está en forma de panícula densa, espiciforme y alargada, con espiguillas con una única flor hermafrodita y con glumas aladas y coriáceas, con el margen entero o denticulado, emerge de la mayoría de las macollas, ocasionando su muerte posterior, provocando que rebrote a partir de las yemas basales. Y su semilla es pequeña, cubierta por brácteas suaves y muy brillantes. Las raíces son profundas y persistentes. (Naturalista, 2008)

La revista (Naturalista, 2008), también señala que la planta desarrolla, en la base de los tallos o nudos inferiores, unos engrosamientos (tubérculos), en los que acumula reservas al final de la estación de crecimiento, cuando la planta ha florecido. De esta manera puede soportar fuertes heladas y sobre todo los largos y secos veranos y se asegura la supervivencia en el caso de que la parte vegetativa de la planta muera durante el verano. El rebrote de otoño se produce a partir de las yemas axilares de los tallos engrosados principalmente o, en caso contrario, de los tallos que hayan sobrevivido.

1.3.2.3. Caracterización y beneficios de la especie.

En sus apartados Romero (1982) y León, Bonifaz, & Gutiérrez (2018), la caracterizan por ser una gramínea que resiste condiciones extremas de altas y bajas temperaturas, soportando hasta 4 °C o menos sin entrar en latencia completa, ubicándose también en una altitud que varía de 2 500 a 3 500 msnm. y tolera los suelos ácidos. Aunque (Zubiri & Canais, 2009), afirman que tiene preferencia por los sustratos calizos y arcillosos y además es poco exigente en fertilidad.

Romero (1982), también argumenta que de forma más significativa es la única gramínea resistente a condiciones de mal drenaje y sequía, tomando en cuenta que su establecimiento es lento, pero de larga duración.

A esta especie se la emplea en programas de conservación de suelos tales como control de erosión en suelos con pendiente, fijación de bordes en terrazas y otras estructuras para distribución de agua y estabilización de taludes. Debido a su buena cobertura y su sistema de raíces extenso y penetrante. (Hanan & Mandragón, 2015) y (León, Bonifaz, & Gutiérrez, 2018)

Por otro lado según Reyes (2006), “esta especie repone rápidamente sus reservas después de una defoliación, lo cual es un beneficio en caso de poda de la corteza vegetal.”

El desarrollo de algunos ejemplares se diferencian, principalmente, por su palatabilidad, persistencia y presencia de hongo endófito en sus semillas (*Acremonium coenophialum*), el cual establece una relación biotrófica con la planta, definida como simbiosis mutualista (Bacon y Siegel, 1988).

2 PREGUNTAS DIRECTRICES.

¿Qué tan efectiva puede llegar a ser la estabilidad de un talud, al usar cobertura vegetal como una alternativa estabilizadora?

La estabilidad de taludes ya sea naturales o artificiales a través de la cobertura vegetal depende de varios factores físicos, entre los cuales están: el clima, la topografía, la tipología de suelo, ubicación geográfica, etc.

Ahora, cuando un talud está dentro de los parámetros físicos favorables para que su estabilidad por vía vegetativa sea cumplida, este método puede llegar a ser muy efectivo siempre y cuando no se pierden de vista las especificaciones técnicas relacionadas con el mismo, como la tipología vegetal, el tipo de especies a utilizar, los métodos de siembra o plantación, etc.

Este método se considera como una alternativa efectiva y también viable, no solo por la estabilidad que le brinda al talud, sino también por los diversos beneficios ambientales, económicos y sociales que engloban el desarrollo del mismo en un sector.

¿Qué alteraciones físico-negativas se pueden evitar o controlar en relación a la estabilidad de taludes, a través de la implementación de un sistema agroforestal?

Al estabilizar un talud a través de la cobertura vegetal se pueden controlar y evitar alteraciones físico-negativas como el deslizamiento de tierra causado por factores como el exceso de humedad retenida en el terreno y la inestabilidad del mismo debido a la no compactación o unión de los materiales del suelo, el descubrimiento de la capa superficial del suelo que es causado por la importante presencia de precipitaciones, las cuales en considerables cantidades pueden generar grandes arrastres de partículas superficiales, así como los elementos nutritivos encontrados en la superficie del suelo, esta acción también puede generar otras alteraciones como la erosión laminar, los surcos o cárcavas, la profundización de cauces, la erosión de laderas y el desgaste del relieve en los interfluvios.

¿Cuán efectiva puede ser la implementación de un sistema agroforestal constituido por una especie arbórea (Aliso) y un pasto (Milín) para conseguir la estabilidad de un talud?

Las características que definen a estas dos especies como la fácil adaptabilidad a diversos ecosistemas y a extremas condiciones ambientales, la rápida colonización de su territorio, la fijación de nitrógeno atmosférico por parte del Aliso y la buena cobertura, además de su sistema de raíces extenso y penetrante, han determinado lo efectivas que pueden llegar a ser con respecto a la estabilización de un talud.

3 METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)

3.1 Datos del proyecto.

3.1.1. Ubicación del proyecto.

Tabla 4

Descripción de la LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Localización del proyecto				
Provincia	Cantón	Parroquia	Comunidad	Área a forestar
Tungurahua	Pelileo	Cotaló	Chacauco	Tramo de talud del camino que conecta la parroquia Cotaló con la comunidad de Chacauco.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Área de estudio.

Figura 7.

Representación geográfica de la Ubicación de la Provincia de Tungurahua.



Nota: La frontera provincial de Tungurahua está determinada por las provincias vecinas de Cotopaxi, Pastaza y Chimborazo, ubicándose estratégicamente en la zona centro de la sierra ecuatoriana. Obtenido del MODELO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA 2015-2017.

3.1.3. Referenciación del talud.

Figura 8.

Representación gráfica del Talud a Forestar.



Nota: El talud se encuentra a lo largo del camino Cotaló - Chacauco a mano derecha, tomando como referencia la dirección norte.

3.2 Especificaciones técnicas.

3.2.1. Características climatológicas del sitio.

La parroquia Cotaló, presenta una diversidad de pisos climáticos característicos de la región interandina, la comunidad de Chacauco se encuentra en el Tropical Megatérmico Húmedo caracterizado por precipitaciones superiores a los 2.000 mm con una humedad relativa del 90%, la temperatura oscila entre 15 y 24°C. (Digipredios, 2015)

3.2.2. Características del talud.

Las siguientes características que se obtuvieron del talud, fueron a través de una visita en campo.

3.2.2.1. Ubicación.

Está ubicado en la parte baja de la comunidad de Chacauco, junto a las propiedades de los Srs. Danilo Pallo y Manuel Mariño, en las coordenadas 1°25'55.03'' S – 78°20'58.60'' O (punto más alto) y 1°25'56.08'' S – 78°30'02.61'' O.

3.2.2.2. Diferencia Altitudinal.

Su referencia altitudinal varía entre los 2181 y 2187 msnm.

3.2.2.3. Pendiente.

Para la obtención de la pendiente del talud se han tomado en cuenta la referencia altitudinal de cuatro puntos situados en el talud (uno al inicio, dos intermedios y uno al final), las cuales se obtuvieron a través del programa Google Earth Pro, posteriormente se consiguió la diferencia altitudinal de cada punto y aplicándose en la ecuación (1):

$$P = \frac{\text{Diferencia altitudinal}}{\text{Distancia horizonata}} \times 100 \quad (1)$$

Tabla 5

Cálculo de la PENDIENTE DEL TALUD.

Pendiente del talud					
Nº Pendiente	Puntos	Altura (m.s.n.m)	Diferencia altitudinal (m)	Distancia horizontal (m)	Pendiente (%)
P1	p1	2186	3	4	75
	p2	2183			
P2	p1	2184	2	4	50
	p2	2182			
P3	p1	2186	3	4	75
	p2	2183			
P4	p1	2183	2	4	50
	p2	2181			

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el proceso de cálculo, se puede determinar que el talud está constituido por una pendiente moderadamente fuerte ya que su inclinación varía entre el 50 y el 75 por ciento.

3.2.2.4. Medidas del talud.

El talud posee una forma rectangular caracterizada con un total del 140 m de largo y su ancho varía entre los 4 y 4.5 m

3.2.2.5. Tipo y Calidad del suelo.

La presencia de abundante materia orgánica en este talud se debe a que anteriormente, se trataba de un suelo con una significativa proporción de cobertura vegetal, al darse forma al talud se pudo observar una importante capa de materia orgánica. Es por esta razón que al suelo que conforma el talud se lo ha determinado como “humífero”, este suelo cuenta con el suficiente material orgánico descompuesto para pertenecer a este tipo. En este tipo de suelos podemos observar organismos o microorganismos que pueden ser muy beneficiosos para sembrar. Además, es usual que los habitantes del sector elijan estas tierras para desarrollar actividades agrícolas.

Otro indicativo del tipo y la calidad del suelo fueron las lombrices y otros tipos de anélidos, los cuales se dedican a hacer agujeros y permiten así que el suelo atrape todo el agua y los minerales. Esto se pudo observar durante la visita in situ y el levantamiento de datos en campo.

3.2.2.6. Especies nativas encontradas en el talud.

En el talud se puede observar una cantidad muy pobre de material vegetativo, algunas de las especies que se pudieron identificar están las hierbas como: Putzo (*acaena avolifolia*), Romerillo (*hypericum laricifolium*), Achicoria (*hypochaeris sessilifolia juss*), Pasto holco (*holcus lanatus L*), Muelán (*muehlenbeckia tamnifolia*), Chulquillo (*oxalis lotides*), Diente de león, (*taraxacum officinalis*) y un solo tipo de arbusto: Chilca común (*baccharis latifodia*). (véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

3.2.3. Selección de especies vegetales.

Para la selección de las especies vegetales a emplear, se han tomado en cuenta factores como: La climatología del sector detallada anteriormente y obtenida del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Cotaló, la diferencia altitudinal que es una importante referencia con respecto a la adaptabilidad de las especies y la objetividad del proyecto que está direccionada a la estabilidad del talud.

Al cumplir con las especificaciones ya mencionadas, las especies *Alnus acuminata* y *Festuca arundinacea* han sido consideradas como la opción más viable para el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que la selección de estas especies, también se la hizo en base a los diversos beneficios con los que cuentan cada una de ellas.

3.2.4. Métodos.

3.2.4.1. Método de plantación.

Debido a que se busca aprovechar el mayor espacio posible y el talud cuenta con un cuerpo alargado se ha optado por emplear el método tresbolillo.

3.2.4.1.1. *Método tresbolillo.*

En este método las plantas ocupan en el terreno cada uno de los vértices de un triángulo equilátero, guardando siempre la misma distancia entre plantas que entre filas. (Gómez & Vidal, 2015)

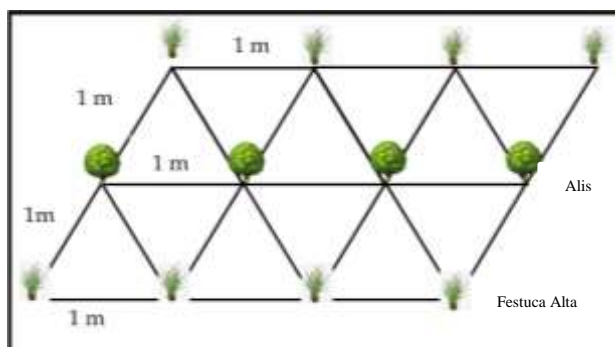
Con relación a este sistema Gómez & Vidal (2015), detallan algunas ventajas e inconvenientes.

- En el sistema de plantación al tresbolillo, el número de plantas que cabe por unidad de superficie es mayor que en cualquier otro sistema regular, siendo la diferencia tanto mayor cuanto más estrecho es el marco elegido.
- Es apropiado para plantaciones intensivas.
- Permite dar las labores de cultivo en tres direcciones, con lo cual la tierra queda mejor trabajada y disminuye el riesgo de dejarla cada vez más desnivelada y más expuesta, por tanto, a la erosión.

Entre los inconvenientes que presenta este sistema, cabe mencionar únicamente que el marqueo es algo más complicado y la mecanización más dificultosa.

Figura 9.

Representación Gráfica del Método Tresbolillo a lo Largo del Talud.



Con este sistema se ha conseguido formar una línea arbórea constituida por la especie *Alnus acuminata* y dos franjas laterales constituidas por el pasto *Festuca arundinacea*.

Se ha atribuido la medida de 1 m con respecto a la distancia de planta a planta con la finalidad de abarcar la mayor área posible.

3.2.4.1.2. *Número de Especies a Reforestar.*

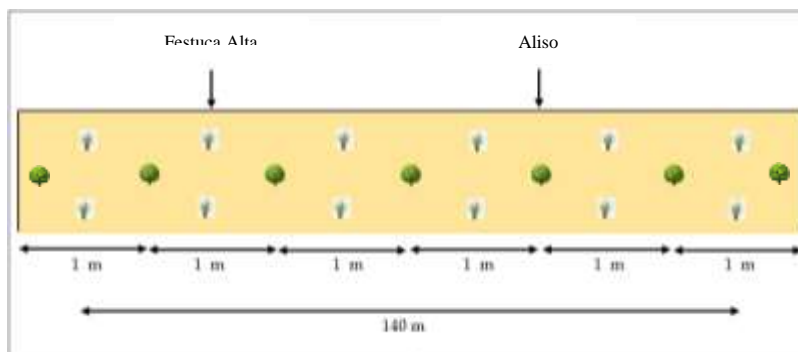
Para la determinación del número de especies se ha considerado el valor en metros lineales del talud y tomando como referencia 1m que sería el valor de la distancia de planta a planta y aplicará la ecuación (2):

$$No. P = \frac{m \text{ lineal}}{\text{distancia de p. a p.}} + 1 \quad (2)$$

Se debe tomar en cuenta que el número resultante de Festuca alta se debe multiplicar por 2, debido a que se plantarán dos hileras, una superior y otra inferior. Además, a ambas hileras se le deben restar 2, debido a la diferencia resultante de la no completación del triángulo equilátero con relación al sistema tresbolillo y al límite del talud.

Figura 10.

Croquis del Diseño de Plantación en el Talud.



3.2.4.1.3. *Cálculo.*

- *Alnus acuminata.*

Como se expresa en la ecuación (3), se necesitarán un total de 141 ejemplares de esta especie para ejecutar la actividad de plantación.

$$No. P = \frac{140}{1} + 1 = 141 \quad (3)$$

- Festuca arundinacea.

Como se expresa en la ecuación (4), se necesitarán un total de 280 ejemplares de esta especie para ejecutar la actividad de plantación.

$$\text{No. } P = \frac{140}{1} + 1 = 141 \quad (4)$$

$$\text{No. } P = 141 \times 2 = 282$$

$$\text{No. } P = 282 - 2 = 280$$

3.2.4.2. Métodos para la obtención de plantas.

La obtención de la especie *Alnus acuminata* (Aliso) fue a través de la donación por parte del Proyecto: Producción de plantas nativas y exóticas por enraizamiento y semillas en el vivero experimental CEASA (Centro Experimental Salache).

Por otro lado la especie *Festuca arundinacea* (Festuca Alta) fue adquirida a través de la compra directa al vivero forestal “El Alisal” ubicado en la parroquia Belisario Quevedo de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

3.2.4.3. Métodos para la plantación.

Las técnicas que se detallan a continuación se han utilizado para las dos especies vegetales.

3.2.4.3.1. Limpieza del terreno.

Una vez seleccionado el lugar y los árboles que vamos a plantar, es conveniente despejar el terreno o desbrozar la vegetación que pueda crear competencia al pequeño árbol en los lugares que lo requieran.

3.2.4.3.2. Preparación del suelo.

Posteriormente, tomando como referencia la calidad y tipo de suelo de los lugares en los que se procederá con la plantación, se deberá acondicionar el suelo para la correcta adaptación y crecimiento de las especies.

3.2.4.3.3. *Cavar el hoyo de plantación.*

- *Alnus acuminata.*

Los hoyos de plantación tendrán una dimensión de 40 x 40 x 40 cm debido a que estos deberán ser lo suficientemente profundos y anchos para proporcionar a la planta suficiente tierra removida que facilite el arraigo inicial y acumule la humedad necesaria para que las nuevas raíces se establezcan.

- *Festuca arundinacea.*

Los hoyos de plantación tendrán una dimensión de 10 x 10 x 10 cm debido a que con esta medida estos son lo suficientemente profundos y anchos para proporcionar a pasto suficiente tierra removida que facilite el arraigo inicial y acumule la humedad necesaria para que las nuevas raíces se establezcan.

3.2.4.3.4. *Plantar.*

En el hoyo de plantación, que estará relleno de tierra suelta y removida, se abre un pequeño agujero en el que se introduce el cepellón o la raíz, de manera que la planta quede totalmente recta, apretando la tierra de alrededor de la planta primero con el puño y posteriormente con el pie, cuidando que no queden bolsas de aire alrededor del cepellón.

En el caso de Aliso es muy importante que el pequeño arbolito quede enterrado justo hasta el cuello de la raíz.

3.2.4.4. *Método para el replante.*

En la obtención de las plantas de cada especie se tomó en cuenta la posible opción de resiembra o replante, adquiriéndose así, un total de 10 plantas más por especie.

En el transcurso de los dos primeros meses (contando desde el día de la plantación), a través de la observación se dará seguimiento al comportamiento de cada planta con la finalidad de

mantener cada una con vida y en caso de que se presencie la muerte de una de ellas, sin importar la especie, se procederá de manera inmediata al replante o resiembra.

Si a partir de estos dos meses ya no se puede observar mortandad de plantas, es un hecho que están adaptadas por completo y que a futuro es poco probable la muerte de alguna.

3.2.4.5. Métodos de evaluación con respecto a la adaptabilidad y crecimiento de las especies vegetales.

Para la obtención de los datos mensuales con respecto al crecimiento de las especies, se han seleccionado al azar 5 ejemplares de *Alnus acuminata* y 5 de *Festuca arundinacea*.

La medición y consecuentemente, la obtención de estos parámetros se los llevará a cabo a partir de los 2 meses de la siembra, debido a que en este periodo la planta ya está adaptada.

Se evaluarán los siguientes parámetros:

3.2.4.5.1. *Aliso (Alnus acuminata)*.

- Altura.

La altura total de un árbol es la longitud del segmento de recta que une el pie del árbol a su yema terminal (Aldana, 2008).

Teniendo en cuenta esta definición se procederá a obtener de forma mensual la altura de cada ejemplar seleccionado, tomado en cuenta que el punto inicial de medición será la superficie del suelo, en donde se da la intersección con la planta y el punto final de medición será en la yema terminal.

- Ancho de copa.

Para la obtención de este parámetro se procederá a medir en dos direcciones, la dirección Norte-Sur y la dirección Este-Oeste (en cruz) y tomando como referencia la proyección de los extremos de la misma sobre el suelo, midiéndose con cinta métrica la distancia entre ambos extremos. De esta manera se obtienen dos medidas, siendo la medida final del diámetro de copa el promedio de las dos medidas tomadas.

- Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Este parámetro se tomará en cuenta, cuando los ejemplares hayan cumplido los 5 meses de adaptación en el terreno (talud), debido a que es a esta edad cuando suelen superar el 1.30 metros de altura, que es el requisito principal para la determinación del DAP (diámetro a la altura de pecho).

El diámetro del árbol se obtiene tomando el CAP (circunferencia a la altura del pecho), y luego los transformamos a DAP.

Para tomar el CAP lo primero que debemos realizar es medir los arboles desde la base a 1.30 metros, lo que se estima está a la altura del pecho. Tomamos la circunferencia del tronco del árbol con una cinta métrica y el resultado lo dividimos para $= (3.1416)$ lo que al final es el DAP (diámetro de altura de pecho). Este procedimiento se resume en la ecuación (5) detallada de manera consiguiente. (Aldana, 2008)

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (5)$$

3.2.4.5.2. Festuca Alta (*Festuca arundinacea*).

- Altura.

Con respecto al pasto Festuca Alta, se procederá a obtener de forma mensual la altura de cada ejemplar seleccionado, tomado en cuenta que el punto inicial de medición será la superficie del suelo, en donde se da la intersección con la planta y el punto final de medición será en los laminas foliares terminales o en su inflorescencia.

- Macollamiento.

Para la obtención de este parámetro se procederá a medir de la misma forma que se hizo con el Aliso para evaluar el ancho de copa, con la única diferencia que la medición se realizará en dirección Norte-Sur y la dirección Este-Oeste (en cruz) desde la parte superior de la planta y sin tomar como referencia la proyección de la misma en el suelo.

De esta manera obtendremos dos medidas, siendo la medida final del diámetro de copa el promedio de las dos medidas tomadas.

3.2.5. Materiales, herramientas y recurso humano.

3.2.5.1. Materiales y herramientas.

Tabla 6

Detalle de los MATERIALES Y HERRAMIENTAS para la ejecución del proyecto.

Materiales y herramientas			
Actividades	Recursos	Nombre	Cantidad
Levantamiento de datos en campo.	Materiales	GPS	1
		Cámara fotográfica	1
		Libreta de apuntes	1
		Esfero gráfico	1
	Herramientas	Metro o Cinta de medición	1
Plantación	Materiales	Plantas de Aliso	141
		Plantas de Milín	280
		Guantes de trabajo	1
	Herramientas	Azadón	1
Replante o Resiembra	Materiales	Plantas de Aliso faltantes	-
		Plantas de Milín faltantes	-
	Herramientas	Guantes de trabajo	1
		Azadón	1
Evaluación mensual del crecimiento de las dos especies.	Materiales	Libreta de campo	1
		Esfero gráfico	1
	Herramientas	Cinta métrica	1

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.2. Recurso Humano.

Tabla 7

Detalle del RECURSO HUMANO que intervino para la ejecución del proyecto.

Recurso humano			
Actividades	Cantidad	Nombre	Cargo
Levantamiento de datos en campo.	1	Santiago Mariño	Responsable del proyecto
Plantación	4	Santiago Mariño	Responsable del proyecto y mano de obra
		Silvia Egas	
		Francisco Egas	
Replante o Resiembra	1	Santiago Mariño	Responsable del proyecto
Evaluación mensual del crecimiento de las dos especies.	1	Santiago Mariño	Responsable del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Evaluación mensual del comportamiento de las dos especies vegetales implementadas, con respecto a la adaptabilidad y crecimiento.

A continuación se detalla la evaluación progresiva que se ha realizado con respecto al crecimiento de las especies.

En las siguientes tablas que detallan los datos obtenidos en los meses de mayo, junio, julio y agosto del 2019, con relación a la especie *Alnus acuminata* no se tomó en cuenta el parámetro DAP, ya que para la obtención de este parámetro la planta debe superar los 1.30 m de altura.

Tabla 8
Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de mayo del 2019.

Mayo del 2019	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamien to
Ejemplar 1	64.3	45.2	NA	12.1	3
Ejemplar 2	51.1	27.3	NA	13.4	5
Ejemplar 3	70.2	22.5	NA	11.7	7
Ejemplar 4	69.4	41.9	NA	10.9	4
Ejemplar 5	48.7	22.5	NA	13.3	3
Promedio	60,7	31,9	0,0	12,3	4,4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9
Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de junio del 2019.

Junio del 2019	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
-------------------	----------------------------------	--	--	--	--

	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamien to
Ejemplar 1	73.8	57.4	NA	23.2	5
Ejemplar 2	66.1	41.3	NA	24.3	8
Ejemplar 3	83.4	38.7	NA	19.4	8
Ejemplar 4	75.3	62.2	NA	18.9	6
Ejemplar 5	59.0	34	NA	27.1	4
Promedio	65,6	38,6	0,0	17,0	5,2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de julio del 2019.

Julio del 2019	Aliso (Alnus Acuminata)			Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamien to
Ejemplar 1	92.3	63.7	NA	33.9	7
Ejemplar 2	78.3	58	NA	36.6	11
Ejemplar 3	90	47.9	NA	29	9
Ejemplar 4	81.1	81.2	NA	27.3	7
Ejemplar 5	67.7	52,4	NA	27.8	6
Promedio	81,9	60,6	0,0	30,9	8,0

Fuente: Elaboración Propia

En las consiguientes tablas que detallan los datos obtenidos en los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre del 2019, y enero y febrero del 2020, ya no se tomará en cuenta el parámetro “Ancho de Copa” con relación a la especie *Alnus acuminata*, ya que este parámetro está relacionado con el desarrollo lateral vegetativo de la especie, el

mismo que no puede ser evaluado por la distancia de 1m lineal en el que se han plantado las mismas.

Tabla 11

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de agosto del 2019.

Agosto del 2019	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamien to
Ejemplar 1	138.6	NA	NA	46	9
Ejemplar 2	98.4	NA	NA	49.6	12
Ejemplar 3	120.2	NA	NA	41.1	11
Ejemplar 4	112.3	NA	NA	38.3	9
Ejemplar 5	86.7	NA	NA	39.1	7
Promedio	111,2	0,0	0,0	42,8	9,6

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de septiembre del 2019.

Septiembre del 2019	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	249.3	NA	1.5	61.4	11
Ejemplar 2	142.9	NA	1.2	68.3	14
Ejemplar 3	227	NA	1.3	57.7	15
Ejemplar 4	261.4	NA	1.7	54.1	10
Ejemplar 5	142.1	NA	1.2	56	9

Promedio	204,5	0,0	1,4	59,5	11,8
-----------------	--------------	------------	------------	-------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de octubre del 2019.

Octubre del 2019	Aliso (Alnus Acuminata)			Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	269.1	NA	1.5	72	12
Ejemplar 2	177,9	NA	1.2	74.7	16
Ejemplar 3	242.1	NA	1.3	70.1	15
Ejemplar 4	293.8	NA	1.7	67.9	11
Ejemplar 5	212.7	NA	1.6	68.1	11
Promedio	239,1	0,0	1,5	70,6	13,0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de noviembre del 2019.

Noviembre del 2019	Aliso (Alnus Acuminata)			Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	328,8	NA	2.4	79.9	13
Ejemplar 2	208	NA	1.8	80.3	16
Ejemplar 3	263.3	NA	1.7	78.2	17
Ejemplar 4	349.2	NA	2.6	75.9	12

Ejemplar 5	238	NA	2.1	77	11
Promedio	277,5	0,0	2,1	78,3	13,8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de diciembre del 2019.

Diciembre del 2019	Aliso (Alnus Acuminata)			Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	341.4	NA	2.9	92,1	13
Ejemplar 2	238.2	NA	1.9	97.2	19
Ejemplar 3	291.3	NA	2.5	87.7	18
Ejemplar 4	382.5	NA	3.3	84.1	15
Ejemplar 5	260	NA	2.8	87.6	15
Promedio	302,7	0,0	2,7	89,7	16,0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de enero del 2020.

Enero del 2020	Aliso (Alnus Acuminata)			Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	428	NA	3.7	101.1	15

Ejemplar 2	392.5	NA	2.5	109.6	19
Ejemplar 3	345.5	NA	2.9	98.2	24
Ejemplar 4	412	NA	4.0	96.3	18
Ejemplar 5	328.1	NA	3.5	98.9	16
Promedio	381,2	0,0	3,3	100,8	18,4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de febrero del 2020.

Febrero del 2020	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	492.3	NA	4.4	111.8	17
Ejemplar 2	441.7	NA	3.3	116	21
Ejemplar 3	428.2	NA	3.7	106.9	24
Ejemplar 4	477.1	NA	4.5	105.8	21
Ejemplar 5	488.9	NA	4.2	106.2	19
Promedio	465,6	0,0	4,0	109,3	20,4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

Evaluación de crecimiento de las especies en el mes de marzo del 2019.

Marzo del 2020	Aliso (<i>Alnus Acuminata</i>)			Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i>)	
----------------	----------------------------------	--	--	--	--

	Altura (cm)	Ancho de copa. (cm)	DAP (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Ejemplar 1	512.7	NA	4.9	116.4	17
Ejemplar 2	469.5	NA	4.4	124.9	21
Ejemplar 3	479.2	NA	4.6	113.2	26
Ejemplar 4	532.2	NA	5.3	108.9	23
Ejemplar 5	507.1	NA	4.8	111.7	19
Promedio	500,1	0,0	4,8	115,0	21

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Adaptabilidad de las especies.

Durante los dos primeros meses se pudo evidenciar la muerte de 1 planta de Aliso y 4 pastos de Festuca alta, razón por la cual se llevó a cabo la inmediata resiembra. Es importante señalar que a partir de esta resiembra, durante todo el periodo de evaluación del crecimiento vegetativo no se observó la muerte de ninguna otra planta.

Una vez ya adaptadas al terreno ambas especies, han demostrado un buen desempeño con relación a su desarrollo y crecimiento, los mismos que se han visto expresados en la evaluación mensual del crecimiento vegetal de ambas especies.

Para corroborar el buen desarrollo y crecimiento de las especies, se ha obtenido el promedio de cada mes evaluado correspondiente a los 5 ejemplares de ambas especies vegetales, en donde se han tomado en cuenta únicamente los parámetros Altura con respecto al Aliso y Altura y Macollamiento con respecto a la Festuca Alta.

Cabe mencionar que los parámetros que no se han tomado en cuenta para su posterior análisis no cuentan con los datos propios característicos de ciertos meses, razón por la cual no se puede generar una validación resultante real.

Tabla 19

Promedio General Mensual de los parámetros altura (Aliso) y altura – macollamiento (Festuca alta).

Promedio general mensual			
Mes	Aliso (Alnus Acuminata)	Festuca alta (Festuca arundinacea)	
	Altura (cm)	Altura (cm)	Macollamiento
Mayo 2019	60,7	12,3	4
Junio 2019	65,6	17,0	5
Julio 2019	81,9	30,9	8
Agosto 2019	111,2	42,8	10
Septiembre 2019	204,5	59,5	12
Octubre 2019	239,1	70,6	13
Noviembre 2019	277,5	78,3	14
Diciembre 2019	302,7	89,7	15
Enero 2020	381,2	100,8	16
Febrero 2020	465,6	109,3	20
Marzo 2020	500,1	115,0	21

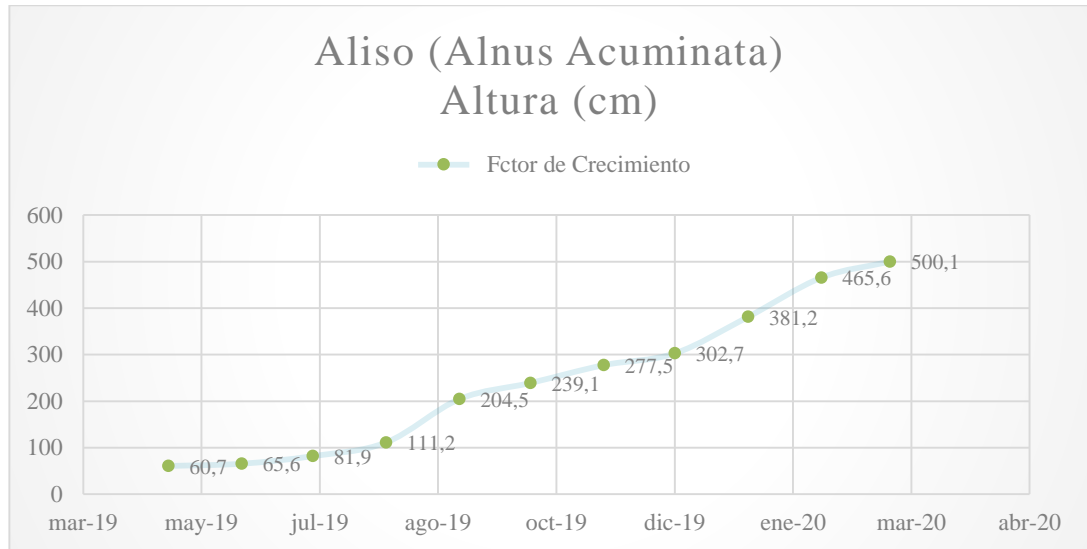
Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.1. Representación gráfica del promedio general mensual.

A continuación se expone gráficamente el promedio general mensual de los parámetros tomados en cuenta de ambas especies, dicho promedio permitirá emitir un criterio detallado del proceso de crecimiento y adaptabilidad del sistema agroforestal implementado.

Figura 11.

Representación gráfica del promedio general mensual con respecto al parámetro Altura en el Aliso.

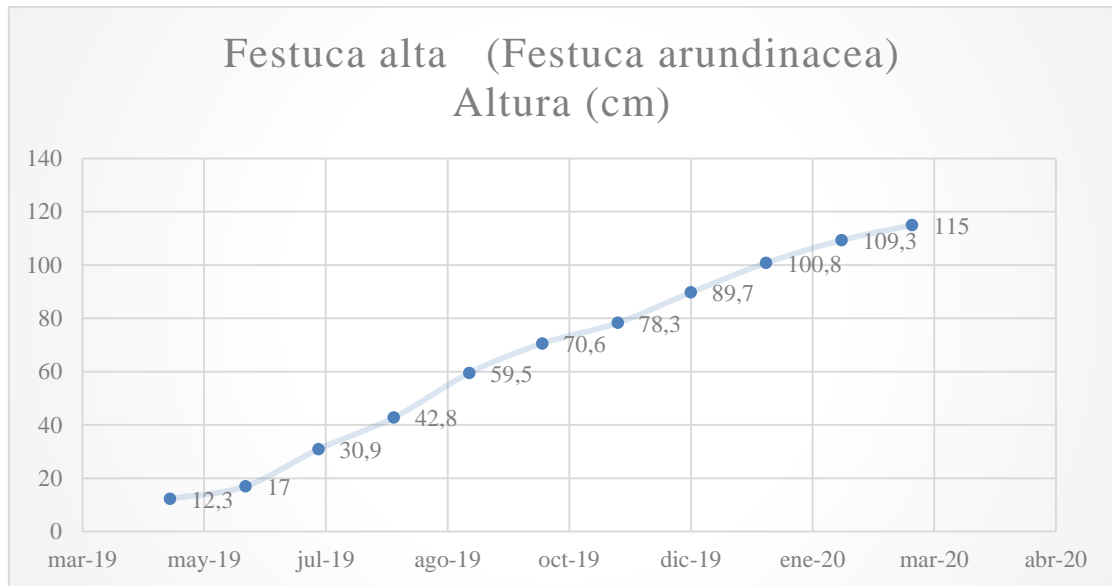


Análisis:

Los resultados obtenidos en el Aliso, con respecto al parámetro “altura”, muestran evidencia de un margen general de crecimiento significativo de cada ejemplar que aborda los 500,1 cm en la última medición realizada en abril del 2020, tomando en cuenta que el promedio general de la altura inicial fue de 60,7 cm. Obteniendo a través de la diferencia de altura promedio un valor de crecimiento de 439,4 cm en el transcurso de los 11 meses con los que se trabajó.

Figura 12.

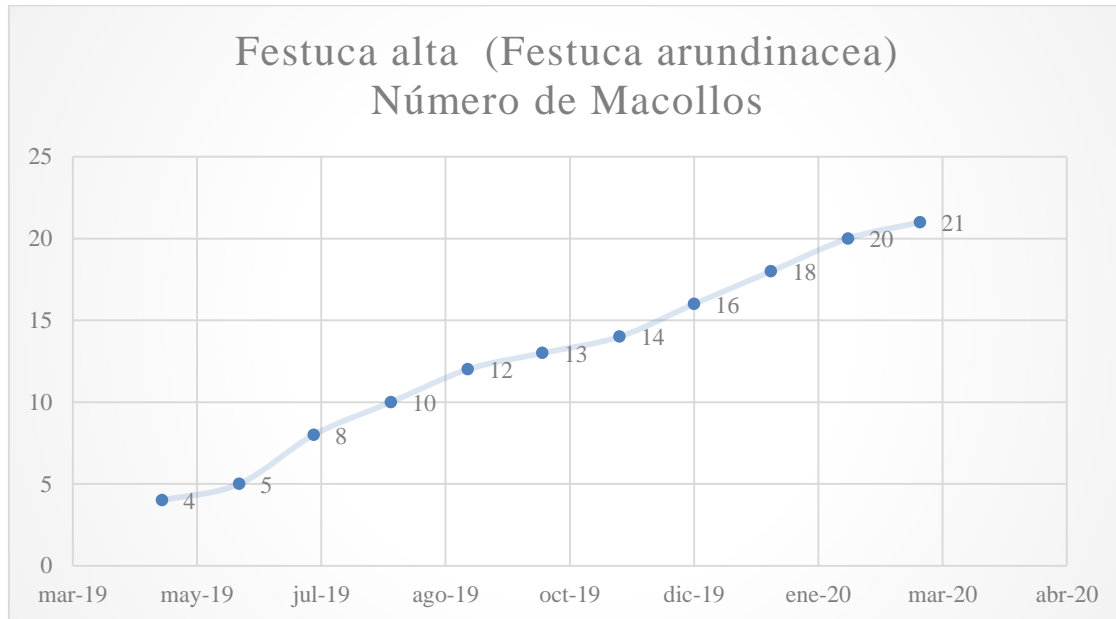
Representación gráfica del promedio general mensual con respecto al parámetro Altura en el pasto *Festuca alta*.

**Análisis:**

Los resultados obtenidos en el pasto *Festuca alta*, con respecto al parámetro “altura”, muestran evidencia de un margen general de crecimiento significativo de cada ejemplar que aborda los 115,0 cm en la última medición realizada en abril del 2020, tomando en cuenta que el promedio general de la altura inicial fue de 12,3 cm. Obteniendo a través de la diferencia de altura promedio un valor de crecimiento de 102,7 cm en el transcurso de los 11 meses con los que se trabajó.

Figura 13.

Representación gráfica del promedio general mensual con respecto al parámetro Macollamiento en la Festuca alta.



Análisis:

Los resultados obtenidos en el pasto Festuca alta, con respecto al parámetro “macollamiento”, muestran evidencia de un margen general de números de macollos significativo de cada ejemplar, que aborda los 21 macollos en el último conteo realizado en abril del 2020, tomando en cuenta que el promedio general de número de macollos inicial fue de 4.

4.3 Determinación de la eficiencia del sistema agroforestal implementado con respecto a la estabilización del talud.

4.3.1. Incremento de cobertura vegetal.

Con la implementación de este sistema agroforestal se ha podido observar durante los 13 meses que duró el proceso de evaluación de las especies, el incremento significativo de una gran variedad de vida vegetal, la misma que está constituida por especies herbáceas como: Zambo (cucurbita ficifolia), Ortiga (urtica), Putzo (acaena avolifolia), Romerillo (hypericum laricifolium), Achicoria (hypochaeris sessilifolia juss), Pasto holco (holcus lanatus L), Muelán (muehlenbeckia tamnifolia), Chulquillo (oxalis lotides), Diente de león, (taraxacum officinalis), Kikuyo (Pennisetum clandestinum), Pasto Milín (Bromus catharticus), Malva

(*Malva silvestris*), Trébol blanco (*Trifolium repens*), Llantén (*Plantago lanceolata*), Raigrás perenne (*Lolium perenne*), entre otras que han logrado cubrir por completo la superficie del suelo.

Este incremento de cobertura vegetal está relacionado con la interacción de las especies implementadas con el talud, el Aliso por ejemplo al incorporar hojarasca al suelo ha reciclado una importante cantidad de materia orgánica y nutrientes a través de la descomposición de sus hojas. (Molina, Medina, & Orozco, 2006)

El efecto de sombra ha sido otro de los factores que ha permitido el incremento de vida vegetal en el talud, esto debido a que su abundante pero no tan denso forraje ha generado un ambiente más fresco, además ha impedido el exceso de luz solar y radiación que esta trae consigo, consiguiéndose de esta manera el medio ideal para la conservación y reproducción de especies otras especies vegetales, sobre todo las herbáceas. (Bell, 1991)

Además, la retención de humedad en el suelo que ha brindado el Aliso, ha sido muy importante para la adaptabilidad del pasto *Festuca Alta* y de las demás especies que se han establecido en el talud, ya que de esta manera las plantas han resistido a climas significativos de calor y han podido desarrollarse en condiciones afables. (Easdale, 1998)

Por otra parte, tal vez el factor más significativo que ha dado paso al incremento de la cobertura vegetal, es el posible incremento de nitrógeno atmosférico en el suelo, el mismo que pudo ser fijado a través de los nódulos radiculares del Aliso, debido a su asociación simbiótica con el actinomiceto *Frankia*. (Carranza & ., 1995), (Reynel, 2010) y (Molina, Medina, & Orozco, 2006)

Cumplidos los once meses de evaluación, se ha podido distinguir el recubrimiento parcial – total de la superficie del suelo perteneciente al área del talud, dicho recubrimiento varía entre un 70 y 100% de cobertura vegetal.

Este porcentaje de cobertura fue determinado a través de la observación minuciosa in situ. El día sábado 18 de mayo del 2020.

4.3.2. Estabilidad del talud.

La acción del sistema radicular de las especies implementadas y de las especies que han crecido ajenas a las seleccionadas, ha reforzado la estructura del suelo formando un mecanismo de anclaje en las discontinuidades.

Como lo señala en su libro *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*, Suárez (1998), se han podido constatar en el talud los efectos de las raíces de las siguiente forma:

Han generado una *unión de los materiales del suelo inestable*, volviéndolo más estable. También se ha formado una especie de red densa entretejida en los primeros 30 o 50 cm del suelo con relación a las especies herbáceas y al pasto Festuca Alta y de más de 1 metro de profundidad con relación a la especie arbórea Aliso, esta red a constituido una membrana que tiende a reforzar la masa de suelo más superficial y profunda, crean la acción de sostén. (Fernández, 2016)

Además los árboles de aliso han generado un fenómeno biomecánico conocido como *apuntalamiento*, el mismo que según Menashe (2001), consiste en el anclamiento y embebimiento de los tallos gruesos o troncos que actúan como pilares, puntales o contrafuertes en las laderas. De esta manera se ha podido contrarrestar la tensión por cizalladura, estos troncos o tallos gruesos han actuado como anclas rígidas, favoreciendo el sostenimiento o restricción lateral contra el movimiento superficial del talud. Por otro lado el sistema radicular del Aliso ha proporcionado al talud el efecto de *arqueo*, el mismo que ocurre cuando el suelo intenta un movimiento a través y alrededor de las filas de árboles, el anclaje generado por el contacto radicular con rocas o profundidades importantes, generan una tensión entre las raíces y la zona anclada evitando el desprendimiento de masas de tierra.

El *peso de la vegetación* según Menashe (2001), es otro de los beneficios aportados por este sistema agroforestal, ya que la acción ejercida por el esfuerzo desestabilizante direccionado hacia debajo de la pendiente y el esfuerzo perpendicular a la pendiente, tiende a incrementar la resistencia al deslizamiento.

Otro de los factores que no se deben de desinteresar es la *infiltración* que es producida por la presencia de porosidades que autogeneran la permeabilidad del suelo, mismas que están ligadas a la presencia de raíces y residuos vegetales. (Fernández, 2016)

La *evapotranspiración* también sostiene un papel muy importante en la estabilidad del suelo, ya que el agotamiento de la humedad por acción de las plantas retrasa la saturación de la misma, al existir una modificación del contenido de humedad del suelo se limita la aparición de esfuerzos cortantes en el suelo por humedad. Árboles grandes individuales pueden absorber entre 100 y 150 litros de agua por día soleado. (Menashe, 2001)

5 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se derivan las siguientes conclusiones.

Para conseguir un resultado efectivo con respecto a la estabilidad del talud ubicado en la vía Cotaló – Chacauco, se ha seleccionado un sistema agroforestal conformado por las especies Aliso (*Alnus acuminata*) y Festuca Alta (*Festuca arundinacea*), las mismas que han sido implementadas en el talud en el mes de marzo del 2019, teniendo como resultado únicamente la muerte de 1 planta de Aliso y 4 pastos de Festuca alta durante los dos primeros meses. La selección de estas especies se ha basado en su caracterización biológica y funcional, la misma que cumple con los requerimientos necesarios para alcanzar los objetivos planteados.

Las distintas condiciones edáficas y climáticas a las que fueron expuestas las especies vegetales han sido las adecuadas, razón por la que se ha llevado a cabo con éxito su adaptabilidad, desarrollo y crecimiento, esto ha sido detallado y verificado en la evaluación mensual de las especies implementadas que se llevó a cabo durante los meses de mayo del 2019 y marzo del 2020 (11 meses); en el Promedio General Mensual del parámetro altura con respecto al Aliso, en donde a través de la diferencia de altura promedio se ha obteniendo un valor de crecimiento de 439.4 cm y a los parámetros altura y macollamiento con respecto al pasto Festuca alta, en donde a través de la diferencia de altura promedio se ha obteniendo un valor de crecimiento de 102.7 cm, además se ha podido obtener un promedio general de 21 macollos en el último conteo realizado en abril del 2020.

La buena adaptabilidad, desarrollo y crecimiento del Aliso y del pasto Festuca Alta ha sido el factor determinante para la muy buena acción y desempeño del sistema radicular de dichas especies y de aquellas consideradas como invasoras, dicho sistema radicular ha generado una especie de red densa entretejida que une materiales del suelo inestable a través de factores biomecánicos y naturales como el apuntalamiento, el arqueo, el peso de la vegetación, la infiltración hídrica y la transpiración vegetal. Factores que han traído consigo resultados esperados como el importante aumento de cobertura vegetal, la estabilidad del talud y la conservación del suelo.

6 RECOMENDACIONES

Generar más investigaciones fundamentadas en el estudio y análisis de la estabilidad de taludes naturales así como también artificiales, a través de la implementación de sistemas forestales o agroforestales, los mismos que estén caracterizados por proveer de una significativa lista de beneficios ambientales, sociales y económicos, direccionados al desarrollo sostenible y sustentable del lugar en donde se los promuevan o implementen.

Expandir la investigación de este proyecto o de otros similares haciendo énfasis en el estudio y análisis de los resultados que se obtienen a partir de su implementación, los mismos que estén relacionados con la conservación, restauración y cuidado de los suelos, sobre todo de aquellos que ya han sido intervenidos y afectados de manera directa o indirecta.

Implementar modelos agroforestales representados por especies vegetales no solo herbáceas y arbóreas, sino también tomando en cuenta especies arbustivas, haciendo de esta manera, que la cobertura vegetal del área tratada obtenga una caracterización florística mucho más relevante e importante con relación a la variedad vegetativa y aquellos impactos positivos que pueden generar este tipo de proyectos.

7 BIBLIOGRAFÍA

Aldana, E. (2008). *Medición Forestal*. Obtenido de Texto para la Carrera de Ingeniería Forestal:

http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/MedF%2520Medici%25c3%25b3n%2520Forestal.pdf

Baker, D., & Schwintzer, R. (1990). The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants. En D. Baker, & S. R, *Introducción* (págs. 1 - 13). San Diego: Academic Press.

Becerra, A., Nouhra, E., Daniele, G., Dominguez, L., & McKay, D. (2003). *Edomycorrhizas of Cortinarius helodes and Gyrodon monticola with Alnus acuminata from Argentina*. Springer - Verlag.

Bell, D. (21-30 de 02 de 1991). *Botánica Argentina*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de DISTRIBUCION DEL BOSQUE DE ALISO DEL CERRO,ALNUS ACUMINATA (BETULACEAE) ENLA PROVINCIA DE TUCUMAN, ARGENTINA: <https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2018/08/21-30004.pdf>

Botero, C., & Dussán, J. (22 de 11 de 2017). *Actualidades Biológicas Universidad de Antioquia*. Recuperado el 20 de 07 de 2020, de La micorrización del aliso *Alnus acuminata* H.B.K. subsp. *acuminata* con suelos nativos y su influencia sobre el crecimiento: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329597>

Canga, J. (1995). *RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y REVEGETACION DE LOS TERRENOS AFECTADOS POR UNA OBRA CIVIL LINEAL*. España: INYPSA.

Carranza, E., & ., X. M. (20 de 02 de 1995). *Conabio*. Recuperado el 20 de 07 de 2020, de *Alnus acuminata*: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf

Chamorro, B. (10 de 05 de 2018). *UPEC Repositorio Digital*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de Evaluación del efecto de dos sistemas silvopastoriles de aliso (*Alnus acuminata*) y acacia (*Acacia melanoxylon*), en la producción de pasturas en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi: <http://181.198.77.143:8080/handle/123456789/607>

De Matteis, A. (08 de 2003). *Geología y Geotecnia* . Obtenido de Estabilidad de Taludes: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

Demagnet, R. (2000). *Praderas y Pasturas*. Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Pastizales en el sur de Chile: http://praderasypasturas.com/rolando/04.-Publicaciones/01.-Publicaciones_Docentes/2000_Pastizales_en_el_Sur_de_Chile.pdf

Días, Á. (24 de 02 de 2011). *Eudomus*. Obtenido de Recuperación de suelos degradados mediante árboles fijadores de Nitrógeno: <https://eudomus.com/recuperacion-suelos-degradados-arboles-fijadores-nitrogeno/>

Digipredios. (02 de 2015). *PDOT*. Recuperado el 03 de 08 de 2020, de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural COTALÓ: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865014890001_GADP_COTALO_PDyOT_FASE_DIAGNOSTICO_14-08-2015_15-03-33.pdf

DPT. (30 de 09 de 2015). *Dirección de Planificación Tungurahua* . Recuperado el 02 de 06 de 2020, de Agenda Tungurahua 2015-2017: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1860000130001_PDF%20AGENDA%20TUNGURAHUA%202015%20-%202017%20baja_30-09-2015_09-15-46.pdf

Duque, G. (2017). *Manuel de Geología para Ingenieros*. Manizales: bDigital.

Easdale, T. (1998). *Crecimiento de 12 especies de arboles pioneros de bosque montano en suelos de cultivos, pastisales, "peladares" y suelos fertilizados*. Río Cuarto, Provincia de Córdoba: Actas de la XXII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal.

ECURED. (7 de 8 de 2017). *Provincia de Tungurahua (Ecuador)*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Provincia_de_Tungurahua_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Provincia_de_Tungurahua_(Ecuador))

Elias, T. (1970). *The Complete Trees of North America*. New York.: Times Mirror Inc.

Escobar, P., Enrique, C., & Duque, G. (2006). *Geotecnia para el Trópico Andino*. Recuperado el 17 de 05 de 2020, de bDigital: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>

Espinel, J. (2012). Movimientos de masas - taludes. En J. Espinel, *Taludes* (págs. Capítulo III 15 - 36). Udep.

- FAO. (2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de FAO.org: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>
- Fernández, J. (2016). La vegetación en taludes. *Obras Urbanas número 54*.
- Ferrari, A., & Wall, G. (2004). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Fac. Agron*, 68.
- Gobierno Constitucional del Ecuador Presidencia de la Republica. (11 de 10 de 2017). *Plan Maestro de Vialidad*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20071219161656/http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/Presentacion%20III%20Andino%20Ecuador.pdf>
- Gómez, A., & Vidal, O. (02 de 2015). *Ministerio de Agricultura*. Obtenido de Marqueo de Plantaciones: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_21.pdf
- Hanan, A., & Mandragón, J. (29 de 08 de 2015). *CONABIO Malezasdemexico*. Obtenido de Festuca Arundinacea: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/festuca-arundinacea/fichas/ficha.htm>
- Hernández, G. (1997). *Degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad*. . Costa Rica: Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia.
- Heuvel, S. V., & Ferrari, C. (2012). *Especies Forrajeras*. Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Festuca: https://sites.google.com/site/especiesforrajeras/especies-forrajeras/http-www-picasso-com-ar-descripcion_festuca-php
- Igual, J., Valverde, A., Peix, A., Regina, I. S., & Rodríguez, C. (2006). Fundación de Nitrógeno Fundamentos y Aplicaciones. En J. Igual, A. Valverde, A. Peix, I. S. Regina, & C. Rodríguez, *La Simbiosis Actinorrícica* (págs. 232 - 243). FNFA.
- JRA. (05 de 1984). *La Asociación de Carreteras de Japón*. Recuperado el 17 de 05 de 2020, de <http://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Recursos Forrajeros de Clima Templado. En R. León, N. Bonifaz, & F. Gutiérrez, *Pastos y Forrajes del Ecuador - Siembra y producción de pasturas* (págs. 146 - 147). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Menashe, E. (2001). *Bio-Structural Erosion Control*. Obtenido de Bio-Structural Erosion Control: Incorporating Vegetation Into Engineering Designs to Protect Puget Sound Shorelines:

https://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregado/Cap%203%20papel%20vegetaci%F3n%20libro%20erosi%F3n.pdf

Molina, M., Medina, M., & Orozco, H. (30 de 01 de 2006). *RCCP Revista Colombiana de Ciencias Pecuarías*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (*Alnus acuminata*) en sistemas silvopastoriles: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295022976005.pdf>

MTOP. (2018). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Recuperado el 02 de 06 de 2020, de Al cierre de 2018, MTOP proyecta una inversión de más de USD 4 mil millones hasta 2021: <https://www.obraspublicas.gob.ec/al-cierre-de-2018-mtop-proyecta-una-inversion-de-mas-de-usd-4-mil-millones-hasta-2021/>

Naturalista. (24 de 09 de 2008). *Colombia.inaturalist*. Obtenido de Pasto Milin (*Phalaris tuberosa*): <https://colombia.inaturalist.org/taxa/404791-Phalaris-tuberosa#Descripción>

Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (09 de 2014). *Repositorio Institucional del IIAP*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de Manual de descripción de cuatro especies maderables de bosques del distrito Molinopampa, Amazonas - Perú para producción en viveros forestales: <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/349>

Oropeza, O. (2007). *INECC*. Obtenido de Pendiente del Terreno: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/download/130/124/455-1?inline=1>

Ospina, P., Alvarado, M., Brborich, W., Camacho, G., Carrión, D., Chiriboga, M., . . . Torres, A. L. (2011). *Dinámicas Territoriales Rurales*. Recuperado el 02 de 06 de 2020, de Tungurahua rural: el territorio: http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1366306801N702011OspinaAlvaradoHollensteinetalTungurahuaterritoriosenderosbifurcan.pdf

Parra, E. (11 de 2010). *SlideShare*. Recuperado el 20 de 05 de 2020, de La Revegetación: <https://es.slideshare.net/aironjay4/la-revegetacin>

Pelileo, T. (2016). *Parroquia Cotaló*. Pelileo.

Pérez, M. (25 de 03 de 2014). *Repositorio Digital UTN*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de Efecto de la poda en el crecimiento dendrométrico de cuatro especies forestales: Cedro Cedrela montana Moritz ex Turcz, Aliso Alnus acuminata HBK, Sangre de drago Croton sp y Pino Pinus radiata D. Don, en y sin asocio con uvilla Physalis peruviana L.: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2692>

Pita, M. (1996). El Pasto Milín. En CARE, IIRR, & LWR, *Manual de Prácticas Agroecológicas de los Andes Ecuatorianos* (págs. 76-77). Quito: Abya - Yala.

Ramírez, H. (2011). *Praderas y Pasturas*. Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Producción de Festuca arundinacea Schreb. sembrada sola y en mezcla con Dactylis glomerata L. en un andisol de la región de la Araucana: http://praderasypasturas.com/files/menu/tesis/mezclas_especies_forrajeras/Hctor_Alejandro_Ramrez_Fonseca.pdf

Rey, A. M. (07 - 09 de 2014). *SciELO*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de Efecto del medio de soporte en la estabilidad biológica de dos cepas de Frankia aisladas de Alnus acuminata H. B. K.: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000300008

Reyes, A. (2006). *Praderas y Pasturas*. Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Efecto de la frecuencia e intencidad del pastoreo primaveral en el rendimiento de una pastura permanente: http://praderasypasturas.com/rolando/02.-Tesis/09.-Manejo_de_Pastoreo/05.-Antonella_Reyes.pdf

Reynel, C. (2010). ÁRBOLES DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES ANDINOS. *ECOBONA - INTERCOOPERACIÓN*, 22 - 24.

Romero, O. (1982). *INIA Biblioteca*. Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Comportamiento de dos especies gramíneas en secano: Pasto Ovillo y Festuca (Milín): <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR10603.pdf>

Sabio, A. X. (1121 - 1284). *Ataun*. Obtenido de Las Siete Partidas: <http://www.ataun.eus/BIBLIOTECAGRATUITA/C1%C3%A1sicos%20en%20Espa%C3%B1ol/Alfonso%20X/Las%20siete%20partidas.pdf>

Scheneiter, O. (2005). *Producción Animal*. Obtenido de MAanejo de Pasturas de Festuca Alta: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/40-manejo_festuca.pdf

Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. En J. Suárez, *Vegetación y Bioingeniería* (págs. 275 - 301). Colombia - Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda. .

Traxco. (25 de 07 de 2013). *Componentes para sistemas de riego Pivot*. Obtenido de RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS: <https://www.traxco.es/blog/labores-del-campo/recuperacion-suelos-agricolas>

Valeriano, F. (2015). *epositorio.unap.edu*. Obtenido de Caracterización de geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del Cerro Espinal Juliaca: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2297/Veleriano_Nina_Fredy_Alonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valiente, R., Sobrecases, S., & Días, A. (13 de 01 de 2017). *Riunet*. Obtenido de Estabilidad de taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Werner, D. (1992). Symbiosis of plants and microbes. En D. Werner, *Symbiosis of plants and microbes* (pág. 389). Cambridge: Chapman & Hall.

Zubiri, E., & Canais, R. (2009). *Herbario de la Universidad Publica de Navarra* . Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica: https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Fest_arun_p.htm

8 ANEXOS

Anexo No. 1. Levantamiento de datos en campo.

Anexo 1.1. Medición del Talud.



Anexo 1.2. Recolección de información.



Anexo No. 2. Estado del talud antes de la implementación del proyecto.



Anexo No. 3. Evaluación mensual del crecimiento de las dos especies.





Anexo 3.2. Parámetro DAP.





Anexo 3.3. Parámetro Ancho de Copa.



Anexo No. 4. Estado actual del Talud.





Anexo No. 5. Aval del traductor.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor egresado de la **CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: MARIÑO EGAS CHRISTIAN SANTIAGO**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AGROFORESTAL CON UNA ESPECIE ARBÓREA (ALNUS ACUMINATA) Y UNA ESPECIE DE PASTO (FESTUCA ARUNDINACEA) PARA LA ESTABILIDAD DE UN TRAMO DEL TALUD EN LA VÍA COTALÓ – CHACAUCO UBICADA EN EL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

MSc. Alison Mena Bartheletty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252



CENTRO
DE IDIOMAS

www.ute.edu.ec

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel. (03) 2252346 - 2252307 - 2252205