UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

IDENTIFICACIÓN DE DOS ESPECIES FORESTALES QUE MEJOREN LAS CARACTERÍSTICAS DE INFILTRACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RIO PINDO

AUTOR(ES):

Marvi Licuy Chimbo

Zully Margarita López Grefa

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Andrea Carolina Beltrán Conlago

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

IDENTIFICACIÓN DE DOS ESPECIES FORESTALES QUE MEJOREN LAS CARACTERÍSTICAS DE INFILTRACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RIO PINDO.

AUTOR(ES):

Marvi Licuy Chimbo

Zully Margarita López Grefa

DOCENTE - TUTOR:

MSc. Andrea Carolina Beltrán Conlago

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título presenta claramente la idea principal del trabajo.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	En el resumen se aborda los aspectos relevantes del trabajo dando a conocer el alcance, los objetivos, resultados y la metodología utilizada.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	La introducción desarrolla una visión general desde lo macro hacia lo puntual, respaldando con argumentos metodológicos y científicos.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	La revisión bibliográfica del trabajo está relacionada con los objetivos propuestos, que además sirven de argumento y respaldo al método utilizado.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	La metodología planteada es apropiada y corresponde al tema y objetivos, que permite un adecuado procesamiento de la información.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	La presentación de los resultados es ordenada y secuencial de acuerdo a la metodología y objetivos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	En las conclusiones se redacta lo relevante de la investigación y mantiene coherencia con los objetivos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Cumple con la normativa.
VALORACIÓN TOTAL	89/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**89/100**

Atentamente,



Dr. Edison Samaniego Guzmán PhD.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO: Identificación de dos especies forestales que mejoren las características de infiltración en la cuenca alta del rio Pindo.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	Cumple parcialmente. Se debe tener la capacidad para resumir la investigación y cumplir con la inclusión de: introducción, objetivo, metodología, resultados y discusión. La introducción del resumen es muy larga según lo recomendado en la primera revisión. Aún debe mejorar la sintaxis.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	Cumple parcialmente. En general, aún mantiene problemas con parafraseo y sintaxis en los párrafos. La cita de Alvarado 2017 no está clara La de Rivera & Delgado (2018) no está clara Aún no existe un estudio del arte adecuado, según las recomendaciones
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	10/15	Cumple parcialmente. En general, aún necesita trabajar en la sintaxis. En el primer párrafo del "diseño de la investigación" no consideró los cambios realizados. En este párrafo se trabajó de manera efectiva para mejorar la sintaxis. Así, visualizar como ejemplo que puede mejorar su sintaxis para todo su documento

		Se indicó que la tabla denominada “Datos dasométricos de las especies seleccionados” debía ir en resultados La tabla denominada “Tipos de suelo y cobertura” la columna 3 tiene errores que no hubieron en la primera revisión En la sección: “Procedimiento preliminar para determinar la textura del suelo” tiene un párrafo de 18 lineas! Se recomendó realizar párrafos de 7-12 lineas.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	20/25	Cumple parcialmente. En general, aún necesita trabajar en la sintaxis. En la primera revisión se comentó: "La discusión está enfocada a comparar nuestros resultados con el de otros autores y poder interpretar" En este sentido, se debe enfocar en mejorar sus discusiones, que en conjunto con sus resultados son las partes más importantes de la tesis.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	7/10	Cumple parcialmente. Falta aún desarrollar una conclusión efectiva que permita reflexionar sobre los resultados más importantes de la tesis
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple, pero aún existen pocas citas que corregir
VALORACIÓN TOTAL	80/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	80/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
CLAUDIO FERNANDO CRESPO RAMIREZ

Claudio Fernando Crespo Ramírez

Dado en la ciudad de Puyo, a los 8 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE FORESTAL

Puyo, 03 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Marvi Licuy Chimbo, con C.I. "2200535033, con el Tema: **"Identificación de dos especies forestales que mejoren las características de infiltración de la cuenca alta del rio Pindo"**, de la carrera de Ingeniería Forestal.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Beltran Conlago Andrea Carolina, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%.

Informe generado con fecha 03 de marzo de 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ANDREA CAROLINA
BELTRAN CONLAGO

Beltran Conlago Andrea Carolina

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Segunda ronda Articulo Final 02 marzo 2023 (1 1).docx (D159987144)
Submitted	3/3/2023 12:38:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ac.beltranc@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	ac.beltranc.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001#:~:text=(2003)%... Fetched: 3/3/2023 12:45:00 PM	7
W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692018000300366 Fetched: 11/25/2021 8:20:19 PM	5
W	URL: https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/download... Fetched: 1/11/2023 8:25:39 PM	2

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE FORESTAL

Puyo, 03 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Zully Margarita López Grefa, con C.I. "1600628117, con el Tema: **"Identificación de dos especies forestales que mejoren las características de infiltración de la cuenca alta del rio Pindo"**, de la carrera de Ingeniería Forestal.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Beltran Conlago Andrea Carolina, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%.

Informe generado con fecha 03 de marzo de 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ANDREA CAROLINA
BELTRAN CONLAGO

Beltran Conlago Andrea Carolina

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Segunda ronda Articulo Final 02 marzo 2023 (1 1).docx (D159987144)
Submitted	3/3/2023 12:38:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ac.beltranc@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	ac.beltranc.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001#:~:text=(2003)%... Fetched: 3/3/2023 12:45:00 PM	7
W	URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692018000300366 Fetched: 11/25/2021 8:20:19 PM	5
W	URL: https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/download... Fetched: 1/11/2023 8:25:39 PM	2

Identificación de dos especies forestales que mejoren las características de infiltración de la cuenca alta del rio Pindo

Forest species that improve infiltration characteristics of the upper Pindo riverbasin.

Marvi Licuy Chimbo 1[1]
for2017142@uea.edu.ec

Zully Margarita López Grefa 2[2]
for2017141@uea.edu.ec

Andrea Carolina Beltran Conlago , M.Sc[2]
ac.breltranc@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad ciencias de la tierra Carrera de Ingeniería forestal

Resumen

La importancia de las especies forestales radica en el proceso de conservar los recursos hídricos puesto que actúan como generadores de oxígeno y a su vez permiten el control de la erosión del suelo y la protección de la biodiversidad. En la actualidad se evidencia el desgaste del suelo por las diferentes actividades agrícolas e industriales, las cuales limitan la expansión de la frontera agrícola y afecta a los ecosistemas. El presente estudio tiene por objetivo, identificar dos especies forestales que mejoren las características de infiltración de la cuenca alta del rio Pindo ubicado en el sector Luz Adriana, parroquia Shell, cantón Mera, provincia de Pastaza, poniendo en práctica través de recolección de datos de campo si las especies Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*) presentan condiciones óptimas para mejorar el proceso de infiltración. La metodología fue de tipo cuantitativa con el afán de conocer las características dasométricas, para lo cual se realizaron pruebas de infiltración con el uso del infiltrómetro doble, análisis de textura de suelo, humedad, densidad aparente y densidad de raíces del suelo; datos que a través del análisis cualitativo, permitieron establecer las características de cada especie estudiada lo cual se logró a través del enfoque descriptivo por cuanto se pudo fundamentar bibliográficamente las variables de investigación a través de la

consulta de varias fuentes bibliográficas, medios digitales entre otras. Los resultados obtenidos permitieron conocer la capacidad de infiltración estudiado entre dos especies forestales, determinando que las mismas son favorables, porque ayudan a mejorar las características de infiltración y se adapta fácilmente al tipo de suelo franco, siendo las especies Pigue (*Piptocoma discolor*) y el Guarumo (*Cecropia peltata*) las que presentaron condiciones favorables y optimas, lo cual permite contar con información técnica para considerar las especies estudiadas en procesos de reforestación y enriquecimiento de espacios descubiertos de vegetación.

Palabras claves: *Especies forestales**,** infiltración de agua, características dasométricas*

Abstract

The importance of forest species lies in the process of conserving water resources because they act as oxygen generators and in turn help control soil erosion and protect biodiversity. At present, soil erosion is evidenced by the different agricultural and industrial activities, which limit the expansion of the agricultural frontier and affect ecosystems. The objective of this study is to identify two forest species that improve the infiltration characteristics of the upper basin of the Pindo river located in the Luz Adriana sector, Shell parish, Mera canton, Pastaza province, putting into practice through field data collection if the species Pigue (*Piptocoma discolor*) and Guarumo (*Cecropia peltata*) present optimal conditions to improve the infiltration process. The methodology was quantitative in order to know the dasometric characteristics, for which infiltration tests were carried out with the use of a double infiltration meter, soil texture analysis, moisture, bulk density and soil root density; data that through qualitative analysis, allowed establishing the characteristics of each species studied, which was achieved through the descriptive approach because the research variables could be bibliographically based through the consultation of several bibliographic sources, digital media, among others. The results obtained allowed to know the infiltration capacity studied between two forest species, determining that they are favorable, because they help to improve the infiltration characteristics and adapt easily to the type of loam soil, being the species Pigue (*Piptocoma discolor*) and Guarumo (*Cecropia peltata*) the ones that presented favorable and optimal conditions, which allows to have technical information to consider the species studied in reforestation processes and enrichment of bare vegetation spaces.***Keywords:*** *Forest species, water infiltration, dasometric characteristics.*

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor de todo el mundo el cambio climático ha alterado la regulación del ciclo del agua y las características de los recursos hídricos, lo que provoca sequías en algunas áreas e inundaciones (Martínez & Villalejo, 2019). Investigaciones realizadas han demostrado que la conservación adecuada de bosques nativos, así como la restauración de ecosistemas forestales dañados y degradados, pueden desempeñar un papel protector y amortiguadorfrente a los efectos del cambio climático (Rodríguez, 2021).

Los bosques tienen la capacidad de interceptar y evaporar mayor cantidad de agua que otro tipo de vegetación, además a través de sus sistemas deraíces más profundas pueden captar mayor cantidad de agua que los de otro tipo de vegetación, a través del proceso de filtración, mejoran la calidad del agua, siendo este proceso de mayor importancia a partir de la crisis del agua, que afecta a granparte de la población mundial (García, 2019). Situaciones como la tala de árboles conduce a la compactación y erosión del suelo, a la disminución de la transpiración, a la reducción dela infiltración y, por ende, al aumento de la escorrentía lo que favorece a su vez la ocurrencia de eventos de inundaciones, razón por la cual la reforestación de esas áreas a través del uso de árboles puede contribuir a reducir las inundaciones, disminuyendo su afectación (Huerta, 2018).

Las características del suelo están relacionadas con la textura, la estructura, vegetación y capacidad de infiltración, se relaciona con numerosos vegetales que indican la textura, aunque es un factor menos significativo que la vegetación (Alvarado, 2017). Las características indicadas influyen en la variabilidad del caudal de la cuenca del rio, ya que estos son situaciones de amenaza en el curso hídrico como inundaciones, deslizamiento de la tierra y posibles erosiones que desgastan la textura del suelo.

La infiltración de agua en el suelo es muy importante, porque de ahí se componen las fases del suelo, ya sea liquida, sólida y gaseosa, teniendo en cuenta que el agua compone la fase liquida del suelo y sin esta el suelo estaría muerto, ya que en el suelo solo existe rocas y aire que son los componentes de la fase sólida y gas (Ubeda & Rivera, 2018). El proceso por el cual el agua circula a través del perfil del suelo (desde la superficie terrestre hacia abajo) reponiendo la humedad del suelo, recargando los

acuíferos y manteniendo el caudal de los ríos durante los periodos de estiaje (Ruiz & Martínez, 2016).

Recuperar el suelo es muy importante para restaurar de forma exitosa el ecosistema, que fue espacio de minería, acerca del proceso de infiltración de agua y el fluido de preferencia en el suelo manifiesta que son características de significativa importancia, pero sus estudios son escasos (Vásconez & Torres, 2018). El estudio de Lozano, Olazo, & Castañeda (2020) de forma específica se centra en el estudio de los efectos de las especies forestales sobre la infiltración del agua en el suelo, para el efecto selecciona tres especies de árboles (aliso, roble y abeto), el parámetro hidráulico del suelo fue la conductividad de campo (K s), la capa superior se lo hizo en base a la especie aliso (valor medio de $6{,}9 \times 10^{-5\ ms-1)}$ y más baja bajo abeto (valor medio de $1{,}9 \times 10^{-5} ms^{-1}$), por consiguiente concluye que los árboles si influyen en la infiltración y el flujo preferencial en el suelo, por la estructura de sus raíces y por la calidad de sus hojas.

Medir la infiltración de forma directa, aún sigue siendo complicado, debido a las integración de diversos y múltiples factores, sin embargo existen diversas maneras para realizar las mediciones en pequeños espacios de suelo, ya sean parcelas de escurrimiento, mediante instrumentos adecuados, tales como; el infiltrómetro y simulador de agua lluvia, las ultimas facilitan controlar de forma experimental la intensidad de lluvia aplicada, en condiciones de campo y poder realizar un número indeterminado de repeticiones inclusive se puede estimar el desgaste del suelo (Carnero, 2018).

Dentro del contexto anterior Fernández & Carrillo (2021) exponen que para realizar una efectiva medición del proceso infiltración, se aplica ecuaciones que permitir predecir el estado del suelo, las cuales, al cabo de 50 años han sido validadas como método de infiltración altamente suficientes.

La capacidad de infiltración está en gran parte controlada por la resistencia de la capa superficial del suelo, a la penetración del agua al comienzo de la precipitación; numerosos datos experimentales, muestran que hay una marcada variación de la capacidad de infiltración para el mismo suelo, con la misma profundidad de penetración, diferentes tipos de cobertura y diferentes tratamientos de la superficie del suelo. También la capacidad de infiltración se puede medir por la influencia específica de la

conductividad hidráulica (CH) y la intensidad de lluvia aplicada, el contenido de arena, limo y arcilla; el contenido de materia orgánica y la pendiente de la superficie del suelo, el micro relieve, el grado de cobertura del suelo (Castiglion & Marquez, 2018).

Conservar la vegetación incide directamente en el proceso de infiltración para evitar la erosión del suelo, y mejorar la absorción y almacenamiento del agua, se forma una especie de esponja (Úbeda & Delgado, 2018). Por otra parte, las raíces aportan en el proceso con sus restos generan macroporos, facilitando a que el agua circule a mayor velocidad y, más importante, por donde puede salir el aire atrapado en el suelo favoreciendo la circulación del agua y el drenaje hacia horizontes inferiores (Zapata & Manzano, 2008). En cierta medida las raíces de los árboles y arbustos modifican la topografía de su entorno, elevándola en torno al tronco y aumentando las fisuras y otros poros gruesos en esa zona. La infiltración promedio crece con la intensidad de precipitación, debido a una extensión mayor de la zona saturada por encharcamiento y la extensión de esta zona saturada por la lámina de escorrentía recién formada (Alvarado, 2017).

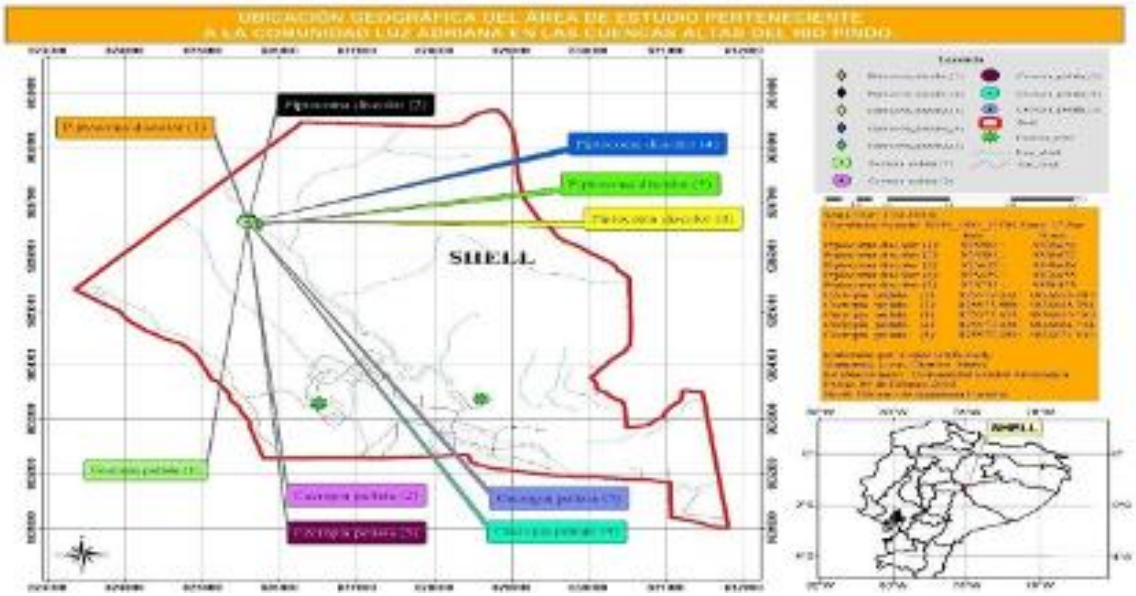
Considerando estos aspectos la presente investigación tiene como objetivo identificar dos especies forestales que mejoren las características deinfiltración en la cuenca alta del rio Pindo, con el propósito de conservar las fuentes hídricas y garantizar un agua de calidad. Puesto que, al identificar la densidadóptima de la planta y determinar que esta presenta capacidades de infiltración favorables, resulta factible realizar procesos de reforestación y enriquecimiento de espacios descubiertos de vegetación a través de estas especies, siempre y cuando estas demuestrencondiciones favorables lo cual pretende investigar el presente estudio.

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

El área de estudio se efectuó en la cuenca alta del río Pindo en el sector Luz Adriana, parroquia Shell, cantón Mera de la provincia de Pastaza, ubicado a 1083 msnm. Sus características climáticas presentan con una temperatura máxima mensual de 28.4°C, y con una precipitación media mensual de 452.1 mm Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial (PDOT Shell, 2018) y Dirección de Aviación Civil (DAC, 2014)

Fig. 1 *Mapa de ubicación geográfica del área de estudio.*



2.2 Diseño de la investigación

La metodología de la presente investigación es de tipo mixto, de tipo cuantitativo por la recopilación de datos *in situ* en las que se consideró datos tomados en campo para determinar las pruebas de infiltración, análisis de textura de suelo, humedad, densidad aparente y densidad de raíces del suelo en base a cálculos para determinar la eficiencia de las especies forestales y de tipo cualitativo donde se permitieron estableces las características de cada especie estudiada y un enfoque descriptivo por cuanto se pudo fundamentar bibliográficamente las variables de investigación como las características de los procesos de infiltración, densidad de raíces, textura, humedad y densidad aparente del suelo, existentes en la cuenca alta del río Pindo.

El presente trabajo se basó en parte de revisión bibliográfica para lo cual se realizó una extensa búsqueda de documentos académicos que incluyeron artículos científicos, capítulos de libros, libros y tesis digitales disponibles en distintas bibliotecas virtuales, repositorios institucionales y bases de datos en línea, que contengan información de especies forestales con capacidad de infiltración, proceso de infiltración, densidad de raíces, textura, humedad y densidad aparente del suelo.

La búsqueda de publicaciones fue realizada en línea para lo cual se utilizaron en esta revisión los buscadores Google Scholar, así como aquellos disponibles en

repositorios digitales como SciELO y ResearchGate. Adicionalmente, se amplió la búsqueda en revistas científicas especializadas como Google Académico, Revista journal y en los repositorios digitales de las investigaciones.

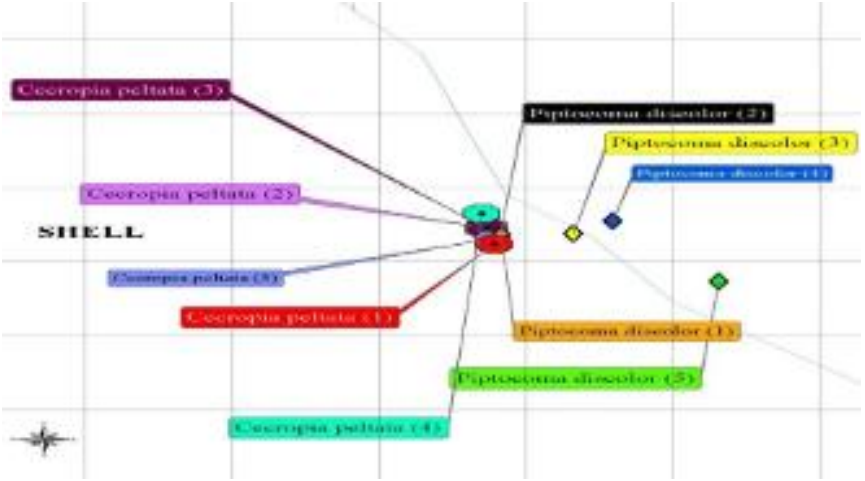
2.3 Métodos de investigación

La presente investigación se basó en la selección de dos poblaciones de árboles con mayorabundancia, tomando en consideración el inventario realizado en las cuencas del río pindo en la cual se identifican como especies más representativas a las especies: Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*), descritos en la tabla 1.

2.4 Delimitación del área de estudio

La delimitación del área de estudio se realizó mediante el muestreo de tipo aleatorio seleccionando las dos especies forestales con mayor abundancia en la zona tomando como base el inventario realizado por (Santi, 2013) en la cuenca del río Pindo. Para el estudio de la capacidad de infiltración en el sector Luz Adriana ubicado en la cuenca alta del rio Pindo, se seleccionaron aleatoriamente las especies antes mencionadas tomando en cuenta las características fenotípicas y la distancia a la cuenca hídrica, lo cual se seleccionaron cinco individuos por especie y cada una con sus respectivas coordenadas recopiladas con la aplicación móvil gps (Gps Essential).

Fig. 2. *Ubicación de las especies forestales* Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*), *seleccionadas en el área de estudio*



2.5

Características dasométricas

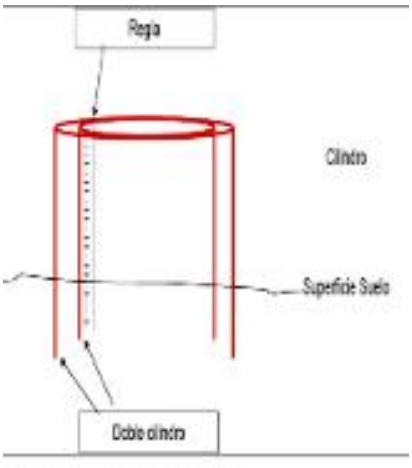
Para determinar las características dasométricas se tomó el diámetro a la altura del pecho (DAP) con una cinta métrica, la altura total mediante la aplicación móvil clinómetro forestal, considerando que la aplicación permite medir cualquier ángulo vertical. **Ver anexo tabla 1**

2.2.1 Pruebas de Infiltración

Para realizar la prueba de infiltración se utilizó la técnica de infiltrómetro doble, conformela metodología propuesta por (Bouwer, 1961) mediante la cual se procedió a limpiar el área con una pala sin alterar la composición del suelo, se ubicó el infiltrómetro doble a una profundidad de 10 a 15cm en el suelo. Para evitar la fuga de agua de la base del infiltrómetro se procedió a realizar un surco en la base del cilindro infiltrómetro, como señala (San Martin , 2022), Figura 3. Una vez instalado el infiltrómetro de doble anillo con la respectiva regla se procedió a llenar un volumen inicial de agua, seguidamente se comenzó a registrar los datos de la medida de la infiltración vertical, con una altura inicialde 17cm y se tomaron los datos de infiltración utilizando el cronometro cada 0,1,2,3,45,10,15,20,30,45,60,17,90,120,150,180 minutos. considerando un tiempo de treshoras, cuando los niveles de infiltración se encontraban bajo los 5cm se aplicó el procedimiento de relleno en base a la necesidad hasta alcanzar los 180 minutos de la prueba en mención.

2.2.2 Instalación en el campo

Fig. 3: *Modelo de doble infiltrómetro*



Instalación en campo de cilindro infiltrometro doble.

Con los datos obtenidos para su análisis se consideró realizar graficas de doble entradas tanto para la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) como Guarumo (*Cecropia peltata*) de lainfiltración acumulada y la velocidad de infiltración. Según el postulado de (Horton, 1939) donde se establece la curva de infiltración máxima en un promedio de tiempo.

2.2.3 Cálculos matemáticos

Para determinar la velocidad de infiltración se aplicó la metodología de acuerdo a la ecuación de Kostiakov (1932), que se aplica para la infiltración por ser uno de los más utilizado actualmente para determinar datos de cálculos de la velocidad de infiltración, mediante la siguiente ecuación:

$$I = K \times T^{n} - 1 < n < 0 \quad (1)$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración instantánea

T = Tiempo en minutos.

K = Constante que representa la velocidad de infiltración en el primer minuton = Pendiente de la curva de velocidad de infiltración con respecto al tiempo.

El valor k se lo obtiene al graficar la recta en papel logarítmico determinado por la intersección de la recta con la ordenada en el primer minuto y n corresponde a la pendiente negativa entre el incremento en cm con su correspondiente incremento en tiempo en el primer minuto n=Δy/Δx. A. Cálculos para el modelo de Horton

Para estimar la curva de capacidad infiltración, se aplicó el modelo de Horton desarrollada en 1939, a continuación, la ecuación para estimar su valor:

$$\boldsymbol{F = fc + (fo - fc).\, e^{-K \cdot t}} \quad (2)$$

Donde

F: Capacidad de infiltración en un tiempo t (mm/hr).

Fc: Capacidad de infiltración para un tiempo t muy grande (mm/hr). Es la capacidad de

equilibrio, obtenida cuando el suelo está completamente saturado.
Fo: Capacidad de infiltración inicial, t=0.
(mm/hr).
e: Constante Euler 2.718
t: Tiempo trascurrido desde el inicio de la lluvia (min).
K: Constante para un suelo y superficie particulares. (min^{-1})

Seguidamente, se procedió a realizar los cálculos diferenciales para estimar la capacidad de infiltración tanto para la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*). Para establecer el tipo de suelo se consideró, el tipo de vegetación presente y contenido de materia orgánica, considerándolo así un suelo de tipo arcilloso con materia orgánica, definido el tipo de suelo se ubicó el valor de la constante universal mediante la tabla 4 para el modelo de (Horton, 1939).

Tabla 2. *Tipos de suelo y cobertura*

Tipo de suelo	fo (mm/hr)	fc (mm/hr)	k (min^{-1})
Desnudo	280	6 - 220	1,6
Agrícola estándar con materia orgánica	900	20 - 290	0,8
Pantanoso	325	feb-20	1,8
Arenoso fino desnudo	210	feb-25	2
Arcilloso con materia orgánica	670	oct-30	1,4

Fuente: (Hidrologia Ambiental, 2004)

2.6 Procedimiento preliminar para determinar la textura del suelo

Para determinar la textura se aplicó la metodología en cruz, mediante la cual se divide en 4 cuadrantes en cruz donde se toma la muestra de los cuadros iguales y se realizó la mezcla de las muestras (Mendoza & Espinoza, 2017). Utilizando esta metodología se recolectó 1 muestra compuesta de 226.80gr de suelo por individuo, en total se colectaron 10 muestras compuestas. En el laboratorio las muestras fueron colocada en unas bandejas plásticas cubiertas con papel periódico durante 4 días para su secado bajo sombra, una vez secada se procedió a retirar la materia orgánica del suelo, seguidamente se procedió a triturar el suelo, la cual fue pasada por un tamizador hasta

obtener un material fino. Seguidamente se pesó 40g de suelo con la ayuda de una balanza digital y luego colocada en un vaso de precipitación con 100ml de solución de calgón dejándolo en reposo por 24 horas.Transcurrido el tiempo se colocó las muestras en los vasos de dispersión por 10 minutos, al cual se le adicionó agua destilada hasta los 2/3 de volumen. Seguidamente se traspasó a una probeta de sedimentación con rellenos de agua destilada a 1000ml, inmediatamente con un hidrómetro agitamos por unos 20 segundos, y esperamos 40 segundos para hacer la primera lectura del hidrómetro y la temperatura, y así sucesivamente pasado las 2 horas realizamos el mismo proceso.

Para el efecto de la determinación de la textura del suelo se efectuó en base al método de Bouyoucos (1962), cuya expresión de resultados se lo hace mediante la siguiente ecuación:

$$C\% = \frac{R + (0.36 \text{ x } (20 - T) - (0.36 \text{ x } (20 - T)}{\text{Peso de la muestra}} \text{ x } 100$$

Donde

C (%): porcentaje de la suspensión a una dada lectura.

R: lectura del hidrómetro en cada momento escogido.

RL: lectura del blanco.
T: temperatura.
0.36: factor (divisiones del hidrómetro)

2.7 Análisis de la densidad y humedad

Para determinar la densidad y humedad se procedió a tomar 3 muestras de suelo mediante un cilindro metálico de 5cm de alto y 5cm de diámetro, tanto de la especie (*Piptocoma discolor*) y (*Cecropia peltata*), estableciéndose así un total de 15 muestras por especie, las muestras fueron envueltas en papel aluminio, debidamente etiquetados para evitar la pérdida de humedad. Y se procedió a llevar al laboratorio para su secado. La muestra considero tanto su peso húmedo y peso seco tras el secado en la estufa durante 24 horas a una tempera de 105°C, con los pesos registrados se calculó la densidad aparente mediante la siguiente ecuación propuesta por (Mendoza, *et al*, 2017).

$$Da = \frac{Mss\ (g)}{V\ (cm)^3} \qquad (4)$$

Dónde:

Da = densidad aparente del suelo

Mss = masa o peso del suelo

secoV = volumen del cilindro

Para calcular la capacidad de campo se empleó la siguiente fórmula según (Ojeda, *et al* ,2018):

HP%CC = (Peso Fresco a CC − Peso Suelo Seco)/ Peso Suelo Seco ∗ 100 (4)

Donde:

HP%= Contenido de agua en

pesoCC= Capacidad de campo

2.8 Análisis de la densidad de raíz

Para determinar la densidad de raíces se procedió a tomar 3 muestras de suelo mediante un cilindro metálico de 5cm de alto y 5cm de diámetro, tanto de la especie Pigue como Guarumo, estableciéndose así un total de 15 muestras por especie, una vez tomadas las muestras se procedió a llevar al laboratorio para su secado mediante la estufa durante 24horas una tempera 180°C, posterior se empezó a retirar las raíces de los cilindros y colocados en papel milimétrico para la respectiva medición de longitud y conteo de nodos.

Para determinar la longitud de la raíz, se utilizó la fórmula de Newman (1965), que se muestra a continuación:

$$R = \frac{\pi \; x \; N \; x \; A}{2 \; H} \quad (5)$$

Donde:

R = longitud de raíces (cm);

N: número de intercepciones;

A: Área de la superficie donde están distribuidas las raíces (cm^2);H: Longitud total de las líneas de referencia

Para determinar el volumen de la muestra se consideró la medida del diámetro interno del 5 cm y la altura de 5 cm cilindro metálico, conforme la siguiente ecuación:

Donde

V: Volumen (cm^3) $V = \frac{\pi r^2}{2}$ (6)

Por último, la densidad longitudinal de raíces fue determinada por la siguiente ecuación:

$$Lx = \frac{\text{Longitud de raíces (R)}(cm)}{\text{Volumen de la muestra (V)}(cm^3)} \quad (7)$$

3. RESULTADOS Y DISCUCIONES

3.1 Velocidad de Infiltración

Una vez realizado los trabajos de campo y aplicando la metodología del doble anillo del cilindro infiltrómetro detallada anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados como se observa en las siguientes tablas 5.

Tabla 3: *Velocidad de infiltración y la capacidad de infiltración de las especies* Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*).

Especies	Individuo	Velocidad de Infiltración (cm/min)	Capacidad de infiltración (mm/h)
Pigue (*Piptocoma* discolor)	1a-1b	0,033940897	36
Pigue (*Piptocoma* discolor)	1c-1d	0,01414204	20
Pigue (*Piptocoma* discolor)	1e	0,031112489	28
Guarumo (*Cecropia peltata*)	2g-2h	0,025455673	23
Guarumo (*Cecropia peltata*)	2f-2j	0,024041469	27
Guarumo (*Cecropia peltata*)	2i	0,017818971	27

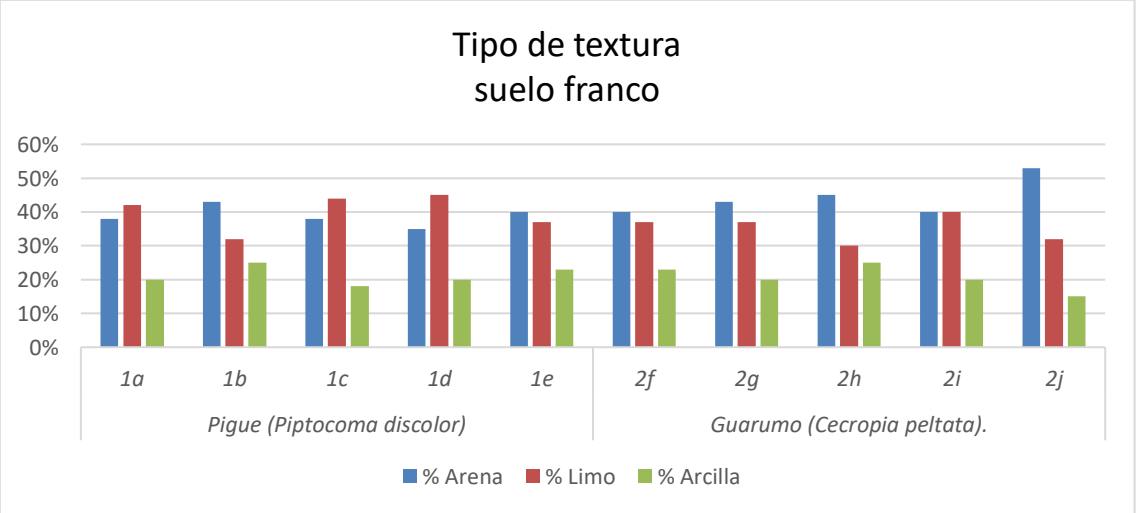
Una vez realizado los cálculos de la velocidad de infiltración y capacidad de infiltraciónpara la especie Pigue (*Piptocoma discolor*), se obtienen que, de la prueba de infiltrómetro de doble anillo, aplicada entre los individuo 1a-1b, presentan la mayor velocidad de infiltración ycapacidad de infiltración con valores de 0,033 cm/min y 36 mm/h respectivamente a diferencia de los resultados obtenidos entre los individuos 1c-1d que presentan los valoresmás bajos con velocidad de infiltración de 0,01 cm/min y capacidad de infiltración de 20mm/h. Con respecto a la especie Guarumo (*Cecropia peltata*), los resultados muestran que la velocidad de infiltración y capacidad de infiltración entre los individuos 2f-2j y 2i presentan diferencias poco significativas por cuanto los valores de la velocidad de infiltración son de 0,02 cm/min y 0,01 cm/min respectivamente y la capacidad de infiltración es igual paralas dos muestras, cuyo valor es 27 mm/h, sin embargo la muestra entre los individuos 2g-2h presenta una velocidad de infiltración de 0,03 cm/min y capacidad de infiltración de 23 mm/h, lo cual nos indica comparado con la muestra 2f-2j y 2i, mayor velocidad de infiltración pero menor capacidad de infiltración. De los resultados obtenidos según los postulados de Kostiakov (1932) donde menciona que la velocidad de infiltración instantánea tiende a aumentar en los primeros minutos y va decreciendo hasta mantener contante. según (Marano, 2011) en su estudio concuerda con el postulado de Kostiakov donde menciona, que la velocidad con el que el agua penetra al suelo y se estabiliza a medida que transcurre el tiempo. Y en los cálculos de campo la especie *P. discolor* en el individuo 1a y 1b tienen una mejor velocidad de infiltración y una capacidad de infiltración mayor y en cuanto a la especie *C. peltata* 2fy 2j muestran con un valor menor de 0,24 y en la capacidad de infiltración 27 como se observa en la tabla 3. Según (Beltran, *et al*, 2022) menciona. Además, los bosques presentan suelos con una capa orgánica fina y porosa; con sistemas radicales densos y profundos aportando eficientemente a los procesos de infiltración y retención de agua, reduciendo la escorrentía superficial y recargando satisfactoriamente las aguas subterráneas y captan más agua en comparación con las áreas agrícolas y los pastizales, debido a que mediante los procesos de evapotranspiración aportan con un mayor índice de humedad atmosférica de la cuenca alta del rio Pindo. En la cual podemos describir que la especie (*Piptocoma discolor*) aporta en el proceso de infiltración y retención de humedad como también la especie guarumo es de crecimiento rápido que aporta en los procesos de reforestación contribuyendo a reducir los niveles de agua liberados del bosque.

En la investigación de Zapata y Manzano (2010) sobre "Influencia de seis especies arbóreas en la infiltración de agua en el suelo" expone los modelos de infiltración de aguas en el suelo que se basan en mediciones o datos específicos, como los modelos de Kostiakov, Philips, Horton y Green y Ampt, no consideran la influencia de los árboles circundantes. Donde destaca los factores que pueden influir son: la especie arbórea, la distancia al tronco, la altura del árbol y su manejo (cultivado o no). Para la consignación de los datos la infiltración fue medida con un infiltrómetro de doble anillo a varias distancias del tronco para tres especies de árboles cultivados con riego: *Citrus sinensis*, *Citrus limon, Olea europaea* y otras tres forestales: Pigue (*Piptocoma discolor*), Guarumo *Cecropia peltata*, y Laurel *Cordia alliodora*, así como sobre suelo desnudo y sobre una cubierta continua de césped (*Zoysia spp*).

3.2 Composición textural de la especie Pigue (Piptocoma discolor) y Guarumo(Cecropia peltata)

De acuerdo a la clase textural del suelo se obtienen los resultados, como se muestra en la tabla 7.

Gráfica 1: *Composición textural de los individuos de la especie Pigue (Piptocoma discolor) y Guarumo (Cecropia peltata)*



La composición textural del suelo de la especien Pigue (*Piptocoma discolor*) representada en la gráfica 1. Los individuos 1a, 2b,3c, 4d y 5e, con un porcentaje promedio total de arena 38,8%, limo un 40% y arcilla con un 21,2% respectivamente. Posteriormente tenemos a la especie Guarumo (*Cecropia peltata*), representado en la

gráfica 1 de la especie 2f,2g,2h,2i y 2j un porcentaje total de promedio de arena un 44,2%, limo un 35,2% y arcilla de 20,6%.

La textura de suelo es la proporción de los elementos que representa a los porcentajes deArena (Ar), Arcilla (Ac) y Limo (L). Como se puede evidenciar en los resultados de las muestras de suelo recolectados en las cuencas altas del rio Pindo, se realizaron los análisisde las clases texturales del suelo en el estudio de campo de las especies *P. discolor* y *C. peltata*, de acuerdo a los porcentajes determinados en la gráfica 1, resulta para este suelo la clase textural de acuerdo a la diagrama de Departamento de Agricultura de los Estados Unido (USDA), que en el área de estudio se determinasuelo franco, de acuerdo con la tabla establecido para la selección de textura de suelo según (Gisbert, *et al*, 2001). Se establece que para seleccionar un suelo tomar en cuenta los porcentajes de la proporción de los elementos arena <52%, arcilla 7 a 27%, y limo 28a 50%. Y en el estudio de campo coincide con los valores establecidos.

3.3 Densidad aparente del suelo de la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) yGuarumo (*Cecropia peltata*)

Tabla 4: *Densidad aparente del suelo*

Especie	Pigue (*Piptocoma discolor*)		Especie	Guarumo (*Cecropia peltata*)
N°	Replica	Densidad aparente (gr/cm3)	N°	Densidad aparente (gr/cm3)
1a	1	0,47	2f	0,46
	2	0,44		0,25
	3	0,43		0,33
1b	1	0,23	2g	0,41
	2	0,31		0,54
	3	0,43		0,37
1c	1	0,7	2h	0,26
	2	0,76		0,37
	3	0,82		0,27
1d	1	0,88	2i	0,46
	2	0,9		0,51
	3	0,67		0,47
1e	1	0,57	2j	0,4
	2	0,8		0,19
	3	0,58		0,26

Una vez realizado los cálculos promedios tomados en el campo se evidencia que en la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) en el individuo 1 a y 1b da un valor de 0,38 (gr/cm3),en el individuo 1c y 1d con un valor de 0,78 (gr/cm3), como también en el individuo 1e en la muestra con un valor de 0,65 (gr/cm3). Para la especie Guarumo (*Crecropia peltata*)para el individuo 2g y 2h muestra un valor de 0,37 (gr/cm3), como también para el individuo 2f y 2j con un valor 0,31 (gr/cm3), para el individuo 2i con un valor de 0,48 (gr/cm3). Con resultado promedios de todos los valores obtenidos en la práctica de campose revelaron que tanto para la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) muestra una mejor densidad aparente que la especie de Guarumo (*Cecropia peltata*) que muestra valores inferiores en cuanto a la densidad aparente del suelo, dado que esta área es apta para el crecimiento radical ya que los valores son inferiores a < 1,4 de acuerdo a la densidad deldel suelo como se observa en la tabla 8.

3.4 Humedad relativa del suelo de la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo(*Cecropia peltata*)

Tabla 5. *Humedad relativa del suelo*

Especie	Pigue (*Piptocoma discolor*)		Especie	Guarumo (*Cecropia peltata*)
Individuo	Replica	Humedad %	Individuo	Humedad %
	1	58,37		60,25
1a	2	61,47	2f	75,04
	3	60,33		68,6
	1	75,52		62,48
1b	2	68,69	2g	54,58
	3	59,27		64,45
	1	46,32		73,99
1c	2	43,85	2h	62,95
	3	41,41		72,75
	1	36,84		56,55
1d	2	35,46		56,04
	3	44,79	2i	59,8
	1	50,34		65,77
1e	2	35,62	2j	77,74
	3	51,69		73,82

Los resultados de la humedad en el área de estudio para la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) con un promedio total de humedad del individuo 1 a y 1b muestra un resultadode 63,94%, como también los individuos 1c y 1d muestra un resultado de 41,44% y el individuo 1e con un valor 45,88% de humedad. En cuanto a la especie de guarumo en lacantidad de humedad del suelo del individuo 2g y2h con un valor de 65,19%, además el individuo 2f y 2j con un valor de 70,20% y por último el individuo 2i con un porcentaje de humedad de 57.46%, los datos establecidos son el promedio de humedad entre ambasespecies *P.discolor* y *C.peltata* , en relación a la clase textural del suelo contiene alta humedad según los valores establecidos en la tabla 9.

En cuanto a la humedad del suelo y la densidad aparente en el área de estudio resulta queen cada individuo mantiene una diferencia significativa promedio mayores de humedad para las dos especies *P. discolor* y *C. peltata* a 50% que muestran en la tabla 9, en cuantoa la densidad aparente promedio para la especie *P. discolor* 0,60 gr/cm3 y para *C. peltata*0,38 gr/cm3 tabla 8, lo que permite la elongación de raíces y la retención de la humedaddel suelo y con una infiltración alta. Según (Álvarez & Toabanda, 2008) señala que la densidad aparente puede variar dependiendo a la textura de suelo y el contenido de materia orgánica que también cambia dependiendo a labranzas y con la humedad sobre todo a los suelos arcillosos. Desde el punto de vista (Rojas & Peña, 2012), señala que el método utilizado para la determinación de densidad aparente es el método de cilindro, pero muestran desventajas al momento de tomar las muestras ya que puede variar dependiendo del cilindro, como también en su estudio manifiesta que existen otros métodos que no requieren instrumentos para estimar la densidad aparente con el métodode la probeta o el método de parafina.

3.5 Densidad longitudinal de raíces Pigue (*Piptocoma discolor*) y Guarumo(*Cecropia peltata*)

Tabla 6: *Densidad longitudinal de raíces P. discolor y método.*

Especie	Pigue (*Piptocoma discolor*)		Especie	Guarumo (*Cecropia peltata*)
Individuo	Replica	Densidad de raíces (cm. raíz/cm3suelo)	Individuo	Densidad de raíces (cm. raíz/cm3suelo)

1a	1	3,87	2f	3,16
	2	3,24		2,9
	3	2,41		1,92
1b	1	1,15	2g	2,07
	2	3,53		1,92
	3	2,81		1,92
1c	1	1,32	2h	1,78
	2	1,23		1,7
	3	1,79		1,85
1d	1	1,8	2i	1,85
	2	2,84		1,48
	3	1,18		2,3
1e	1	0,84	2j	1,55
	2	2,17		1,74
	3	1,78		1,4

El análisis longitudinal promedio de raíces de las especies *P. discolor* para los individuos1 a y 1b de acuerdo a la densidad radicular de 2,83 cm. raíz/cm de suelo, posteriormenteel individuo 1c y 1d el valor de la densidad radical es 1,69 cm. raíz/cm de suelo y el individuo 1e con un valor de la densidad 1,59 cm. raíz/cm de suelo. Del mismo modo conla especie *C. peltata* según los resultados obtenidos en promedio de las densidades de raíces de los individuos 2g y 2h resulta un valor de 1,87 cm. raíz/cm de suelo, como también los individuos 2f y 2j muestran un resultado de 2,11 cm. raíz/cm de suelo, y por último la especie 2i resulta que cuenta con un valor 1,87 cm. raíz/cm de suelo. A continuación, según los resultados obtenidos de las dos especies, la mayor densidad de raíces se obtuvo en la especie *P. discolor* con un valor promedio de 2,04 cm. raíz/cm de suelo, mientras que la especie C. *peltata* se obtuvo un valor significativo con 1,95 cm. raíz/cm de suelo.

El número de raíces en las dos especies tanto en *P. discolor* y *C. peltata* fueron similarestanto en la longitud y en los nudos, obteniendo un resultado promedio de 2,04 (cm.raíz/cm^3suelo) en el caso de *P. discolor* como también para la especie *C. peltata* con un resultado de 1,95 (cm.raíz/cm^3suelo) que fue obtenido de los cilindros, en el presente caso ambas especies producen más raíces, esto es en cuanto a que en el área de estudio existe una gran cantidad de humedad en el suelo debido a la clase textural del suelo franco. Según (Guevara & Guenni, 2013) menciona que, existen múltiples factores que facilitan el crecimiento radicular, la mayoría de las medidas de manejo de las raíces

agroforestales tienen, probablemente, cierta atribución en forma y el funcionamiento de los sistemas radicular.

4. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados de los análisis de laboratorio, para determinar la eficiencia de las especies forestales con respecto a la velocidad de infiltración del suelo en la cuenca alta del río Pindo se concluye que la especie Pigue (*Piptocoma. Discolor*), daun resultado optimo ya que estas especies mejoran las características del suelo debido a su mayor capacidad de infiltración por sus características dasométricas. Por otro lado, la especie Guarumo (*Cecropia peltata*), según en el análisis de la investigación para esta especie aporta menos en la infiltración del suelo.

Tras el análisis, se ha comprobado mediante la clase textural del suelo que las dos especiesPigue (*Piptocoma. Discolor*) y Guarumo (*Cecropia peltata*) tienen una gran adaptabilidadal suelo franco por sus características morfológicas y dasométricas.

Tal como se ha comprobado en el laboratorio en el análisis de la humedad, densidad aparente y la densidad de raíces se evidencia que la especie Pigue (*Piptocoma. Discolor*) cuenta con un valor promedio de humedad de 50.42%, y una densidad de raíz promedio 2,04 (cm. raíz/cm3suelo) y la especie Guarumo (*Cecropia peltata*) con un promedio de humedad de 64.28% y la densidad de raíz de 1,95 (cm. raíz/cm3suelo), se analizó que la especie Pigue (*Piptocoma discolor*) tiene menor humedad y mayor densidad de raíz lo cual permite tener la capacidad de infiltración favorable debido a la elongación de raíces.

REFERENCIAS

AgroFresh. (2017). *Portal Fruticola*. Obtenido de Infiltración del agua en el suelo. Importancia y métodos para medirla: https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/

Alvarado, C. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. *Escuela Centroamericana de Geología, 14*(3), 1-12. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v9n1/1659-4266-cinn-9-01-00023.pdf

Béjar, J. (12-84 de 2022). Evaluación y predicción de la infiltración en un Andosol bajo diferentes usos de suelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12*(7). Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000701171

Beltran, A., Abril, R., & Paredes, E. (2022). Influencia de la cobertura vegetal en las características hidrológicas del Río Pindo.

Bouwer, H. (1961). A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. *Soil Sci. Soc*, 334-339.

Cárdenas, V. (2021). Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana, 38*(4), 140-180. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792020000500805

Carnero, E. (2018). Análisis numérico de infiltración de agua en un suelo residual no saturado utilizando la curva de retención de agua. *Revista de Investigaciones Altoandinas, 20*(4), 31-97. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000400007

Castiglion, G., & Marquez, J. (2018). Conductividad hidráulica saturada determinada por distintos procedimientos en suelos con alta humedad inicial. *Ciencia del suelo, 36*(2), 254-263. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672018000200015

DAC. (2014). *Datos meteorológicos del aereo puerto "Rio Amazonas" Shell*. Obtenido de Dirección de aviación civil.

Escobar, Y. (2021). Propiedades físicas del suelo en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Centro de Investigaciones Agropecuarias, 48*(2), 74-78. Obtenido de http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n2/025785-cag-484.pdf

García, E. (2019). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción Limpia, 11*(2), 120-156. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200014

Gutiérrez, O. (2019). Zanjas de infiltración: opción para mitigar la erosión hídrica en la playa Rancho Luna. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 40*(1), 423-578. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000100058

Hidrologia Ambiental. (2004). *Ingeniería Civil*. Obtenido de Pérdidas por Infiltración en una Cuenca Hidrográfica – Aspectos Básicos: http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/perdidas-por-infiltracion-en-una-cuenca-hidrografica-aspectos-basicos/

Horton, R. A. (1939). Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity.Transactions American Goephysical Union. 693-711.

Huerta, J. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica), 36*(2), 89-96. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000200153

Jačka, L., Walmsley, A., Kovář, M., & Fro, J. (2021). Effects of different tree species on infiltration and preferential flow in soils developing at a clayey spoil heap.

Jaramillo, F. (2018). Caracterización de la materia orgánica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 35*(134), 45-90. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000100003

López, A. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y bosques, 23*(1), 120-140. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712017000100039

Marano, R. (2011). PLANIFICACIÓN Y MANEJO DELAGUA EN LA AGRICULTURA IRRIGADA. 29.

Martínez, Y., & Villalejo, V. (2019). Ecohidrología-Ecohidráulica: claves para la gestión integrada de los recursos hídricos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 40*(2), 124-156. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200095

Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para el muestreo de suelos* (Primera edicíon ed.). Managua Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

PDOT Shell. (2018). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. *AJUSTE Y ALINEACIÓN 2018*, 14.

Pérez, L. (2017). Variables dasométricas relacionadas con la productividad de Acacia mangium Willd. *Centro Agrícola, 44*(2), 120-150. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000200002

Prieto, Á. (2018). Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. *Revista mexicana de ciencias forestales, 9*(47), 98-108. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000300151

Ramírez, W. (2019). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes, 35*(2), 63-72. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001#:~:text=(2003)%2C%20%22el%20suelo,los%20organismoss%22.

Rodríguez, S. (2021). Los bosques como reguladores del ciclo del agua para disminuir los riesgos de inundacione. *Ciencia y Tecnología Forestal en la Argentina, 15*(6), 243-248. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/128843

Ruiz, E., & Martínez, M. (2016). *TEMA 4. INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO.* Open Course Ware.

San Martin , L. (2022). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE LOS ANILLOS INFILTRÓMETROS COMO ALTERNATIVA DE MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA. 40.

Santi, G. (2013). Levantamiento de una linea base floristica en el rio pindo grande en el área de influencia del dique de la parroquia Shell. 44,45,46,48.

Ubeda, J., & Rivera, Y. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio climático, 4*(7), 1-6.

Úbeda, S., & Delgado, Y. (2018). The infiltration of water into the soils and artificial components and organic matter that are used in them for agriculture. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 4*(7), 23-74. Obtenido de http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941754001/html/index.html

Vásconez, M., & Torres, L. (2018). Minería en el Ecuador: sostenibilidad y licitud. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 6*(2), 154-180. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000200006

Zapata , A., & Manzano, F. (2008). *INFLUENCIA DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS EN LA INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO*, 836.

Anexo 1

MARCO TEORICO

Especies forestales

Las especies forestales comprenden toda clase de vegetación con una estructura leñosa, de la cual se puede extraer madera, estas especies ayudan a la población de la tierra que satisfacer de alguna manera las necesidades de los seres vivos en general (López, 2017).

Pruebas de Infiltración

(Prieto, 2018) menciona que "Las pruebas de infiltración, o de percolación como también se les conoce, comprenden procedimientos para evaluar la cantidad de agua que penetra en el suelo en un determinado intervalo de tiempo para determinar la permeabilidad del suelo y el tránsitode contaminantes de la superficie hacia los mantos acuíferos".

Fig 4. *Establecimiento en el campo del infiltrómetro doble anillo*



Propiedades de infiltración

El infiltrómetro de doble anillo es una técnica desarrollada por Munz que permite determinar la capacidad de infiltración del agua en el suelo en un tiempo determinado dependiendo del volumen del agua, esta técnica es aplicable en cualquier tipo de terreno

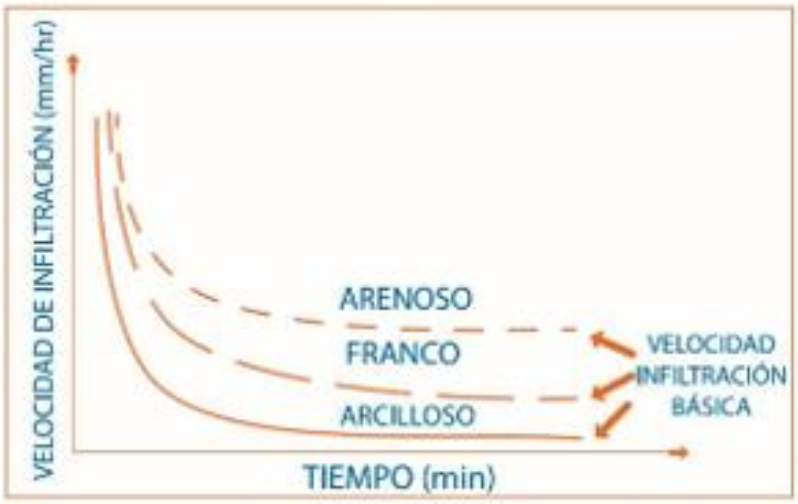
eliminando piedras y raíces. (Moreno, 2018) El método se basa en la medida de la velocidad de infiltración del agua en un anillo metálico clavado en el suelo, rodeado de un anillo exterior, también lleno de agua, con el fin de impedir la expansión lateral del bulbo de humectación creado por el anillo de medida.

Velocidad de Infiltración

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente la expresamos en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado (Ubeda & Rivera, 2018)

Los valores de infiltración obtenidas con el método del doble anillo en condiciones de no saturación no son muy fiables y tampoco son indicativas del comportamiento del suelo en condiciones de campo (Gutiérrez, 2019). No es habitual, ni aún siquiera cuando se riega a manto, que sobre la superficie del terreno haya una lámina de agua de varios cm de altura y sólo es así en condiciones excepcionales como las inundaciones o las grandesavenidas de agua.

Fig 5: *Comportamiento de la Velocidad de infiltración según textura*



Fuente: AgroFresh, (2017)

Características dasométricas

La Dasometría trata de la medición de los árboles y las masas forestales, tanto desde el punto de vista estático como desde el punto de vista dinámico (su crecimiento). Tambiénestudia las relaciones métricas y las leyes que rigen el desarrollo de árboles y montes. Entre las variables dasométricas, las principales se refieren a los diámetros y alturas (Pérez, 2017).

Suelo

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (Ramírez, 2019).

Suelo arcilloso

"Los suelos arcillosos son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes. Son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos" (Ramírez, 2019)

Textura del suelo

"La textura del suelo puede clasificarse de fina a gruesa. La textura fina indica una elevada proporción de partículas más finas como el limo y la arcilla. La textura gruesa indica una elevada proporción de arena" (Ramírez, 2019).

Fig 6. *Herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla*.



Fuente: Diagrama textural de (USDA)

Materia orgánica

La materia orgánica es considerada a todos los residuos de las plantas y animales, exudados de raíces, organismos que generalmente habitan en el suelo y productos de su metabolismo, de igual manera aportes de otros organismos que están fuera del suelo, como por ejemplo el estiércol y compost (Jaramillo, 2018).

Humedad del suelo

La humedad del suelo hace referencia a las tierras que tienen gran cantidad de agua dentrode su composición física, el suelo con humedad se produce por las intermitentes inundaciones, cuya vegetación predomina y a base diferencia de aquellas tierras sin vegetación. La humedad se produce cuando los suelos se saturan de agua, el acceso al oxígeno atmosférico se restringe y los suelos se hacen anaerobios (Cárdenas, 2021).

Características dasométricos

Tabla 1. *Datos dasométricos de las especies seleccionados.*

	Pigue (*Piptocoma discolor)*			Guarumo *(Cecropia peltata)*		
No.	Individuo	Altura(m)	D.A.P(cm)	Individuo	Altura(m)	D.A.P(cm)
1	1a	15	19,5	2f	17,5	15
2	1b	13	17	2g	11,14	8,5
3	1c	8	12	2h	9,23	6,5
4	1d	7	9,5	2i	9,55	8
5	1e	9	10,5	2j	8,28	7