



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Uso de la hidrosiembra para rehabilitación ambiental y
estabilización de taludes**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Hidalgo Moscoso, Carmen Maribel (orcid.org/0000-0002-3635-5327)

Ojeda Ramirez, Yessenia Estefany (orcid.org/0000-0003-0295-9357)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Uso de la hidrosiembra para rehabilitación ambiental y estabilización de taludes", cuyos autores son HIDALGO MOSCOSO CARMEN MARIBEL, OJEDA RAMIREZ YESSENIA ESTEFANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 17 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 03-07- 2024 18:21:13

Código documento Trilce: TRI - 0762126



Declaratoria de originalidad de las autoras



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HIDALGO MOSCOSO CARMEN MARIBEL, OJEDA RAMIREZ YESSENIA ESTEFANY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Uso de la hidrosiembra para rehabilitación ambiental y estabilización de taludes", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CARMEN MARIBEL HIDALGO MOSCOSO DNI: 73800462 ORCID: 0000-0002-3635-5327	Firmado electrónicamente por: HIDALMOSCO el 17-06-2024 14:50:00
YESSENIA ESTEFANY OJEDA RAMIREZ DNI: 72354170 ORCID: 0000-0003-0295-9357	Firmado electrónicamente por: OJEDYESSA el 17-06-2024 11:09:35

Código documento Trilce: TRI - 0762128

Dedicatoria

A mi padre celestial por mantenerme con vida y salud para poder lograr mis metas.

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi padre Carlos Enrique Hidalgo Olivos y a mi madre Carmen Rosa Moscoso Alvarado, pues sin ellos no lo habría logrado, la culminación de mi carrera es tributo de gratitud y la admiración que siento por ustedes.

A mi compañero de vida Luis Tantalean Bustamante por ser mi apoyo durante todos estos años, siendo base fundamental para lograr mis objetivos.

A mi amada hija Krishna Paulette que fue mi motivo para seguir adelante.

A mis hermanos, sobrino, amigos más allegados y familia política, porque siempre confiaron en mí.

Maribel Hidalgo

A Dios, por otorgarme la vida y salud para terminar mi carrera.

A mis padres Clever Ojeda y Laura Ramírez, por confiar en mi desde el primer día, mostrando su apoyo incondicional y paciencia, siendo el motivo de mis logros, ya que, sin ellos, no sería la persona que soy hoy en día.

A mis hermanas Kiara, Ingrid y a mi compañera de siempre Maia, quienes me motivan cada día, siendo mis amigas para toda la vida.

A mis amigos más cercanos, siendo aquellas personas que confiaron en mí, desde el principio.

Yessenia Ojeda

Agradecimiento

A nuestro asesor el Dr. Ponce Ayala José Elías, por su paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de la investigación, a la Universidad César Vallejo por brindarnos las herramientas necesarias y contribuyendo con la calidad de docentes que nos acompañaron durante todos los ciclos de nuestra carrera profesional, impartiendo sus conocimientos y experiencias, a los pobladores del Centro Poblado de Bella Andina por permitir realizar nuestro proyecto en el ámbito de las áreas degradadas, finalmente nuestro profundo agradecimiento al Ing. Custodio Montalvo Pedro Luis porque nos supo guiar correctamente con sus enseñanzas, aprendizajes y por la confianza depositada en nosotras.

Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad de las autoras	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	15
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	43
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía del Ryegrass <i>Lolium hybridum</i>	11
Tabla 2. Materiales y equipos	26
Tabla 3. Concentraciones de la Dosis 3	27
Tabla 4. Concentraciones de la hidrosiembra	29
Tabla 5. Datos de la primera medida de la altura de las plantas (cm) Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) 30 días posterior a la germinación	30
Tabla 6. ANAVA altura de la planta(cm) Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 30 días después de la germinación	30
Tabla 7. comparación de promedios de las tres (3) dosis	31
Tabla 8. Datos de la segunda medida de la altura de plantas (cm) de Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) 60 días después de la germinación	32
Tabla 9. ANAVA altura de las plantas (cm) de Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 60 días después de la germinación.....	32
Tabla 10. Comparación de promedios de las tres (03) dosis de la segunda medida de la altura de las plantas (cm) de Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>)	33
Tabla 11. Datos de la tercera medida de la altura de las plantas (cm) de Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 89 días posterior a la germinación.....	33
Tabla 12. ANAVA altura de la planta (cm) de Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 89 días después de la germinación.....	34
Tabla 13. Comparación de promedio de las tres (03) dosis	35
Tabla 14. Primera toma de datos de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 30 días posterior a la germinación.....	35
Tabla 15. ANAVA de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 30 días después de la germinación	35

Tabla 16. Comparación de los promedios de las tres dosis	36
Tabla 17. Datos de la segunda medición de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 60 días después de la germinación	37
Tabla 18. ANAVA de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 60 días posterior a la germinación.....	37
Tabla 19. Comparación de los promedios de las tres (03) dosis de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>)	38
Tabla 20. Datos de la tercera medición de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 89 días posterior a la germinación.....	38
Tabla 21. ANAVA de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 89 días posterior a la germinación.....	39
Tabla 22. Comparación de promedios de las tres dosis de la densidad del Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>) a los 89 días después de la germinación	40
Tabla 23. Comparación de la muestra inicial con la Dosis N° 1	40
Tabla 24. Comparación de la muestra inicial con la dosis N°2.....	41
Tabla 25. Comparación de la muestra inicial con la dosis N°3.....	42

Índice de figuras

Figura 1. Ryegrass <i>Lolium hybridum</i>	11
Figura 2. Flujograma de procesos.....	20
Figura 3. Zona de estudio- Centro poblado Bella Andina	22
Figura 4 Identificación del área	23
Figura 5. Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>)	28
Figura 6. Raíces de las tres dosis (Ryegrass: <i>Lolium hybridum</i>)	29

Resumen

La presente tesis contribuyó con el objetivo N° 15 del desarrollo sostenible vida de ecosistemas terrestres la cual tiene como propósito proteger la biodiversidad revertiendo la degradación, generando nuevas estrategias en favor del medio ambiente, asimismo, tuvo como fin determinar la eficiencia del uso de la hidrosiembra para la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes en el Centro Poblado de Bella Andina. Fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y de diseño experimental. La población estuvo compuesta por todas las áreas degradadas del centro poblado de Bella Andina. Como resultados alcanzados tuvimos que, la dosis N°3 presento superioridad en comparación a la dosis 1 y 2 esto se corroboró mediante el análisis de varianza y prueba de Tukey realizada a la altura de las plantas (cm) y densidad de la vegetación encontrándose una alta significación estadística para las dosis con un coeficiente de variabilidad de 22.05% y con un promedio de 723.33 plantas por parcela, en los análisis finales del suelo los parámetros de pH, CE, MO, P y K lograron nivel óptimos para el desarrollo de la vegetación. En conclusión, se acepta la hipótesis alterna mediante la prueba Tukey con un 0.05 nivel de significancia estadística.

Palabras clave: *Lolium hybridum*, rehabilitación ambiental, talud, hidrosiembra, estabilidad.

Abstract

This thesis contributed to the objective N° 15 of the sustainable development of terrestrial ecosystems life, which aims to protect biodiversity by reversing degradation, generating new strategies in favor of the environment, also aimed to determine the efficiency of the use of hydroseeding for environmental rehabilitation and stabilization of slopes in the Bella Andina Village Center. The study was applied with a quantitative approach and experimental design. The population consisted of all the degraded areas of the Bella Andina town center. As results achieved we had that, dose N°3 presented superiority compared to dose 1 and 2, this was corroborated by the analysis of variance and Tukey's test carried out to the height of the plants (cm) and density of vegetation, finding a high statistical significance for the doses with a coefficient of variability of 22.05% and with an average of 723.33 plants per plot, in the final soil analysis the parameters of pH, EC, MO, P and K achieved optimal levels for the development of vegetation. In conclusion, the alternative hypothesis is accepted by the Tukey test with a 0.05 level of statistical significance.

Keywords: *Lolium hybridum*, environmental rehabilitation, slope, hydroseeding, stability.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es la base principal de las actividades económicas del hombre, siendo fundamental en el desarrollo natural de las plantas y animales, sin embargo, este ha ido sufriendo transformaciones al estar expuesto a los efectos climáticos y del relieve, de manera específica por la acción de los seres vivos, de tal modo este puede ser susceptible a sufrir procesos de degradación inducida por el hombre, la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura - FAO, 2024) dice que una tercera parte de la tierra ya está degradada, producto de las prácticas agrícolas no sostenibles, el crecimiento demográfico y la sobreexplotación de los recursos naturales, asimismo menciona que la erosión del suelo es la principal amenaza.

Tal es así que el 34% del suelo que se encuentra en estado erosivo es aquel que se utiliza para las actividades agrícolas (FAO, 2023), de esta forma uno de los continentes que más se ha visto perjudicado es África registrando en los últimos 10 años una pérdida de bosques de 3.9 millones de hectáreas las cuales han sido utilizadas en la agricultura, ganadería y en la extracción de recursos (FAO, 2020).

Por tal motivo nuestra investigación contribuye al objetivo quince de desarrollo sostenible “vida de ecosistemas terrestres” donde se busca revertir la degradación de la tierra con la finalidad de detener la pérdida de la biodiversidad, combatiendo la degradación de suelo, buscando mantener un ecosistema equilibrado, gestionando un desarrollo sostenible en los bosques.

STATISTA (2021), menciona que el aumento de la ganadería forma parte de las pérdidas de bosques donde vio comprometido un 42%, además 94.000 km² de cobertura vegetal fue deforestada para utilizar los terrenos en actividades agrícolas.

En lo que respecta a nuestro país se mantiene en el décimo puesto del ranking mundial de la densidad forestal, además de ser considerado como el país con mayor diversidad a nivel mundial, por otro lado, la problemática que se presenta es la acelerada deforestación de los bosques amazónicos donde el Perú ha perdido 2.7 millones de ha, además el (MINAM, 2020) Indica que, nuestro país en el año 2018 presentó una cifra total de 22 248 100 hectáreas de áreas degradadas en todo el territorio nacional, lo cual corresponde a un 17.5% de la superficie del Perú.

Del mismo modo existen otras formas donde se pierde parte de la cobertura terrestre y vegetación en este caso, éstas pueden ser de forma natural allí tenemos (lluvia, sismo, erosión hídrica y eólica) y en la antropogénica están la abertura de trochas, minería a tajo abierto, excavaciones y rellenos, etc. por tanto la pérdida de propiedades físicas y biológicas del suelo, puede ocasionar deterioro gradual, y con ello incrementan el riesgo de desprendimiento de tierra siendo una amenaza a corto, mediano y largo plazo.

Según (Actualidad Ambiental, 2022) menciona que INGEMMET ha identificado 31 mil puntos de peligro en el Perú por deslizamientos, de los cuales pueden ocasionar accidentes, obstrucciones y bloqueos de caminos, causando efectos significativos, ya sea la pérdida de instalaciones, infraestructuras, interrupción de sistemas de transporte, aislamiento de ciudades o incluso la muerte.

Asimismo, nuestro país tiene antecedentes en sufrir fenómenos de este tipo, puesto que se encuentra situado en el cinturón de fuego del pacífico, tal es así que se presentan un 90% de eventos sísmicos, todo lo expuesto empeora la situación de los taludes con pendientes de 45° a más, además que uno de los lugares que se ve más afectada es la región sierra por su ubicación geográfica (Infobae, 2023).

El Centro Poblado de Bella Andina el cual se encuentra situado en el Distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, se han presentado deslizamientos de talud, esto debido a las lluvias presentadas en la zona, según INDECI, (2021) el pasado 4 de marzo del año 2021, a las 22:00 horas aproximadamente, ocurrió un deslizamiento como consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, provocando la afectación de viviendas, en los sectores de Colpapampa y La Colpa Huacaríz , distrito y provincia de Chota.

La estabilización de taludes depende en gran parte de la vegetación que existe en el suelo, es por ello que la técnica de la hidrosiembra la cual es un método de siembra mecanizada se adecua al proceso de rehabilitación ambiental, porque llega a zonas de difícil acceso mediante la expulsión de la mezcla homogénea de semillas, fertilizante, colorante y agua; es por ello que se considera como una alternativa que genera naturalmente un equilibrio en el ecosistema luego de sufrir procesos erosivos, la misma que logra compactar la tierra brindando mayor firmeza, ocasionando una restauración ambiental, Asimismo, parte de las funciones de la cobertura vegetal es

mejorar el paisaje, controlar la degradación y aportar en la fluctuación de las temperaturas.

Con lo anteriormente mencionado se puede indicar que la vegetación cumple un rol importante, tanto es así que parte de la problemática geotécnica significativa que se viene presentando, se debe a la inestabilidad de taludes esto pasa por los efectos sociales, ambientales y económicos. Por otro lado, (SENAMHI, 2019) menciona que, a nivel mundial se han registrado 4862 sucesos de deslizamientos donde el 95% sucedió por fallas de pendientes del suelo, los cuales han traído consigo 4500 muertes, generando un costo total aproximado de \$3.2 millones en daños en cada año.

Asimismo, rehabilitación ambiental en taludes es una técnica que comprende en el proceso de recuperar o restaurar un ambiente deteriorado y volverlo a su estado natural, volviéndose adaptable a un nuevo entorno. A nivel mundial han utilizado técnicas de bioingeniería para revertir aceleradamente la degradación dentro de la que más destaca es la hidrosiembra (Min, y otros, 2021)

Existen diversas técnicas para llevar a cabo la rehabilitación de suelos en procesos de degradación o erosión, por ello (Shaiban, y otros, 2021) menciona que la hidrosiembra es una técnica que se utiliza para restaurar pendientes con un alto grado de inclinación mediante la aplicación de una mezcla que contienen semillas, mulch, hidroretenedores, agua, tinte, fertilizantes, ácidos húmicos y fúlvicos y estabilizadores, los cuales son incorporados al terreno con problemas de degradación con una maquina (hidrosembradora) la cual mediante la presión tiene la capacidad de esparcir la mezcla en el talud. Por lo que su aplicación no pretende introducir especies nuevas, muy por el contrario, se trata de introducir especies nativas de la zona erosionada, siendo una de las más requeridas puesto que reemplaza las aplicaciones manuales y esta permite tener resultados homogéneos a corto plazo.

Por lo tanto, la presente investigación plantea el siguiente problema: ¿Cuál es la eficiencia del uso de la hidrosiembra en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes en el Centro Poblado de Bella Andina?

De tal modo, la técnica tiene un alcance óptimo desde el punto de vista ambiental, puesto que, trata un área degradada con especies de la zona sin necesidad de recurrir a vegetación ajena al terreno que resulte negativo, por lo que, no genera una

alteración del ecosistema propio sino al contrario ofrece una solución sostenible, denotando un impacto cultural positivo, puesto que, no solo ayuda en el aspecto ambiental, sino, a mantener viva su esencia natural de la población, siendo una mezcla de diversidad y cultura, además de disminuir los riesgos a la salud a causa de los deslizamientos, por otra parte, es un estudio ambiental poco aplicable en el Centro Poblado de Bella Andina, siendo una zona con gran biodiversidad, por tal motivo se requiere el reconocimiento ambiental, siendo la hidrosiembra una técnica que precisa realzar la belleza paisajística rehabilitando los suelos erosionados. Asimismo, en el ámbito económico, es una técnica que reduce la mano de obra a diferencias de otras técnicas, por lo que podría implicar una estrategia de ahorro.

Asimismo, tenemos los siguientes objetivos de investigación; como objetivo general tenemos: Determinar la eficiencia del uso de la hidrosiembra para la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes en el Centro Poblado de Bella Andina; como objetivos específicos tenemos: Georreferenciar la zona de estudio e identificar el área a hidrosemar, Elaborar un protocolo para el uso de la hidrosiembra en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes; Establecer las concentraciones de la mezcla de la hidrosiembra (dosis), Comparar los análisis iniciales y finales del suelo.

Por otra parte, para una mayor comprensión en el desarrollo de la investigación, se requirió la revisión bibliográfica de diversas fuentes de estudios, además de la biblioteca virtual Myloft, constatándose a continuación: La hidrosiembra implica el recubrimiento de biomanta como fuente de protección, por lo que en su investigación.

Ladino et al. (2023), se enfocó de manera sostenible el identificar estrategias y métodos para la estabilización de taludes, destacando la bioingeniería como proyecto, por tanto, su investigación fue cualitativa, en el que se reconoce la influencia de una técnica óptima de larga durabilidad, equilibrio ambiental, y alternativa como un avance socio económico, asimismo se describe a la hidrosiembra, el que involucra a especies de la zona, la cual no debe de alterar el equilibrio del ecosistema, además de ser sencilla y sostenible, para lugares alejados, en el que se determina las condiciones de vida de las semillas, para determinar la rápida revegetación de la zona, en terreno con pendiente de 45°, basándose en que las raíces son capaces de soportar deslizamientos.

Goñi y Armas (2023), tuvo como objetivo el implemento para la estabilización de taludes, Costa verde. Por otra parte, su metodología fue exploratoria, con un diseño documental, recopilando datos de la zona de estudio, por tal motivo, se evalúa la estabilidad del talud, a través de su perfil topográfico, asimismo se evidenció una pendiente de 25° a 45°, asimismo se realizó una simulación en Geostudio 2012, además de detallarse la cohesión, densidad, ángulo de fricción, el cual ayuda a observar de manera clara la pendiente, antes de la hidrosiembra y con la hidrosiembra, determinando la zona critica del talud, por lo que se valida la propuesta de la hidrosiembra, pues que, resulta una alternativa eficiente para la zona de alta pendiente.

Mazco y Lecussan (2020), tuvo como fin evaluar la anti- erosión de la hidrosiembra, siendo el reemplazo de los emboquillados, en Canta. Asimismo, presentó dos enfoques una fue cualitativa en campo, recolectando datos como el tipo de suelo, por el problema de erosión, y el otro de enfoque cuantitativo, determinando por medio de modelos hidráulicos, tomándose en cuenta la velocidad, estructura del suelo (estabilidad), además se compara la resistencia del emboquillado, y la hidrosiembra para la estabilización de taludes, determinando que la hidrosiembra, presentan mayor resistencia, siendo más efectiva, ante los flujos de agua que se puedan presentar, y las velocidades del viento.

Julca et al. (2021), expresa en su investigación el cual fue en el distrito de Miraflores, el cual tuvo como fin proyección de costos en la estabilización de los taludes empleando el método de la hidrosiembra, por medio de la recolección de información, asimismo se empleó los softwares de Civil 3D y Slide, para identificar la pendiente y los elementos de seguridad, asimismo en lo que respecta a la técnica, se proyectó un presupuesto y programa en el que se brindó como una propuesta, para otorgar seguridad a los ciudadanos, con un plazo de ejecución de 121 días calendarios y un presupuesto de 27 540.00, requiriendo profesionales, además de maquinaria en proyectos grandes.

Corzo y Palomino (2022), tuvieron como objetivo la optimización del talud en la costa verde, siendo de metodología deductiva, por lo propone un análisis en la estabilización de taludes, siendo enfoque cuantitativo, recopilando artículos, investigaciones internacionales y nacionales, siendo la investigación descriptiva,

explicativo, correlacional, en el que se tomó en cuenta la topografía del estudio, los aspectos climáticos, además se toma en cuenta la normativa técnica de suelos y cimentaciones, asimismo con los parámetros geotécnicos, tomándose en cuenta el peso unitario y saturado, tipo de suelo, la cohesión efectiva, altura, siendo de valores 532 kN, 469 kN, 303 kN, en el que se destaca que la hidrosiembra tiene mayor capacidad.

Vallarino et al. (2021), en su artículo tuvieron como objetivo describir los efectos positivos al incluir árboles y arbustos en la parte baja de taludes, en el que se revisó diversas fuentes bibliográficas, tomando en cuenta la cohesión del suelo, esto con el aporte de las raíces, asimismo se emplearon simulaciones en el análisis de estabilidad en el que se cuantifica los valores generados por los valores de la profundidad de las raíces, como de la cohesión aparente, generado en los arbustos y árboles, en lo que se destaca el aporte de las raíces, como las raíces radial- fibroso, la altura del talud, el radio de las raíces, comparando un talud con vegetación y sin vegetación, en el que el talud con vegetación hubo una cohesión mayor siendo de 46.65 kPa, a diferencia la de sin vegetación que es de 41.65 kPa.

Parsakhoo y Mostafa (2020), tienen como objetivo evaluar los efectos de los aglutinantes de las hidrosemillas, en un suelo arcilloso en una carretera, en el que se tomó en cuenta 14% arena, 40% limo, 46% arcilla, con un pH 7,7, tomándose en cuenta la climatología del lugar, además se tomó en cuenta, un adherente (PAM), esto para, aumentar la estabilidad en lo referente al suelo, el que contiene N, P, K, asimismo es importante eliminar las malas hierbas, además se tomaron alrededor de 30 muestras a una profundidad de 0- 10 cm, de la pendiente, en el día como resultado que la hidrosiembra, tuvo un efecto positivo puesto que, fortaleció el suelo, con la adición del aglutinante, aumentando la cohesión del suelo, esto dependió del sustrato y de las condiciones del área.

Jaña (2020), Determinó la condición óptima en la recuperación del suelo como también el nivel de cobertura alcanzado por la hidrosiembra. Eventualmente, el estudio se desarrolló en la mina Invierno S.A, el cual fue bajo el diseño experimental en 2 parcelas divididas de 20 m de largo x 63 m de ancho, en el que se dispuso diversas dosis de mezcla, en ello fue en la primera parcela 150 kg/ha y en la segunda parcela 250 Kg/ha, asimismo se tomaron 100 g de muestra de suelo, por otra parte la

erosión fue equilibrado debido a la cobertura, sin embargo, en la H1 y H2, no hubo diferencias significativas, sólo una disminución de 5, 76 y 3,36 ton/ha de sedimentos, en conclusión la investigación recuperó 50 cm de profundidad, y un nivel de protección herbácea mejor al 50%.

Gastauer et al (2023), en su artículo tuvieron como objetivo identificar los desafíos que enfrentan la revegetación de taludes, además de la importancia de los microorganismos en las pendientes, en el que se toma en cuenta los geotextiles y la hidrosiembra, con diferentes semillas, asimismo se identificó que los fertilizantes y las semillas se suelen acumular en la parte más baja del talud, asimismo no suelen fijarse los fertilizantes, además de contener poca disponibilidad de nutrientes, por lo que la incorporación de fertilizantes orgánicos sería una alternativa, por lo que en ocasiones debilitaría al crecimiento de las raíces, como de igual manera la capacidad de retención del agua, por ello se debe de cubrir el suelo, facilitando la fertilidad del suelo para su rehabilitación.

Jude, y otros (2021) tuvo como objetivo el identificar, ponderar, correlacionar para clasificar los parámetros que logren determinar la frecuencia de los deslizamientos de suelo. Para ello se realizaron 4 siembras con diferentes especies, la primera es de Ryegrass (*Lolium perenne*), la segunda siembra se utilizó la semilla de maíz centeno (*Secale cereale*), la tercera fue Pasto señal (*Brachiaria decumnes*), y por ultimo estuvo el pasto Couch Bermuda (*Cynodon dactylon*), los cuales tuvieron un rango de crecimiento y de monitoreo de 5 meses, dando como resultado que el Ryegrass (*Lolium perenne*), tuvo mayor germinación a partir de los días 15 y 17 con una tasa de 84%, en tanto en el resultado de cobertura vegetal los valores más altos fueron alcanzados por el Ryegrass el cuál registró un valor de 180% de cobertura, siendo la mejor opción para el control de los deslizamientos superficiales.

Romero y Rivera (2020), en su artículo el cual sostuvo como fin la restauración del suelo por medio de la técnica de la hidrosiembra en la minera Ecuacorriente S.A, empleando como metodología se emplearon 2 tipos de semillas, en veinticuatro cuadrantes, dividido 30 cm de ancho x 47 cm de largo, asimismo se empleó suelo orgánico para el análisis de germinación y el mulch para la adherencia en las parcelas, con una pendiente de 45°, en el que a partir del noveno día fue germinando y en los ocho meses de evaluación se observó que crecieron nuevas especies, además con

los 10 cm de suelo añadido han sido suficientes para la vegetación, en conclusión la técnica permitió establecer una flora de 20- 25% más rápido, siendo efectiva en la restauración de suelos.

Peña (2019), tuvo como objetivo plantear un plan de revegetación para el pasivo ambiental, con un tipo de investigación descriptiva, en el que se detalló la hidrosiembra en la revegetación, describiendo como una precipitación crítica, distribución de semillas aleatoriamente, asimismo en el plan se describió el uso futuro del suelo, y entre las especies empleadas están las *Dactylis Potomac* (55 Kg/ha), y el Ray Grass inglés (*Lolium perenne*) (95 Kg/ha), concluyendo que la hidrosiembra es multifuncional, sostenible, visualmente atractiva, económico, puesto que la implementación de la hidrosiembra ayudará a la protección ecológica, reducción de los efectos ambientales y la salud humana.

Jara et al (2021), en su trabajo de investigación el cual tuvo como objetivo, mejoramiento de estabilización de un talud en el distrito de Lajas, para ello se empleó en el talud pasto vetiver, puesto que consideran que es de rápido crecimiento, además que su raíz puede penetrar hasta 4 metros, por lo que tiene más resistencia, asimismo para el mejoramiento del suelo cada dos a tres días en dos semanas regaron, puesto que en el cuarto mes se ve resultados observando mayor estabilidad, por otra parte, se realizaron ensayos como el DPL, en el que se especifica que se realizó in situ, con un martillo de acero de 10 kg, contabilizando los golpes, concluyendo la resistencia del suelo, concluyendo que por medio de la revegetación, incluyendo la planta proporcionó un aumento de más de 20% de resistencia.

Vourlitis et al (2022), manifiesta en su artículo, el cual tuvo como fin observar el suelo después de aplicarse la hidrosiembra en un suelo post- incendio, funciones de los microorganismos, asimismo se realizó un muestreo de 0- 10 cm de suelo, en una comparación de suelo quemado hidrosechado, suelo quemado sin hidrosechar, suelo no quemado, además, de tomarse en cuenta, el (N), carbono del suelo, después de 5 años del incendio, resultando que, el suelo no quemado, tuvo una baja significancia en los microorganismo, a diferencia de la que se aplicó la hidrosiembra, porque presentaron que el pH aumentó, asimismo ocurrió con el nitrógeno y el carbono del suelo, concluyendo que la hidrosiembra fortaleció el ciclo de N y C, por ello, funciona como alternativa.

Baethke et al (2020), tienen como objetivo el estudio de las estrategias para la restauración vegetativa, en una mina, Canadá, el cual establece diversas especies de semillas nativas, en diferentes tratamientos, con el diseño completamente factorial, además se tomaron en cuenta las semillas, como de igual forma el total de las plántulas, ya sea en el sitio hidrosechado y no hidrosechado, asimismo se tomó en cuenta la prueba de Tukey, concluyendo que la no afectó de manera significativa en lo que corresponde a las plántulas, sin embargo, algunas especies nativas en el implemento de la hidrosiembra y el rastrillaje obtuvieron mejor cobertura, desempeño, por ello se concluyó que las especies nativas de la zona permiten el éxito de la zona como nuevas estrategias.

La metodología de sembrado en la técnica de la hidrosiembra es distinta a las tradicionales, puesto que está consiste en esparcir una mezcla homogénea de agua, fertilizantes, mulch, semillas, tinte, estabilizadores e hidroretenedores, la cual se coloca en el suelo mediante un equipo mecanizado. Es considerada una mezcla eficaz para el control de los sedimentos, obras civiles, erosión y cortes de caminos, asimismo permite la estabilización de taludes y la recuperación de paisajes (Risco y Salguero, 2021 p. 110)

Dentro de los componentes de la hidrosiembra tenemos el mulch (PROJAR, 2019) menciona que es una fibra de madera que sirve como base para obtener los mulches los cuales al entrar a cierta temperatura y presión formando una superficie específica que cubre el terreno generando una matriz orgánica con resistencia, permeabilidad y retención de humedad con una relación de volumen/peso.

Por otro lado, el agua es un elemento esencial para el desarrollo de la vida, además que es la base para poder llevar a cabo la hidrosiembra, debido a que permite la germinación de las plantas, actuando como solvente acelerador, para que las plantas tengan el pleno desarrollo de la fotosíntesis (SERVIR, 2021).

Las semillas se forman mediante el rudimento seminal, el cual se encuentra situado en el ovario de las flores, además son consideradas como una estructura botánica y su reproducción puede ser sexuada o asexuada, para su germinación se debe tener en cuenta los factores climáticos (Megías, y otros, 2024).

Otro elemento básico en la hidrosiembra son los ácidos húmicos y fúlvicos los cuales estimulan el crecimiento en las plantas, con sustancias que mejoran el proceso del crecimiento de las mismas, por su gran aporte de carbono en relación al oxígeno, además este es ampliamente utilizado en la agricultura por el rendimiento, calidad y tolerancia que ganan los cultivos (Opperman, 2023).

Como parte del proceso de la hidrosiembra se debe tener en cuenta la planta que se debe utilizar y el clima de la zona de estudio para que se lleve a cabo de forma exitosa, la planta que se utilizará será el Ryegrass la cual según (Muhammad y otros, 2022) menciona que el Ryegrass es una planta de crecimiento recto, con alta producción de macollos, con un acelerado desarrollo, es una maleza forrajera tiende a crecer en regiones templadas y con altura de 2000 a 3000 msnm, es originario de Europa, tiene numerosas hojas, de color verde oscuro, se adapta en suelos fertilidad intermedia, con pH ácido, su germinación se desarrolla bien en suelos con clase textural francos arenosos y arcillosos, además que el suelo debe tener un buen drenaje.

Los ácidos húmicos y fúlvicos son ácidos débiles, que pertenecen al grupo de moléculas heterogéneas que se encuentran presentes en el suelo, los cuales actúan como parte activa de la materia orgánica, estos permiten mejorar la estructura general del suelo aumentando el amortiguador y optimizan la absorción de potasio (K), fósforo (P) y nitrógeno (N) por parte de las plantas, tienen cargas negativas y positivas, con gran peso molecular, las raíces tienen un desarrollo óptimo gracias a que las partículas del suelo logran unirse con los ácidos húmicos creando un espacio para los microbios y el desarrollo saludable de las raíces.

Además, proporcionan un alto porcentaje de carbono el cual sirve como alimento de los microbios y posteriormente proporciona la colonización de la microflora, en el tipo de suelos arenosos y con bajos niveles de materia orgánica, sirven de ayuda para acrecentar el intercambio de cationes de macro y micronutrientes, mejorar la capacidad de contener el agua, evitando la pérdida de nutrientes por lixiviación (ARTAL, 2020).

Tabla 1. *Taxonomía del Ryegrass Lolium hybridum*

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Lolium</i>
Especie	<i>Lolium hybridum</i>

Fuente: Elaboración Propia



Figura 1. Ryegrass *Lolium hybridum*

Fuente: Universidad de las Fuerzas Armadas Especiales

La erosión superficial en taludes, se cree que es una masa de suelo que tiene una pendiente inclinada con respecto a la horizontal, esto se presenta de manera natural como es el caso de laderas, obras civiles, tales como terraplenes o cortes. Además, que existe la erosión que se ocasiona de manera natural, la cual puede ser por

erosión pluvial, como las que ocasiona el hombre, en el que afecta la cobertura vegetal, por lo que se va perdiendo las propiedades y nutrientes en el suelo, como en las laderas (Gholami et al, 2021).

La erosión provoca inestabilidad en los taludes, pérdida de fertilidad en los suelos, aguas contaminadas. Lo cual es necesario para el desarrollo de las personas. La geometría, geología y los métodos de construcción de los taludes, los tratamientos encaminados al control de la erosión superficial varían inicialmente con la inclinación, compactación, materia orgánica y elementos químicos y orgánicos del suelo, dichos componentes son definitivos para el control de la erosión y revegetación.

Se puede mencionar diferentes tipos de erosión entre ellas tenemos la erosión eólica que es la pérdida superficial sucesiva de la capa superior del suelo ocasionada por la acción del viento. Por otro lado (CSIC, 2023), menciona que el suelo es removido y transportado por distintos agentes. Si uno de ellos es la lluvia y escorrentía se le denomina erosión hídrica, la cual moviliza el suelo, para la parte baja de ríos y arroyos terminando en el mar. Si el agente es la fuerza de la gravedad, desplazando ladera abajo partes del suelo, de lugares agrícolas a esto se le denomina erosión por laboreo, debido a que el suelo removido se desliza en la parte baja del terreno y por último si el agente erosivo es el viento, el cual traslada el suelo en la dirección de los vientos con mayor predominancia a gran distancia se le conoce como erosión eólica.

Se puede definir el suelo como un cuerpo natural que permite el crecimiento de las plantas, está compuesto por capas llamadas horizontes, las cuales están formadas por materia orgánica, minerales meteorizados, agua y aire (FAO, 2024). Por otro lado, funciona como purificador de agua, mantiene estable la atmosfera de la tierra producto de la captura de carbono, es medio de crecimiento de las plantas, Es hábitat para muchos seres vivos, es proveedor de múltiples servicios ecosistémicos (Bell, y otros, 2020).

Sin embargo, por las actividades antrópicas el suelo ha presentado problemas como la degradación la cual según (Acevedo, y otros, 2021) es el proceso mediante el cual se afecta de manera negativa la capacidad de retención del agua, además de la perdida de los nutrientes y almacenamiento de agua, para (Montatixe y otros, 2021) es la perdida de las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. Por otro

lado, (Rodríguez y otros, 2021) indica que una las principales actividades que generan la degradación del suelo es la agricultura por la compactación que se produce de las maquinas que se utilizan para realizar el arado.

El Centro Poblado de Bella Andina que pertenece a la provincia de Chota, Región Cajamarca, el cual se encuentra situado en una altitud de 3735 msnm, tiene un clima templado, cuenta con una densidad poblacional de 650 habitantes, el tipo de suelo que tiene es franco arenoso según Sangucho y Vallejos , (2020) indica que los suelos disponen de una textura granular que retiene el agua y pocos nutrientes, siendo absorbente y aireación como efecto existe un bajo desarrollo vegetativo, asimismo por lo general tienen en su mayoría partículas de arena aproximado de 60%.

Klaus y Kiehl, (2021) indican que, la rehabilitación ambiental, implica la relevancia en la conservación de la vida del ecosistema, como en su biodiversidad, asimismo tiene como objetivo la evaluación y restauración ecológica, además de minimizar los contaminantes que puedan perjudicar al medio ambiente, para la ayuda de su recuperación.

En este estudio se utilizará una especie de gramíneas las cuales según (Medrano, 2023 pág. 40), son plantas de crecimiento rápido, tienen una estructura floral, con un tallo cilíndrico, su progreso radicular evita que se presenten procesos erosivos ocasionados por el viento o por la lluvia, son fijadoras de nitrógeno generando mayor estabilidad al suelo por la compactación que generan, en su mayoría son herbáceas, perennes o anuales.

Los taludes o laderas, son masas de suelo que tienen una inclinación pronunciada la cual presenta variabilidad en su altura, sin embargo, se le denomina talud a una fracción de tierra que se ha originado entrópicamente, es decir es el resultado de la intervención del hombre, por otro lado, se le denomina ladera cuando su origen se da de manera natural (Zumba, 2023 p. 12)

Como parte de la estabilización de taludes (Castro, 2019) comenta que el talud es la proporción de tierra o roca, ya sea artificial o natural, cuenta con una inclinación horizontal, son originados por procesos geológicos que sufren cambios con el transcurrir del tiempo y también por las acciones humanas, los cuales intervienen para

remediar sus necesidades al realizar tajos para obtener vías de transporte y construcción de viviendas, entre otros.

La estabilidad de taludes se entiende como la seguridad que tiene un porcentaje de tierra frente a las fuerzas actuantes, fallas o movimientos que hacen cambiar la forma del terreno (CAMACHO, 2021 p. 25).

Dentro de los factores naturales uno de los que más produce inestabilidad de los taludes son los sismos, los cuales son fenómenos naturales provocados por el movimiento de las placas tectónicas en la corteza terrestre, que al activarse originan distintas ondas que viajan a través de las rocas, nuestro país se encuentra dividido por 4 zonas, la zonificación está distribuida espacialmente por sismicidad y como características presenta generalmente los movimientos sísmicos y la atenuación de los mismos, tomando como referencia la distancia epicentral, a cada zona se le asigna un factor "Z", el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal de la gravedad en un suelo rígido (Sánchez, 2019).

Ministerio de Hacienda de Costa Rica, (2021) indica que la pendiente se expresa en grados y porcentajes, además dice que es la inclinación de un terreno con respecto a un plano horizontal. Para (Ibañez, y otros, 2019) la pendiente es la relación entre la distancia de una horizontal que se debe recorrer y el desnivel, se expresa regularmente en porcentaje (%) o en grados (°).

Estableciendo como hipótesis: El uso de la hidrosiembra como mecanismo de rehabilitación ambiental permite la estabilización de taludes.

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación fue aplicada debido a que presenta como objetivo dar soluciones a problemas actuales, de las actividades generadas por las personas, basándose en indagaciones básicas, además, según (Ramos, 2021 p.2), menciona que, tiene como propósito delimitar la problemática y necesidad dentro de un contexto, para que consecutivamente se puedan dar respuestas mediante procedimientos científicos. tuvo un enfoque cuantitativo debido a que se trabajó con datos numéricos.

Tal como lo indica (Sánchez, 2019), el cual describe que puede medir fenómenos de la realidad, a través de técnicas estadísticas para el correcto análisis de la información recolectada, con el fin de dar una descripción y predicción de los objetivos trazados, brindando resultados, análisis e interpretación de los mismos.

Asimismo, el diseño de investigación es experimental, puesto que tiene como características iniciales el poder manipular la variable independiente y realizar análisis de los efectos en la variable dependiente, además se puede medir y controlar objetos en determinadas condiciones (Ramos, 2021). Por otra parte, tuvo un alcance descriptivo, ya que define una situación o concepto, profundizando en sus características, cualidades del estudio (Galarza, 2020).

Se identificó tres variables, siendo su variable independiente: Uso de la hidrosiembra, (Zárate, 2021) indica que es una técnica de siembra mecanizada donde se lanza una mezcla de insumos sobre una superficie que en la mayoría de casos son de difícil acceso, generando la revegetación acelerada y eficaz en las áreas degradadas. Para ello, se esparció una mezcla acuosa de semillas, mulch, retenedores de humedad y fertilizantes inorgánicos, mediante una bomba de agua, teniendo como dimensión, cantidad de la mezcla y como indicador: Litros de emulsión; la Escala de medición: Razón.

Variable dependiente: Rehabilitación ambiental, el cual tuvo como definición conceptual: Busca desarrollar de manera sustentable actividades que permitan mejorar la calidad del ecosistema mitigando la pérdida de biodiversidad (Organización de los Estados Americanos, 2020), por otra parte, se desarrolló la rehabilitación en un talud en estado de degradación mediante la revegetación del área de estudio,

asimismo como dimensión está las características del suelo y como Indicadores: Conductividad eléctrica, pH, Materia orgánica; La escala de medición: Intervalo, intervalo y razón.

En la segunda variable dependiente se tiene a la estabilización de taludes la cual tiene como definición conceptual, según (Camacho, 2021) se entiende a la capacidad de incorporar un equilibrio entre las fuerzas a una parte del suelo, asimismo en su definición operacional se tiene que a consecuencia de la rehabilitación ambiental (cobertura vegetal) se estabilizará el talud, la dimensión es la cantidad de plantas por metro cuadrado, como indicadores tenemos el número de plantas y la altura de plantas; la escala de medición es la razón para ambas.

La población son todas las áreas degradadas del Centro poblado de Bella Andina, tuvo como criterios de inclusión: Áreas degradadas en el centro poblado de Bella Andina perteneciente al distrito de Chalamarca y criterios de exclusión: Áreas degradadas que no pertenecen al centro poblado de Bella Andina- distrito de Chalamarca, empleando como muestra, 30 m²; el muestreo es no probabilístico por conveniencia, el cual está definido como la muestra que se escoge de acuerdo a la conveniencia del investigador, seleccionando a los individuos para incluirlos en la investigación (Hernández, 2021). Asimismo, la unidad de análisis fue de: 1 m² de área degradada del Centro Poblado de Bella Andina que pertenece al Distrito de Chalamarca.

Se empleó la técnica de la observación, la cual es una técnica que tiene como principales características la organización y coherencia de los trabajos ejecutados a lo largo del desarrollo de la investigación, por otro lado Se empleó la técnica de la observación, la cual es una técnica que tiene como principales características la organización y coherencia de los trabajos ejecutados a lo largo del desarrollo de la investigación, por otro lado, (Medina, y otros, 2023) indica que es un método de investigación de exploración visual captando de forma objetiva la realidad, donde se registra y analiza los comportamientos y las acciones de los sujetos desde una noción científica, lo que hace la diferencia del mundo empírico, la observación se realiza de manera sistemática y controlada, permitiendo recolectar datos en distintas investigaciones.

El instrumento utilizado es la ficha de registro de datos, la cual sirve para hacer la recolección lógica de distintas fuentes que se adecuen a los objetos de la investigación, en varias ocasiones los investigadores suelen utilizar su propio método organizado eficiente y eficaz (Arias, 2020 pág. 57).

La zona de estudio está ubicada en el Centro Poblado Bella Andina que pertenece al Distrito de Chalamarca, se utilizó herramientas tecnológicas que nos brindaron imágenes satelitales georreferenciadas por Google Earth, las cuales se guardaron en formato KMZ, luego se exportó la imagen y los puntos georreferenciados al software ArcGIS generando el mapa de localización con su respectivo membrete indicando el contenido de estudio.

Para realizar el estudio completo se realizó un protocolo del uso de la hidrosiembra el cual tiene una serie de pasos que se mencionara a continuación: título de la investigación, alcance, propósito, base legal, objetivos, marco teórico, materiales y equipos, descripción de la hidrosiembra y resultados.

Luego se procedió a sacar muestras de suelo de las tres áreas degradadas del talud las cuales tienen 10 m² cada una, donde se realizaron seis (06) calicatas de 40 cm, extrayendo 1kg de suelo de cada una colocándose en su respectiva saqueta, posteriormente se fusionaron todas las muestras y se homogeneizaron obteniendo un kilogramo de muestra, la cual se etiquetó y codificó para luego llevarla al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) el cual se encuentra ubicado en la Carretera Chiclayo a Ferreñafe km.8 Pícsi, donde nos dieron los siguientes resultados.

Después, se preparó el terreno donde se aplicó la hidrosiembra, a la siembra con mayor cantidad de semillas se le colocó la biomanta, esto nos permitirá determinar si la misma influye en la germinación de las semillas y esto al final se verá reflejado en los análisis de suelo.

Se llevó a cabo la revegetación del talud se determinó las concentraciones del caldo de la hidrosiembra donde hay que tener en cuenta que se realizó 3 siembras en distintas dosis y en diferentes áreas de terreno que comprenden los 10 m² cada una, en la primera se usó los siguientes componentes: la semilla de Ryegrass (*Lolium hybridum*) ¼ kg, 25 litros de agua, mulching este tuvo como función el mejorar el suelo ayudando a rehabilitar la parte microbiana disminuyendo la erosión recuperando

la materia orgánica la cantidad que se empleará es de 500 gr, los ácidos húmicos y fúlvicos tienen como función mejorar las propiedades del suelo se agregó 100 ml, los hidroretenedores son sustancias más conocidas como hidrogeles, que funcionan como retenedores de humedad en el suelo por lo que se empleó 100gr, y la cantidad de fertilizante es de 100 gr, por último se le agregó el tinte que ayuda a minimizar los impactos paisajísticos de los taludes se agregará 125 ml.

En la segunda siembra se trabajó con 500 gr de semilla de Ryegrass (*Lolium hybridum*), 28 litros de agua, 800 gr de mulch, 150 gr de fertilizantes, 150 gr de hidroretenedores, 150 ml de ácidos húmicos y fúlvicos y se utilizará 250 ml de tinte.

Asimismo, para la tercera siembra se realizó con un 1kg de semilla de Ryegrass (*Lolium hybridum*), 30 litros de agua, 1kg de mulch, 200 gr de fertilizante, 200 gr de hidroretenedores, 200 ml de ácidos húmico y fúlvicos y 500 ml de tinte.

Finalmente, se llevó a cabo el segundo análisis de suelos después de haber aplicado la técnica de hidrosiembra, dichos resultados serán comparados con los resultados iniciales para observar si hubo cambios en el suelo en los parámetros: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo y potasio.

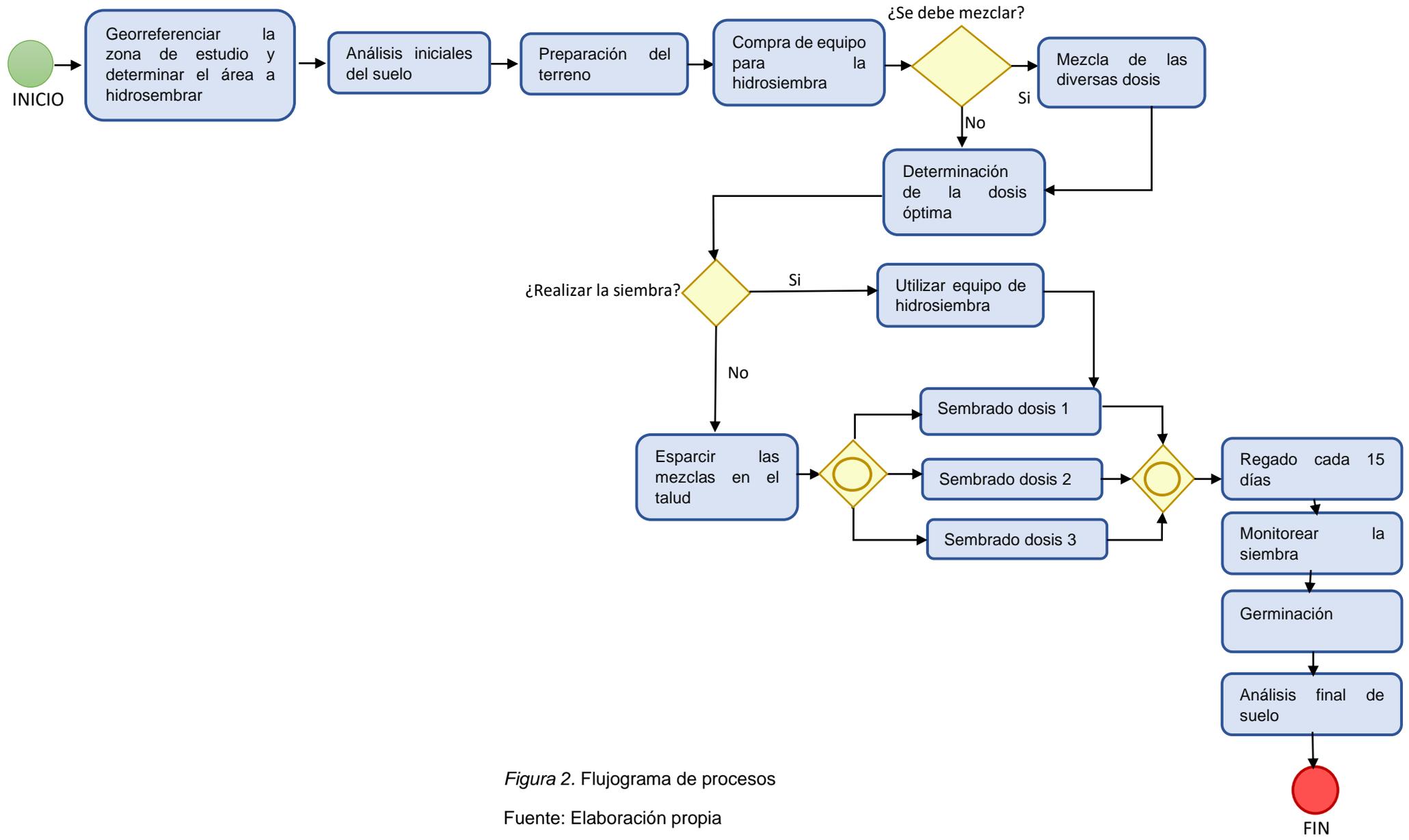


Figura 2. Flujograma de procesos

Fuente: Elaboración propia

Se empleó la hoja de cálculo Excel para realizar los gráficos y cálculos de estudio, asimismo se utilizó el software ArcGIS para localizar la zona que se va revegetar.

Se consideró como base, el respeto y autenticidad, de las fuentes bibliográficas de las cuales se les ha extraído la información, para ello se ha reconocido los derechos de autor mediante la realización de las citas de acuerdo con la norma internacional ISO 690 – primer elemento y fecha, además de cumplir con la comisión de ética de la universidad César Vallejo mediante la RCU N° 0126-2017/UCV, donde establece que se debe realizar investigaciones tomando en cuenta las normativas que tiene como régimen los principios éticos que avalan la responsabilidad de los estudiantes. Asimismo, como fidelidad de lo anteriormente mencionado en el presente trabajo de investigación se sometió al software Turnitin como prueba de la originalidad del producto.

III. RESULTADOS

En lo que corresponde a georreferenciar la zona de estudio tenemos que se encuentra situado en el centro poblado de Bella Andina que pertenece al distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca.

A continuación, se muestra a detalle en el plano de ubicación el cual se georreferenció mediante coordenadas UTM.

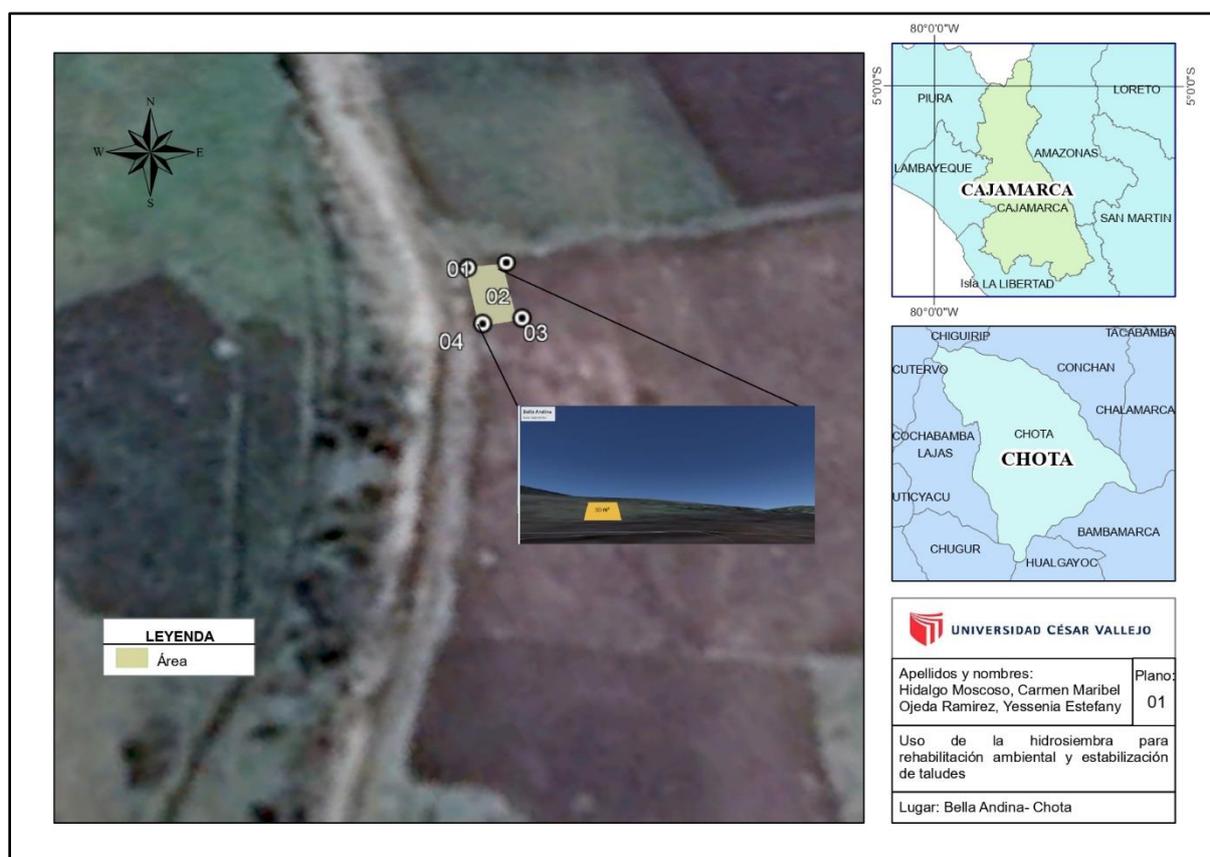


Figura 3. Zona de estudio- Centro poblado Bella Andina

Fuente: Elaboración propia

El centro poblado de Bella Andina cuenta con una cantidad poblacional de 650 familias, teniendo como principales actividades económicas la agricultura y ganadería, de esa manera utilizan la tierra para el cultivo de papa, arveja, piña, oca, cítricos; así como pastizales para alimento de su ganado vacuno, etc.

Estas actividades permiten que el suelo se degrade con el transcurrir de los años debido al uso excesivo de productos químicos que son aplicados a los sembríos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas).

Por lo tanto, se ha visualizado que hay pendientes sin vegetación debido a las actividades de agricultura y ganadería que allí se realizan, ocasionando una erosión antrópica, esto sumado a la erosión hídrica debido a las intensas lluvias que se registran, originando la pérdida de la cobertura superficial en el suelo.

Además, los taludes que existen en este lugar han sido conformados por los cortes de las laderas para la abertura de trochas, estos han sido abandonados sin ningún tipo de control contra los deslizamientos, los cuales al estar expuestos a las lluvias tienden a desprenderse y dejar a los pobladores del lugar incomunicados, al mismo tiempo que pone en peligro la vida de las personas.

El área a hidrosembrar estuvo distribuida en tres parcelas con tres unidades de siembra las cuales se detallarán en el siguiente plano:

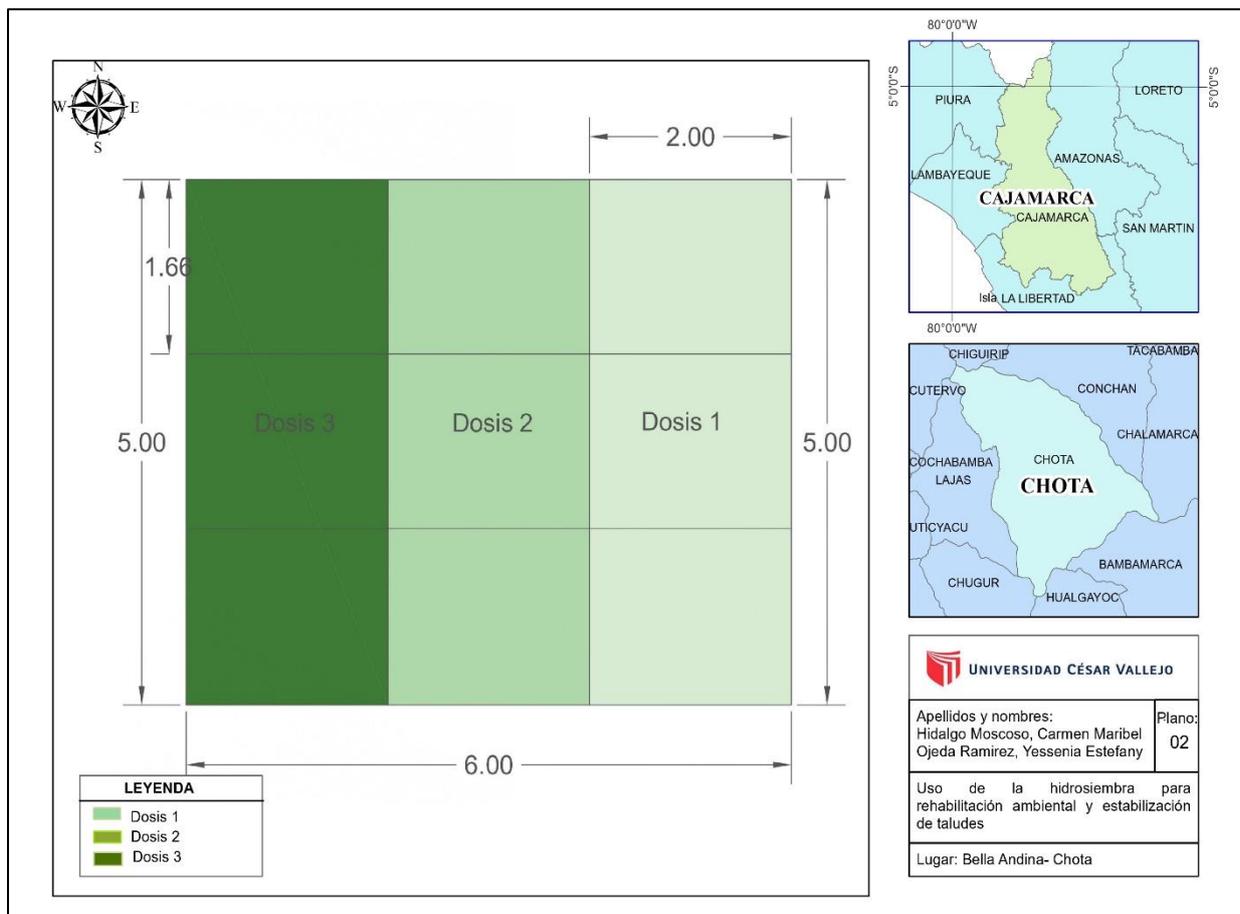


Figura 4 Identificación del área

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se obtuvo lo siguiente, para la distribución de dosis en cada parcela:

$$A = 2m \times 5m$$

$$A = 10m^2$$

Por otra parte, se identificó el área total:

$$A = 6 m \times 5m$$

$$A = 30m^2$$

Por otro lado, se describe el protocolo para el uso de la hidrosiembra en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes, el cual se detalla a continuación:

1. Introducción

Según lo dispuesto, en la Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611, en la importancia de recuperar suelos degradados, permite adoptar nuevas metodologías que ayuden a su recuperación. Por tal motivo, se permite acoplar el uso de la hidrosiembra en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes, para establecer un buen desarrollo ambiental.

Asimismo, mediante el Decreto Supremo N.º 011- 2017- MINAM, se aprobaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, con el objetivo de establecer los límites de los niveles de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el suelo, del mismo modo no puedan presentar un nivel significativo al ambiente y la salud.

Además, se tiene al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el cuál en su repositorio muestra a detalle cómo interpretar los análisis de suelo en sus parámetros físico-químicos.

2. Alcance

El presente protocolo ha sido elaborado con la finalidad de facilitar el trabajo de los técnicos y/o profesionales dedicados a realizar prácticas de rehabilitación mediante el uso de la hidrosiembra, donde se han tomado datos de campo, así como posterior análisis de los mismos, el ámbito de acción agrupa a aquellas empresas en el rubro agrícola, instituciones y público general que esté capacitado para realizar dichas prácticas.

3. Propósito

Este protocolo tiene como principal propósito detallar el procedimiento para obtener la dosis óptima de la hidrosiembra, mediante los análisis y datos obtenidos en el transcurso de los meses, los cuales vuelven confiable dicho documento para los fines que crean convenientes los usuarios.

4. Base legal

- Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto supremo N.º 011- 2017- MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- Ley N.º 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

5. Objetivos

El principal objetivo del presente protocolo es la guía en el proceso del uso óptimo de la hidrosiembra.

6. Marco teórico

MINAM (2020), menciona que el protocolo es un instrumento que permite estandarizar los criterios, para generar la información compatible, comparable, confiable, comparable y representativa, siendo representativa para el cuidado del medio ambiente y supervisión adecuada. Además, de ser una guía completa, en el establecimiento de una propuesta pública de carácter general, aprobado.

El análisis de suelo, permite evaluar el estado de fertilidad, evolución de las propiedades físicas, biológicas y químicas, contando con información objetiva para evaluar los posibles efectos que podrían causar a la salud del suelo, identificando la problemática, permitiendo diseñar estrategias de intervención (Ministerio de Desarrollo Agrario, 2024).

La dosis es la cantidad o proporción de algo inmaterial o material de algo ya sea de forma líquida, acuosa o espesa en una ración exacta, aplicada a un tratamiento, experimento con exactitud (Real Academia Española, 2023).

7. Materiales y equipos

Tabla 2. Materiales y equipos

ítem	Descripción	Medida	Cantidad
Material de oficina	Tablero A4	Unid	2
	Papel bond A4	paq.	1
	Lapicero	Unid	2
	USB	Unid	1
	Cinta	Unid	1
	Lápiz	Unid	2
	Borrador	Unid	2
Componentes	Semillas	Kg	1.750
	Mulch	Kg	2.300
	Ácidos húmicos y fúlvicos	ml	450
	Hidroretenedores	Gr	450
	Tinte	L	0.875
	Agua	L	83
Equipo	Motobomba	2.5 hp	-
Material	Biomanta	m ²	10
Materiales de laboratorio	Guardapolvo	Unid	2
	Guantes quirúrgicos	Unid	8
	Mascarillas	Unid	4

Fuente: Elaboración propia

8. Descripción de la hidrosiembra

La aplicación de la técnica de la hidrosiembra consistió en esparcir la mezcla de cada una de las dosis en las áreas correspondientes, como componentes utilizados estuvieron el Mulching, semilla, agua, fertilizante inorgánico, hidroretenedor, ácidos húmicos y fúlvicos y tinte, en diferentes cantidades, se utilizó una motobomba para expulsar la mezcla hacia el talud y para obtener el crecimiento de las plantas y la densidad de la vegetación se registraron los datos cada 30 días.

8.1. Resultado

Para obtener la dosis óptima fue necesario realizar la prueba con 3 dosis, las cuales se repitieron 3 veces, además se realizaron análisis al inicio y final de la investigación los análisis fueron realizados en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) estación experimental Vista Florida, se muestrearon los siguientes parámetros: Potencial de hidrógenos (pH), Conductividad Eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), Potasio (K) y Fósforo (P).

Donde se obtuvo que la dosis 3 presentó mejores resultados a comparación de la dosis 1 y 2. Donde alcanzó mejoras en su pH aumentando 1.83 de la muestra inicial, el cual se considera como pH óptimo para la siembra, la materia orgánica subió 7%, asimismo el fósforo y el potasio también tuvieron un incremento considerable.

Por ello se considera que la dosis óptima en el estudio fue la dosis n°3, la cual está compuesta de la siguiente manera:

Tabla 3. Concentraciones de la Dosis 3

Insumos	Cantidad
Semilla Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>)	1 kg
Mulch	200 gr
Ácidos húmicos y fúlvicos	200 ml
Hidroretenedor	200gr
Tinte	½ L
Fertilizante inorgánico	500 gr

Fuente: Elaboración propia

Puesto que tiene como principales mejoras gran cantidad de cobertura herbácea la cuál es de vital importancia en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes, puesto que las plantas mecánicamente mediante sus raíces logran reforzar el suelo, además que la vegetación intercepta la lluvia y extrae agua a través de la evapotranspiración, generando la reducción de humedad en el suelo y disminuyendo la presión de los poros; asimismo, retienen las partículas del suelo ayudando a reducir la erosión, acrecienta el coeficiente de rugosidad del terreno, acortando la velocidad de la escorrentía.

Otro efecto que genera la vegetación es la infiltración la cual por sus raíces ayudan a conservar la permeabilidad y porosidad del suelo.

Además, se debe conocer que las raíces del Ryegrass (*Lolium hybridum*) son pivotantes la cual es vertical, centrada y profunda, pero con ramificaciones pequeñas, por otro lado, como parte de sus beneficios es que a diferencia de las radiales o laterales éstas alcanzan mayores profundidades en el suelo, siendo efectivas con respecto a la estabilización de deslizamientos poco profundos.



Figura 5. Ryegrass (*Lolium hybridum*)

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Raíces de las tres dosis (Ryegrass: *Lolium hybridum*)

Fuente: Elaboración propia

Para establecer las concentraciones de la mezcla de la hidrosiembra (dosis) fue necesario revisar informaciones bibliográficas de investigaciones que ya han aplicado dicha técnica de bioingeniería, con concentraciones que se aproximan a la dosis óptima y que han tenido buenos resultados, sin embargo, en nuestro estudio se varió la especie (planta) además de las cantidades tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Concentraciones de las dosis de la hidrosiembra

Componentes	Primera Dosis	Segunda Dosis	Tercera Dosis
Semilla <i>Lolium hybridum</i>	250 gr	500 gr	1 kg
Mulch	500 gr	800 gr	1 kg
Ácidos húmicos y fúlvicos	100 ml	150 ml	200 ml
Hidroretenedor	100 gr	150 gr	200gr
Tinte	1/8 L	1/4 L	1/2 L
Agua	25 litros	28 litros	30 litros
	Sin biomanta	Sin biomanta	Con biomanta

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, para establecer el número de plantas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Número de plantas} = \frac{\text{Área total}}{\text{Distancia entre surcos} \times \text{distancia entre hileras}}$$

En la tabla (4) se detalla las cantidades de las concentraciones de las dosis utilizadas en la investigación, además que una de ellas (dosis n°3) tuvo la biomanta de fibras de coco como componente extra.

Por otro lado, se realizó los análisis de varianza para verificar si los resultados son significativos, además este determina si hay diferencias estadísticas significativas en cada una de las dosis, tal como se detalla a continuación:

Tabla 5. Datos de la altura de las plantas (cm) Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 30 días posterior a la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	7,4	9,0	13,2	29,6
II	6,6	8,6	14,2	29,4
III	7,0	9,0	15,3	31,3
Total	21	26,6	42,7	90,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. ANAVA altura de la planta(cm) Ryegrass *Lolium hybridum* a los 30 días posterior de la germinación

Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	84,60	2	42,30	88,2	**
Repetición	0,72	2	0,36	0,75	n-s-
Error	1,92	4	0,48		
Total	87,24	8			

Fuente: Elaboración propia

$$C, V, = 6,35 \%$$

Realizado el análisis de varianza para altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 30 días después de la germinación se encontró una alta significación estadística para las dosis en estudio (tratamientos), es decir que son diferentes, mientras que no

se encontró una significación estadística para las repeticiones (block). El coeficiente de variabilidad fue del 6,35%.

Por tal razón se realiza la prueba de Tukey para saber cuál es el efecto de las dosis en la altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 30 días después de la germinación se encontró lo siguiente.

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{\text{C.M.error}}{r}} \cdot g^{**}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{0,48}{3}} = 0,4$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$\text{A.E.S. (T)} = \text{A.E.S. (4 y 3)} = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$\text{A.L.S. (T)} = S\bar{d} \cdot \text{A.E.S. (T)}$$

$$\text{A.L.S. (T)} = 0,4 \times 4,60 = 1,84$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos.

Tabla 7. Prueba de Tukey a la comparación de los promedios de las tres (3) dosis en la altura de plantas (cm) a los 30 días posterior a la germinación

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	7,00 – 8,86 = 1,86	1,84	*
D1 vs D3	7,00 – 14,23 = 7,23	1,84	*
D2 vs D3	8,86 – 14,23 = 5,40	1,84	*

Fuente: elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para ver efecto de las dosis en estudio en la altura de planta se encontró que, una significación estadística entre las dosis en estudio (tratamientos), es decir las dosis en estudio son estadísticamente diferentes. siendo la dosis 3 la que superó a las demás.

Tabla 8. Datos de la altura de plantas (cm) de Ryegrass (*Lolium hybridum*) 60 días posterior de la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	14,0	15,4	15,8	45,2
II	13,2	14,2	16,5	43,9
III	14,8	15,2	15,1	46,1
Total	42,0	44,8	48,4	135,2

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. ANAVA altura de las plantas (cm) de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posterior de la germinación

A N A V A

Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	6,86	2	3,43	9,8	**
Repetición	0,32	2	0,41	1,17	n.s.
Error	1,40	4	0,35		
Total	4,22	8			

Fuente: Elaboración propia

$$C, V, = 5,09\%$$

Realizado el análisis de varianza para altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posteriores a la germinación se encontró una alta significación estadística para las dosis en estudio (tratamientos), es decir que son diferentes, mientras que no se encontró una significación estadística para las repeticiones (block). El coeficiente de variabilidad fue del 5,09 %.

Por tal razón se realiza la prueba de Tukey para saber cuál es el efecto de las dosis en la altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posterior a la germinación se encontró lo siguiente:

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall_i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{\text{C.M.error}}{r}}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{0,35}{3}} = 0,34$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$\text{A.E.S. (T)} = \text{A.E.S. (4 y 3)} = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$\text{A.L.S. (T)} = S\bar{d} \cdot \text{A.E.S. (T)}$$

$$\text{A.L.S. (T)} = 0,34 \times 4,60 = 1,56$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos.

Tabla 10. Prueba de Tukey de la comparación de promedios de las tres (03) dosis de la altura de las plantas (cm) de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posterior a la germinación

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	14 – 14,93 = 0,93	1,56	n. s.
D1 vs D3	14 – 16,13 = 2.13	1,56	*
D2 vs D3	14,93 – 16,13 = 1,20	1,56	n. s.

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para el efecto de las dosis en la altura de planta a los 60 días después de la germinación se encontró que entre la D1 y D2 no se encontró significación estadística entre ellas, al igual que la D2 y D3 lo que significa que estadísticamente son iguales, mientras que la D3 superó estadísticamente a las demás dosis en estudio.

Tabla 11. Datos de la altura de las plantas (cm) de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posterior a la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	21,4	27,3	33,1	81,8
II	22,4	25,5	35,8	83,7
III	22,0	27,1	34,4	83,5
Total	65,8	79,9	103,3	249,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. ANAVA altura de la planta (cm) de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posterior de la germinación

A N A V A

Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	239,18	2	119,59	88,91	**
Repetición	0,72	2	0.36	0,26	n-s-
Error	5,38	4	1,345		
Total	245,28	8			

Fuente: Elaboración propia

C. V. = 22,05%

Realizado el análisis de varianza para altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posteriores a la germinación se encontró una alta significación estadística para las dosis en estudio (tratamientos), es decir que son diferentes, mientras que no se encontró una significación estadística para las repeticiones (block). El coeficiente de variabilidad fue del 22,05 %.

Por tal razón se realiza la prueba de Tukey para saber cuál es el efecto de las dosis en la altura de planta de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días se encontró lo siguiente:

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{\text{C.M.error}}{r}}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{1,345}{3}} = 0,66$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$\text{A.E.S. (T)} = \text{A.E.S. (4 y 3)} = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$\text{A.L.S. (T)} = S\bar{d} \cdot \text{A.E.S. (T)}$$

$$\text{A.L.S. (T)} = 0,66 \times 4,60 = 3,03$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos

Tabla 13. Prueba de Tukey de la comparación de promedio de las tres (03) dosis de la altura de plantas Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posterior a la germinación

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	21,93 – 26,30 = 4,37	3,03	*
D1 vs D3	21,93 – 34,43 = 12,50	3,03	*
D2 vs D3	26,30 – 34,43 = 8,13	3,03	*

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para ver el efecto de las dosis en la altura de planta se encontró que, una significación estadística entre las dosis en estudio (tratamientos), es decir las dosis en estudio son estadísticamente diferentes. siendo la dosis 3 la que superó a las demás.

Tabla 14. Densidad de siembra por m² de Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 30 días posterior a la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	207	300	410	917
II	310	325	415	1050
III	335	350	484	1169
Total	852	975	1309	3136

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. ANAVA de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 30 días posterior de la germinación

A N A V A

Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	37291,56	2	18640,78	22,78	**
Repetición	10594,89	2	5297,44	6,47	n-s-
Error	3271,78	4	817,94		
Total	51158,28	8			

Fuente: Elaboración propia

$$C.V. = 8,28 \%$$

Realizado el análisis de varianza para la densidad de siembra a los treinta (30) días se encontró una alta significación estadística para las dosis en estudio (tratamientos), es decir que son diferentes, mientras que no se encontró una significación estadística para las repeticiones (block). El coeficiente de variabilidad fue del 21,06 %.

Por tal razón se realiza la prueba de Tukey para saber cuál de las dosis es estadísticamente superior a las demás.

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{C.M.error}{r}}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{817,94}{3}} = 16,51$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$A.E.S. (T) = A.E.S. (4 \text{ y } 3) = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$A.L.S. (T) = S\bar{d} \cdot A.E.S. (T)$$

$$A.L.S. (T) = 16,51 \times 4,60 = 75,94$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos.

Tabla 16. Prueba de Tukey en la comparación de los promedios de las tres dosis en la densidad de las plantas de Ryegrass (*Lolium hybridum*)

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	284 – 325 = 41,00	75,94	n. s.
D1 vs D3	284 – 436,33 = 152,33	75,94	*
D2 vs D3	325 – 436,33 = 111,33	75,95	*

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para la densidad de plantas por metro cuadrado a los treinta (30) días de la siembra no se encontró

diferencias estadísticas entre la D1 y la D2, por lo tanto, son estadísticamente iguales, se encontró una significación estadística cuando se comparan los D1 y D3 lo que indican que son diferentes, pero cuando comparamos la D2 y D3 no se encontró diferencias estadísticas entre ellas, lo que indican que son iguales.

Tabla 17. Datos de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posterior de la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	298	3800007	436	1121
II	333	400	500	1233
III	367	412	546	1325
Total	998	1199	1482	3679

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. ANAVA de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 60 días posterior a la germinación

A N A V A

Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	39416,22	2	19708,11	42,86	**
Repetición	6958,22	2	3479,11	7,56	**
Error	1839,12	4	459,79		
Total	48213,56	8			

Fuente: Elaboración propia

C. V. = 5,24 %

Realizada el ANAVA para la densidad se encontró una alta significación estadística para los tratamientos en estudio, lo que indica que los tratamientos son diferentes.

Por tal razón se realiza la prueba de Tukey para saber con cuál de las dosis es estadísticamente superior a las demás en lo referente a cobertura.

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall_i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{\text{C.M.error}}{r}}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{459,79}{3}} = 12,37$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$\text{A.E.S. (T)} = \text{A.E.S. (4 y 3)} = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$\text{A.L.S. (T)} = S\bar{d} \cdot \text{A.E.S. (T)}$$

$$\text{A.L.S. (T)} = 12,37 \times 4,60 = 56,90$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos.

Tabla 19. Prueba de Tukey en la comparación de los promedios de las tres (03) dosis de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*)

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	332,66 – 399,66 = 67,00	56,90	*
D1 vs D3	332,66 – 494,00 = 19134	56,90	*
D2 vs D3	399,66 – 494,00 = 94,34	56,90	*

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para la densidad de plantas por parcela se observa que existió diferencias estadísticas entre ellas, por lo tanto, son diferentes. La dosis 3 es la que logró una mayor cobertura para cada parcela.

Tabla 20. Datos de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posterior a la germinación

	D1	D2	D3	Total
I	350	483	663	1496
II	426	499	705	1630
III	468	600	802	1870
Total	1244	1582	2170	4996

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. ANAVA de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días posterior a la germinación

A N A V A					
Fuente De Variación	SC	GL	CM	F	SIG
Tratamientos	146384,89	2	73192,44	204,57	**
Repetición	23936,89	2	11968,44	33,45	**
Error	1431,11	4	357,77		
Total	171752,89	8			

Fuente: Elaboración propia

C. V. =3,40 %

Realizado el ANAVA para la densidad se encontró una alta significación estadística para los tratamientos en estudio, es decir, que las dosis se comportaron estadísticamente diferente, por lo que es necesario realizar la prueba de Tukey para saber que dosis es mejor para alcanzar una mejor cobertura por parcela.

$$H_0: \mu_i = \mu_j \quad \forall_i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{C.M.error}{r}}$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{357,77}{3}} = 10,91$$

Buscamos en la tabla de Tukey con los grados de **libertad del error** y el **número de tratamientos**.

$$A.E.S. (T) = A.E.S. (4 \text{ y } 3) = 4,60$$

La amplitud límite de significación de Tukey será:

$$A.L.S. (T) = S\bar{d} \cdot A.E.S. (T)$$

$$A.L.S. (T) = 10,91 \times 4,60 = 50,18$$

Realizamos las comparaciones múltiples, entre los promedios de los tratamientos.

Tabla 22. Prueba de Tukey en la comparación de promedios de las tres dosis de la densidad del Ryegrass (*Lolium hybridum*) a los 89 días de la germinación

Comparación	$ \bar{Y}_i - \bar{Y}_j $	ALS _T	Significación
D1 vs D2	414,66 – 527,33 = 112,67	50,18	*
D1 vs D3	414,66 – 723,33 = 308,67	50,18	*
D2 vs D3	527,33 – 723,33 = 196,00	50,18	*

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación para la densidad de plantas por parcela se observa que la D3 con 723,33 plantas por parcela superó estadísticamente a las demás dosis en estudio.

En lo que respecta a la Comparación de los análisis iniciales y finales del suelo tenemos los siguientes resultados donde se detallan las variaciones que hubo con la aplicación de la hidrosiembra en el talud.

Tabla 23. Comparación de la muestra inicial con la Dosis N° 1

Parámetros	Unidad	Muestra inicial	Muestra Final
			Dosis 1
pH	unid. pH	5.80	6.00
Conduc. eléctrica	m S/m	60.00	58.00
Materia orgánica	%	13.00	14.66
Fósforo	ppm	14.03	16.00
Potasio	ppm	102.00	179.00
CaCo3	%	<0.6	0.30
Textura			
Arena	%	68.00	68.00
Limo	%	15.00	15.00
Arcilla	%	17.00	17.00
Clase textural	%	Franco arenoso	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia

En la tabla n°23 se detalla el aumento de los parámetros físico químicos presentes en el suelo en comparación de la muestra inicial, los resultados demuestran que las concentraciones que tuvo la dosis n°1 ayudo a recuperar parte de la materia orgánica en un 1.66%, mejoró su pH de 5.8 a 6 siendo aún un pH ácido sin embargo la planta Ryegrass (*Lolium hybridum*) se logró adaptar, la conductividad eléctrica disminuyó en un 0.2 mS/m, el potasio es fundamental para la elongación celular y permite el perfecto crecimiento de las raíces este aumentó en un 77 ppm y el fósforo es un nutriente que ayuda el transporte de nutrientes a la planta generando un crecimiento rápido este ascendió a 1.97 ppm.

En lo que concierne a la comparación de la muestra inicial con la dosis n°2 muestra final se tienen los siguientes resultados:

Tabla 24. Comparación de la muestra inicial con la dosis N°2

Parámetros	Unidad	Muestra inicial	Muestra Final
			Dosis 2
pH	unid. pH	5.80	6.42
Conduc. eléctrica	m S/m	60.00	58.00
Materia orgánica	%	13.00	15.73
Fósforo	ppm	14.03	21.20
Potasio	ppm	102.00	210.00
CaCo₃	%	<0.6	0.29
Textura			
Arena	%	68.00	68.00
Limo	%	15.00	15.00
Arcilla	%	17.00	17.00
Clase textural	%	Franco arenoso	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°24 se detalla las diferencias que tuvo el talud al aplicarse la hidrosiembra en la muestra inicial se evidenció un aumento del pH de 0.62, en el caso de la conductividad eléctrica disminuyó 2 mS/m, la materia orgánica aumentó 2.73%, en el caso del fósforo incrementó en un 7.17 ppm y en el caso del potasio también subió de 102 ppm de la muestra inicial a 210 ppm muestra final.

Tabla 25. Comparación de la muestra inicial con la dosis N°3

Parámetros	Unidad	Muestra inicial	Muestra Final
			Dosis 3
pH	unid. pH	5.80	6.83
Conductividad eléctrica	m S/m	60.00	56.00
Materia orgánica	%	13.00	20.00
Fósforo	ppm	14.03	30.50
Potasio	ppm	102.00	254.00
CaCo3	%	<0.6	0.28
Textura			
Arena	%	68.00	68.00
Limo	%	15.00	15.00
Arcilla	%	17.00	17.00
Clase textural	%	Franco arenoso	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°25 se observó el aumento del pH a un 1.03, como de igual forma la conductividad eléctrica a un 0.04, la materia orgánica un 7%, fósforo 16.47 ppm, potasio 152 ppm, siendo el fósforo y potasio los que más aumentaron, por lo cual, la dosis 3 fue la mejor a diferencia de los demás puesto que, favorece al suelo mejorando las raíces de la planta, siendo de vital importancia.

IV. DISCUSIÓN

Respecto a los resultados obtenidos, el cual se contrasta con otras investigaciones donde se hizo uso de la hidrosiembra, confirmando los datos obtenidos durante la presente investigación.

Asimismo, se georreferencia el centro poblado Bella Andina- Chota a una altitud de 3735 m.s.n.m, a través del software de Google maps pro mediante coordenadas UTM 17M 773503 9273062, en el que se transforma a KMZ, para luego ser pasado por ArcGIS 10.8, con Datum oficial GS84, además de emplear archivos shp de la región Cajamarca, de tal manera el MIDAGRI (2021), expresa que es necesario que se emplee imágenes satelitales en lugares donde no se otorgue suficiente información, los cuales son en su mayoría centros poblados, por tal motivo, se debe de recopilar datos reales del lugar, para identificar un territorio puntual, identificando y precisando el registro de coordenadas.

Así mismo el protocolo, el cual presenta una serie de pasos para el adecuado uso de la técnica de la hidrosiembra, detallando la introducción, el alcance para facilitar el trabajo de los investigadores, esto de acuerdo a la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes, además del propósito, como también la base legal, quien se detalla bajo la constitución política del Perú 1993, y la ley General del ambiente, por otra parte, el objetivo, como también el marco teórico, en el que se detalla palabras claves, sobre todo se describe los materiales y equipos de se emplean en la elaboración de la hidrosiembra, por tal motivo se describe la dosis óptima de la hidrosiembra.

Resolución Ministerial N. ° 0117- 2020 – MINAGRI, establece la aprobación y adecuación de los protocolos para el sector de Agricultura y riego, el cual nace a partir de la emergencia sanitaria como nuevas medidas para reducir el riesgo, por otro lado, se manifiesta que el protocolo permite la continuidad de las actividades y servicios.

De este modo el MINAM (2019), expresa que el protocolo de alguna manera busca generar de manera confiable, compatible, representativa una información, como de igual manera seguir criterios para estandarizar la actividad considerado al momento de su aplicación, como métodos alternativos para generar nuevas estrategias,

instrumentos, planes aplicables, sustentando de manera breve y clara, contribuyendo al soporte para entidades privadas y públicas.

Asimismo, el Decreto Supremo N.º 029-2005 – AG, manifiesta que se debe de contar con un plan de cultivo y riego a nivel de usuario, puesto que favorecería a los productores de baja escala, como de igual forma ayuda a brindar orientación en la disposición de recursos, como en la implementación a nuevas modalidades de cultivos.

De acuerdo, a lo mencionado anteriormente la presente investigación opta por la elaboración de un protocolo para el uso de la hidrosiembra en la rehabilitación ambiental y estabilización de taludes, puesto que, esto permite tener de manera clara y resumida la ejecución de la hidrosiembra, como de igual forma la dosis óptima para su uso.

Se realiza tres dosis de la mezcla para emplear la técnica de la hidrosiembra, las cuales tienen diferentes concentraciones, y se lleva a cabo en áreas con distintas medidas en un mismo talud, en manera general el área a hidrosebrar tiene la medida de 30 m².

Por otra parte, se toma una pendiente con un área de 30 m² divididas en tres parcelas de 10 m², divididas en 1.66 m x 2 m (figura 4), distribuyendo homogéneamente la mezcla acuosa, con 3 dosis diferentes, siendo la tercera dosis con mayor concentración añadiendo la biomanta, además se fue recolectando datos de la altitud de la planta, y cobertura herbácea cada 30 días.

Romero y Rivera (2020), los cuales en su artículo monitorean tres puntos diferentes para observar a mejor detalle en parcelas de 10 m², siendo de análisis un metro cuadrado, en el que se detalló el crecimiento de la planta, y la vegetación presentada en el talud, precisando la realidad de la zona, como el desarrollo de la especie empleada, para lograr resultados concretos. Esto se constata con Jaña (2020), que de acuerdo a su investigación para que los tratamientos sean más eficientes el realiza las comparaciones de los tratamientos, además de determinar cuál es el tratamiento más óptimo, se debe dividir en parcelas y subparcelas, ello para observar las diferencia.

Los cuales se distribuyeron en parcelas por medio de una motobomba, para su dispersión, recolectando datos obtenidos cada 30 días como la altura de la planta y la densidad poblacional bajo tres tratamientos, en el que se emplea la estadística del análisis de varianza, con el nivel de significancia para su efecto, puesto que en la altura de la planta estadísticamente supero la Dosis 3, asimismo se contó en los tres días el progreso poblacional de la planta, registrando su volumen en los diferentes tratamiento, de tal modo, se realiza con la prueba de Tukey, el cual se compara de manera múltiple las tres dosis.

Torres (2017), el cual emplea en cuatro simulaciones de talud en el que, en su metodología, procedió a la toma de análisis de la cobertura, describiendo cada tres semanas por medio de la observación, de tal modo como prueba las fotografías por medio de porcentajes. Sin embargo, Moran (2013), considera el método de bloques completos al azar, en dos parcelas, donde son aplicados los tratamientos, procediendo con los datos de variación con la tabla ANAVA, ello es realizado para una mayor confiabilidad en los resultados, tomando en factor el tratamiento (3 muestras), con los parámetros físico químicos, en el que demuestra que en la primera muestra se obtuvo una similitud con la segunda en los tratamientos, a diferencia de la tercera que incrementa significativamente.

Nava Rodríguez (2022), realiza el análisis de varianza con la altura de la planta con una variación de $p < 0.005$, rechazando la hipótesis de igualdad, asimismo demuestra la confiabilidad experimental de los datos obteniendo durante su progreso de tal modo, el ensayo con las dosis de fertilizantes son estadísticamente significativos, esto comprobado con las comparaciones múltiples de Tukey, demostrando que a mayor fertilizantes y buen suelo, suele crecer de manera progresiva las plantas demostrando su efectividad, obteniendo un mejor promedio.

De acuerdo al análisis de suelo en el que se realiza la hidrosiembra, asimismo se demuestra que, en las tres muestras hay un aumento en los parámetros físico químicos, constatándose que, la dosis 3 es la más efectiva debido a que presentó mejoras significativas en el suelo, con la aplicación de la especie *Lolium Hybridum*, este cambio se visualizó inicialmente mediante los análisis finales de suelo donde se obtuvo como resultados en el pH inicial 5.80, C. elec: 60, M.O: 13, fósforo: 14.03, potasio: 102 y después de la hidrosiembra este llegó a 6.83 siendo un pH adecuado

debido a que se acerca a la neutralidad, c. elec: 56, MO: 20, Fósforo: 30.5, Potasio: 254.

Por lo tanto, el aumento de los parámetros físico químicos de un talud son respaldos por la investigación realizada por Morán, (2013), emplea la especie *Lolium perenne* prevaleciendo los parámetros en el análisis inicial pH: 6.00, P: 22.40, y en los resultados finales de pH: 7.00, P: 30.00, por lo que se demuestra un aumento significativo, de 1.00, y 7.60, en el que se detalla que es la especie que recupera el suelo de manera significativa, en el consumo de fósforo y nitrógeno.

Por otro lado, Fong, (2016), el cual lleva a cabo dos análisis comparativos, de un talud hidrosebrados y sin hidrosiembra con las gramíneas, en el que, su estudio inicial fue de P: 0.28, K: 0.25, M.O: 1.45, el que hubo un aumento final de P: 7.79, K: 0.55, M.O: 2.18, observando que, si hubo un control de erosión, recuperando materia orgánica, sin embargo, no se detalla que no hubo un resultado significativo en los 75 días.

Asimismo, se coincide con Jaña (2020) el cual en su investigación realiza muestreos de suelo con la finalidad de evaluar el efecto de la vegetación en la superficie del suelo, donde tomo 3 muestras después de 3 años de ser aplicada la hidrosiembra, cada muestra estuvo compuesta por 1 kg cada una, las muestras son analizadas en un laboratorio acreditado, donde se evalúa los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno (N), materia orgánica (MO), potasio (K), fósforo (P), determinando que la erosión del suelo se controla mediante la cobertura herbácea y no por la profundidad del suelo recuperado sobre el talud.

En el que ambas investigaciones se observa un aumento significativo con el género *Lolium*, puesto que a diferencia de la investigación que se empleó gramíneas, en el que se expuso que no hubo un incremento significativo con sus análisis finales, asimismo se demuestra que el talud con vegetación controla la erosión, produciendo un suelo donde la filtración es favorable, puesto que después de la hidrosiembra se presenta como un soporte en el suelo, actuando de manera favorable.

V. CONCLUSIONES

El protocolo se realizó mediante revisiones bibliográficas y con la finalidad de que futuros investigadores tengan como guía para realizar proyectos de hidrosiembra con fines de rehabilitación ambiental que por consecuencia generen la estabilización de taludes.

Para la dosis óptima se llevó a cabo el análisis de varianza y la prueba de Tukey para determinar si las estadísticas son significativas y si hay relación entre las dosis n°1, dosis n°2 y dosis n°3, donde se determinó que la dosis (03) tuvo predominancia a un nivel de significancia de 0.05, asimismo las dosis son estadísticamente diferentes en comparación con las otras dos dosis, teniendo como promedio significativo 34.43 esto en el caso de la altura de las plantas del Ryegrass (*Lolium hybridum*) en la tercera toma de datos, además la altura máxima que alcanzaron las plantas fue de 83.5 cm con el tiempo de crecimiento de 2 meses y 29 días.

En el caso de la densidad (cobertura herbácea), la dosis (03) tuvo mayor cantidad poblacional de plantas de Ryegrass (*Lolium hybridum*), el número de plantas fue de 802, las cuales rehabilitaron los 10 m² y mejoraron los parámetros físico químicos del suelo, además el promedio que se obtuvo fue de 723.33 a comparación de la dosis n°1 que tuvo un valor de 414,66 y la dosis n°2 de 527,33, para ello se realizó la prueba de Tukey con un nivel de significación de 0.05 demuestra que la dosis 3 superó a las otras dosis.

Debido a la aplicación de las pruebas estadísticas análisis de varianza y prueba de Tukey fue que se logró determinar que la dosis óptima es la dosis n°3 debido a que las concentraciones fueron mayores, tuvo mayor cantidad de semillas, el mulch, ácidos húmicos y fúlvicos, hidroretenedor, fertilizante y tinte, fue el adecuado, además se logró aceptar la hipótesis alterna.

En la comparación de los análisis de suelo iniciales y finales se encontró mejoras significativas en la muestra final donde se aplicó la dosis N.°3 en los parámetros químicos en el caso del pH este aumento de 5.8 a 6.83, en lo que respecta a la materia orgánica incremento en un 7%, el fósforo aumento a 16.47 ppm y el

potasio subió 152 ppm, lo que indica que el tratamiento 3 mejoró las condiciones del suelo.

VI. RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Provincial de Chota para que utilicen la técnica de la hidrosiembra para rehabilitar zonas en estado de degradación o erosión hídrica, puesto que en esta zona se presentan avenidas máximas (lluvias) las cuales al encontrar el talud sin follaje tiende a ocasionar deslizamientos y mediante la vegetación se permite mejorar los nutrientes del suelo y por consecuencia la estabilización de taludes.

A futuros investigadores para que continúen realizando este tipo de aplicaciones de técnicas de bioingeniería, en diferentes zonas del Perú que presenten las mismas características, las cuales tienen como finalidad mejorar los suelos de difícil acceso mediante la vegetación generando una rehabilitación ambiental y como consecuencia la estabilización de taludes.

Se recomienda a la Universidad César Vallejo en especial a la Escuela de Ingeniería Ambiental para que sigan impulsando este tipo de investigaciones, debido a que la vegetación es un factor fundamental para la protección del suelo contra la erosión, además las raíces de las plantas absorben los nutrientes y agua, generando un efecto estabilizador por sus raíces.

A las empresas que se encargan del rubro de obras viales, que utilicen la técnica de la hidrosiembra como medida de control al momento de llevar a cabo las actividades de abertura de trochas, puesto que al cortar el talud este queda desprotegido generando su inestabilidad.

Al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), utilizar las técnicas de rehabilitación ambiental, para controlar, preservar y estabilizar el suelo de las laderas con alto grado de inclinación.

REFERENCIAS

ACEVEDO, Ingrid, SÁNCHEZ, Aymara y MENDOZA, Betty. 2021. Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de quíbor. Análisis multivariado. Bioagro, 2021. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/3023/1882>

Actualidad Ambiental. 2020. Identifican más de 31 mil zonas de deslizamientos y huaicos en todo el país (jueves 24 de marzo, 2022).

Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/identifican-mas-de-31-mil-zonas-de-eslizamientos-y-huaicos-en-todo-el-pais/>

ARIAS GONZÁLES, José Luis. 2020. Técnicas e instrumentos de investigación científica Para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas. [En línea] ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2020. Disponible en: https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2238/1/AriasGonzales_TecnicasEInstrumentosDeInvestigacion_libro.pdf. 978-612-48444-0-9.

ARTAL. 2020. Ácidos húmicos fúlvicos sus funciones en las plantas. Informe técnico. [En línea] SMART Agriculture, 2020.

Disponible en: <https://www.artal.net/docs/es/Informe-t%C3%A9cnico-%C3%A1cidos-h%C3%BAmicos.pdf>

BAETHKE, et al. Native seedling colonization on stockpiled mine soils is constrained by site conditions and competition with exotic species. MDPI [online]. April 2020. [Consultation date: July 14, 2024]. Available in: <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/4/361>

BELL, y otros. 2020. La Gestión del Suelo y los Servicios Ecosistémicos: Guía de gestión para Perú. [En línea] UK Space Agency International Partnership Programme, 2020. Disponible en: <https://data.jncc.gov.uk/data/1999d9a6-d3ca-4b80-aac2-8dfc6d7b13b3/eo4c-peru-gestion-del-suelo-es.pdf>.

CAMACHO MACEDO, Greyssi Milagro. 2021. Determinación del factor de seguridad para comparar técnicas de estabilización de taludes utilizando GEO5 caso: parque El Milagro Huaraz, Áncash. [En línea] Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60818>.

CASTRO. 2019. Evaluación de muros de contención para estabilización de taludes como propuesta ante la vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Bellavista, distrito de Independencia, 2018. (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35408/B_Castro_MEJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CORZO, Erin y PALOMINO, Deyanira. Factor de seguridad para optimizar la estabilización del talud con sistema soil nailing en la Costa Verde San Miguel. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022. Disponible en https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6618/T030_72493599_T%20%20%20PALOMINO%20CHACON%20DEYANIRA%20BRIGITTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CSIC. 2023. Instituto de Agricultura Sostenible Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *La erosión del suelo en zonas agrícolas*. [En línea] Fundación de Estudios Rurales ANUARIO 2023, 2023. [Citado el: 18 de octubre de 2023.] <https://www.upa.es/Anuario2023/021-Anuario-2023-Alfonso.pdf>.

Decreto Supremo N. ° 029-2005 – AG. Aprueban Reglamento para la formulación, aprobación y supervisión de la ejecución del Plan de cultivo y riego- PCR

FAO. 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales. [En línea] 2020. [Citado el: 17 de octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/es>.

FAO. 2023. Formas de degradación del suelo. [En línea] Sociedad Española de la Ciencia del Suelo-Spanish Society of Soil Science , 2023. [Citado el: 05 de abril de 2024.] <https://www.secs.com.es/calendario/2023.pdf>.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA). 2024. Suelos sanos para una población y un planeta sanos. [En línea] FAO, 2024. [Citado el: 16 de mayo de 2024.] <https://www.fao.org/newsroom/detail/agriculture-soils-degradation-FAO-GFFA-2022/es>.

FONG GARCÍA, Mario Alberto. 2017. Caracterización técnica de la hidrosiembra con mulch de refinación térmica para el control de erosión y arrastre de sedimentos

entaludes de corte y relleno de proyectos de infraestructura. [En línea] CORE, 2017. [Citado el: 14 de octubre de 2023.] <https://core.ac.uk/download/pdf/228879644.pdf>.

GASTAUER. Revegetation on Tropical Steep Slopes after Mining and Infrastructure Projects: Challenges and Solutions. *Sustainability* [online]. [Consultation date: 23 de octubre del 2023]. Available in <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/17003>

GHOLAMI, Vahid et al. 2020. Soil erosion modeling using erosion pins and artificial neural networks. ELSEVIER [online]. [Consultation date: 23 de junio del 2024]. Available in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220304525>

GOÑI, Gustavo y ARMAS, Janella. Propuesta para la estabilización de taludes en los Sectores aledaños al Malecón Castagnola mediante un-Sistema Colaborante. Suficiencia profesional (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2023. Disponible en: https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/670295/Go%c3%b1i_VG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Osvaldo. 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. [En línea] Universidad de Talca-Chile, 2021. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21252021000300002&script=sci_arttext.

IBÁÑEZ ASENSIO, SARA, GISBERT BLANQUER, JUAN MANUEL Y MORENO RAMÓN, HÉCTOR. 2019. La pendiente del terreno. [En línea] Universidad Politecnica de Valencia, 2019. [Citado el: 13 de mayo de 2024.] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10776/La%20pendiente%20del%20terreno.pdf>.

INDECI. 2021. Reporte complementario N. 1246-8/3/2021/COEN-INDECI/20:15 HORAS.

Disponible en: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/03/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-1246-08MAR2021-DESLIZAMIENTOS-EN-EL-DISTRITO-DE-CHOTA-CAJAMARCA.pdf>

Infobae. 2023. 680 Sismos de regular intensidad se han registrado en el Perú en lo que va del 2023. [30 de nov, 2023]

Disponible en: <https://www.infobae.com/peru/2023/11/30/680-sismos-de-regular-intensidad-se-han-registrado-en-el-peru-en-lo-que-va-del-2023/#:~:text=680%20sismos%20de%20regular%20intensidad,que%20va%20del%202023%20%2D%20Infobae>

JANÍA. Profundidad óptima de suelo recuperado y nivel de cobertura herbácea en la rehabilitación de escombreras de minería de carbón en Magallanes. Tesis (Magister en Recursos Naturales). Chile: Pontifica universidad católica de chile, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/server/api/core/bitstreams/dbb918d1-1017-420d-8580-3eb89562501a/content>

JARA et al. 2021. Propuesta de remediación del talud mediante la técnica de hidrosiembra en el tramo JR. Diego de Agüero en el distrito de Magdalena del mar, Tesis (Título de ingeniero civil). Perú: Lima. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b06630be-f0b5-4b2a-96a9-21e5eb95aca7/content>

JUDE EMEKA, OKOLI , Y OTROS. 2021. Evaluation of the Effect of Hydroseeded Vegetation for Slope Reinforcement. [En línea] Universiti Putra Malaysia, 21 de agosto de 2021. [Citado el: 20 de mayo de 2024.] <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/10/995>.

JULCA et al. 2021. Estabilización de los taludes de la costa verde empleando el método de la hidrosiembra en el tramo entre la calle colón y la bajada malecón balta del Distrito de Miraflores, Tesis (Título de ingeniero civil). Perú: Lima. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/945d3281-9642-4d7d-b941-083474228ae4/content>

KLAUS, Valentín y KIEHL, Kathrin. 2021. A conceptual framework for urban ecological restoration and rehabilitation[online]. 10 march 2021, n.º 52. [consultion date: 11 July 2024]. Available in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179121000372>

LADINO, Laura et al. Desarrollo sostenible en taludes y muros de carga aplicando bioingeniería. Colombia: Universidad Santo Tomás, 2023. Disponible en <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/50174/2023ladinosalcedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MAZCO, Diana y LECUSSAN, Kriss. Estudio y modelamiento hídrico de geomanta e hidrosiembra como reemplazo de los emboquillados en la carretera Lima- Canta. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020. Disponible en: <https://upc.aws.openrepository.com/handle/10757/653672?show=full>

MEDRANO DEXTRE, Edson. 2023. "Efecto comparativo de dos variedades de gramíneas, el trigo (*triticum aestivum l.*) y la cebada (*hordeum vulgare l.*) sobre la calidad del suelo contaminado proveniente del botadero de Marabamba, provincia y departamento de Huánuco - 2023". [En línea] Universidad de Huánuco, 2023. Disponible en: <http://200.37.135.58/handle/20.500.14257/4767>.

MEDINA ROMERO, MIGUEL, y otros. 2023. Metodología de la investigación. *Técnicas e instrumentos de investigación*. [En línea] Instituto Universitaria de Innovación Ciencia y Tecnología, 2023. disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/90/133/157?inline=1>.

MEGÍAS, MOLIST Y POMBAL. 2024. Órganos vegetales semilla. Universidad de Vigo. [En línea] Atlas de Histología Vegetal y Animal. Disponible en: https://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-v/guiada_o_v_semilla.php.

MINAM. 2020. Perú prioriza medidas para contribuir al manejo sostenible de la tierra. [En línea] Ministerio del Ambiente, 20 de junio de 2020. [Citado el: 22 de mayo de 2024.] Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/187438-peru-prioriza-medidas-para-contribuir-al-manejo-sostenible-de-la-tierra>.

MIDAGRI.2021. Resolución Ministerial N 0042-2021. Lineamientos para georreferenciar el territorio de comunidades campesionas tituladas. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/1929723_1.pdf

Min, Wang, Qinghua, Liu y Xueyong, Pang. 2021. Evaluating ecological effects of roadside slope restoration techniques: A global meta-analysis. [En línea] ELSEVIER, 01 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720317928>.

MINAM.2019. Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad ambiental del aire. Disponible en: <https://sinia>.

.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/protocolo_monitoreo_aire.pdf

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO.2024. Laboratorio Análisis de muestreo de suelos. Disponible en: <https://www.inia.gob.pe/laboratorio-de-analisis-de-muestreo-de-suelos/>

MINISTERIO DE HACIENDA DE COSTA RICA. 2021. VARIABLES: NIVEL Y PENDIENTE. [En línea] Ministerio de Hacienda de Costa Rica, 03 de agosto de 2021. [Citado el: 13 de mayo de 2024.] Disponible en: https://www.hacienda.go.cr/docs/2021_03_Nivel_Pendiente.pdf.

MORÁN 2013 Optimización de la Hidrosiembra para tratamiento de suelos agrícolas degradados en la microcuenca del Río Cutilcay, Azogues- Cañar. Trabajo de titulación Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/jspui/bitstream/33000/2260/1/UDLA-EC-TIAM-2013-02.pdf>

MONTATIXE SÁNCHEZ, Christian Iván y ECHE Enriquez, Mauricio David . 2021. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. [En línea] Universidad Regional Amazónica IKIAM, enero de 2021.

MUHAMMAD Mansur , JAVAID , y otros. 2022. Influence of environmental factors on seed germination and seedling on seed germination and seedling ryegrass (*Lolium perenne* L.). [En línea] Scientific reports, 2022. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-13416-6>.

NAVA RODRIGUEZ.2022. Dosis de fertilizante compuesto (20-20-20) y número de estacas por golpe de Erythrina sp. "AMASISA" y su efecto en las características agrónomicas y rendimiento de forraje en Zungarococha, Perú-2020. Tesis (Ingeniera Agrónoma). Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Disponible en: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8022/Susan_Tesis_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OPPERMAN, Hugo . 2023. Humic and Fulvic acid substances in agriculture. [En línea] Omnia Specialities, febrero de 2023. Disponible en: <https://www.fertasa.co.za/wp->

content/uploads/2023/03/Fertilizer-Handbook-Humic-and-fulvic-acid-chapter-2023-Dr-Hugo-Opperman.pdf.

PEÑA, Oscar. Propuesta de revegetación para el pasivo ambiental minero N° 14582 en la provincia de caylloma, Arequipa 2020. Tesis (Ingeniero civil). Perú: Arequipa, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/11308/4G.0047.IA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PARSAKHOO. A y MOSTAFA M. Effect of Hydraulic Seeding Treatments on of Road Cut Slope [online]. 14 march 2020, n.º 8. [consultion date: 11 July 2024]. Disponible en: Available in <https://ecopersia.modares.ac.ir/article-24-33020-en.html> ISSN: 2476-6909

PORTOCARRERO, José. Efectos del control de erosion en la recuperacion de ecosistemas- estudio de caso Laguna canrash, Provincia de Huari, Ancash, Peru. Tesis (Magister Scientiae en conservación de recursos naturales). Perú: Lima. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3551/portocarrero-gallardo-jose-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PROJAR. 2019. Restauración ambiental y bioingeniería. [En línea] 2019. [Citado el: 18 de octubre de 2023.] https://solucionesambientalesprojar.com/wp-content/uploads/2020/12/2020_CAT_BIOINGENIERIA_ONLINE-1pag.pdf.

Ramos Galarza, Carlos. 2021. Diseños de investigación experimental. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349368708_Diseños_De_Investigacion_Experimental

Resolución Ministerial N.º 0117-2020-MINAGRI. (2020). Retrieved June 27, 2024, Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/568237-0117-2020-minagri>

Risco Mera, Yeltsin Smit y Salguero Reiter, Carlos Enrique. Estudio de viabilidad técnica y ambiental de un dique de geoceldas con cobertura de hidrosiembras en la cuenca del río Motupe - Lambayeque. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2021.

Disponible: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4946>.

RODRÍGUEZ DELGADO, Irán , PÉREZ IGLESIAS, Hipólito Israel y GARCÍA BATISTA, Rigoberto Miguel. 2021. Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 2021. Disponible <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2349/2316>. 557-564.

Ramos Galarza, Carlos. 2021. Diseños de investigación experimental. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349368708_DISENOS_DE_INVESTIGACION_EXPERIMENTAL

ROMERO Y RIVERA. 2020. La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la restauración de suelos producto de actividades mineras: experiencia en el proyecto minero mirador, Zamora Chinchipe- Ecuador. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522020000100002

SÁNCHEZ FLORES, Fabio Anselmo. 2019. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. [En línea] Universidad Andina del Cusco, 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>.

SÁNCHEZ PILLPA, Jesús Nelson. 2019. Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019. [En línea] Universidad Continental, 2019. [Citado el: 18 de octubre de 2023.] Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9325>.

Real Academia Española. 2023. Diccionario del estudiante. dosis. Disponible en: <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/dosis>

SANGUCHO, Karina y VALLEJO, Nathaly. 2020. Comparación de la repelencia al agua del suelo de zonas afectadas por incendios forestales, en análisis realizadas in situ y en laboratorio. Tesis (Título de ingeniera Ambiental). Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18261/1/UPS%20-%20ST004406.pdf>

SENAMHI.2019. Movimiento en masa por lluvias intensas en el Perú. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-81.pdf>

SERVIR. 2021. Gestión sostenible del agua. [En línea] Escuela Nacional de Administración Pública-Autoridad Nacional del Servicio Civil - SERVIR, julio de 2021. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2679238/Gesti%C3%B3n%20sostenible%20del%20agua.pdf>.

SHAIBAN, HOUSSAM, y otros. 2021. Hydroseeding for restoring degraded semiarid mediterranean environments: a review of challenges. [En línea] Lebanese Science Journal, 2021. Disponible en: <https://lsj.cnrs.edu.lb/wp-content/uploads/2022/02/Carla-Khater.pdf>.

STATISTA. 2021. Países con la mayor superficie de cubierta forestal perdida en América Latina y el Caribe de 2010 a 2021. [En línea] 2021. [Citado el: 17 de octubre de 2023.] Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1222951/perdida-bosques-america-latina-pais/>.

TORRES HERRERA, Andrés Fernando. 2017. Influencia de distintos ligantes en la hidrosiembra en taludes de alta pendiente en temporada invernal. [En línea] Universidad del Bío Bío, noviembre de 2017. [Citado el: 18 de octubre de 2023.] Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3146/1/Torres_Herrera_Andres_Fernando.pdf.

VALLARINO, Ruby et al. Bioingeniería de taludes: evaluación del uso de árboles y arbustos como posibles mecanismos para incrementar el factor de seguridad. Revista de Iniciación científica [en línea]. 14 de diciembre del 2021, n.º 3. [Día de consulta: 11 de julio del 2024]. Available in: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3336> ISSN: 2412-0464

VOURLITIS, et al. Fire and post fire management alters soil microbial abundance and activity: A case study in semi-arid shrubland soils. ELSEVIER [online]. March 2022, n.º 171. [Consultation date: July 12, 2024]. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092913932100442X> ISSN: 1043319

ZÁRATE LIZARAZO, Jhon Andrés. 2021. Supervisión de los Contratos de Hidrosiembra en la Empresa Henry Construcciones S.A.S.[En línea] Universidad de Santander, 2021. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/fff26620-9f3f-48ed-9ff6-8d4baf26d2a4/content>.

Zumba Calle, Jaime Vinicio. Análisis de Estabilidad del Talud en la Vía al CRS Turi Aplicando Ensayos Geofísicos. Tesis de pregrado. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay, 2023. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13407>.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Uso de la hidrosiembra	La hidrosiembra es una técnica que se aplica sobre la cobertura superficial del suelo, mediante una manguera a presión, contiene una mezcla de, semillas, mulch, hidroretenedores, ácidos húmicos y fúlvicos, y fertilizantes orgánicos. (Martínez, y otros, 2023 p.30)	Se esparció una mezcla acuosa de semillas, mulch, hidroretenedor, ácidos húmicos y fúlvicos y fertilizante inorgánico, mediante una motobomba de agua.	Cantidad de la mezcla	Litros de emulsión	Razón
Variable dependiente: Rehabilitación ambiental	Busca desarrollar de manera sustentable actividades que permitan mejor la calidad del ecosistema mitigando la pérdida de biodiversidad (Organización de los Estados Americanos, 2020)	Se desarrolló la rehabilitación en un talud en estado de degradación mediante la revegetación del área de estudio.	Características del suelo	Conductividad Eléctrica	Intervalo
				pH	Intervalo
				Materia orgánica	Razón
Variable dependiente: Estabilización de taludes	Según (Camacho, 2021) se entiende a la capacidad de incorporar un equilibrio entre las fuerzas a una parte del suelo	Mediante la rehabilitación ambiental (cobertura vegetal), se estabilizarán los taludes por medio de las raíces de las plantas.	Densidad de las plantas	N° de plantas	Razón
				Altura de las plantas (cm)	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO 03193-24/SU/LABSAF - VISTA FLORIDA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Carmen Maribel Hidalgo Moscoso
Yessenia Estefany Ojeda Ramirez
Propietario / Productor : Carmen Maribel Hidalgo Moscoso
Yessenia Estefany Ojeda Ramirez
Dirección del cliente : Caserío Pajarito Distrito Canoa de Punta Sal - Tumbes
Solicitado por : Carmen Maribel Hidalgo Moscoso
Yessenia Estefany Ojeda Ramirez
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1 muestra
Producto declarado : Suelo Agrícola
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Sector Bella Andina - Chota(*)
Fecha(s) de muestreo : 2024-02-29(*)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-03-01
Lugar de ensayo : LABSAF-VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : 2024-03-01 al 2024-03-20
Cotización del servicio : 044-24-VF
Fecha de emisión : 2024-03-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU145-VF-24					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	2024-02-29(*)					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	09:00(*)					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Sector Bella Andina(*)					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	5,8			
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	60,0			
Materia Orgánica	%	0,1	13,0			
Fósforo Disponible (**)	ppm	--	14,3			
Potasio Disponible (**)	ppm	--	102,0			
CaCo3(**)	%	0,6	<0,6			
Textura (**)						
Arena(**)	%	--	68			
Limo(**)	%	--	15			
Arcilla(**)	%	--	17			
Clase Textural(**)	---	--	Franco Arenoso			

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "*" = Menor que el L.C.M



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANALISIS: AGUAS Y SUELOS

Tipo de Análisis **FERTILIDAD**

Apellidos y Nombres **HIDALGO MOSCOSO CARMEN MARIBEL
OJEDA RAMÍREZ YESSENIA ESTEFANY**

Procedencia **CENTRO POBLADO BELLA ANDINA - CHOTA**

Fecha de Emisión

14/06/2024

MUESTRA	Extracto Saturado									
	pH	C. elec	M.O	P	K	CaCO3	Texturas (%)			Tipo de suelo
		mS/cm	%	ppm	ppm	%	Ao.	Lo	Ar	
DOSIS 1	6.00	0.58	14.66	16.00	179	0.30	68	15	17	FRANCO ARENOSO


ING. DANTE BOLIVIA DIAZ
Ing. Dante Bolivia Diaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Químicos y Suelos



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANALISIS: AGUAS Y SUELOS

Tipo de Análisis **FERTILIDAD**

Apellidos y Nombres **HIDALGO MOSCOSO CARMEN MARIBEL
OJEDA RAMÍREZ YESSENIA ESTEFANY**

Procedencia **CENTRO POBLADO BELLA ANDINA - CHOTA**

Fecha de Emisión

14/06/2024

MUESTRA	Extracto Saturado									
	pH	C. elec	M.O	P	K	CaCO3	Texturas (%)			Tipo de suelo
		mS/cm	%	ppm	ppm	%	Ao.	Lo	Ar	
DOSIS 2	6.42	0.58	15.73	21.2	210	0.29	68	15	17	FRANCO ARENOSO


ING. DANTE BOLIVIA DIAZ
Ing. Dante Bolivia Diaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Químicos y Suelos



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ANALISIS: AGUAS Y SUELOS

Tipo de Análisis **FERTILIDAD**

Apellidos y Nombres **HIDALGO MOSCOSO CARMEN MARIBEL
OJEDA RAMÍREZ YESSENIA ESTEFANY**

Procedencia **CENTRO POBLADO BELLA ANDINA - CHOTA**

Fecha de Emisión **14/06/2024**

MUESTRA	Extracto Saturado		M.O %	P ppm	K ppm	CaCO3 %	Texturas (%)			Tipo de suelo
	pH	C. elec mS/ cm					Ao.	Lo	Ar	
	DOSIS 3	6.83					0.56	20.00	30.5	



ING. DANTE BOLIVIA DIAZ
Jefe Laboratorio de Química y Suelos

Anexo 5. Otras evidencias



Mezclando los componentes de la hidrosiembra

Fuente: Elaboración propia



Empleando la motobomba de agua

Fuente: Elaboración propia



Esparciendo los componentes

Fuente: Elaboración propia



Primera recolección de datos de la altura (cm) y densidad de la planta de Ryegrass
Lolium Hybridum

Fuente: Elaboración propia

Segunda recolección de datos de la altura (cm) y densidad de la planta



Segunda recolección de datos de la altura (cm) y densidad de la planta

Fuente: Elaboración propia



Tercera recolección de datos de la altura (cm) y densidad de la planta

Fuente: Elaboración propia





Nuevas especies en la aplicación de la hidrosiembra

Fuente: Elaboración propia