

**CAPÍTULO I**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1.1.- Erosión Superficial en Taludes.**

La erosión se produce por la circulación de agua por la superficie del talud. Habitualmente es debido a las precipitaciones (aunque puede ser debido a la circulación de agua por rotura de una tubería, o por el desbordamiento de un río).(jesusgonzalezgalindo, 2018, p. 1).

La erosión superficial puede provocar inestabilidad en los taludes, contaminación de las aguas y pérdida de fertilidad de los suelos. Es por esto que su control es necesario en todos los ámbitos del desarrollo humano. Dependiendo de la geometría, geología y método constructivo de los taludes, los tratamientos dirigidos al control de la erosión superficial varían. Principalmente la inclinación, la compactación de los materiales, el contenido de materia orgánica y otros elementos químicos y orgánicos del suelo, son factores determinantes para la revegetación y control de erosión.

A continuación se describen los tipos de erosión más característicos.

### **1.1.2.- Erosión Eólica.**

La erosión eólica es producida por el viento, que generalmente se desplaza de zonas de alta presión a otras de baja presión y, con su fuerza, transporta materiales erosionados de unos lugares a otros.

### **1.1.3.-Erosion Hídrica**

La erosión hídrica está provocada por el agua de lluvia (erosión pluvial) y los flujos de agua (erosión fluvial), que transportan partículas de roca desgastadas y las depositan a menor altitud, así como por el movimiento de las olas (erosión marina o de oleaje), que cuenta con una energía cinética que transporta partículas de arena a otros lugares.

### **1.1.4.-Erosión Antrópica**

La erosión antrópica es la generada por los seres humanos y sus actividades.

La erosión glacial viene causada por el desplazamiento a favor de la pendiente de bloques de hielo glacial que, con el tiempo van erosionando la superficie rocosa subyacente, la erosión por la fuerza de la gravedad, que provoca el movimiento hacia abajo de agua y partículas.

La erosión de los suelos supone la pérdida de la calidad de los mismos y puede venir dada por los tipos ya mencionados(*TIPOS de EROSIÓN - Características y Resumen*, s. f., p. 1).

### **1.1.5.- ¿Que es un talud?**

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de usar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud comprende una estructura compleja debido a que sus estudios coinciden los estudios de mecánica de suelos y de mecánica

de rocas, sin olvidar que el papel básico de la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación, en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural, en tanto que los taludes artificiales son lados inclinados de los terraplenes. El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico con la pérdida considerable de bienes y muchas vidas, por otro lado, el costo de rebajar un talud para alcanzar mayor estabilidad suele ser muy grande. (Álvaro F.2003, pág.3), en la tabla dos podemos observar los tipos de talud.

**TABLA 1**  
**TIPOS DE TALUDES**

TALUDES	NATURAL	Por desgaste
		Por acumulación de deposito
	ARTIFICIAL	Por terraplenado
		Por excavación

Fuente: Elaboración propia

Los taludes se pueden clasificar de acuerdo a varios factores que en conjunto definen su estabilidad cada uno de estos factores, por separado no determinan la inestabilidad del talud, ya que un factor puede influir de manera favorable o desfavorable de acuerdo a la condición de algún otro factor. A continuación, se muestra una tabla con la clasificación de taludes según su altura, pendiente, forma de falla y mecanismo de falla:

**TABLA 2**  
**CLASIFICACIÓN DE TALUDES**

CLASIFICACIÓN DE TALUDES	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Por su altura	Bajos ( 0 – 5 m)
	Medianos (5 – 20 m)
	Altos (> 20m)
Por su pendiente	Suave (< 5°)
	Regular (5° – 20°)
	Pronunciada (>20°)
Por su forma de falla	De base o profunda
	De pie de talud
	En la cara del talud
	En la cara del talud
Mecanismo de falla	Desprendimiento
	Volcamiento
	Influencia de infiltraciones de Flujo
	Deslizamiento

Fuente: Deslizamientos Análisis Geotécnico-Jaime Suarez

2009

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

**1.-Altura.** - Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.

**2.- Pie.** - Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

**3.- Cabeza o escarpe.** - Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior

**4.- Altura de nivel freático.** - Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel del agua medida debajo de la cabeza.

**5.- Pendiente.** - Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical.

**1.1.6. Fallas más comunes que se encuentran en la estabilización de taludes:**

**Sobrecargas:** Se dan por exceso de peso relacionado con la construcción de algún edificio o por la carga de elementos naturales como exceso de lluvia o nieve.

**Excavaciones:** Cuando se excava la base del talud y su soporte, es muy probable que se dé un deslizamiento del suelo ya que pierde resistencia a las cargas que se lo apliquen.

**Erosión:** Se generan debido al paso del tiempo y fenómenos naturales como lluvias torrenciales disminuyendo la resistencia del suelo provocando deslaves y deslizamientos ( Geoseismic, 2018).

**1.1.7. Tipos de inestabilidades que se presentan en los taludes de la carretera:**

**A).- Desprendimientos:**

Podemos definir como desprendimiento a la separación de una masa de un talud de un desmonte mediante una superficie de corte, normalmente pequeña y cuya caída se realiza en gran parte por el aire.

Generalmente los desprendimientos afectan a zonas aisladas, aunque en ocasiones se puede producir el colapso de una masa importante, siendo muy peligrosos y produciendo grandes daños en la infraestructura.

Las zonas en las que se puede producir este tipo de inestabilidad presentan una geología que alterna capas resistentes y débiles, produciéndose la meteorización de las capas blandas que concentran las presiones en el borde, causando la rotura por flexotracción.

**B).- Vuelcos:**

Este tipo de inestabilidad solo se presenta en medios rocosos e implica la rotación de una masa en forma de columna o bloque sobre una base bajo la acción de la gravedad y otras fuerzas, como la presión que ejerce el agua presente en las discontinuidades.

Dentro de los vuelcos podemos diferenciar dos procesos:

- **Vuelco por flexión:**

Aparece en rocas con un sistema de discontinuidades que forman vigas en voladizo que se doblan hacia adelante rompiendo por flexión. Este movimiento es característico en filitas, o en pizarras finamente estratificadas.

- **Desplome:**

La masa desprendida produce un movimiento de giro brusco provocando la rotación en su base externa. Se producen normalmente en bordes, en acantilados rocosos.

### 1.1.8. Deslizamientos:

Los deslizamientos son las patologías que más afectan a la estabilidad de los terraplenes de las carreteras. Este tipo de movimiento se producen a lo largo de una o varias superficies al superarse la resistencia al corte del material del talud.

Dentro de los deslizamientos podemos encontrar los siguientes tipos:

- **Deslizamientos rotacionales**

Tiene lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna de forma circular o cóncava, alrededor de un eje paralelo al talud. Se pueden diferenciar tres tipos de función en la parte del talud en que se originen:

- Superficie de rotura de talud, cuando se rompe por encima de su pie.
- Rotura de pie de talud, superficie desde el pie de talud hasta por encima la base.
- Rotura de base del talud, si la rotura queda por debajo del pie de talud.

- **Deslizamientos traslacionales**

En este tipo de movimiento el terreno se desplaza hacia afuera y mediante una superficie plana o ligeramente ondulada en la que aparecen pequeños movimientos de rotación podemos encontrar diferentes tipos dentro de los deslizamientos traslacionales:

- Resbalamientos.
- Deslizamientos en cuña.
- Corrimientos.
- Deslizamientos de derrubios.

### 1.1.9. Flujos

La principal característica de este tipo es su similitud al movimiento de un fluido viscoso en que su velocidad dependerá del contenido de agua, la inclinación de la ladera o su drenaje, pueden llegar a ser muy peligrosos si se dan ciertas condiciones, llegando a producir grandes avalanchas.

Los diferentes tipos de flujo que se pueden producir son:

- Reptación: Movimiento muy lento en superficies sin corte solo apreciable con su estudio en largos periodos de tiempo.
- Coladas de tierra: Flujo lento de tierras o rocas en ladera de inclinación moderada.

- Soliflucción: Desplazamientos de pequeñas dimensiones que aparecen en suelos cohesivos y de poco espesor.
  - Corriente de derrubios: Movimientos rápidos de material detrítico de grandes dimensiones como arena o gravas con gran contenido de agua.
  - Golpes de arena y limo: Se producen es este tipo de materiales por colapso estructural.
  - Avalanchas: Movimientos de grandes volúmenes de tierras o rocas a alta velocidad.
- (Structuralia, 2019)

#### 1.1.10. Metodología Gómez Orea

La metodología Gómez Orea consiste en elaborar una matriz de impacto de doble entrada que correlaciona el pasivo ambiental con los componentes del ambiente, bajo el esquema de incidencias y dependencias. En la matriz se considera cada componente con sus indicadores, donde los componentes ambientales se ponen en las columnas y el pasivo ambiental que se va a evaluar en las filas (Gómez, 1999).

La matriz identifica y caracteriza los impactos en las casillas de cruce, asignando el valor de la importancia del pasivo ambiental según la naturaleza de los efectos. Esta matriz permite tanto una valoración cualitativa como una valoración cuantitativa de los elementos e identifica el impacto ambiental generado por una actividad sobre un factor ambiental considerado.

La metodología determina el grado de importancia del pasivo ambiental sobre el ambiente receptor, para lo cual se consideran una serie de atributos de los pasivos ambientales que se incorporan en una función, con ello se genera un índice único denominado Importancia del Pasivo Ambiental (IM) (Contraloría de Bogotá, 2004).

En la ecuación se establecen los componentes del indicador IM:

$$IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+T1)$$

- **Naturaleza (NA).** - Se refiere al carácter del impacto que se va a evaluar. Si es beneficioso (+) o perjudicial (-), haciendo alusión a las acciones que actúan sobre los factores considerados.
- **Magnitud (MG).** - Cuantifica el grado de incidencia de la acción sobre el factor. El rango de esta variable se encuentra entre 1 y 8, hace referencia al grado de destrucción.

- **Extensión (EX).** - Mide el área de influencia teórica del impacto con relación al entorno del proyecto.
- **Duración (DR).** - Cuantifica la permanencia del efecto desde su aparición y el momento en el cual el factor afectado retomaría a las condiciones iniciales previas a la acción, ya sea por medios naturales, o bien por la introducción de medidas correctoras.
- **Periodicidad (PE).** - Hace referencia a la regularidad de manifestación del efecto de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible o constante en el tiempo.
- **Recuperabilidad (RC).** - Alude a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, por medio de la intervención humana.
- **Reversibilidad (RV).** - Señala la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por la actividad, de regresar a las condiciones iniciales por medios naturales.
- **Probabilidad de Ocurrencia (PO).** - Hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio.
- **Tendencia (TD).** - Señala el incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando la acción que lo genera persiste de forma continuada o reiterada.
- **Tipo (TI).** - Hace referencia a la relación causa-efecto y se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

**TABLA 3**  
**CLASIFICACIÓN Y VALORES ASIGNADOS PARA LOS COMPONENTES**  
**DEL INDICADOR IM**

<b>Naturaleza (NA)</b>		<b>Magnitud (MG)</b>	
Beneficioso	+	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
Perjudicial	-		
<b>Extensión (EX)</b>		<b>Probabilidad de ocurrencia (PO)</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
<b>Duración (DR)</b>		<b>Periodicidad (PE)</b>	
Fugaz	1	Irregular	1
Temporal	4	Periódica	4
Pertinaz	8	Discontinuo	8
Permanente	12	Continua	12
<b>Reversibilidad (RV)</b>		<b>Recuperabilidad (RC)</b>	
Corto plazo	1	En la fase del proyecto	1
Mediano plazo	4	En la fase de obra	4
Largo plazo	8	Posterior al proyecto	8
Irreversible	12	No es posible	12
<b>Tipo (TI)</b>		<b>Tendencia (TD)</b>	
Indirecto o secundario	1	Simple	1
Directo o primario	2	Acumulativo	2
		<b>IMPORTANCIA (IM)</b> $IM = \pm [3MG + 2EX + DR + PE + RV + RC + PO + TD + TI]$	

Fuente: Gómez Orea

### 1.1.11.-Descripción de la técnica de hidrosiembra

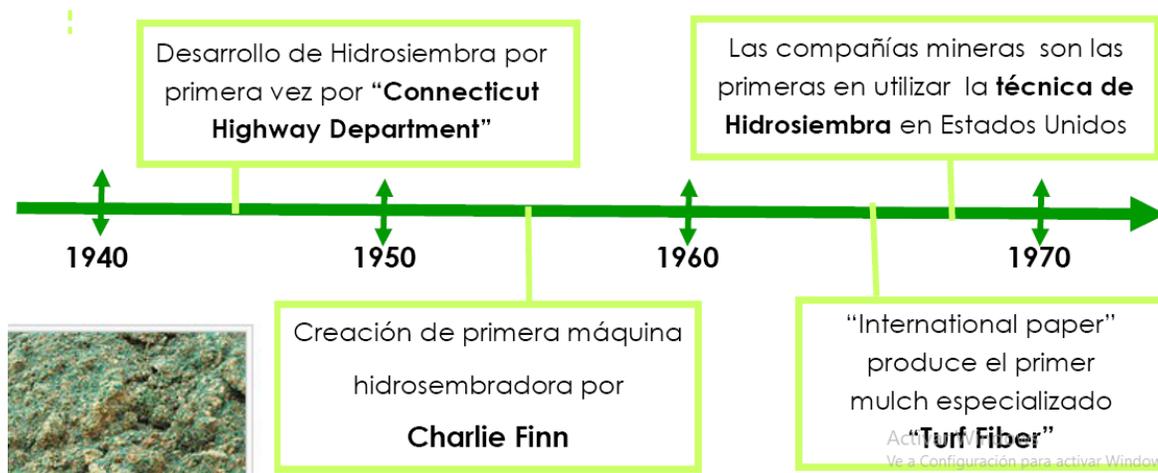
Técnica utilizada en jardinería y restauración ambiental que consiste en la proyección de una mezcla de semillas y otros elementos sobre el terreno. Se usa esta técnica para conseguir una siembra más fácil y rápida y porque sus condiciones aseguran una mayor germinación y por consiguiente más posibilidades de revegetación del terreno.

Consiste en la proyección sobre el terreno de una mezcla acuosa de semillas, fibra de madera, fertilizantes y sustancias adherentes.

Es de fácil aplicación a gran escala porque se realiza con medios mecánicos especializados (máquinas hidrosebradoras).

Se usa frecuentemente en jardinería y restauración de taludes, minas y canteras.

#### Historia de la Hidrosiembra



Fuente: Historia de la hidrosiembra (ENVIRONMENT AND ENGINEERING)

La Hidrosiembra es una solución efectiva que combate la erosión. Por medio de su aplicación, la vegetación se establece un 20-25% más rápido que con cualquier otra alternativa mecánica o siembra natural y las semillas y abonos se distribuyen de manera uniforme a lo largo del talud.

### Técnica de Hidrosiembra aplicada en talud para el Control de la erosión



Fuente: (environmet and engineering)

#### **Aplican hidrosiembra en construcción de Ruta Bioceánica (Paraguay)**

Una de las innovaciones dentro del proceso constructivo de la Ruta Bioceánica es la hidrosiembra, una tecnología que facilita la reposición de la cobertura vegetal para proteger los taludes de la erosión. Consiste en un método de siembra mecanizada, a través del cual se proyecta una mezcla de insumos y semilla por medio de una máquina hidrosebradora sobre las superficies, permitiendo una revegetación rápida y efectiva de las áreas. En el caso de la Bioceánica se están sembrando con este sistema al menos 3 variedades distintas de pastos, a modo de resguardar principalmente el terraplén que tiene 1.30 m de alto. Todo esto teniendo en cuenta que las raíces son un elemento fundamental en la naturaleza para evitar la erosión que en el terreno pueden provocar el agua y el viento. La hidrosiembra será implementada en los 20 subtramos en que se divide la obra, que suman un total de 277 km, en este primer tramo que va desde la ciudad de Carmelo Peralta (Alto Paraguay) hasta Loma Plata (Boquerón). Cabe destacar que el Corredor Bioceánico es el primer proyecto de envergadura que se ejecuta bajo la Ley 5074, más conocida como “llave en mano”, donde la firma adjudicada debe conseguir la financiación de las obras. (Roa, 2019, p. 1).

En el tramo 2 de la ruta Natalio –Los cedrales denominado Corredor de exportación, que une los departamentos de Itapúa y Alto Paraná (Paraguay). El ministerio de obras públicas y

comunicaciones (MOPC), implemento la hidrosiembra para proteger el suelo contra la erosión de taludes.

En Perú ya se viene aplicando lo que es la técnica de la hidrosiembra en el año 2007 en la “Revegetación de taludes en Cusco-corredor vial interoceánico sur” con un área sembrada de 29 500 m<sup>2</sup>, con el control de la erosión en Pasco –compañía minera Milpo con un área sembrada de 500m<sup>2</sup>, en el año 2008 “hidrosiembra en el sector las vegas-puente chino” con un área sembrada de 16,4 ha.

En el sector Leuquepampa Km 193, utilizaron la técnica de hidrosiembra con el objetivo de realizar la revegetación y fortalecer los taludes. La actividad forma parte del proyecto carretero Padilla-El salto que forma parte de la Red Vial Fundamental del departamento de Chuquisaca, ubicada en el municipio Padilla, provincia Tomina.

La carretera Padilla – El Salto forma parte del “Corredor de Integración Diagonal Jaime Mendoza” reduciendo el tiempo de viaje entre la ciudad de Sucre y poblaciones intermedias.

#### Proyecto carretero Padilla-El salto



Fuente: Pagina de Facebook ABC Chuquisaca

## **1.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.2.1.- La Hidrosiembra y sus Componentes**

La hidrosiembra es una técnica de siembra herbácea que presenta algunas ventajas respecto la aplicación manual o con tractor. Se trata de aplicar a partir de un sistema líquido impulsado mecánicamente y proyectado por una manguera, la semilla mezclada en un combinado de agentes que le facilitan los nutrientes y las condiciones microclimáticas precisas para asegurar su germinación y crecimiento. Pero su característica principal es la distribución homogénea y rápida. Se puede aplicar a distancia en zonas de pendiente o de difícil acceso, y el paso de maquinaria no afecta al terreno. Las semillas sembradas son una combinación de diferentes especies herbáceas de diversas características y adaptadas a la zona de aplicación. En las condiciones más favorables, esto garantiza un verdeo a la primera semana y una buena estabilización a lo largo del tiempo. (*hidrosiembra\_es.pdf*, s. f., p. 2).

Este método es considerado como una de las herramientas más eficaces en el control y Prevención de erosión superficial debido a que puede ser aplicada sobre diferentes tipos y calidades de suelo, entregando estabilización en terraplenes y taludes generados por la construcción de caminos.

Actualmente existe una creciente preocupación por el paisaje, por lo que no basta con el diseño de una carretera, sino que también ésta se integre con su entorno. La hidrosiembra es una buena opción en comparación a soluciones similares que mitigan la erosión superficial, como es la incorporación de geoceldas, hormigón proyectado, entre otras, que no tienen los mismos atributos ambientales debido a que resultan más invasivas.

Los componentes de la hidrosiembra son naturales y se describen brevemente a continuación.

### **1.2.2.- Agua**

El agua es un elemento imprescindible para la vida y en el caso de la hidrosiembra es de vital importancia, debido a que el agua actúa como solvente, portador y acelerador del proceso de germinación de las semillas.

Las plantas necesitan agua para realizar la fotosíntesis, debido a que es el único elemento en el que pueden disolverse las diferentes sales presentes en el suelo. La fotosíntesis es un proceso por el cual las plantas fabrican las sustancias que les son necesarias para su nutrición y desarrollo. (Patrocinante & Velásquez, s. f., p. 12).

### **1.2.3.-Mulch**

El mulch está compuesto por una variedad de materiales, tanto naturales como sintéticos, orgánicos, malas hierbas. Además, evita que el suelo quede en contacto con el aire, por lo tanto, protege al suelo en las heladas en invierno y evita la evaporación del agua en verano, entre otros beneficios.(Patrocinante & Velásquez, s. f., p. 12)

### **1.2.4.-Semillas**

Las semillas son una estructura botánica destinada a la reproducción sexual o asexual de una especie. Para la hidrosiembra es recomendable utilizar mezcla de distintas semillas. Éstas deben ser especies que se adapten a las condiciones del clima y desarrollarse con un mínimo aporte de agua. Además, deben ser de fácil propagación, con abundante follaje y ramificaciones (Patrocinante & Velásquez).

### **1.2.5.-Fertilizantes**

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Todo esto promoverá el bienestar de su pueblo, de su comunidad y de su país.(*Los fertilizantes y su uso*, s. f., p. 7)

### **1.2.6.-Fijador o aglomerante**

El aglomerante es un producto biodegradable o sintético, que tiene la característica de ser soluble, permeable y de formar una película elástica homogénea sobre el terreno, ayudando a prevenir la erosión. (Pereira y Ramírez, 2008).

El aglomerante biodegradable sirve para proteger la semilla y al suelo de la erosión superficial. Este producto forma una membrana tridimensional que retiene la semilla al suelo, permitiendo que el agua y el aire la traspasen. Es flexible, por lo que soporta las heladas y es efectiva en suelos ácidos y básicos. No se rehidrata y se mantiene estable tras riegos y lluvias.

Al formar una capa tridimensional en la superficie del suelo, permite retener la humedad por más tiempo, protegiendo al suelo y la semilla de una deshidratación rápida. Esto aumenta la cantidad de semillas germinadas. Además, se reduce la demanda de agua para las semillas. Puede ser aplicado con equipos de hidrosiembra y de pulverización. Siendo ideal para cualquier suelo y tipo de semilla, especialmente en áreas ambientalmente sensibles. Mientras tanto, el fijador sintético mejora la infiltración de agua en el suelo, proporcionando un mejor control de la erosión. Además, se necesita menos cantidad de este producto en comparación a un fijador biodegradable.

El aglomerante sintético une las partículas del suelo al mulch promoviendo una germinación superior; aumenta la infiltración de agua; protege las raíces desnudas con una capa que retiene la humedad y aumenta la supervivencia. Además, es amigable con el medio ambiente, debido a que es inocuo con los animales y plantas, descomponiéndose en un periodo de 3 a 6 meses, formando agua y nitrato de amonio.

Como no se tienen antecedentes en la zona, se propone desarrollar una investigación de acuerdo a la influencia de ligantes en la hidrosiembra, tanto en la adherencia como en la germinación de las semillas. (Patrocinante & Velásquez, s. f., p. 14).

### **1.2.7.- Pastos Tolerantes a los Diferentes Tipos de Suelos**

Existen un sin número de pastos que se adaptan o son más tolerables a determinados suelos. A continuación, les presentamos cuales son las especies que responden mejor de acuerdo a las condiciones de la tierra.

#### **➤ a) Sequía**

Mario Noreña, experto en pastos y forrajes y docente en el área de manejo de praderas en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, explicó que dentro de las cualidades morfológicas de las plantas que tienen resistencia a la sequía, está el sistema radicular que desarrollan.

Indicó que por lo general este sistema es más ramificado y profundo, y aunque en las gramíneas es normal encontrar que la morfología de la raíz tenga esta particularidad, no es tan pivotante como en las leguminosas o en otras especies.

Entre más amplias son las raíces más pueden explorar sitios profundos. Podemos encontrar unas especies que tienen unas habilidades más notables a la condición de sequía. Entre ellas podemos encontrar el Carimagua, el Colosuana, las brachiarias brizanthas entre ellas el Toledo y la Libertad, Decumbens y la Estrella africana”, señaló.

#### **➤ b) Suelos Inundables**

El docente de la Universidad Nacional recalcó que los pastos desarrollan estructuras para poder adaptarse a determinadas condiciones. En el caso de las especies que toleran inundaciones es común encontrar que estas tengan el tallo hueco que es por donde pasa el oxígeno.

Mencionó que los tipos de forrajes que tienen estas características son el Pará (Braquiaria mutica), el Braquipará (Braquiaria arrecta), el Urare, la Humidícula, el panameño y el Alemán.

➤ **c) Suelos Ácidos**

Según Noreña, Colombia tiene más de un 80 % de suelos ácidos, pero eso no implica que en todos haya presencia de aluminio. Anotó que cuando en el terreno existe este elemento probablemente el pH sea bajo.

Entre las braquiarias que mejor se adaptan a los suelos ácidos podemos incluir la Decumbens, la Humidícola, el Carimagua y el Braquipará.

Enfaticó que en el caso de las especies Decumbens y en el Carimagua se ha demostrado que pueden tolerar más de 70% de saturación de aluminio, lo que indica que a pesar de que el suelo tenga un pH bajo estos pastos no se ven afectados y crecen de manera normal.

Otros forrajes que se pueden mencionar son la Libertad, el Llanero, Micay, Kudzu, Stylosanthescapitata y Centrocena Vichada.

➤ **d) Suelos Moderadamente Ácidos**

El experto mencionó que los pastos Pangola, el Estrella, el Imperial, el Puntero, el Calopo ya toleran una condición media de acidez, e incluso su mejor respuesta productiva se va a encontrar en los valles interandinos, regiones de más alta fertilidad del país.

Agregó que las braquiarias que toleran un gran porcentaje de acidez requieren suelos de baja fertilidad, lo que significa que aun cuando en el suelo haya una baja oferta de nutrientes, en especial calcio, magnesio, potasio y fosforo, pueden crecer sin ningún inconveniente.

➤ **e) Suelos Cercanos a la Neutralidad**

De acuerdo con Noreña, en este tipo de suelos se pueden utilizar especies como el Angletón, Pangola, Climacuna, Colosuana, y dentro del grupo guinea, la cultivar común, cultivar tanzania, cultivar mombaza.

En los suelos que se acercan a la neutralidad se desarrollan muy bien las guineas o indias. Estos cultivares en especial, se han creado para una producción potencial de biomasa y esta es una de sus principales ventajas”.

Se pueden aprovechar muchas brachiarias y unas nativas, lo importante es conocer el tipo de suelo que se tiene”, recomendó el profesional del Fondo.

### **1.3. MARCO LEGAL.**

#### **1.3.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia**

Artículo 342. Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

#### **1.3.2. Ley del Medio Ambiente. Ley N°1333**

ARTICULO 1°. La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

ARTICULO 2°. Para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

ARTICULO 3°. El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

#### **1.3.3.- Decreto Supremo N° 24176, 8 de diciembre de 1995**

ARTÍCULO 1°.- Se aprueba la reglamentación de la Ley del Medio Ambiente, integrada por los reglamentos de (a) General de Gestión Ambiental, (b) Prevención y Control Ambiental, (c) en Materia de Contaminación Atmosférica, (d) en Materia de Contaminación hídrica (e) para Actividades con Sustancias Peligrosas.

#### **1.3.4.- Ley N° 3507 del 27 de Octubre de 2006**

ARTÍCULO 1° (Objeto).- La presente Ley tiene por objeto la creación de la Administradora Boliviana de Carreteras encargada de la planificación y gestión de la Red Vial Fundamental; en el marco del fortalecimiento del proceso de descentralización.

ARTÍCULO 1° (OBJETO).

I. El presente Decreto Supremo, tiene por objeto reglamentar parcialmente la Ley N° 3507 de 27 de octubre de 2006, que crea la Administradora Boliviana de Carreteras, entidad encargada de la planificación y gestión de la Red Vial Fundamental, en el marco del fortalecimiento del proceso de descentralización.

**1.3.5.- Decreto Supremo N° 25134, 21 de agosto de 1998**

ARTÍCULO 1°.- (Concepto general del Sistema Nacional de Carreteras) Se entiende como SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS, al conjunto de la infraestructura de carreteras en Bolivia, conformado por:

RED FUNDAMENTAL (bajo responsabilidad del Servicio Nacional de Caminos).

REDES DEPARTAMENTALES (bajo responsabilidad de las Prefecturas a través de los Servicios Departamentales de Caminos).

REDES MUNICIPALES (bajo responsabilidad de los Municipios)

**1.3.6.- Decreto Supremo N° 28060, 1 de abril de 2005**

ARTÍCULO 1°.- (Objeto) El presente Decreto Supremo tiene por objeto ampliar los alcances del Decreto Supremo N° 27692 de 20 de agosto de 2004, que autoriza a la Prefectura del Departamento de Tarija de conformidad a lo dispuesto en el Artículo 2 de la Ley N° 2679, licitar el tramo Canaletas - Entre Ríos en el Tramo Tarija - Villa montes.

**CAPÍTULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### Enfoque de la Investigación

En el presente trabajo de investigación, presenta un enfoque mixto (Cuantitativo y Cualitativo) que se explican a continuación.

**Enfoque Cualitativo.** - Se utiliza primero para descubrir y refinar preguntas de investigación. A veces, pero no necesariamente, se prueban hipótesis (Grinnell, 1997). Con frecuencia se basa en métodos de recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones (Hernández Sampieri, 2004).

Se utilizó esta metodología ya que se identificaron las diferentes causas que dan lugar a la remoción de la capa superficial del suelo mediante verificación in situ e información primaria y secundaria, también se determinó la textura y color del suelo del talud en estudio.

**Enfoque Cuantitativo.** - Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández Sampieri, 2004).

Se usó esta metodología ya que permitió determinar características y propiedades del suelo mediante toma de muestra en laboratorio (Materia orgánica, Fósforo, Nitrógeno total, Potasio) mediante indicadores en taludes de alta pendiente, de la carretera Canaletas-Entre Ríos.

## 2.2.- Métodos de Investigación

**Método Descriptivo.** – Este método se utiliza para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar, generalizar los resultados de las observaciones. Este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación. Las ventajas que tiene este estudio es que la metodología es fácil, de corto tiempo y económica. En el estudio descriptivo el propósito del investigador, es describir situaciones y eventos (Zorrilla, 1986).

Esta metodología nos permite describir las anomalías, identificar las causas y factores que influyen en la creación de taludes de alta pendiente en la carretera Canaletas – Entre Ríos, provincia O'Connor del departamento de Tarija, con la ayuda de esta metodología se conseguirá realizar la evaluación de la importancia de los impactos ambientales (Gómez Orea), como también se comparara como son y cómo se manifiestan dichos ligantes en la hidrosiembra.

**Método Documental.** - La investigación documental es una técnica que consiste en la selección y compilación de información a través de la lectura de documentos, materiales bibliográficos, bibliotecas, periódicos, centros de documentación e información (Baena, 1985).

Esta investigación ha servido para obtener información de varios documentos, que permitieron realizar este trabajo con un enfoque más amplio, tomando en cuenta experiencias de otros autores en la investigación de la hidrosiembra para la estabilización de taludes. Este estudio ya que ha permitido determinar el ligante más eficiente (yeso agrícola o almidón de maíz) para estabilización de taludes de alta pendiente en la carretera Canaletas-Entre Ríos mediante la aplicación de la hidrosiembra, es la primera vez que se llevan a cabo estudios para dar solución a la inestabilidad de los taludes, es un tema nuevo y de mucha importancia.

**Método Experimental.-** Esta modalidad tradicional de estudio se orienta más dentro de la investigación cuantitativa que la cualitativa, aunque esta no se excluye. Su propósito es validar o comprobar una hipótesis. Para ello se vale del experimento el cual “consiste en someter un objeto de estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que la variable produce en el objeto” (Cerdeña, 2000)

Se comprobó que con el yeso agrícola se logra un mejor resultado con la aplicación de la hidrosiembra, para lo cual se usó tres parcelas en el talud sembradas con distintos ligantes y siendo la primera parcela sin ligante para comparar mejor, en la segunda parcela se usó el almidón de maíz y en la tercera parcela el yeso agrícola que como ya se dijo se obtuvo mejores resultados en mayor cobertura vegetal y desarrollo de las gramíneas.

### **2.3.- Técnicas de Investigación.**

**Técnica de Observación.** - Esta técnica se utiliza cuando el investigador corrobora y verifica los datos y la información sobre la situación real del problema. Esta se define como el registro visual de lo que ocurre en una situación real consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún previsto y según el problema que se estudia (Canales, 1996).

Esta técnica se utilizó para realizar la observación del comportamiento que se lleva a cabo en el proceso de producción de la hidrosiembra con los distintos ligantes propuestos.

Los instrumentos utilizados para esta técnica son: Cámara fotográfica, papel y lápiz para tomar apuntes.

**Técnica de la Toma de Muestras:** Se realizó la toma de muestras en zig-zag a una profundidad de 15 a 20cm en las 3 parcelas del talud.

Los instrumentos utilizados fueron: Bolsas para colocar las muestras, flexómetro, barreno, cámara fotográfica.

**Técnica de Comparación.** - Es un conjunto de herramientas que nos permitió observar y determinar las similitudes o diferencias entre los hechos realizados en una operación o actividad, se trata de comparar documentos, transacciones y situaciones concretas de la sociedad dentro del objeto de la investigación, con frecuencia se compara normas con las actividades realizadas. (Avendaño, 2008).

Con esta técnica se hizo la comparación del estudio sobre los ligantes para hidrosiembra (yeso agrícola y almidón de maíz) mediante los resultados obtenidos.

Los instrumentos utilizados para esta técnica fueron: Flexómetro, marco de medición de cobertura vegetal, cámara fotográfica.

## **2.4.- Proceso Metodológico**

### **2.4.1.- Objetivo N° 1**

Para alcanzar el objetivo N° 1 que es identificar las diferentes causas que dan lugar a la remoción de la capa superficial del suelo mediante verificación in situ e información primaria y secundaria se realizó lo siguiente.

- **Revisión de la Información Secundaria:** Se realizó la revisión de la información secundaria relacionada al tema de investigación para obtener datos de las causas que dan lugar a la remoción de la capa superficial del suelo para ver como se relaciona en los taludes de la carretera canaletas-Entre Ríos.
- **Delimitación del Área de Estudio:** Se realizó la delimitación del Área de estudio en base a información dictada por SEDECA y con ayuda del programa informático Google Earth.

**Levantamiento de información mediante la verificación in situ:** Se fue al área de estudio y se identificaron distintas causas que dan lugar a la remoción del suelo mediante observación visual.

#### 2.4.2.- Objetivo N° 2

El proceso metodológico para evaluar los impactos ambientales generados a través de la metodología Gómez Orea, a causa de taludes de alta pendiente, de la carretera Canaletas-Entre Ríos provincia O'Connor del departamento de Tarija es:

- **Evaluar los impactos ambientales generados a causa de taludes de alta pendiente, de la carretera Canaletas-Entre Ríos.** - Se realizó inspecciones de campo donde se obtuvo información que sirvió para realizar la metodología Gómez Orea y de esta manera evaluar los impactos ambientales generados por taludes de alta pendiente.

La metodología determina el grado de importancia del pasivo ambiental sobre el ambiente receptor, para lo cual se consideran una serie de atributos de los pasivos ambientales que se incorporan en una función, con ello se genera un índice único denominado Importancia del Pasivo Ambiental (IM) (Contraloría de Bogotá, 2004).

En la ecuación se establecen los componentes del indicador IM:

$$IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+T1)$$

- **Descripción del Estado Actual:** Con el fin de analizar y discutir los factores que influyen sobre la remoción de los taludes en la carretera Canaletas-Entre Ríos, se llevó a cabo una descripción del estado actual y de los riesgos que presentan.

#### 2.4.3.-Objetivo N° 3

El proceso metodológico para determinar características y propiedades del suelo mediante toma de muestra en laboratorio en taludes de alta pendiente, de la carretera Canaletas-Entre Ríos provincia O'Connor del departamento de Tarija (Talud nro. 6) es el siguiente.

- **Ubicación de los Sitios de Muestreo:** Se ubicaron los diferentes sitios de muestreo, tomando en cuenta los lugares más representativos del área de estudio, en el talud elegido se realizaron la medición de 3 parcelas paralelas de 5m con 1m de distancia la una de la otra.
- **Reconocimiento del Área de Estudio:** En esta etapa se realizó el reconocimiento de las condiciones del área de estudio como los límites del terreno, acceso, identificación de las zonas representativas y ubicación de los puntos de muestreo.

- **Toma de Muestras y Mediciones:** La toma de muestras de suelo de cada parcela del talud, consistió en la recolección de aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de suelo a profundidades de 15 a 20 cm, las mismas que fueron analizadas en el laboratorio de suelo y agua (SEDAG).
- **Análisis de Datos de Laboratorio:** Una vez realizado el análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo; se procedió a realizar el análisis de la calidad del suelo con los resultados obtenidos en el laboratorio.

#### 2.4.4.- Objetivo N° 4

Comparar el estudio sobre los ligantes para hidrosiembra (yeso agrícola y almidón de maíz) mediante los resultados obtenidos.

- **Elección y Caracterización de Ligantes:** Debido a la facilidad y accesibilidad de estos materiales, se decide utilizar el almidón de maíz, y el yeso agrícola.
- **Criterio de selección:** Debido a las características que presenta la zona, la baja defensa natural que tienen los taludes y de acuerdo al tipo de suelo se utilizaron semillas de rápida germinación y crecimiento como las gramíneas y leguminosas las cuales pueden reforzar el suelo hasta profundidades de 1 metro.
- **Preparación del Material de Campo:** Se organizó todo el material requerido, mencionado anteriormente para realizar el estudio de la hidrosiembra.
- **Aplicación de la Hidrosiembra:** A continuación, se detallan los pasos utilizados en el hidrosembado:
  - Se implementan 2 dosificaciones con distintos ligantes y se aplica una dosificación sin ligante
  - Se prepara la mezcla de hidrosiembra compuesta por mulch de celulosa, agua, semillas, fertilizante y ligante según corresponda.
  - Se aplica la mezcla, correspondiente a las 3 dosificaciones.
  - Se realiza una dosificación sin ligante, para posteriormente compararla con las que poseen, y observar de esta manera el efecto que genera el aditivo sobre la mezcla.

A continuación, se muestran las dosificaciones que se utilizaran para hidrosembado.

#### CUADRO 1

#### DOSIFICACIONES UTILIZADAS PARA LA HIDROSIEMBRA

En el siguiente cuadro se muestran las diferentes mediciones de peso que se realizó por cada metro cuadrado.

<b>Componente</b>	<b>Dosificación sin ligante</b>	<b>Dosificación con almidón de maíz</b>	<b>Dosificación con yeso agrícola</b>
Agua l/m2	2	2	2
Mulch g/m2	10	10	10
Semillas g/m2	40	40	40
Festuca Belfine 25 %			
Festuca rubra Winipeg Blend 19%			
Festuca rubra Reno Bleng 12%			
Raigras Perenne Prana 7%			
Raigras Perenne Leon 23%			
Raigras anual Cherokee Blend 14%			
Braquiaria Brizantha	5	5	5
Fertilizante g/m2	10	10	10
Ligante g/m2	-	43	43

Fuente: elaboración propia

Como se puede ver el cuadro 1, se tienen las dosificaciones utilizadas para la hidrosiembra, donde la cantidad de yeso agrícola a utilizar se obtiene de literatura. Por otra parte, no se encuentra literatura relacionada a la utilización de almidón de maíz como ligante en hidrosiembra, por lo que se decide utilizar la misma cantidad que el yeso agrícola debido a su similitud en el precio de mercado.

- Cabe destacar que se mantienen constantes los elementos de la hidrosiembra, modificando solamente la variable de estudio en este proyecto de título, que es la incorporación de ligante.
- La mezcla se realiza de forma manual en tinetas con dosificación para 25 m<sup>2</sup> (5mx5m) cada dosis, y con la ayuda de una motobomba se aplicó la hidrosiembra al respectivo talud.

➤ **Método del marco de medición de la cobertura vegetal**

Se realizó la medición de la cobertura vegetal el jueves 4, 11 y 18 de noviembre del 2021 en las 3 parcelas, donde se usó un marco de metro cuadrado que a su vez cuenta con 100 cuadros en su interior, que nos sirve para calcular el porcentaje de la cobertura vegetal en un 100%.

- **Comparación del estudio sobre los ligantes para hidrosiembra:** mediante los resultados obtenidos se realizó la comparación del estudio de los ligantes (yeso agrícola y almidón de maíz) en la hidrosiembra, el cual nos permitió determinar el ligante más eficiente para la estabilización de taludes de alta pendiente en la carretera Canaletas-Entre Ríos.

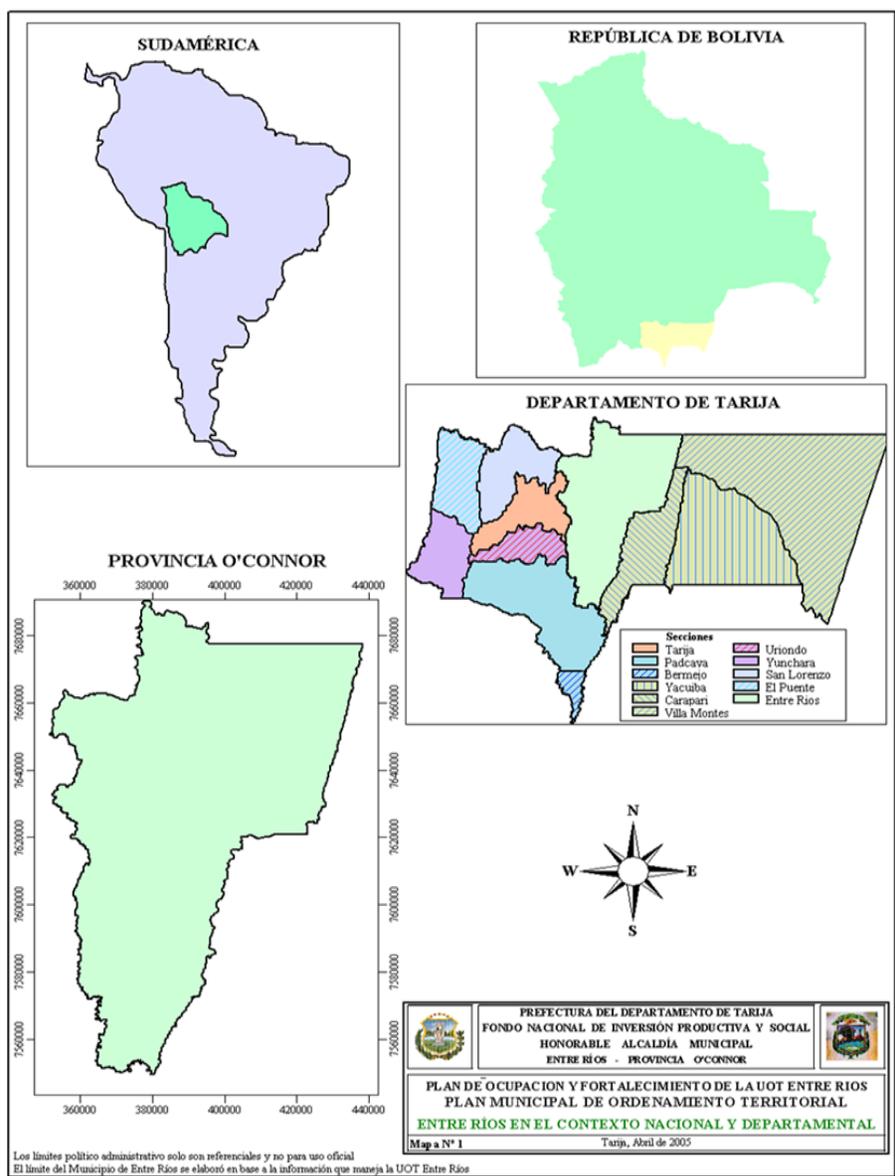
## **2.1.- ÁREA DE ESTUDIO.**

### **2.1.1.- Ubicación**

El presente trabajo de investigación se realiza en la progresiva 69+820 de la carretera Canaletas-Entre Ríos, ubicado en el Municipio de Entre Ríos, Provincia O'Connor del departamento de Tarija, el Municipio de Entre Ríos, primera y única sección de la Provincia O'Connor, se encuentra ubicado en el continente sudamericano, en la parte central del Departamento de Tarija, en la zona denominada Sub andino, a 108 km de la ciudad capital. (PDM, 2014 - 2018). Sobre la ruta nro. 11, el tramo Canaletas-Entre Ríos consta de 22,9 km de longitud, la ubicación de las parcelas para la hidrosiembra tiene las siguientes coordenadas georreferenciadas: S 21° 30' 58.66'' y W 64° 11' 50.86''

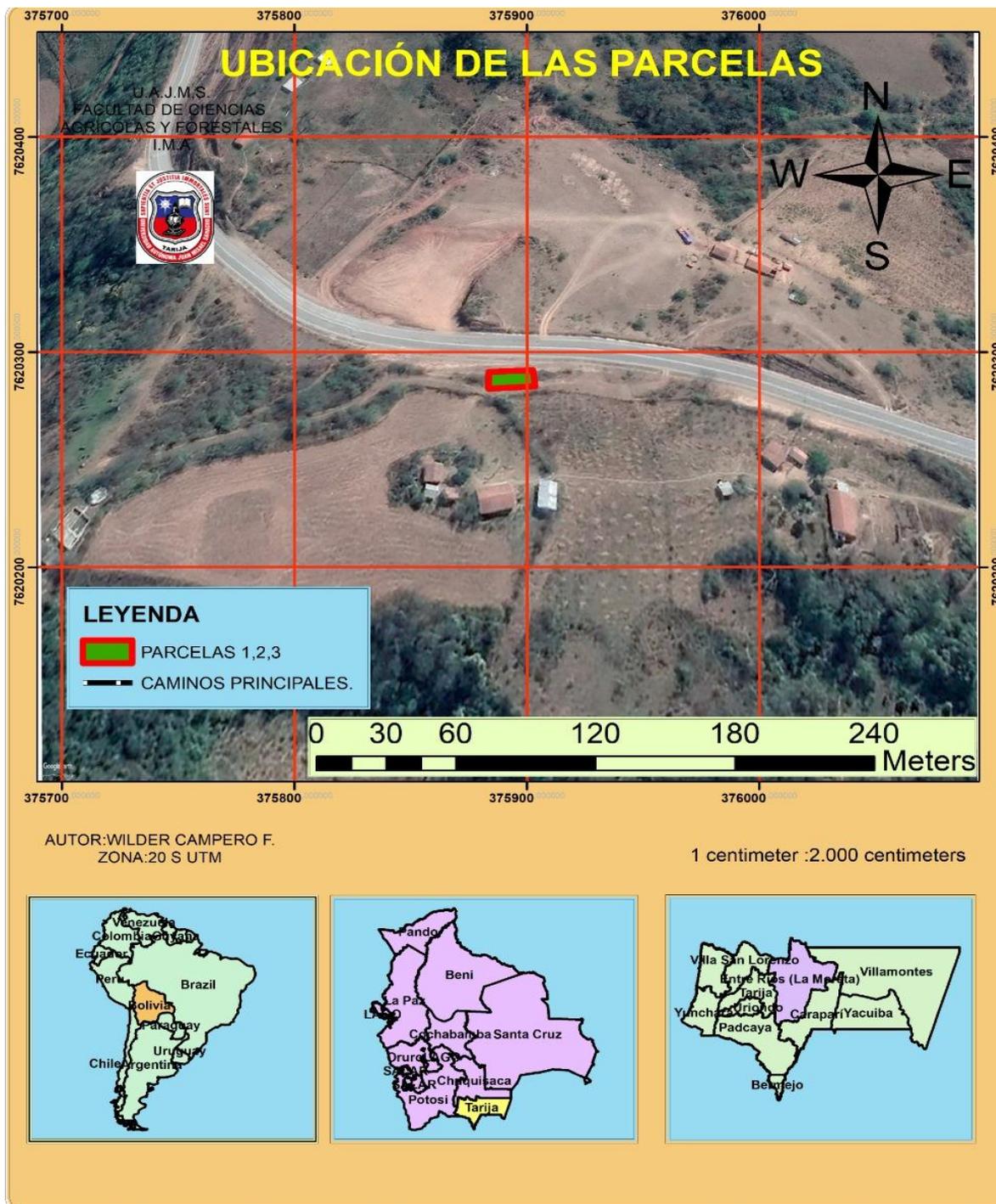
### **MAPA N° 1**

## **UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA O'CONNOR Y/O MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS**



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos 2018

**MAPA 2**  
**UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DONDE SE APLICÓ LA HIDROSIEMBRA**



Elaboración propia

### 2.1.2.- Límites Territoriales

La Provincia O'Connor, limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con las Provincias Arce (municipio de Padcaya) y Gran Chaco (municipio de Caraparí), al este con la

Provincia Gran Chaco (municipios de Caraparí y Villa Montes) y al oeste con la Provincia Cercado. (PDM, 2014 - 2018).

La extensión territorial del municipio de Entre Ríos es de 5.381,17 km<sup>2</sup>, de acuerdo a los límites referenciales establecidos por el ZONISIG, y procesado con el software ArcGIS 10.0, lo que representando el 14,5 % de la superficie departamental y el 0.5% del territorio nacional. (PDM, 2014 - 2018).

El tramo “Canaletas Entre Ríos “antigua ruta, un camino vecinal, que no respeta ninguna normativa de diseño geométrico y que en la actualidad, por falta de mantenimiento se encuentra en precarias condiciones, esta vía tiene una longitud de 42 km los que recorren en vehículos livianos aproximadamente en 1 hora y 15 minutos, mientras que en vehículos pesados el recorrido se realiza alrededor de 2 horas.

Mientras que el tramo Canaletas-Entre Ríos (Variante) ruta actual tiene una longitud de 22,9 km que permite un recorrido a 40 km/ h, que es velocidad de diseño, de aproximadamente 35 min, si se considera una velocidad de 60 km/h el tiempo que se tardará en recorrer es de 23 min.

Este tramo en su totalidad se trata de una apertura y no así de un mejoramiento. La variante comienza a 200 metros de la Pensión Membrillos de Canaletas, para luego cruzar el río Canaletas con un puente de 30 metros de luz, luego sigue el margen derecho del mismo río con dirección al noroeste. El trazo se desarrolla siguiendo el curso del río Canaletas, Tambo y Santa Ana hasta llegar a Entre Ríos, a la altura de la progresiva 19+800 se cruza el río Santa Ana y el camino cambia al margen izquierdo, la topografía de la zona es sumamente accidentada

### **2.1.3.- Aspectos Físico Naturales**

#### **2.1.3.1.-Características Biofísicas del Área de Estudio:**

Según la información recopilada del Plan de Desarrollo Municipal de Entre Ríos 2014 - 2018, se tiene lo siguiente:

##### **a) Altitudes**

La capital del Municipio de Entre Ríos se encuentra a una altura de 1.181 msnm, sin embargo la altitud del municipio varía desde los 3.500 msnm en el Abra el Cóndor hasta los 500 msnm en las riberas del Pilcomayo

##### **b) Relieve**

Hacia la parte oeste extendiéndose hacia el noroeste y sud oeste se encuentran las montañas más altas, en cambio hacia el sud se tienen colinas medias a bajas y llanuras pie de monte, hacia la parte este se encuentran colinas medias y llanuras pie de monte, en cambio hacia el norte se encuentran serranías y colinas medias.

### **c) Topografía**

El municipio cuenta con colinas, que en sus depresiones van formando valles, estas colinas medias limitan en muchos casos la accesibilidad a las comunidades, según el Zonisig el 55% del territorio municipal tiene pendientes mayores al 45%.

### **d) Clima**

El clima es uno de los elementos de mayor importancia del medio biofísico y en los ecosistemas en general, ya que determina y controla de manera variable la meteorización de las rocas y de sus minerales componentes, modelado del relieve, naturaleza y desarrollo de la vegetación natural, actividad biológica del suelo, determina la clase, aptitud y manejo de los suelos, como de los factores determinantes de la erosión del suelo.

El clima es muy importante para la economía el hombre porque determina la producción tanto agrícola, forrajera y forestal, necesaria para la sobre vivencia de la humanidad.

### **e) Temperaturas máximas y mínimas**

El área del Municipio de Entre Ríos se encuentra sometida a frecuentes intercambios de masas de aire tropical y polar y debido a su situación geográfica se encuentra, en gran parte del año, bajo la influencia del sistema de alta presión del Atlántico Sur, esto quiere decir que las lluvias prevalecen del Sur y Sureste; por su parte, los vientos que provienen del Norte o Noreste son cálidos y secos provocando ocasionalmente temperaturas superiores a los 40°C, incluso en los meses de agosto a diciembre.

### **f) Precipitación en El Pajonal**

En la comunidad El Pajonal se tiene mucha precipitación en verano y en invierno el clima es bastante seco. La temperatura media anual es de 18,6°C y la precipitación media anual es 1014,1 mm/año.

## **TABLA 4**

### PRECIPITACIÓN DE UN PERIODO DE 10 AÑOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC.	TOTAL
2009	210,2	110,4	315,9	148,4	16,4	4,7	1,5	0,5	23,9	0,2	90,2	150,3	1072,6
2010	38,1	321,9	89,4	19,6	20,2	7,6	0,4	0,0	13,9	23,4	10,1	151,8	606,4
2011	155,4	286,1	187,3	144,0	9,3	7,4	4,7	0,1	0,5	21,1	57,2	279,4	1122,5
2012	242,6	214,9	168,8	154,0	17,7	12,5	7,0	4,0	4,0	87,0	0,0	0,0	912,5
2013	0,0	0,0	0,0	17,0	42,0	17,0	13,5	8,0	13,0	39,0	40,0	195,0	384,5
2014	185,0	277,0	87,0	70,0	52,5	25,4	2,5	18,0	9,0	55,5	69,0	144,5	994,9
2015	317,5	248,5	143,5	222,0	36,0	25,5	6,0	9,0	8,0	23,0	126,0	183,4	1348,4
2016	367,0	152,0	103,5	32,2	55,0	35,5	3,0	10,0	21,0	135,0	96,0	268,0	1278,2
2017	142,5	262,5	74,5	123,0	31,5	11,7	3,7	0,5	48,5	42,5	98,0	169,0	1007,9
2018	324,5	275,5	145,5	83,0	21,5	0,0	19,5	0,0	5,0	74,7	181,5	158,0	1288,7
2019	277,6	131,5	176,0	95,5	31,0	19,5	53,0	0,0	2,0	42,0	91,0	219,5	1138,6
MEDIA	205,5	199,1	135,6	98,1	30,3	15,2	10,4	4,6	13,5	49,0	78,1	174,45	1014,1

FUENTE: SEMAMHI Tarija 2020

Como se muestra en la tabla anterior, la zona de estudio presenta una precipitación pluvial media anual de 1014.1 mm/año, siendo los meses con mayor precipitación diciembre, enero y febrero; en los meses de julio, agosto y septiembre no presenta precipitaciones de gran intensidad.

En este contexto las temperaturas predominantes en el área de estudio se presentan la temperatura media mensual y anual para algunas estaciones ubicadas dentro del área de estudio como El Pajonal y Salinas, como se puede apreciar no existe datos para la zona norte del municipio.

La temperatura media anual es de 19 °C, en verano 22,5 °C y en invierno de 14,7 °C. Con máximas que superan los 40,0 °C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2 °C.

#### **g) Vientos**

En general, los vientos son relativamente moderados, de acuerdo a los datos registrados la velocidad media anual es de 6,5 km/hora, con una dirección Norte; mientras que en la época de mayor incidencia las velocidades oscilan desde 7,6 a 10,3 km/hora (agosto - noviembre), en la época de menor incidencia la velocidad media es de 4,5 a 6,7 km/hora (diciembre - julio), la velocidad máxima registrada es de 10,3 km/hora en el mes de septiembre.

#### **h) Flora**

Aproximadamente el 80% del territorio del Municipio de Entre Ríos está cubierto por bosques de diferente tipología y potencialidad. El 20% restante tiene cobertura de matorrales, pastizales y cultivos.

#### **i) Fauna**

Entre la fauna del lugar de importancia tenemos: El ganado bovino, caprino, ovino, aves de corral, etc.

#### **j) Suelos**

El suelo es un componente muy importante en el medio físico de un ecosistema, es el soporte de la vegetación natural, actividades productivas del hombre a través de los cultivos agrícolas a secano o riego, ganadería en sus diferentes formas, agroforestería, aprovechamientos forestales y toda forma de ocupación del territorio orientada al aprovechamiento de los recursos naturales, está en estrecha relación con el paisaje, debido a que comparten los mismos factores formadores. De tal forma que el suelo se constituye en la interface entre los componentes abióticos y bióticos de los ecosistemas, y es un atributo importante del terreno.

El suelo es vital en el medio físico de un ecosistema, cumple las siguientes funciones: soportan de la vegetación, lugar para la vida del hombre, para la agricultura, ganadería, agroforestería, siendo la interface entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema.

Las características físicas de los suelos varían de acuerdo a la posición fisiográfica en que se encuentran, no obstante, los suelos ubicados en las montañas son poco profundos, con presencia de afloramiento rocosos, siendo de textura pesada a mediana.

En tanto que los suelos ubicados en la zona de pie de monte y terrazas aluviales varían de moderadamente profundos a profundos, la textura es de media a liviana en los horizontes superiores y más pesada en los horizontes profundos.

Según el plan de desarrollo municipal entre ríos los suelos Consociación Leptosol con las siguientes comunidades como referencias: **Canaletas**, peña negra; donde los suelos dominantes son muy superficiales a profundos; de textura franco a franco arcillo limoso con pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino y de color pardo rojizo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro.

### **2.1.3.2.- Zonas y grado de erosión**

El municipio de entre ríos se encuentra cubierto por bosques y material vegetal, los cuales atenúan los procesos erosivos tanto hídricos como eólicos. No obstante, debido al avance de la frontera agrícola en terrenos con pendientes, quema, chaqueo y explotación forestal sin planificación, además de lluvias intensas, los cuales ocasionan un acelerado deterioro del recurso suelo, erosión de tipo surcos y cárcavas. Por otra parte, la crecida de los ríos por efecto de las fuertes precipitaciones va disminuyendo la capa arable y la fertilidad de los suelos.

La ampliación de la frontera de los suelos por actividades agrícolas y ganaderas reducen los bosques y al no tener un nivel tecnológico que permita un uso óptimo de los mismos va en detrimento del recurso suelo. Por otra parte, la explotación maderera contribuye a un deterioro gradual de ecosistema.

El ministerio de desarrollo sostenible clasifica la erosión en cuatro grados de incidencia:

Erosión leve: 5 a 10 Tn/ha/año

Erosión moderada: 10 a 50 Tn/ha/año

Erosión mediana: 51 a 200 Tn/ha/año

Erosión mayor: 101 a 200 Tn/ha/año

Dentro de la clasificación se muestra la siguiente tabla por distritos:

**TABLA 5**  
**PORCENTAJE DE EROSIÓN POR DISTRITOS**

Distritos	Grado de erosión			
	Leve	Moderada	Mediana	Mayor
D-1	22	46	32	0
D-2	20	30	40	10
D-3	35	65	0	0
D-4	3	63	0	0
D-5	15	26	37	22
D-6	12	24	39	25
Promedio	23.5	42.3	24.7	9.5

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos 2018

El D-1 se presenta un 46% la erosión moderada, en tanto que el D-2 se presenta la erosión mediana en un 40% mediana, en el D-3 y D-4 presentan erosión moderada en un 65 y 63% respectivamente, en el D-5 la mediana es un 37%. En tanto el D-6 se presenta al 39% como erosión mediana.

#### **k) Vegetación natural**

La vegetación natural tiene múltiples relaciones con los componentes bióticos y abióticos del medio como protector del suelo, estabilizador de pendientes, regulador de la calidad y cantidad de agua en las cuencas, hábitat de la fauna silvestre; expresión de las condiciones locales ambientales y estabilidad ecológica y calidad general del ecosistema.

#### **l) Geología**

El área de estudio se encuentra ubicada en la faja Sub Andina cuya conformación montañosa se manifiesta en una sucesión de pliegues anticlinales y sinclinales sub paralelos con direcciones Norte - Sud y que corresponden a las partes altas y bajas respectivamente.

#### **m) Geomorfología**

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona corresponde a un valle estructural la fosa de Entre Ríos; de un modo general se observa un drenaje subsecuente y en partes consecuentes. Con

relación a la geología, regionalmente se distinguen formaciones litológicas que van desde el paleozoico al reciente, sobresaliendo las del lugar como Mesozoica.

#### **n) Fisiografía**

El análisis del componente fisiográfico del Municipio de Entre Ríos, se realiza a partir del mapa de unidades de terreno del Proyecto ZONISIG, ajustados en el PDOT y el PLUS Municipal, formando parte de dos provincias fisiográficas: la Cordillera Oriental (16,7%) y las Serranías del Subandino (83,3%) consecuentemente predominan los paisajes de montañas y serranías respecto a los valles formados por piedemontes y llanuras. En esta provincia predominan los paisajes de montañas y serranías medias a altas.

#### **2.2.-Materiales:**

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Libreta de campo
- Tablero
- Planillas de registro
- Bolígrafo
- Equipo de protección personal
- Documentación digital
- Marco de cobertura vegetal
- Mulch
- Semilla
- Yeso agrícola
- Almidón de maíz
- GPS
- Aserrín (mezcla mulch)
- Abono orgánico gallinaza (mezcla mulch)

**CAPÍTULO III**

**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

A continuación, se dará lugar a la explicación de los resultados obtenidos para cada objetivo del presente estudio.

### **3.1.- Identificación de las diferentes causas que dan lugar a la remoción de la capa superficial del suelo mediante verificación in situ e información primaria y secundaria.**

- Mediante verificación in situ, se pudo identificar las siguientes causas.
  - ✚ Falta de cobertura vegetal en los taludes como se puede observar en la foto nro. 10 en anexos, se observa claramente que antes de realizar la hidrosiembra no existe ningún tipo de vegetación en las parcelas donde se realizó la hidrosiembra, Mediante información secundaria tenemos que el geólogo J.M. Fernández Ampuero, asegura que entre los diversos métodos que se utilizan para la estabilización de taludes, es la revegetalización, su importancia sobre la estabilidad de los taludes de alta pendiente es que detienen parte de la lluvia, incrementa la capacidad de infiltración, sus raíces refuerzan el suelo, anclan el suelo superficial a mantos más profundos, aumentan el peso sobre el talud, detienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión), el talud en estudio no presenta vegetación y como lo explica el geólogo J.M. Fernández Ampuero, la vegetación es muy importante para la estabilización de un talud, entonces es preciso la aplicación de la hidrosiembra para revegetar los taludes y así lograr estabilizar los mismos.
  - ✚ Una de las principales causas son las lluvias, como se muestra en la tabla 2, la zona de estudio presenta una precipitación pluvial media anual de 1014.1 mm/año, siendo los meses con mayor precipitación diciembre, enero y febrero; en los meses de julio, agosto y septiembre no presenta precipitaciones de gran intensidad, pero en los meses de mayor precipitación los taludes se ven afectados al saturarse los suelos que los forman. evidenciándose aun en este tiempo seco presencia de humedad, al saturarse el suelo con agua excesiva y al existir presencia de humedad dan lugar a los deslizamientos y la erosión en los taludes. Mediante información primaria se realizó el análisis de laboratorio evidenciándose los siguientes datos.

**CUADRO 2**  
**HUMEDAD DEL SUELO**

IDENTIFICACIÓN	Hs %
P1 M2	21,01
P2 M2	17,57
P3 M2	17,78

Fuente: SEDAG

Como se puede ver el cuadro 2, el suelo presenta humedad de saturación en el punto 1 de 21,01%, en el punto 2 una humedad de saturación del 17,57% y el punto 3 presenta una humedad de saturación de 17,78%

La humedad del suelo como se puede observar en el cuadro 2 presenta una humedad medianamente adecuada, esto se debe a que la muestra se tomó en tiempo seco esto demuestra que el suelo del talud presenta saturación y en la tabla 2 se puede observar los diferentes valores de precipitación de hace 10 años, donde se tiene valores elevados para nuestro municipio. Mediante información primaria tenemos además que las lluvias intensas, los cuales ocasionan un acelerado deterioro del recurso suelo, erosión de tipo surcos y cárcavas. Por otra parte, la crecida de los ríos por efecto de las fuertes precipitaciones va disminuyendo la capa arable y la fertilidad de los suelos (Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos).

- ✚ La erosión es otra causa que da lugar a la remoción del suelo, evidenciándose en la parte superior los deslizamientos, los tipos de erosión son eólicas e hídricas que se presentan en surcos y cárcavas, en la tabla 3 muestra los diferentes grados de afectación por erosión en nuestro municipio. Según información primaria tenemos que en las zonas altas, la erosión hídrica se presenta por dos factores: El primero, por acción de los ríos que, en la época de mayor intensidad de lluvias, van arrastrando porciones de tierra y arena; y el segundo, es, más grave y menos perceptible, ocasionado por el

escurrimiento del agua de las lluvias favorecida por la pendiente del terreno. Las estructuras poco permeables, menos cobertura vegetal. La incidencia de la erosión eólica también es importante por la menor densidad de barreras naturales que presentan principalmente las zonas más altas (Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos).

- ✚ Otra causa es el tipo de suelo que presentan los taludes. porque podemos verificar suelos medianamente sueltos, debido a que la variante Canaletas-Entre Ríos se encuentra en el Distrito 2 de dicha provincia por lo que se tiene un relieve de serranías altas en la zona (Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos), esto obliga a realizar grandes cortes y movimientos de tierra donde se forman los taludes, Según el plan de desarrollo municipal entre ríos los suelos Consociación Leptosol con las siguientes comunidades como referencias: Canaletas, peña negra; donde los suelos dominantes son muy superficies a profundos; de textura franco a franco arcillo limoso con pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino y de color pardo rojizo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro.

**CUADRO 3**  
**TEXTURA DEL SUELO**

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>A</b> <b>%</b>	<b>L</b> <b>%</b>	<b>Y</b> <b>%</b>	<b>TEXTURA</b>
P1 M2	50,00	28,75	21,50	F
P2 M2	57,50	22,50	20,00	FYA
P3 M2	65,00	15,00	20,00	FYA

Fuente: SEDAG

Como se puede ver en el cuadro 3, la parcela 1 presenta un suelo franco, la parcela 2 y 3 presenta un suelo de textura franco arcillo arenoso.

La textura del suelo es una de las cuestiones más importantes que hay que mirar a la hora de definir el uso y el manejo que le vamos a dar a ese suelo, la textura del suelo es el porcentaje de partículas gruesas (arena), medias (limo) y finas (arcilla) que tiene el suelo, un suelo arcilloso es más firme, retiene más agua y nutrientes que un suelo arenoso que se ve más susceptible a ser compactado.

- ✚ No se completó el realizado de banquetas a los taludes de alta pendiente, debido a que el escalonamiento de taludes consiste en la construcción de descansos planos en las zonas medias de los taludes conocidos con el nombre de “banquetas”. Se llama banquetas a las masas de tierra que se cortan o compactan adecuadamente en el lado exterior del talud, con el fin de mejorar su estabilidad se trata de disminuir la pendiente del talud para mitigar las fuerzas actuantes. Asimismo, al generarse las banquetas cada una de ellas actúa como un talud independiente. En el caso de taludes de suelo con cohesión y fricción, el escalonamiento se hace sobre todo para provocar un abatimiento o reducción de la pendiente del talud. Mediante información secundaria se pudo identificar las siguientes causas.

Skempton y Hutchinson definen que los deslizamientos se deben principalmente a fuerzas gravitacionales combinadas en ocasiones con la actividad sísmica y que la respuesta del talud a esas fuerzas depende de la geología, la hidrología, la topografía, el clima y la meteorización.

Existen causas relacionadas con la disminución de la resistencia al corte de la masa de suelo, tales como: Cambios en el nivel Freático (el agua ocupa un lugar en el subsuelo y al disminuir su volumen genera vacíos de tal forma que en un proceso natural de acomodación o por la acción de fuerzas externas, se traduce en movimientos de masa de suelo del talud, generando deslizamientos de material inestable), cambios estructurales progresivos la meteorización química y mecánica afecta la cohesión de las rocas y disminuye su resistencia a través de un proceso continuo de deterioro, cambios en la cobertura vegetal (la

deforestación de las laderas afecta ostensiblemente el régimen de agua, las raíces vegetales transmiten estabilidad al talud y coadyuva en el secado por absorción del agua subterránea) (Alonso Pérez. 1992).

Los deslizamientos y derrumbes se producen generalmente por causas antrópicas como la excavación y naturales por la fuerte pendiente del terreno y condiciones climáticas, ocasionando pérdida de soporte en la pata del talud al cambiar los esfuerzos en la masa de roca (López Jimeno Carlos, 1999).

Manejo y uso de la tierra: El uso irracional y desmedido de los recursos naturales, la destrucción de los bosques, las técnicas agrícolas inadecuadas y el crecimiento desordenado de los asentamientos humanos, han provocado el deterioro y degradación del medio ambiente. Los deslizamientos causan miles de muertes y daños en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año, sin embargo no hay conciencia de su importancia. Es aconsejable la realización de estudios geológicos en la fase preliminar del proyecto y un control geotécnico durante la construcción (BELTRÁN M., L, 1989).

### **3.2.- Evaluación de la Importancia del impacto ambiental generados a través de la metodología Gómez Orea, a causa de taludes de alta pendiente.**

Para responder al siguiente objetivo se presenta la matriz de pasivos ambientales desarrollados

en el cuadro número 4 que se muestra a continuación

#### **CUADRO 4 EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA GÓMEZ OREA**

Matriz de calificación cualitativa y cuantitativa de pasivos ambientales de la carretera Canaletas Entre Ríos Provincia O'Connor del Departamento de Tarija

Factor Ambiental	Atributos	Criterios										IM	Clasificación
		NA	MG	EX	DR	RV	RC	PE	TD	TI	PO		
Aire	Afectación por emisión de material particulado	(-)	2	2	12	8	4	8	2	2	4	-50	Severo
Suelo	Afectación por remoción de la capa orgánica	(-)	8	4	4	8	1	8	2	1	1	-57	Severo

	Afectación por procesos erosivos	(-)	8	4	12	8	4	12	2	1	1	-72	Severo
	Afectación por el cambio de drenaje superficial	(-)	8	4	12	8	8	12	1	1	2	-76	Crítico
	Afectación por movimiento en masa	(-)	8	4	12	12	12	12	2	1	2	-73	Severo
<b>Agua</b>	Variación de la dinámica fluvial	(-)	4	4	12	8	8	8	2	1	2	-61	Severo
	Variación en las características fisicoquímicas	(-)	4	4	12	4	4	8	2	1	2	-53	Severo
<b>Paisaje</b>	Variación de las geoformas iniciales	(-)	8	8	4	12	8	12	2	1	4	-79	Crítico
	Cambios en la percepción paisajística	(-)	4	8	12	12	12	12	2	1	4	-83	Crítico
<b>Flora</b>	Presencia de especies invasoras	(-)	2	4	12	8	12	1	1	1	2	-49	Moderado
	Disminución o muerte de individuos	(-)	4	2	12	4	12	1	1	1	2	-49	Moderado
	Remoción de la cobertura vegetal	(-)	8	8	4	8	12	1	1	1	4	-71	Severo
<b>Fauna</b>	Migración de especies	(-)	4	8	4	4	12	1	1	1	4	-55	Severo
	Disminución o muerte de individuos	(-)	4	8	4	4	12	1	1	1	4	-55	Severo
<b>Socio-Económico</b>	Generación de empleo	(-)	1	2	4	4	4	4	1	1	4	-29	Moderados
	Aumento del ingreso familiar	(-)	1	2	4	4	4	4	1	1	4	-29	Moderados
	Mejoramiento de la calidad de vida	(-)	1	2	12	4	4	4	1	1	4	-37	Moderados
	Afectación de las vías públicas	(-)	8	8	12	12	8	4	1	1	4	-82	Crítico

Elaboración propia

El cuadro 4 muestra que el factor aire presenta un impacto severo, el factor suelo presenta impactos de severos a críticos, el agua presenta impactos severos, el paisaje impactos críticos, la flora impactos de moderados a severos, el factor fauna impactos severos y el factor socioeconómico presenta impactos de moderados a críticos.

#### ➤ Cálculo de la importancia del pasivo ambiental

En la ecuación (1) se establecen los componentes del indicador de la importancia del pasivo ambiental (IM):

#### **Factor aire (afectación por emisión de material particulado)**

$$IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+T1)$$

$$IM= (-) ((3*2)+(2*2)+12+8+4+8+4+2+2)$$

$$IM= -50$$

(Ver anexo 10)

### CUADRO 5

#### VALORES PARA CALIFICACIÓN DE IMPACTOS (NEGATIVOS / POSITIVOS)

Aquí se muestran los valores del rango de impactos ambientales desde irrelevantes hasta críticos

Impactos irrelevantes	Impactos con valores de importancia menor a -25 (<-25)
Impactos moderados	Impactos con valores de importancia entre -25 y menor a -50 (-25 y <-50)
Impactos severos	Impactos con valores de importancia entre -50 y -75
Impactos críticos	Impactos con valores de importancia mayor a -75 (>-75)

Fuente: Gómez Orea

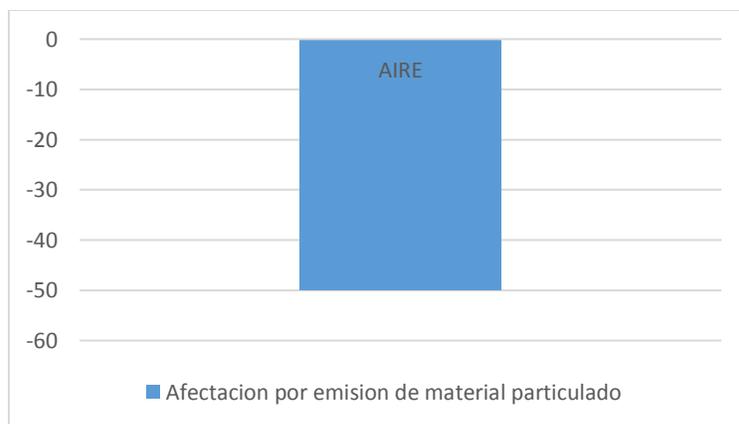
Como se puede ver en el cuadro 3, se tienen los valores para calificación de impactos donde una vez realizada la evaluación y valoración del pasivo ambiental generado en los taludes de alta pendiente de la carretera Canaletas-Entre Ríos a través de la metodología de Gómez Orea, se determinan las afectaciones por cada elemento ambiental, es de esta manera que el elemento aire presenta en su factor ambiental afectación por emisión de material particulado un impacto severo, el elemento ambiental suelo presenta en su factor ambiental afectación por remoción de la capa orgánica, afectación por procesos erosivos y en afectación por movimiento en masa un impacto severo ya que presenta impactos con importancia entre -50 a -75, en su factor ambiental afectación por el cambio de drenaje superficial presenta un impacto crítico, ya que su valor de importancia es mayor a -75; el elemento ambiental agua

en su factor variación de la dinámica fluvial y en variación en las características fisicoquímicas, tiene un impacto severo porque se encuentra con valores de importancia entre -50 a -75; el elemento ambiental paisaje en su factor variación de las geoformas iniciales y cambios en la percepción paisajística, presentan impactos críticos ya que son valores de importancia mayores a -75; en flora en su factor presencia de especies invasoras y disminución o muerte de individuos presentan impactos moderados, sus valores de importancia están entre -25 a -50, remoción de la cobertura vegetal presenta un impacto severo, su valor de importancia es mayor a -50 y menor a -75; el elemento ambiental fauna presenta tanto en su factor migración de especies y disminución o muerte de individuos un impacto severo, ambos con un valor de importancia de -55; en el elemento socioeconómico, en su factor generación de empleo, aumento del ingreso familiar, mejoramiento de la calidad de vida presentan un impacto moderado con valores entre -25 a -50 y su factor afectación de las vías públicas presenta un impacto crítico con un valor de -82.

➤ **FACTOR AMBIENTAL AIRE (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 1**

**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR AIRE**



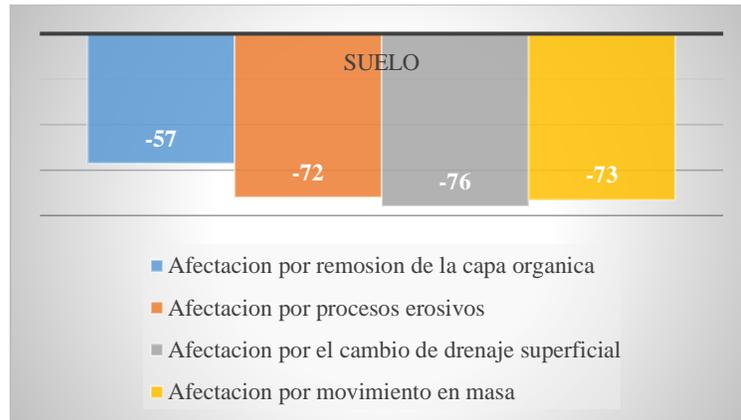
Elaboración propia.

Cómo se puede ver en el cuadro 2 y figura 1, el factor aire presenta un valor de -50, lo cual quiere decir que los impactos presentados son de importancia severa, por lo cual se necesitan obras de mitigación y remediación que se pueden ver en el cuadro 6, para los taludes de alta pendiente, para que de esta manera no haya afectación por emisión de material particulado.

➤ **FACTOR AMBIENTAL SUELO (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 2**

**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR SUELO**



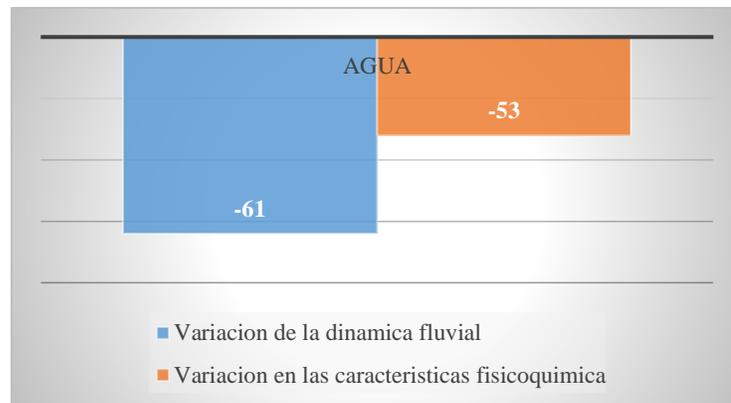
Elaboración propia.

Los resultados obtenidos y reflejados en el cuadro 2 y figura 2, determinan que el factor suelo presenta valores mayores a -50 y menores de -75, lo cual significa que los impactos presentados son de importancia severa, como también son de importancia crítica, ya que presenta un valor mayor a -75, esto quiere decir que se deben realizar obras de mitigación y remediación en los taludes de alta pendiente de la carretera Canaletas-Entre Ríos (ver cuadro 6) para así impedir que sigan los deslizamientos, remoción de masas y procesos erosivos.

➤ **FACTOR AMBIENTAL AGUA (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 3**

**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR AGUA**



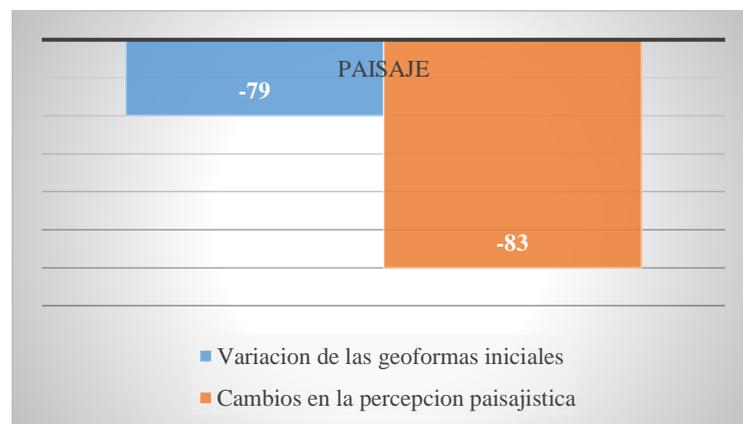
Elaboración propia.

Como se puede ver en el cuadro 2 y figura 3, la importancia del pasivo ambiental en el factor agua es severo ya que presenta valores mayores a -50, es importante realizar obras de mitigación y remediación (ver cuadro 6) en los taludes de alta pendiente para que no se siga afectando principalmente al rio Santa Ana, ya que todo el material deslizado de los taludes, es lanzado a orillas del rio.

➤ **FACTOR AMBIENTAL PAISAJE (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 4**

**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR PAISAJE**



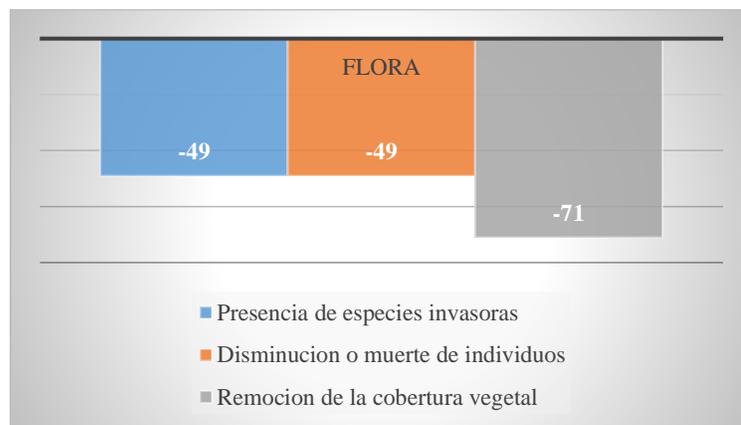
Elaboración propia.

Como se puede ver en el cuadro 2 y figura 4, los resultados obtenidos reflejan que el factor paisaje presenta impactos de importancia crítica, ya que los valores que presenta son mayores a -75, es importante que se realicen proyectos de restauración paisajística (reforestación,

hidrosiembra) ya que existe variación de las geformas iniciales y cambios en la percepción paisajística en la carretera Canaletas-Entre Ríos, de esta manera se dará más estabilidad a los taludes de alta pendiente.

➤ **FACTOR AMBIENTAL FLORA (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 5**  
**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR FLORA**

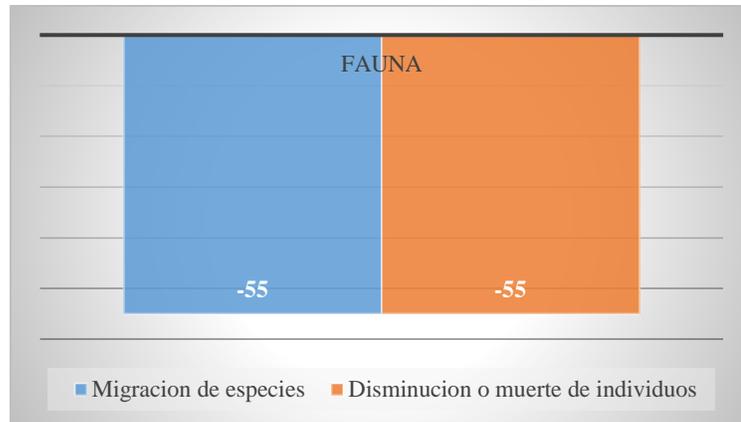


Elaboración propia.

Como se puede ver en el cuadro 2 y grafica 5, los impactos producidos en la flora son de importancia moderada en la disminucion o muerte de individuos y presencia de especies invasoras, ya que ambos presentan valores de -49, como también presenta una importancia severa en la remocion de la cobertura vegetal, se deben realizar obras de mitigación y remediación (ver cuadro 6) sobre todo para dar solución a la remocion de la cobertura vegetal que se hizo en la construcción de la carretera.

➤ **FACTOR AMBIENTAL FAUNA (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 6**  
**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR FAUNA**



Elaboración propia.

Como se puede ver en el cuadro 2 y figura 6, la importancia del pasivo ambiental en el factor fauna es severa, ya que presenta valores mayores a -50, esto se debe a que la fauna se ve perjudicada por la apertura de la carretera que dejó taludes de alta pendiente con presencia de remoción de masa y deslizamientos, por ende existe presencia de maquinarias para realizar la limpieza del camino, lo que provoca la migración de los animales como aves y mamíferos de la zona por el ruido que generan, este trabajo de investigación propone la hidrosiembra como una solución para los derrumbes que existen en la carretera Canaletas-Entre Ríos.

➤ **FACTOR AMBIENTAL SOCIOECONÓMICO (VER ANEXO 4)**

**FIGURA 7**

**IMPORTANCIA DEL PASIVO AMBIENTAL EN EL FACTOR SOCIOECONÓMICO**



Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 2 y grafica 7 muestran que el factor ambiental socioeconómico presenta impactos de importancia moderada en la generación de empleo, aumento del ingreso familiar y en el

mejoramiento de la calidad de vida, ya que sus valores son menores de -50, también presenta una importancia crítica por la afectación de las vías públicas que generan los deslizamientos de los taludes de alta pendiente de la carretera Canaletas-Entre Ríos.

**CUADRO 6**  
**MITIGACIONES PARA LOS ELEMENTOS AMBIENTALES AFECTADOS POR**  
**LOS DESLIZAMIENTOS**

<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>MITIGACIÓN</b>
<b>ELEMENTO AMBIENTAL</b>	<b>MITIGACIÓN</b>
AIRE	<p>Las diferentes mitigaciones que se deben realizar para la estabilización del talud de alta pendiente en la carretera Canaletas Entre Ríos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La principal es proteger con vegetación al talud, aplicando la hidrosiembra para que de esta manera se estabilicen los taludes.</li> <li>➤ Realizar control de drenajes e infiltraciones en los taludes, como lloraderos o cunetas que permiten un manejo adecuado a la escorrentía y agua de lluvia.</li> <li>➤ Realizar una estructura de contención para suelos</li> </ul>
SUELO	
AGUA	
PAISAJE	
FLORA	
FAUNA	
SOCIOECONÓMICO	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar obras para el control del material deslizado.</li> <li>➤ Realizar obras de control de la erosión</li> </ul>
--	---

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 6 presenta las diferentes mitigaciones que se pueden realizar en taludes de alta pendiente en la carretera Canaletas Entre Ríos para que así se eviten los deslizamientos que son perjudiciales para realizar el libre tránsito de dicho tramo carretero, siendo la principal mitigación de realizar la aplicación de la hidrosiembra para dar estabilidad a los mismos.

### **3.3.- Determinar características y propiedades del suelo mediante toma de muestra en laboratorio en taludes de alta pendiente.**

Las muestras se tomaron de las 3 parcelas del talud (una muestra por parcela), donde se usó el método zig-zag a una profundidad de 15 a 20cm.

#### **CUADRO 7**

#### **ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO DEL TALUD PARA DETERMINAR SUS CARACTERÍSTICAS**

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>K</b>	<b>NT %</b>	<b>P</b>	<b>MO %</b>
P1 M1	0,14	0,09	13,66	1,87
P2 M2	0,05	0,09	17,30	1,64
P3 M3	0,11	0,10	5,10	0,17

Fuente: Laboratorio SEDAG

Como se puede ver en el cuadro 7, se tiene los resultados de las muestras tomadas del suelo del talud, mismas que se realizaron en el laboratorio SEDAG, las cuales se interpretaran a continuación.

- **Interpretación del potasio (K).** – Según Brady y Weil, 2001 el contenido de potasio en el suelo se halla entre 0,3 y 3%, esta cantidad está presente casi exclusivamente en forma inorgánica.

Según el cuadro 7, se puede ver que la parcela 1 presenta un valor de 0,14%, la parcela 2 un valor de 0,05 y la parcela 3 presenta un valor de 0,11 y según Brady y Weil, 2001 los valores adecuados de potasio que deben presentar los suelos se encuentran entre 0,3 y 3% lo que indica que ninguna de las parcelas del talud está dentro de los niveles de potasio adecuados que debe presentar un suelo ya que se encuentran dentro de un rango de 0,05-0,14%.

- **Interpretación del Nitrógeno Total.** -

**CUADRO 8**  
**NITRÓGENO TOTAL**

Muy deficiente	$\leq 0,075$
Deficiente	0,075 a 0,124
Moderadamente deficiente	0,125 a 0,149
Moderadamente provisto	0,150 a 0,199
Bien provisto	0,200 a 0,299
Muy bien provisto	$\geq 0,300$

Tomando en cuenta la escala orientativa de clasificación del contenido de N total (%), propuesta por Echeverría y Bergonzi (1995).

Como se puede ver en el cuadro 8, la parcela 1 y 2 presentan un 0,09% de nitrógeno total y la parcela 3 presenta un valor de 0,10%, comparando estos valores con el cuadro 6 que es la escala orientativa del contenido de nitrógeno total propuesta por Echeverría y Bergonzi (1995), se puede ver que las tres parcelas presentan un contenido de nitrógeno total deficiente ya que se encuentran en el rango de 0,075 a 0,124%.

- **Interpretación del fósforo. –**

**CUADRO 9**  
**NIVELES DE FOSFORO SEGÚN OLSEN**

<b>Niveles de P (Olsen) al suelo, en ppm</b>	<b>Interpretación</b>
Menor a 12	Bajo
12-24	Medio
24-36	Optimo
36-80	Alto
Mayor a 80	Muy alto

Fuente: Según Olsen

Según el cuadro 9, la parcela 1 presenta un valor de 13,66ppm de fósforo, la parcela 2 presenta un valor de 17,30ppm y la parcela 3 un valor de 5,10ppm de fósforo, estos valores obtenidos de las muestras de suelo del talud, al ser comparados con los niveles de fósforo adecuados para un suelo según Olsen, mismos niveles que se pueden ver en el cuadro 7, una vez realizada dicha comparación, se identificó que la parcela 1 y 2 presentan un nivel de contenido de fósforo medio ya que se encuentran entre el rango de 12-24ppm y la parcela 3 presenta un nivel bajo de contenido de fósforo ya que presenta un valor menor a 12ppm.

- **Interpretación de la Materia Orgánica. -**

**CUADRO 10**

<b>Clasificación</b>	<b>Contenido M.O %</b>
Muy bajo	0.0 -1.0
Bajo	1.1-2.0
Moderado	2.1-4.0
Altos	4.1-8.0

<b>MATERIA</b>	Muy alto	mayor 8.0	<b>ORGÁNICA</b>
----------------	----------	-----------	-----------------

Fuente: método de Walkley y Black

Como se puede ver el cuadro 10, la parcela 1 presenta un valor de 1,87% de materia orgánica, la parcela 2 presenta un valor de 1,64% y la parcela 3 un valor de 0,17%, estos valores comparados con el método de Walkley y Black valores que se pueden ver en el cuadro 5, se identifica claramente que los niveles presentados en la parcela 1 y 2 son bajos ya que se encuentran entre el rango de 1.1-2.0% y la parcela 3 presenta un nivel muy bajo de materia orgánica al encontrarse dentro del rango de 0.0 -1.0% de materia orgánica, esto se debe a que la materia orgánica de los taludes de alta pendiente es removida por las lluvias.

**CUADRO 11**  
**ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO DEL TALUD PARA DETERMINAR**  
**SUS PROPIEDADES**

Aquí se muestran los valores de la textura y color del suelo de las tres parcelas respectivamente donde se aplicó la hidrosiembra para conocer las propiedades del suelo

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>MO</b> %	<b>TEXTURA</b> %	<b>COLOR</b>
-----------------------	----------------	---------------------	--------------

P1 M1	1,87	Franco	Pardo rojizo oscuro
P2 M2	1,64	Francoarcilloarenoso	Pardo rojizo oscuro
P3 M3	0,17	Francoarcilloarenoso	Pardo rojizo oscuro

Fuente: Laboratorio SEDAG

El cuadro 11 muestra las propiedades del suelo del talud estudiado, donde la textura son valores del análisis físico-químico realizado en el laboratorio SEDAG y el color se lo realizó usando la tabla Munsell, donde dio que el suelo que presenta el talud es de color pardo rojizo oscuro en las 3 parcelas y la textura es de franco en la parcela 1 y franco arcillo arenoso en la parcela 2 y 3, esto significa que el suelo del talud tiene presencia de suelos medianamente sueltos debido a los cortes de tierra que se realizaron en el diseño de la carretera Canaletas-Entre Ríos, por otra parte observando los resultados de las propiedades del suelo según laboratorio podemos afirmar que coincide con los datos registrados por el plan de desarrollo municipal de Entre Ríos 2018 para el Distrito 2 de Entre Ríos donde se encuentra gran parte del tramo de la carretera mencionada.

#### **3.4.- Comparar el estudio sobre los ligantes para la hidrosiembra (yeso agrícola y almidón de maíz) mediante los resultados obtenidos.**

##### **CUADRO 12**

##### **PORCENTAJE DE COBERTURA Y ALTURA DE LAS TRES PARCELAS**

Se realizó las respectivas mediciones de cobertura y altura a las dos especies sembradas que fueron elegidas por ser gramíneas de rápido crecimiento y sus raíces profundas que ayudan a sostener el suelo, las mismas que se muestran a continuación.

<b>PARCELA</b>	<b>FECHA</b>	<b>%COBERTURA</b>	<b>ALTURA (cm)</b>
<b>PARCELA 1</b>	<b>Jueves 04-11-21</b>	<b>10</b>	<b>1,5 Brizantha</b>

<b>Sin ligante</b>			<b>3,3 Raigras</b>
<b>Coordenadas:</b> S 21° 30' 58.5108'' W 64° 11' 54.114''	<b>Jueves 11-11-21</b>	<b>16,25</b>	<b>2,8 Brizantha</b> <b>6,1 Raigras</b>
	<b>Jueves 18-11-21</b>	<b>22,56</b>	<b>6,3 Brizantha</b> <b>7,8 Raigras</b>
<b>PARCELA 2</b> <b>Ligante de almidón</b> <b>de maíz</b>	<b>Jueves 04-11-21</b>	<b>15,58</b>	<b>1,9 Brizantha</b> <b>4,3 Raigras</b>
<b>Coordenadas:</b> S 21° 30' 58.554'' W 64° 11' 39.48''	<b>Jueves 11-11-21</b>	<b>25</b>	<b>4,3 Brizantha</b> <b>6,3 Raigras</b>
	<b>Jueves 18-11-21</b>	<b>27,68</b>	<b>5,5 Brizantha</b> <b>7,9 Raigras</b>
<b>PARCELA 3</b> <b>Ligante de yeso</b>	<b>Jueves 04-11-21</b>	<b>17,86</b>	<b>2,1 Brizantha</b> <b>5 Raigras</b>
<b>Coordenadas:</b> S 21° 30' 58.5468'' W 64° 11' 54.438''	<b>Jueves 11-11-21</b>	<b>36,25</b>	<b>5,9 Brizantha</b> <b>9,8 Raigras</b>
	<b>Jueves 18-11-21</b>	<b>60,24</b>	<b>8,9 Brizantha</b> <b>12,1 Raigras</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro 11, se realizó las mediciones de altura y porcentaje de cobertura a cada parcela donde se llevó a cabo la hidrosiembra, la altura se midió con flexómetro y la cobertura se determinó usando un marco de cobertura vegetal, los cuales se pueden ver en el anexo 8; las mediciones se realizaron el jueves 4, 11 y 18 de noviembre del 2021, conforme pasaron los días se observó que la vegetación de las parcelas aumentaron de tamaño, esto se debe a la temporada de lluvia y el calor que son esenciales para el crecimiento de las plantas, hacer notar que la parcela 3 con ligante de yeso es la que presenta mayor cobertura vegetal y los pastos presentan mayor altura, esto se evidencio desde el primer día que se realizaron las mediciones, cabe recalcar que esta parcela según análisis de laboratorio, presenta menor cantidad de materia orgánica y contiene un nivel más bajo de fosforo, en cuanto a disponibilidad de nitrógeno las tres parcelas presentan un contenido deficiente y lo mismo con el potasio ninguna de las parcelas contiene un nivel de potasio adecuado, sin embargo la parcela 3 que presenta menos nutrientes, por el solo hecho de estar con el ligante

de yeso, dio resultados más favorables y con este análisis deducimos que el ligante más adecuado para realizar la hidrosiembra en taludes de alta pendiente es el yeso agrícola.

En la primera semana podemos observar que tenemos un 50% más de cobertura en la parcela dos y en la parcela tres se tiene un 78.6% más de cobertura vegetal comparado con la parcela uno, esto quiere decir que el ligante de alguna manera ayuda a la adhesión de la semilla y mulch obteniendo mejores resultados con el almidón de maíz mucho mejor todavía con el yeso agrícola, es decir nuestros ligantes son respectivamente relevantes a comparación de realizar una hidrosiembra sin ligante, por otra parte se destaca la altura y el crecimiento que sobresale en la parcela tres donde se realizó la hidrosiembra con el yeso agrícola debido a que este ligante tiene propiedades que ayuda al desarrollo de las gramíneas y cultivos como ser:

El Yeso Agrícola aporta aproximadamente un 16% de anión sulfato y 23% de óxido de calcio, forma en que las plantas asimilan estos nutrientes. Estimula el crecimiento radicular y vegetativo de los cultivos, favoreciendo la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno. Interviene en la formación de clorofila. Permite un mejor aprovechamiento de otros nutrientes como: potasio, fósforo y magnesio. Recupera suelos sódicos: El Yeso Agrícola se utiliza como enmienda en suelos alcalinos con elevados niveles de sodio, en los cuales reacciona con el sulfato proveniente del producto formando sulfato de sodio, que es altamente soluble y puede ser eliminado del área de influencia de las raíces mediante riegos profundos. Mejora estructura del suelo: El Yeso Agrícola produce una floculación de coloides, es decir, forma agregados produciendo mayor cantidad de poros y en consecuencia una mayor aireación de suelo. Corrige suelos alcalinos que disminuyen la productividad: El Yeso Agrícola reacciona con las sales acumuladas en el suelo haciéndolas más solubles facilitando el drenaje y labores de suelo. Recupera suelos de invernadero que al no recibir un lavado natural proveniente de lluvias origina un aumento en la alcalinidad y salinidad, junto con la acumulación de sodio. Es factible su uso en agricultura orgánica por ser un producto natural y no tóxico. (<https://www.pizarreno-romeral.cl/siteassets/documentos/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-yeso-agricola.pdf?v=4ae0dc/Download>).

**CAPÍTULO IV**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 4.1.- Conclusiones

- ✚ Con este trabajo de investigación se identificaron las diferentes causas que dan lugar a la remoción de la capa superficial del suelo de los taludes de alta pendiente mediante observación in situ, las cuales son las siguientes, falta de cobertura vegetal en los taludes, las lluvias que saturan los suelos de los taludes (ver tabla 2), la erosión, el tipo de suelo donde se establecen los taludes entre otros que provocan los deslizamientos.
- ✚ El suelo presenta humedad de saturación en el punto 1 de 21,01%, en el punto 2 una humedad de saturación del 17,57% y el punto 3 presenta una humedad de saturación de 17,78%.
- ✚ Se realizó la evaluación de la importancia de los impactos ambientales generados a través de la metodología Gómez Orea, a causa de taludes de alta pendiente, donde se identificó que el factor aire presenta un impacto de importancia severa, el factor suelo presenta una importancia severa y crítica, el factor agua de igual manera presenta impactos de importancia severa, el factor paisaje presenta impactos de importancia crítica, la flora contiene una importancia de sus impactos moderados a severos, la fauna presenta impactos de importancia severa y el factor socioeconómico presenta impactos de importancia moderada a crítica, se necesitan obras de remediación (ver cuadro 6), reforestación como la aplicación de la hidrosiembra con especies gramíneas (brizantha, raigrás) y mitigación en la carretera Canaletas-Entre Ríos para que así se dé estabilidad a los taludes de alta pendiente y por ende mejore la calidad del medio ambiente y la calidad de vida de las personas.
- ✚ Se determinó las características y propiedades del suelo mediante la toma de muestra en laboratorio de las parcelas en estudio del talud de alta pendiente, los parámetros tomados fueron el potasio (K) donde la parcela 1 presenta un valor de 0,14, parcela 2 un valor de 0,05 y la parcela 3 un valor de 0,11; la materia orgánica (MO) presenta un valor de 1,87% en la parcela 1, la parcela 2 un valor de 1,64% y la parcela 3 un valor de 0,17% ; en nitrógeno total (NT), la parcela 1 y 2 presentan un valor de 0,09% y la parcela 3 un valor de 0,10%

de nitrógeno y el fósforo (P) se presenta en la parcela 1 con un valor de 13,66, parcela 2 un valor de 17,30 y la parcela 3 presenta un valor de 5,10 de fósforo; se pudo constatar que ninguna de las tres parcelas contiene un nivel de potasio adecuado que debe tener un suelo, la parcela 3 presenta menor cantidad de materia orgánica y contiene un nivel más bajo de fósforo, en cuanto a disponibilidad de nitrógeno las tres parcelas presentan un contenido deficiente, se ve claramente que la parcela 3 es la que menos nutrientes presenta a comparación de las otras.

Por otra parte las propiedades se determinó la textura del suelo que va desde Franco a Franco arcillo arenoso respectivamente en las parcelas, el color del suelo es de color pardo rojizo oscura el cual coincide con la información del Plan de Desarrollo Municipal Entre Ríos 2018.

- ✚ Se comparó el estudio sobre los ligantes para la hidrosiembra (yeso agrícola y almidón de maíz) mediante los resultados obtenidos, donde claramente se observó que la parcela 3 con ligante de yeso es la que presenta mayor cobertura vegetal llegando a 60,24% y los pastos presentan mayor altura 8,9cm la brizantha y las raigrás con 12,1cm de altura, esto se evidenció desde el primer día que se realizaron las mediciones a cada parcela donde se llevó a cabo la hidrosiembra, la altura se midió con flexómetro y la cobertura se determinó usando un marco de cobertura vegetal, las mediciones se realizaron el jueves 4,11 y 18 de noviembre del 2021, cabe recalcar que esta parcela presenta menor cantidad de nutrientes según el análisis químico que se realizó a cada parcela.

#### **4.2.- Recomendaciones**

- ✚ Se recomienda a las empresas encargadas de las carreteras, tomar en cuenta este trabajo de investigación para dar solución a los deslizamientos que ocurren en los taludes de alta pendiente principalmente de la carretera Canaletas-Entre Ríos, ya que al hacer uso de la hidrosiembra se podrá dar estabilidad a los taludes, que se deslizan principalmente por no contar con cobertura vegetal y al llover se vuelven completamente inestables.

- ✚ Se recomienda a los estudiantes de la carrera de ingeniería en medio ambiente, probar con otros tipos de ligantes y otras especies de gramíneas para poder comparar los mejores resultados y así tener otras opciones para realizar la hidrosiembra en taludes de alta pendiente.
  
- ✚ También es recomendable tomar en cuenta el consejo de BELTRÁN M., L,1989, que nos aconseja la realización de estudios geológicos en la fase preliminar del proyecto y un control geotécnico durante la construcción de carreteras, para que así evitemos construir en lugares muy inestables que nos conlleven a tener problemas posteriores con los taludes de alta pendiente.
  
- ✚ Se recomienda tomar en cuenta este trabajo para estabilizar taludes en otras carreteras, ya que es un método económico en comparación con otros métodos y fácil de conseguir los materiales requeridos.