



# Control de la erosión en taludes

Fecha entrega: 20 de Octubre 2007  
Fecha aceptación: 10 de Septiembre 2008  
Pag. 26-35

**Juana Nazal**

Ilustre Municipalidad de Penco, O'Higgins 500, Penco, Chile, jnazal@penco.cl

*Se presentan las definiciones de los diferentes tipos de erosión que pueden ocurrir en los taludes. Se describen diversos materiales existentes en el mercado que permiten controlar el proceso erosivo en taludes. En conjunto con estos materiales se hace referencia al uso de cubierta vegetal y las técnicas existentes para su sembrado. Se estudia experimentalmente una sección de talud en la Autopista del Itata, para lo cual se desarrolla un sistema de lluvia artificial para ensayar ocho sistemas diferentes de recubrimiento o protección. La lluvia aplicada simuló las precipitaciones intensas ocurridas entre junio y julio del año 2006 en el Gran Concepción. Se concluye que incluso el recubrimiento con mayor cantidad de suelo erosionado resultó mejor que no tener recubrimiento. El uso, ya sea de biomantas o geomantas con o sin cubierta vegetal, requieren la consideración del tipo de suelo a proteger.*

*Different types of erosion, which can occur on slopes, are presented and defined. Various kinds of materials available in industry are described in relation to their capacity in the control of slope erosion. In addition to these materials, it is included the description of vegetation cover and techniques to sow their seeds. A section of the Itata Motorway is experimentally studied, thereby an artificial rain device is designed to test eight different systems of erosion protection. Rain was applied to simulate intense precipitations which occurred between June and July 2006 around the Great Concepción. It is concluded that even the protection cover with the largest amount of eroded material was better than having no cover at all. The use of any composite-turf reinforcement mat requires taking into account the type of soil to be protected.*

Keywords: eroded soil, slope protection, biomats, geomats

Palabras claves: suelo erosionado, protección de taludes, biomantas, geomantas

## INTRODUCCIÓN

La erosión es el resultado de la acción de las fuerzas de fricción de gases o fluidos en movimiento. Existen dos fenómenos que generan los diferentes tipos de erosión ellos son la lluvia y el viento. En el caso de la erosión producida por el agua, el proceso puede ser iniciado por el desprendimiento de las partículas del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia. Al mismo tiempo el flujo superficial o escorrentía hace que las partículas removidas sean incorporadas a la corriente y transportadas talud abajo. Adicionalmente, las corrientes generan desprendimiento de partículas por la acción del agua en movimiento.

Estos procesos son muy complejos y es común que varios actúen conjuntamente. La erosión hídrica se suma a condiciones geológicas y geométricas para gatillar la gran mayoría de los derrumbes o deslizamientos que sufren los taludes.

Sin embargo, se debe mencionar que en este trabajo no se estudia la geología ni los planos de fallamiento ni tampoco la estabilidad y deslizamientos de taludes.

El lector interesado en esos tópicos puede consultar, por ejemplo, Rico y del Castillo (1978) y Ortigosa y Martínez (2004).

## TIPOS DE EROSIÓN EN TALUDES

### EROSIÓN EÓLICA

Es el proceso mediante el cual recoge y transporta el material superficial suelto, al mismo tiempo que las partículas transportadas se desgastan por abrasión del suelo.

En la erosión eólica podemos distinguir tres procesos o tres tipos de movimientos, los cuales son:

**Suspensión:** en este proceso se mueven las partículas finas menores a 0.05 mm (limos y arcillas), las cuales una vez levantadas pueden permanecer en el aire por mucho tiempo dependiendo de las turbulencias y remolinos de aire, por lo cual se pueden desplazar grandes distancias.

**Saltación:** en este proceso, entran en movimiento las partículas de tamaño mediano (arenas muy finas, finas y medianas), suficientemente ligeras para ser levantadas pero demasiado grandes para permanecer en suspensión.

La escala de tamaños que permiten la saltación va de 0.05 mm a 0.5 mm. Por este proceso se mueve la mayor cantidad de suelo.

**Arrastre:** en este proceso se mueven las partículas gruesas, generalmente entre 0.5 y 0.2 mm (arenas gruesas y muy gruesas), arrastrándose o rodando a nivel de la superficie del terreno.

La rugosidad del terreno, así como la presencia de vegetación provocan una disminución del potencial erodador del viento, ya que hacen la velocidad de éste sea mínima cerca de la superficie del suelo y su poder de arranque sea bajo.

Esto dependerá también de la condición de viento a la que se vea expuesto el suelo, ya que frente a regímenes turbulentos existiría un mayor poder erosivo que frente a un régimen laminar.

Los principales factores que afectan la erosión eólica en un talud, pueden ser resumidos como:

- Tipo de Suelo (tamaño de partículas y agregados, rugosidad)
- Clima (viento, precipitación)
- Longitud del área expuesta
- Cobertura vegetal

## EROSIÓN HÍDRICA

Los tipos de erosión hídrica se pueden clasificar como sigue:

**Erosión por salpique:** desprendimiento de partículas y destrucción de agregados, por impacto del agua de lluvia. Es el proceso que provoca el desprendimiento y arranque de las partículas de suelo por efecto del impacto directo de la gota de lluvia.

Este proceso se produce a micro escala, por lo cual no es perceptible a priori, pero a largo plazo produce efectos catastróficos sobre la cara de los taludes dado que la geometría inicialmente considerada para dar una condición mecánicamente estable se ve alterada.

**Erosión laminar por o en mantos:** consiste en una remoción de delgadas capas de suelo producto del escurrimiento del agua por terrenos uniformes y de poca pendiente, provocando la pérdida de la porción de suelo con mayor contenido orgánico, lo que conduce a un empobrecimiento de nutrientes y a un descenso de la capacidad de retención de agua. Al igual que el salpique, la erosión laminar es poco perceptible en las primeras fases ya que apenas se modifica la superficie del suelo, pero con el tiempo es apreciable dado que las raíces de los arbustos y plantas menores quedan al descubierto y se produce acumulación de tierra al pie de los terrenos en pendientes.

**Erosión concentrada:** desencadena surquillos y cárcavas en donde la lámina de agua generada tiende a concentrarse en las pequeñas depresiones e irregularidades del terreno

formando hilos de corriente, los cuales se desplazan a lo largo de las líneas de máxima pendiente apareciendo concentraciones de flujo y aumentos en la velocidad del agua con el consiguiente incremento del potencial erosivo. En el tiempo este desplazamiento ira progresando significativamente provocando profundas incisiones, en forma de U, de V, o una combinación de ambas. La presencia de cárcavas en un terreno indica un avanzado estado de erosión. El daño que producen es muy importante y en ocasiones irreversible. Su estabilización y corrección requieren mover grandes cantidades de tierras.

## RECUBRIMIENTO CON BIOMANTAS Y GEOMANTAS

Las biomantas son 100% biodegradables capaces de adaptarse a la cara del talud ofreciendo una defensa contra la erosión, éstos están diseñados para suelos donde el crecimiento de la vegetación es natural y pueden adaptarse siembras o hidrosiembras. Las geomantas no son degradables y están compuestas de un 100 % de fibra de polipropileno. Las geomantas son utilizadas en suelos no apropiados para la vegetación natural ni para siembras e hidrosiembras. En Chile actualmente dispone de dos tipos de biomantas: de coco y paja. Pero es importante señalar que existen otras biomantas, por ejemplo North American Green ofrece biomantas de diferentes densidades y características, la elección de estos dependerá del tipo de suelo y de la extensión a cubrir.

## TIPOS DE BIOMANTAS

**Manta de paja:** desarrolladas para pendientes de moderadas a empinadas y para terrenos pantanosos con flujo bajo de agua donde la protección contra la erosión se requiere solamente por un periodo corto antes de que la vegetación se establezca. Las mantas de paja combinan redes livianas y fotodegradables con una matriz de paja uniforme, de alta calidad, para un control de la erosión del suelo y aplicación de hojas y pajas al semillero (ver foto 1).



Foto 1: Manta de paja

**Manta de fibra de coco:** desarrolladas para pendientes severas, canales con flujo de agua de mediano a alto y para aplicaciones que requieren protección a largo plazo antes que la vegetación se establezca completamente. Las mantas de pajas de coco y de fibras de coco están compuestas de un entrelazado pesado, estabilizado contra UV y de una matriz en parte o completa de fibra de coco (ver foto 2).



Foto 2: Manta de fibra de coco

**Serie Bionet:** estas mantas están compuestas de matrices de fibras de alto funcionamiento tanto de paja, como de coco y paja con coco. La manta tiene un entrelazado de fibra natural en lugar del entrelazado de polipropileno. Este entrelazado de fibra natural tejido proporciona una retención efectiva de las hojas y pajas a través de toda la vegetación, y su 100% de biodegradabilidad significa que no queda en el lugar de trabajo absolutamente ningún residuo del entrelazado sintético después del crecimiento de la vegetación. La biodegradabilidad total no es la única ventaja para el ambiente de la serie Bionet. La flexibilidad y la absorción de agua característica del entrelazado de fibra natural aumentan el rendimiento del control de la erosión. La construcción tejida de la Bionet permite que las fibras de yute se intercepten y se muevan independientemente la una de la otra, lo que hace de la Bionet una solución en áreas susceptibles que requieren un alto control de la erosión (ver foto 3).



Foto 3: Manta de serie Bionet

## RECUBRIMIENTOS CON CUBIERTA VEGETAL

Se entiende por cubierta vegetal una capa de pastos suficientemente uniforme que permita que las precipitaciones no impacten en forma directa la cara del talud. El objetivo es lograr determinar que tipo de mezcla de siembras o que tipo de plantas pudieran ser las más adecuadas para cada tipo de suelo. A continuación se dan a conocer las propiedades y dosis de siembras de las semillas y plantas elegidas. Esta elección de semillas y plantas se realizó utilizando conocimientos de geotecnia y agronomía.

### Siembra manual

La siembra en forma manual consiste simplemente en distribuir “al voleo” lo mas uniforme posible las semillas sobre la cara del talud. Este sistema no es muy aplicable en los casos de control de erosión en taludes ya que por lo general las áreas a cubrir son extensas y con pendiente por lo cual este mecanismo de siembra toma mucho tiempo. Existe para cada zona una época de siembra la cual debe ser respetada, las condiciones climáticas inmediatas antes, durante y después de la siembra deben ser las adecuadas, o sea que no existan temperaturas muy altas ni muy bajas.

### Hidrosiembra

Consiste en la proyección de una mezcla homogénea de semillas, Mulch, fijadores, fertilizantes, aditivos y agua, sobre el talud, mediante una máquina hidrosembradora (Foto 4). Este mecanismo de siembra se realiza cuando las condiciones del terreno son de difícil acceso. La hidrosiembra se inventó en 1953 en Estados Unidos.

Las técnicas de sembrado convencionales (siembra manual) no son aptas para cubrir laderas con mucha pendiente como lo muestra la foto 5 y 6.

En el uso de la hidrosiembra se ha observado que las semillas germinan y crecen rápidamente y existe una buena adaptación. Como consecuencia, durante estos últimos años, se ha trabajado continuamente para desarrollar nuevas tecnologías en este campo y ampliar las aplicaciones del sistema de hidrosiembra.



Foto 4: Máquina hidrosembradora

## COMPONENTES DE UNA MEZCLA UTILIZADA EN UNA HIDROSIEMBRA

**Agua:** actúa como portador y acelera el proceso de germinación de la semilla. La dosis utilizada en la hidrosiembra es entre 2 y 5 lt/m<sup>2</sup>.

**Semilla:** la semilla adecuada para el suelo debe ser una mezcla con características rastreras, forrajeras y que no requieran mantención.

**Mulch:** puede estar compuesto de fibras de celulosa, madera o por una mezcla de estos dos.

El Mulch es un producto reciclado y biodegradable que tiene la capacidad de absorber 10 veces su peso en agua.

Se le agrega colorante para indicar las áreas aplicadas y las densidades, asegurando así una aplicación uniforme.

**Fertilizantes:** se puede utilizar cualquiera, preferentemente uno que contenga alto contenido en fósforo ya que éste estimula el crecimiento de las raíces.

**Fijadores:** son productos solubles y biodegradables que forman una película homogénea, elástica y permeable sobre el terreno que ayudan a mantener la tierra y el Mulch para prevenir la erosión.

**Aditivos:** se pueden incluir en la mezcla a hidrosembrar, por ejemplo, bio-estimulantes, cal (para regular el pH), copolímeros HYGEL que tiene la capacidad de retener 400 veces su peso en agua con entrega lenta de humedad, este es un compuesto de fibras sintéticas que se entrelazan con el Mulch formando una verdadera red en el suelo fijando la aplicación.

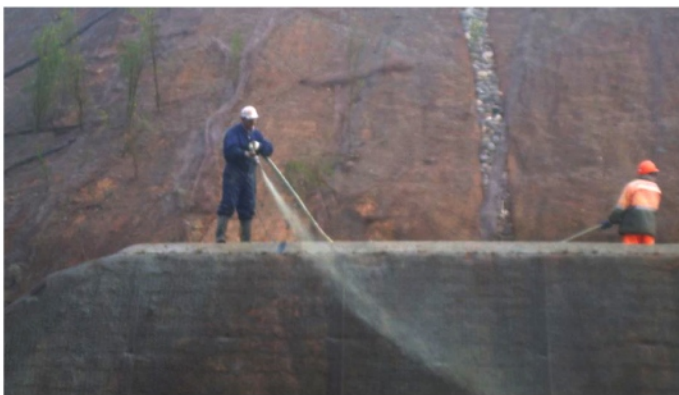


Foto 5: Aplicación de la hidrosiembra en talud vertical



Foto 6: Aplicación de una hidrosiembra en un talud de 70°

## EXPERIMENTOS DE EROSIÓN HÍDRICA EN LA CARA DEL TALUD

Para lograr que los taludes permanezcan estables y no se produzcan deslizamientos ni derrumbes es necesario tener en cuenta que dicha estabilidad no depende solo del control de la erosión sino también de:

- Geología del talud
- Resistencia al corte del suelo o roca
- Drenaje

Es por ello que para la realización de los experimentos es necesario controlar las tres variables para evitar que el talud falle.

De este modo las mediciones y el estudio de la falla del talud se reducen solo al caso de erosión hídrica.

## UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE EXPERIMENTACIÓN

El desarrollo de la etapa experimental tiene lugar en la Autopista del Itata, específicamente en el kilómetro 60, a un costado de la plaza de peaje de dicha carretera.

En las Fotos 7 y 8 se puede ver el talud en el cual se realizaron los experimentos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para desarrollar la investigación lo primero que se realizó fue una limpieza del talud a experimentar, como se aprecia en la foto 7.



Foto 7: Limpieza del talud



Foto 9: Aspersores fabricados de tapas perforadas conectadas a TEE

El talud una vez despejado se muestra en la Foto 8. Éste se dividió en 9 franjas de 1 m de ancho por 5,3 m de alto, para esto se eligió un talud lo suficientemente largo y estable geoméricamente con el propósito de estudiar en cada una de las divisiones los diferentes sistemas de control de erosión.



Foto 8: Talud en estudio



Foto 10: Configuración del sistema de lluvia

Los materiales de PVC fueron conectados en las uniones previamente lijadas con pegamento (Vinilit) y en las uniones hiladas se utilizó teflón.

Una vez fabricadas las piezas de PVC (Fotos 9 y 10) se instaló una estructura de madera como soporte para el sistema de lluvia el cual es mostrado en la Foto 11. Las tiras de PVC se unieron a los travesaños de madera con tela adhesiva y alambre.



Foto 11: Estructura de soporte para el sistema de lluvia

## SISTEMA DE PRECIPITACIÓN

Para construir el sistema de lluvia se utilizó tubería de presión de PVC de 32 mm de diámetro. Esta tubería fue utilizada para conectar las tapas de PVC perforadas o aspersores que simulan la lluvia.

Se utilizó una bomba de 0,75 HP para garantizar flujo constante en los aspersores y la conducción del agua se mediante una manguera de 1" de diámetro.

Para simular los aspersores las tapas de PVC de 32 mm fueron perforadas con una broca de 1 mm de diámetro mediante un taladro manual, estas tapas una vez perforadas se unieron a conexiones TEE de PVC de 32 mm, la unión se realizó con pegamento para PVC (Vinilit) y teflón (ver Foto 9). Se colocaron dos aspersores a lo largo de la tubería (ver Foto 10).



## CASOS ESTUDIADOS

Con el fin de poder comparar los efectos producidos por la lluvia y con esto poder analizar la erosión hídrica sobre la cara del talud, el sistema de simulación de lluvia fue dispuesto de forma tal que la cantidad de agua caída fue uniformemente distribuida a lo ancho del talud.

Se analizaron ocho sistemas distintos de control de erosión y se dejó una franja libre, la cual fue el parámetro de comparación, tal como lo indica la tabla 1.

Franja	Sistema de Recubrimiento
1	Libre Exposición
2	Protección con Biomanto Fibra de coco
3	Protección con Biomanto y Plantas (fibra de coco e inulas)
4	Protección con Biomanto y Cubierta Vegetal (fibra de coco y mezcla N°1)
5	Protección con Biomanto y Cubierta Vegetal (fibra de coco y mezcla N°2)
6	Protección con Biomanto y Plantas (manta de paja y mezcla N°1)
7	Protección con Biomanto y Cubierta Vegetal (manta de paja y mezcla N°2)
8	Protección con Biomanto y Cubierta Vegetal (manta de paja e inulas)
9	Protección con Biomanto Manta de Paja

Tabla 1: Tipos de control de erosión ensayados

Previo a la instalación de las biomantas se preparó el suelo para realizar las siembras. En las franjas 4, 5, 7 y 8 el terreno fue removido horizontalmente como se ve en la Foto 12, de manera que la siembra colocada no se deslizara hacia los pies del talud.



Foto 12: Suelo removido horizontalmente antes de la siembra

Una vez preparado el suelo se realizaron las mezclas de semillas. Sin embargo la Tabla 2 entrega las mezclas recomendadas por los proveedores. Las dosis de semillas recomendadas por los proveedores no fueron consideradas, más bien se cuidó que la franja de suelo quedaría uniformemente cubierta por las semillas (ver foto 13 y 14).



Foto 13: Franjas horizontales cubiertas con semillas

semilla	Mezcla N°1 %	semilla	Mezcla N°2 %
Festuca	30	Festuca	30
Ballica animal	30	Ballica animal	30
Ballica perenne	30	Ballica perenne	30
Trébol subterráneo gosse	10	Trébol rosado	10

Tabla 2: Mezclas de semillas recomendadas por los proveedores

Una vez sembradas las franjas correspondientes se procedió a la instalación de las biomantas a lo largo de todo el talud como lo muestra la Foto 14 y 15. En la colocación de las biomantas se usaron estacas de madera de pino, las cuales fueron ubicadas tal como se muestra en la Foto 14. En ambas biomantas se colocaron estas estacas de madera para fijarlos al talud, la distribución de las estacas fue de 5 por metro cuadrado, el traslape de las biomantas fue de 10 cm y de acuerdo a las especificaciones técnicas dada por el fabricante, en la terraza se ejecutó una zanja de 20 cm de ancho y de 15 cm de profundidad por donde se pasó la biomanta para fijarla en la terraza del talud (foto 16). Esta zanja fue luego rellenada por el mismo material antes retirado.



Foto 14: Instalación de fibra de coco



Foto 15: Instalación de fibra de paja

Las Fotos 16 y 17 muestran que en las franjas 3 y 8 se procedió a replantar sobre las biomantas las inulas, estas plantas fueron extraídas el mismo día desde el vivero de Marcelo Triviño y Medio Ambiente en San Pedro de la Paz y se trasplantaron en dichas franjas. Se deben enterrar entre 5 y 7 cm y rellenar con el suelo de manera que las raíces queden bien fijas al terreno. Con la replantación de las inulas se terminó el proceso de montaje del experimento.



Foto 16: Plantación de inulas sobre biomantos de fibra de coco.



Foto 17: Plantación de inulas sobre biomantos de fibra de paja.

## SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE SUELO ERODADO

Una vez terminado el montaje sobre la cara del talud se procedió a instalar el sistema de recolección de suelo, para ello se utilizaron tambores de aceite cortados por la mitad los cuales se colocaron al pie del talud (ver Foto 18).

Los tambores se fijaron con palos de maderas clavados a estacas. Para evitar cualquier pérdida de material se cortaron trozos de lata con un ángulo de 90° los cuales fueron fijados al terreno.



Foto 18: Tambores de recolección

Para realizar las mediciones primero se asumió que el tiempo de exposición del talud a la lluvia es de 120 minutos.

Además, se dispone de un caudal  $Q = 27 \text{ lt/min}$ , y el área proyectada de la cara expuesta del talud es  $A = 26,67 \text{ m}^2$ . Con lo anterior la precipitación resulta ser de 61 mm/hora.

$$P_p = 27 \frac{\text{lt}}{\text{min}} \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lt}} \frac{60\text{min}}{26.67\text{m}^2} = 0.06074\text{m/hora}$$

$$P_p = 60.74\text{mm/hora}$$

El tiempo de precipitación utilizado simula precipitaciones de los meses de junio y julio del año 2006, periodo de lluvias intensas (Obras y Proyectos, 2006).

Se esperó dos meses antes de realizar las mediciones, periodo en el cual las semillas sembradas lograron crear una suficiente cubierta vegetal sobre la biomanta (Foto 19).

Durante este periodo el talud no tuvo ningún tipo de mantenimiento excepto en los días que existían precipitaciones cuando el talud se cubrió con un polietileno para que estas lluvias no afectaran las mediciones.



Foto 19: Crecimiento de vegetación sobre el biomanto

Una vez instalado el sistema de recolección que se muestra en la Foto 21 se activó la lluvia sobre el talud, durante 120 minutos como se aprecia en la foto 20.

Terminado el tiempo de precipitación se dejó decantar el material recolectado en los tambores durante un día para posteriormente tomar las muestras de suelo erodado.

La Foto 22 da cuenta de las cuales se analizaron en laboratorio para así obtener muestras de material seco



Foto 20: Aplicación de la lluvia sobre el talud



Foto 21: Tambores de recolección



Foto 22: Muestras de suelo recolectado

## RESULTADOS OBTENIDOS

Las muestras de suelo erodado tomadas de los tambores se analizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad del Bío Bío, donde se determinó el peso de suelo seco.

Franja	Tipo de control de erosión	M.H. total (l) gr	M.S. total (l) gr	Peso Cápsula gr	M.H. gr	M.S. gr
1	Libre Exposición	689.95	552.81	303.63	386.32	249.18
2	Manta de coco	419.72	369.19	303.47	116.25	65.72
3	coco / inulas	373.19	335.43	303.58	69.61	31.85
4	coco / mezcla N°1	322.6	312.07	303.63	18.97	8.44
5	coco / mezcla N°2	335.56	320.67	303.52	32.04	17.15
6	paja / mezcla N°1	454.34	378.45	303.4	150.94	75.05
7	paja / mezcla N°2	487.65	380.63	303.89	183.76	76.74
8	paja / inulas	498.21	390.24	303.57	194.64	86.67
9	manta de paja	589.5	400.6	303.48	286.02	97.12

Tabla 3: Pesos de suelo erodado

Donde M.S. es el peso de suelo erodado seco en gramos, M.H. es el peso del agua en gramos

## ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELO ERODADO

A continuación se muestran comparaciones gráficas con los datos obtenidos de la recolección de muestras de suelo, tanto para las franjas cubiertas con biomanta como para las cubiertas con vegetación-biomanta.



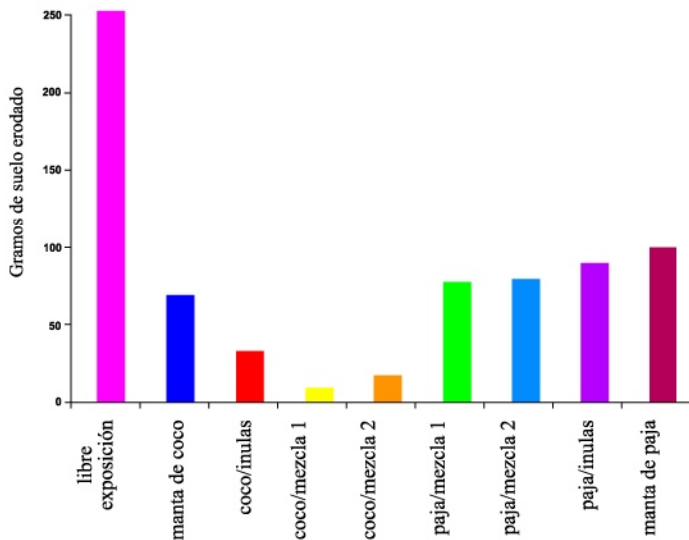


Figura 1 : Gramos de suelo erodado versus tipos de cubierta

En la Figura 1 se aprecia claramente que si se utiliza protección con biomantas sobre la cara del talud, éste disminuirá en más del 60% la cantidad de suelo erodado, lo cual retardará la falla del talud por erosión superficial.

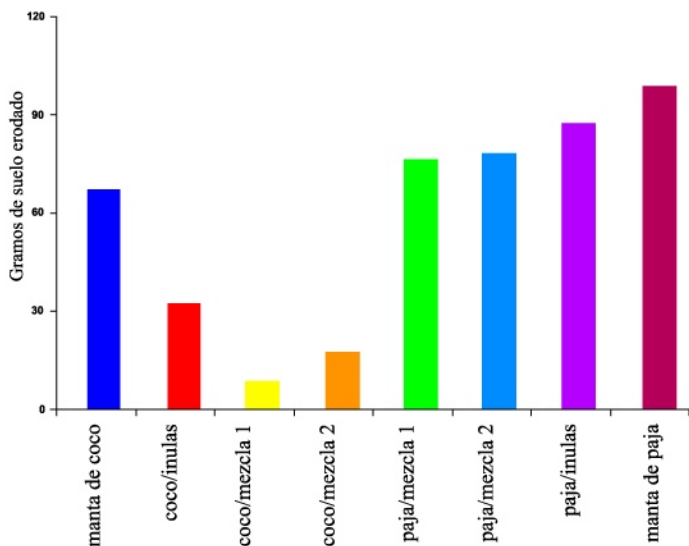


Figura 2: Gramos de suelo erodado versus tipos de cubierta

Si comparamos el comportamiento de los biomantas en las franjas estudiadas nos podemos dar cuenta en la Figura 2 que la cantidad de suelo erodado en la manta de paja es muy similar en las cuatro franjas ya que este biomanto al momento de su colocación deja espacios de libre exposición debido a su poca densidad y a lo separado del hilado de polipropileno que permite el movimiento de la paja.

En las franjas cubiertas con manto de coco el comportamiento es variado y aquí se puede apreciar la variación que existe al complementar esta biomanta con vegetación.

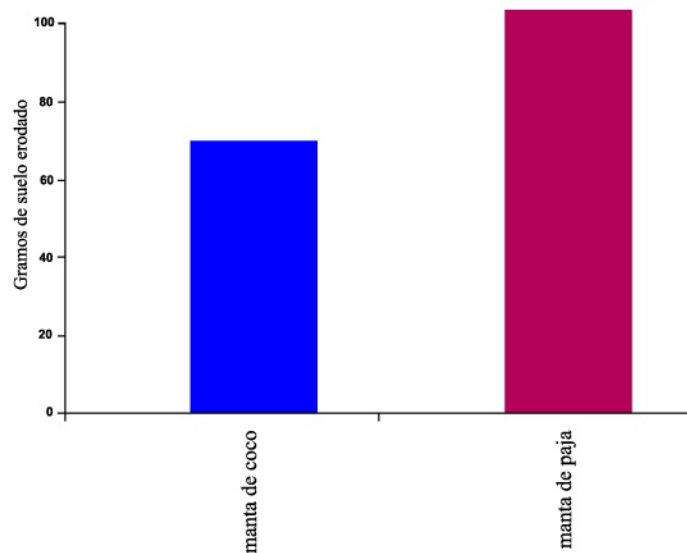


Figura 3: Gramos de suelo erodado v/s biomantas

En la Figura 3 se puede observar que existe una diferencia del 32,3% en la cantidad de suelo erodado, es decir, el manto de coco disminuye en un 32,3% más la cantidad de suelo erodado que la manta de paja.

La textura y características físicas de las biomantas son muy distintas, la manta de coco retiene mayor cantidad de agua que la de paja, por lo tanto la cantidad de agua que pasa hacia la cara del talud es mayor en la manta de paja, con ello se puede explicar que la cantidad de suelo erodado en esta franja es mayor.

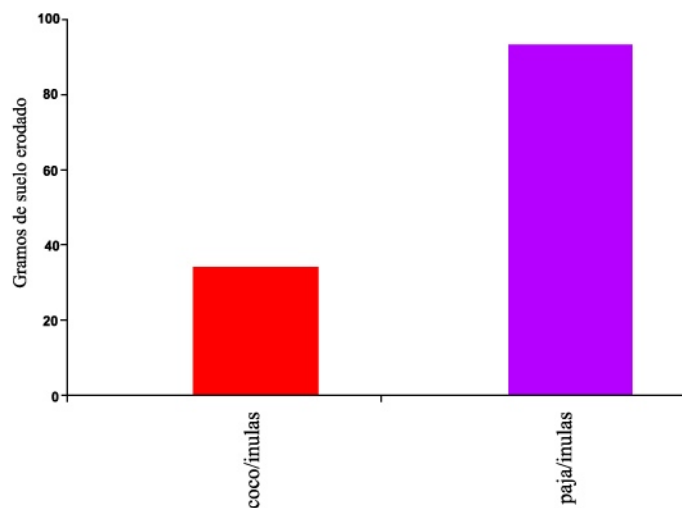


Figura 4: Gramos de suelo erodado versus biomantas inulas

En la Figura 4 existe una diferencia notoria de las muestras obtenidas debido a que las inulas en la manta de paja se marchitaron. Algunas hipótesis al respecto son que debido a la manipulación de las plantas y/o a que éstas no se adaptaron bien con este biomanto.

Los huecos realizados para plantar las inulas en la manta de paja dejaban espacios más grandes de suelo a libre exposición que en la manta de coco debido a que la paja es más delicada para manipularla. Finalmente la solución coco-inulas disminuye en un 63,25% la cantidad de suelo erodado con respecto a la manta de paja-inulas.

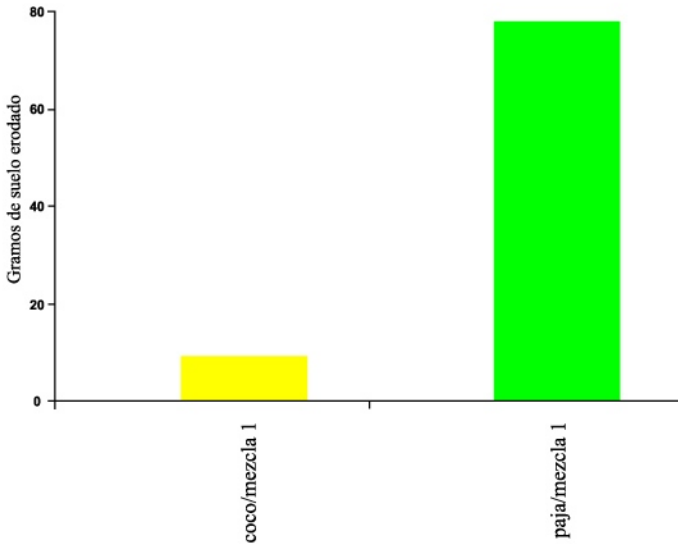


Figura 5: Gramos de suelo erodado versus biomantas semillas (Trébol subterráneo)

La Figura 5 muestra que la vegetación establecida en el manto de coco es mucho mayor y eso se pudo apreciar visualmente en el talud, si bien en la manta de paja también existía vegetación habían muchos espacios libres que no estaban con manta ya que ésta se desprendía dejando huecos expuestos a la erosión. La Mezcla 1 de semillas con la manta de coco disminuye en un 88,75% la cantidad de suelo erodado con respecto a la manta de paja con la misma mezcla 1 de semillas.

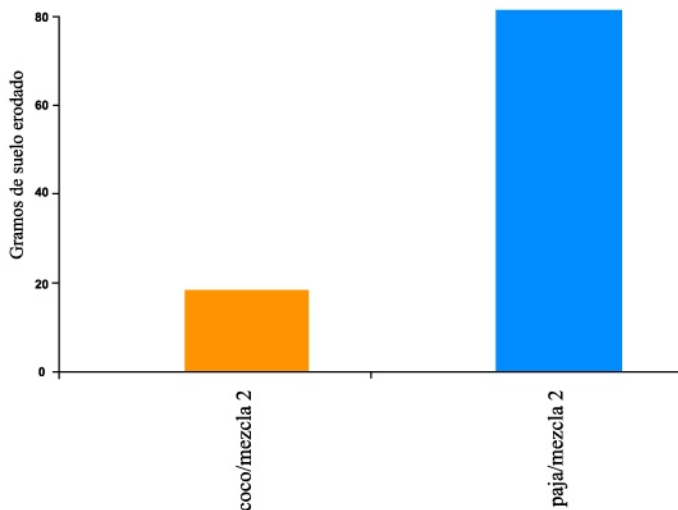


Figura 6: Biomantas semillas versus gramos de suelo erodado

Los resultados mostrados en el la Figura 6 son muy similares a los de las franjas anteriores (mezcla 1) debido a que la mezcla de semillas es muy similar, lo que se varió fue el trébol, en estas franjas se utilizó trébol rosado y en la anterior trébol subterráneo.

El trébol subterráneo forma estolones y la cantidad de hojas es mayor por lo que ello puede explicar la diferencia entre las mezclas. La diferencia entre la Mezcla 1 y la Mezcla 2 es de un 11,1%, disminuye más la mezcla que utiliza el trébol subterráneo.

Como resultado final de las muestras tomadas podemos concluir que la biomanta de coco en combinación con una mezclas de semillas gramíneas y leguminosas produce la máxima disminución en un 97% la cantidad de suelo erodado, lo cual se desprende al observar la Figura 1.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las biomantas o cubiertas vegetales sólo actúan en el control de erosión superficial del talud. Cualquier tipo de protección con biomanta disminuye considerablemente la cantidad de suelo erodado. La elección de las biomantas se debe realizar previo conocimiento de las características del suelo que se desea proteger.

Para arenas arcillosas y/o limosas se deben utilizar biomantas densas y de una longevidad mayor a 24 meses, con redes de polipropileno por ambos lados.

La solución manta de paja es poco densa y al momento de su colocación ésta se separa dejando espacios de suelo a libre exposición.

No se recomienda el uso de estacas de madera debido a que éstas se quiebran al momento de colocarlas por las características del suelo y el área que abarcan es pequeña por lo que la biomanta queda menos adherida a la cara del talud. Es por ello que se recomienda utilizar grapas de fierro  $\varnothing = 6$  o  $8$  mm de  $20 \times 10 \times 20$  mm (traslapes) y de  $15 \times 20 \times 15$  mm.

El sistema de siembra más adecuado es la hidrosiembra, pero éste se debiera aplicar tanto debajo de la biomanta como sobre éste. Siempre se deben utilizar mezclas de semillas para asegurar vegetación la mayor parte del año siendo una buena mezcla para la zona de la Ruta del Itata, ballica, fesuca y trébol subterráneo, ya que este forma estolones a diferencia de los otros tréboles.



Este tipo de control superficial de la erosión es uno de los más económicos comparados con aplicaciones de shotcrete por ejemplo la protección con biomanta es a corto plazo y la cubierta vegetal es a largo plazo.

La replantación de vegetales inulas no es aconsejable dado que son muy delicadas, requieren de mucha mano de obra y la combinación con la biomanta no es la más adecuada ya que éste entorpece el crecimiento libre de la planta.

Otra solución de similares características a la realizada en esta investigación es la malla talud, la cual consiste en una red de polipropileno con bolsones en los cuales se introduce suelo con semillas de raíces largas. Establecer una comparación tanto al corto como al largo plazo con esta solución es una futura línea de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el material de ensayo provisto por Geosistemas sin el cual no se hubiesen podido realizar los experimentos. Se agradece además a la concesionaria de la ruta del Itata por permitir ejecutar los ensayos.

## REFERENCIAS

Nazal, J. (2007). Control de erosión en taludes mediante biomantas y cubierta vegetal. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad del Bío Bío.

Obras y Proyectos (2006). Editorial y reportaje Inundaciones en Concepción Edición primavera.

Ortigosa, P. y Martínez, C. (2004). Análisis de deslizamientos en varios cortes viales. V Congreso Chileno de Geotecnia, SOCHIGE, Santiago

Rico, A. y del Castillo, H. (1978). La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Vol. 1, Editorial Limusa

## Constructora CYB Ltda

### La Empresa

Constructora Castillo y Bono Ltda. fue construida en Concepción en junio de 1999. Los socios fundadores y el equipo humano que componen Constructora Castillo y Bono Ltda. acumulan una amplia experiencia en la realización de todo tipo de obras, con las más avanzadas tecnologías constructivas. Esta destacada capacidad profesional de sus técnicos y directivos, junto con la armoniosa cooperación mutua, tanto interna como externa, fruto de una filosofía de aprecio a las personas, establecida como meta y base de funcionamiento de la Empresa, esto se traduce en el singular sentido de la calidad y del servicio hacia los clientes que ya se ha constatado, y que ha dado lugar al merecido prestigio del que disfruta Constructora Castillo y Bono Ltda.

Dirección: Arce N°185 Sta. Leonor Talcahuano - Fonos: (41) 2957383 Fax (41)2283467

[www.constructoracyb.cl](http://www.constructoracyb.cl) - [info@constructoracyb.cl](mailto:info@constructoracyb.cl)

[ecastillo@constructoracyb.cl](mailto:ecastillo@constructoracyb.cl) - [jdcastillo@constructoracyb.cl](mailto:jdcastillo@constructoracyb.cl)



**VALENZUELA Y DIAZ**  
INGENIEROS CIVILES LTDA

### Realizamos proyectos de ingeniería

- ▶ PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PUBLICO
- ▶ PROYECTOS DE PAVIMENTACION Y AGUA LLUVIA
- ▶ PROYECTOS DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS
- ▶ TRAMITACIONES ANTE SERVICIO DE SALUD
- ▶ TRAMITACIONES ANTE EMPRESAS SANITARIAS
- ▶ PROYECTOS DE EVACUACION DE BASURA EN EDIFICIOS
- ▶ PROYECTOS DE PISCINAS
- ▶ PROYECTOS DE RIEGO

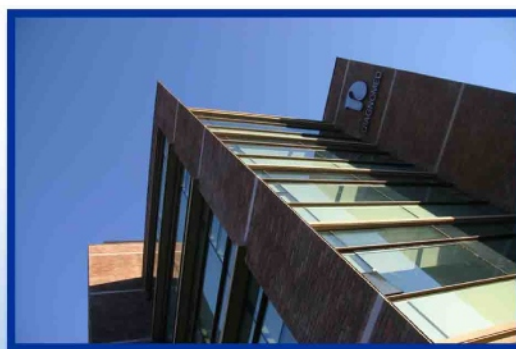


Salas 1059, Concepción / Fono:(041) 2252073 / Email:vdingenieros@gmail.com



**TIRAPEGUYRAMOS**  
CONSTRUCCION Y MONTAJES

Tirapeguy Ramos es una empresa constructora que tiene como finalidad proporcionar a nuestros clientes un servicio de la más alta calidad, analizando sus necesidades y diseñando obras que las satisfagan. Nos avala la experiencia de 10 años brindando antes que nada calidad, diseño y comodidad.



**Dirección: Avda. Michaihue N° 35, San Pedro de la Paz**

**Teléfono: 41-2278868 - email: info@tirapeguyramos.cl - www.tirapeguyramos.cl**