

Uso de la Restauración Ecológica y la Bioingeniería para el tratamiento de procesos erosivos severos con afectación a las comunidades rurales.

Tres ejemplos prácticos



**Área de Restauración Ecológica
Fundación CIPAV**

Zoraida Calle, Adriana Giraldo,
Octaliver Agudelo, Mauricio Carvajal.

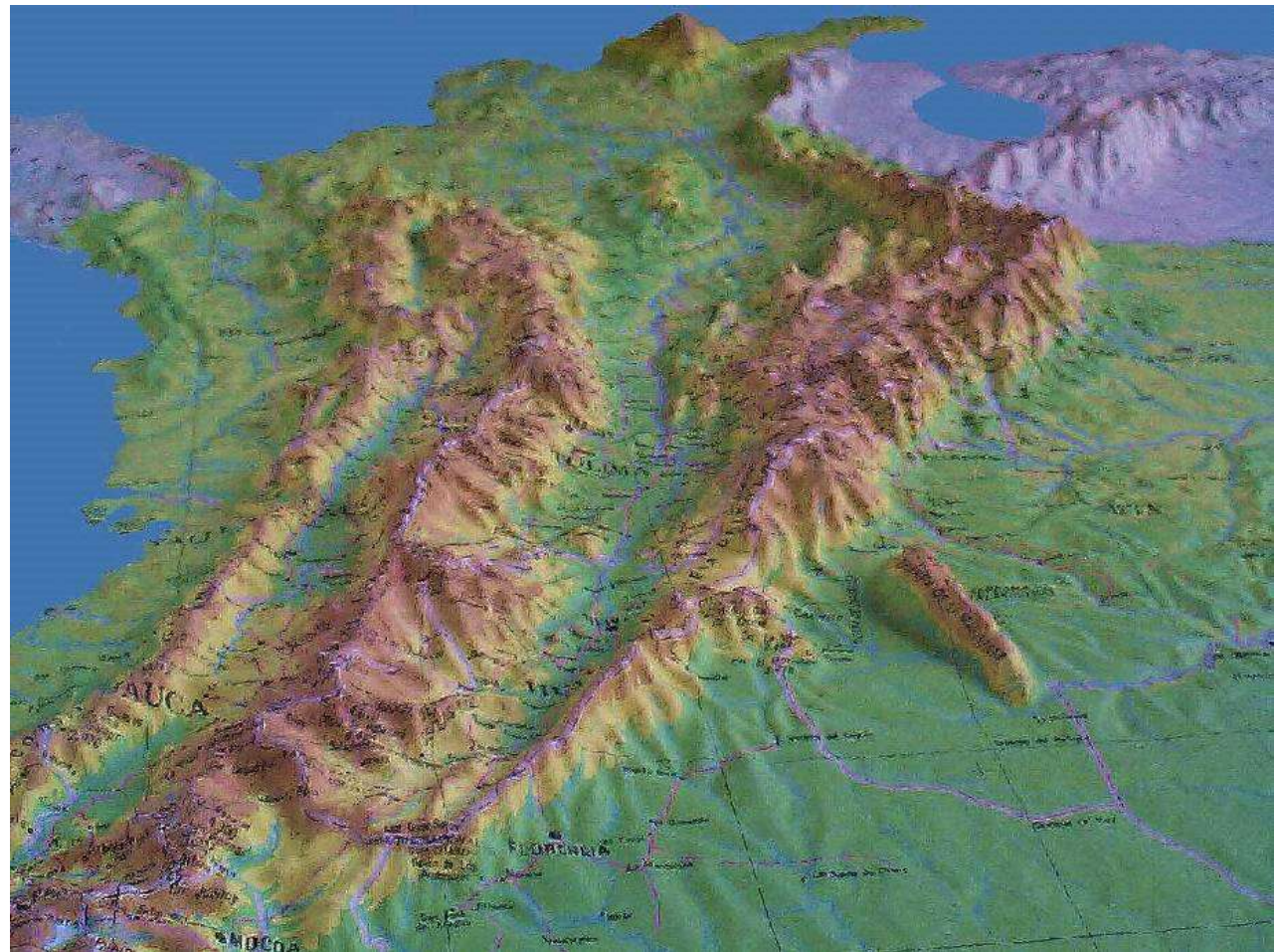


**Centro Para La Investigación en Sistemas Sostenibles de
Producción Agropecuaria, Cali Colombia**

COLOMBIA

**47'349.624
Habitantes.**

La zona más densamente poblada es la Andina, con casi el 75% de la población.



MAS DEL 35% DEL TERRITORIO NACIONAL SE ENCUENTRA AFECTADO POR PROCESOS EROSIVOS SEVEROS A MUY SEVEROS, especialmente hídrica, con más de 4.300.000 hectáreas (ha) y 12.916.000 ha, en grado moderado (IGAC, 1999). Por otra parte 4.828.875 ha, correspondientes al **4.3% DEL TERRITORIO, EVIDENCIAN PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN**; los departamentos de La Guajira, Santander, Boyacá, Norte de Santander, Cauca, Nariño y Huila presentan zonas afectadas gravemente y cuya sostenibilidad es baja (IDEAM, 2000).



Producimos

Vivimos



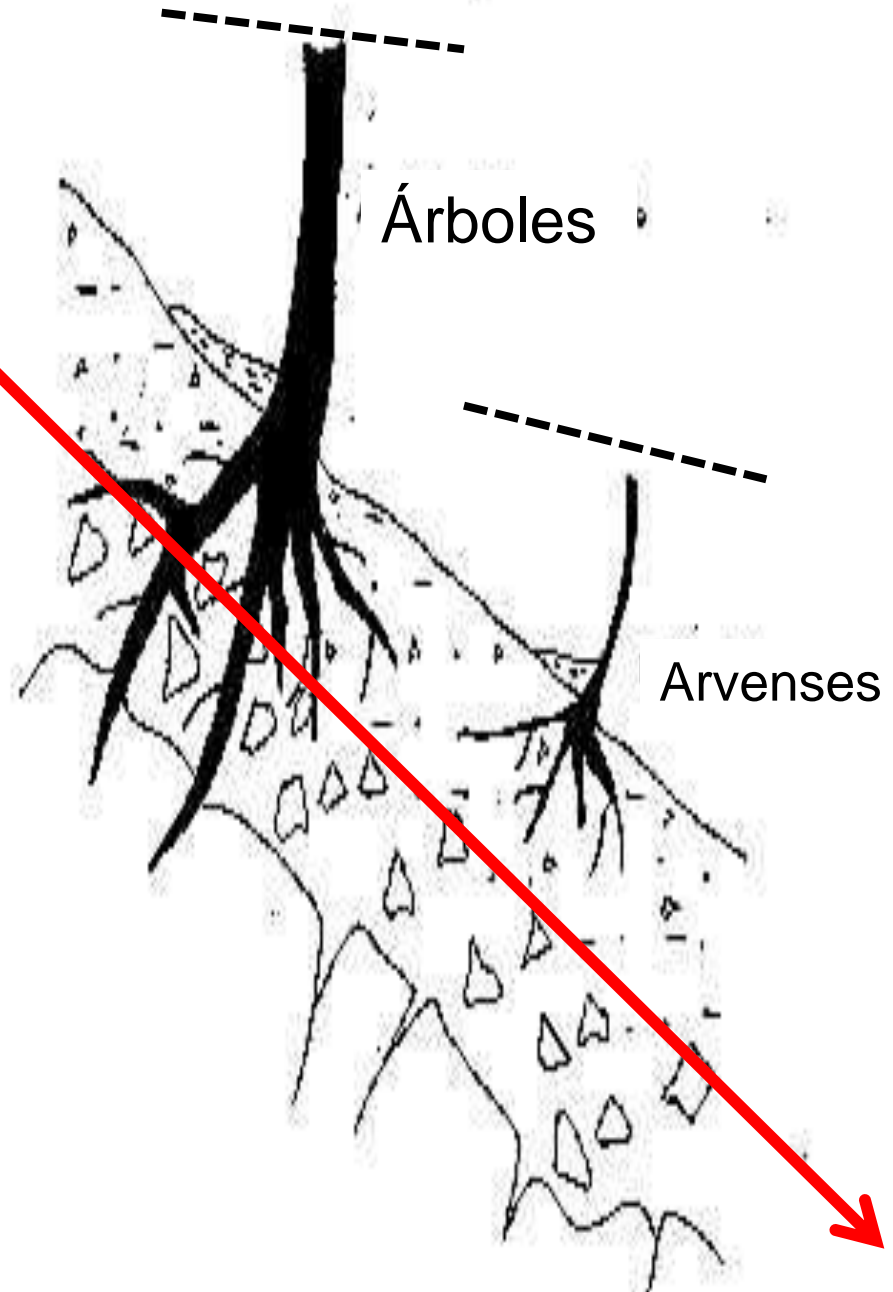
Tala de los árboles



Quemas de la vegetación y control de arvenses mediante uso generalizado del azadón y los herbicidas.



Cuando se pudren estas raíces el terreno queda suelto, sin anclaje. Luego en los periodos de fuertes lluvias y con la alta pendiente de las cordilleras los terrenos se desplazan.



















Métodos convencionales para el control de la erosión severa.



Obras de Bioingeniería

Las obras de bioingeniería se basan en la combinación de materiales inertes y elementos vegetales vivos propios de cada región que favorecen la recuperación de los suelos, propician el anclaje del terreno y finalmente contribuyen con el embellecimiento del paisaje.



Ejemplo 1

Caso 1. MINGA POR LA CARRETERA

Pérdida de la banca de la carretera, Vía Bitaco – La Cumbre.
Afectación por infiltración de una quebrada con tuberías rotas.



Construcción de dos muros de contención: \$15'000.000 (7.500 US) (Datos maestro de construcción)

Construcción de Terrazas Escalonas taludes inferior y superior de la vía.



Desarrollo de la vegetación sobre las Terrazas Escalonadas.



Estado Actual de la vegetación



- Cotización con ingeniería civil \$15´000.000 (7.500 US)
(Datos maestro de construcción)

- Costo de inversión con obras biomecánicas: \$1´500.000 (750 US), es decir, solo el 10% de la intervención con obra civil

65% \$1´000.000 (500 US) para mano de obra.

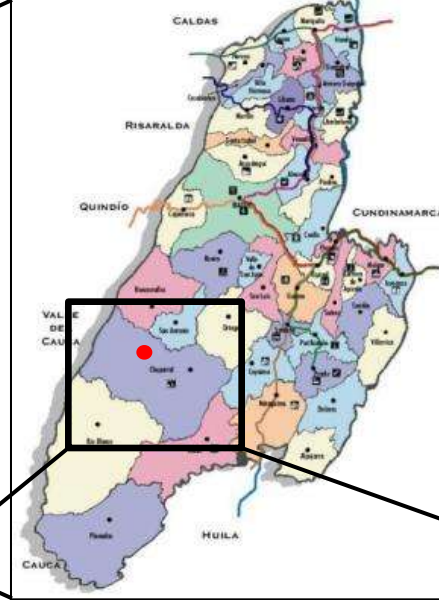
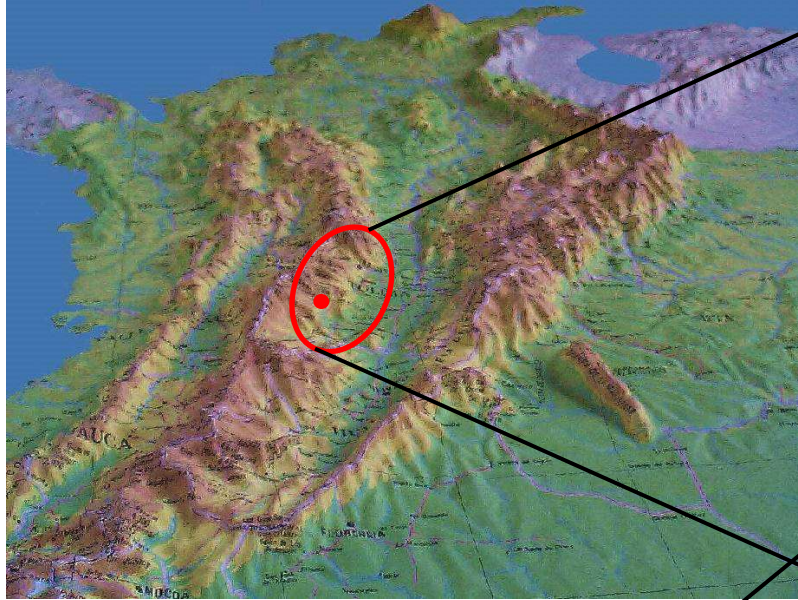
35 % \$500.000 (250 US) para la compra y transporte de materiales de la región (Guadua, estacas y árboles)

**Asesoría y acompañamiento técnico, pagado por el
Convenio CVC – CIPAV**

Ejemplo 2.

Caso 2. Establecimiento de un modelo demostrativo de control de erosión, por medio de tratamientos con obras biomecánicas y el uso de la restauración ecológica, predios la Alcancía y Normandía, vereda Cimarrona Alta, municipio de Chaparral Tolima.





Procesos erosivos en los taludes de la vía, Vereda Cimarrona Alta, Cañón de las Hermosas, Municipio de Chaparral Tolima



Imagen, Archivo CIPAV, 12 de mayo de 2011

17 de mayo de 2011



Cárcava de tipo remontante sobre el talud superior de la vía de ingreso al corregimiento de las Hermosas.



Paso restringido de la vía por reiterados desplazamientos de suelo y roca, imagen archivo CIPAV, 17 de mayo de 2011.

A causa de los reiterados derrumbes con frecuencia la vía debía ser limpiada con maquinaria para habilitar el paso de vehículos y personas hacia el corregimiento de las Hermosas. 17 veredas con mas de 2500 habitantes.





Resultado: proceso erosivo de gran magnitud y alto grado de dificultad, imagen archivo CIPAV, 12 de mayo de 2011.



Alto grado de la pendiente, rocas sueltas e infertilidad, imagen archivo CIPAV, 12 de mayo de 2011.

Descripción de la situación encontrada:



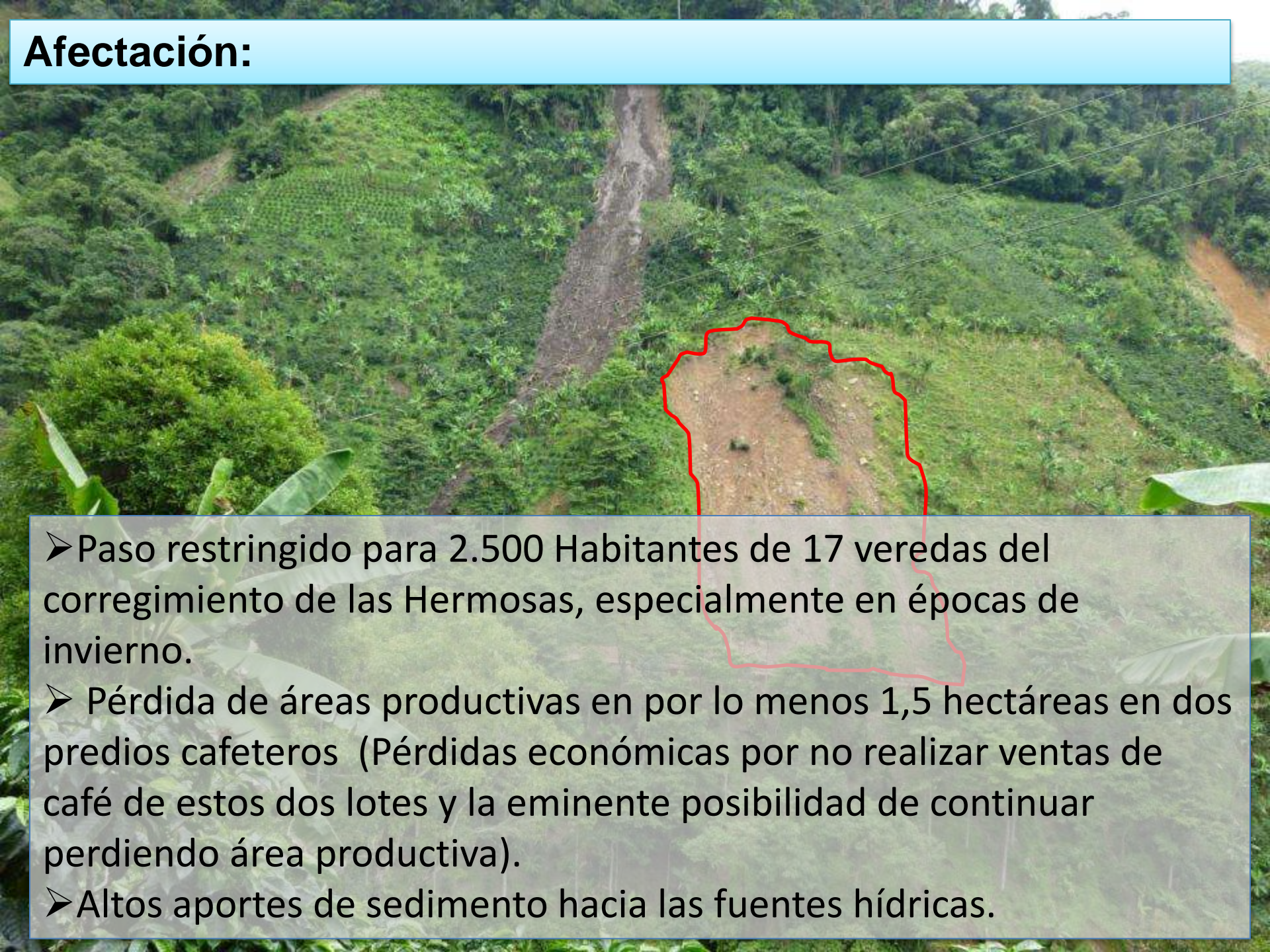
- Proceso erosivo activo con crecimiento progresivo hacia arriba y hacia los costados.
- Alto grado de severidad y complejidad de intervención.
- Conglomerados de suelo y roca suelta en una área de alta pendiente.

Causas:



- Ausencia de Árboles.
- Alto grado de pendiente del terreno.
- Desestabilización de la base de ladera con maquinaria.
- Periodos de invierno prolongados con aguaceros de alta pluviosidad y larga duración.
- Prácticas inadecuadas de cultivo.

Afectación:

- 
- An aerial photograph of a coffee plantation on a hillside. A red outline highlights a specific area in the center-right of the image, which appears to be a restricted access point or a cleared area. The surrounding area is densely planted with coffee trees. A dirt path or road is visible in the upper left and right portions of the image.
- Paso restringido para 2.500 Habitantes de 17 veredas del corregimiento de las Hermosas, especialmente en épocas de invierno.
 - Pérdida de áreas productivas en por lo menos 1,5 hectáreas en dos predios cafeteros (Pérdidas económicas por no realizar ventas de café de estos dos lotes y la eminente posibilidad de continuar perdiendo área productiva).
 - Altos aportes de sedimento hacia las fuentes hídricas.

Construcción de obras, septiembre 16 de 2011.



**Construcción de terrazas
trasversales a través de la
pendiente del terreno.**

Construcción de obras, septiembre 16 de 2011.



Construcción de trinchos en V.

Desarrollo efectivo de las especies sembradas, diciembre 21 de 2011.



**Revegetación de las obras
con especies nativas.**

Estado Actual, noviembre 26 de 2013, 2 años después





Tithonia diversifolia (Hemsl.)
Gray, **Familia:** Asteraceae.



Montanoa cuadrangularis. Sch. Bip.
Familia: Asteraceae



Trichanthera gigantea (Bonpl.) Nees,
Familia: Acanthaceae

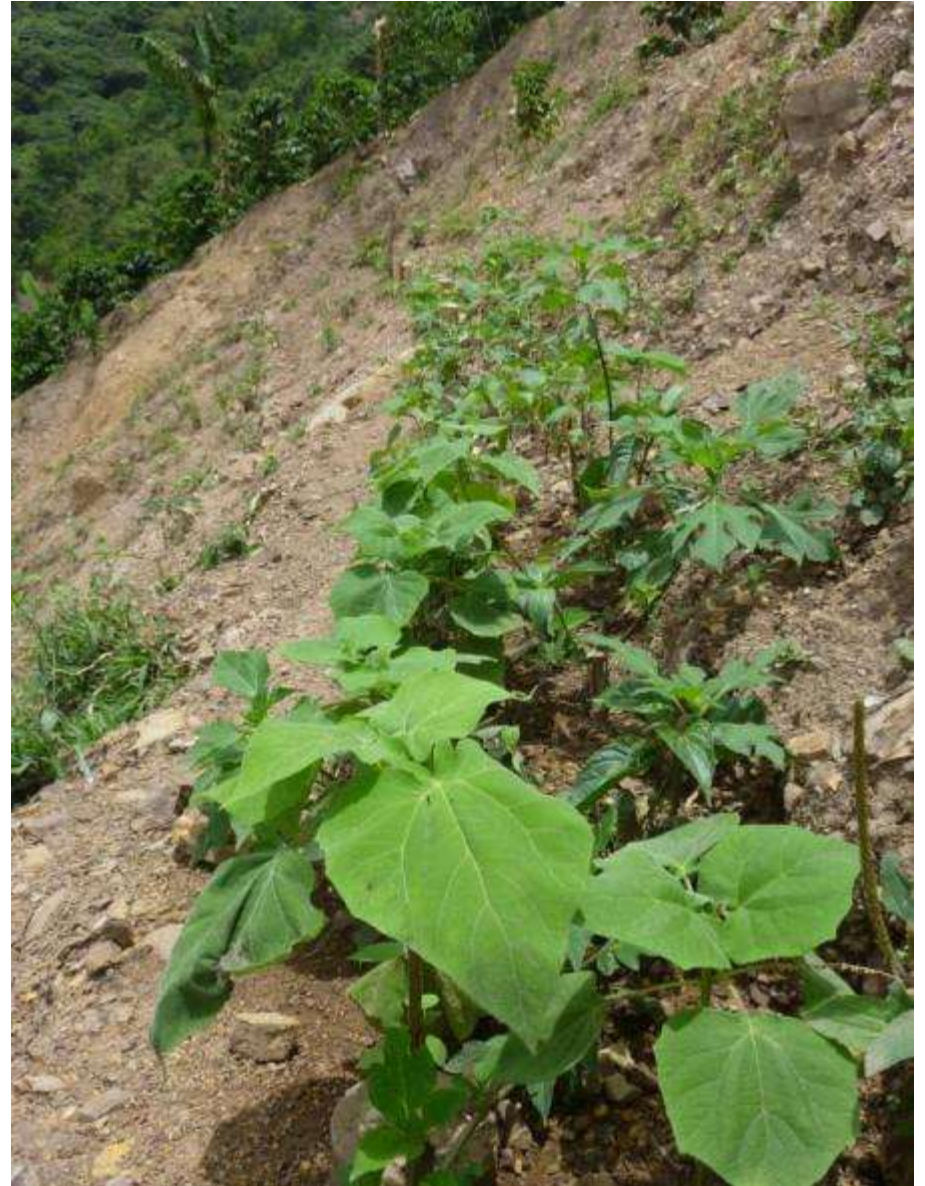
Rescate de plántulas



Plantas colectadas y fortalecidas en el vivero



Líneas de recubrimiento y diversidad



Obras en el escarpe superior, junio 23 de 2011



Estado de la vegetación, octubre 21 de 2011.



Desarrollo de la vegetación sembrada, febrero 02 de 2012. (8 meses después)



Desarrollo de la vegetación, febrero 07 de 2012 (8 meses después).



Estado de la base del talud, mayo 17 de 2011.



Obras incorporadas para la protección de la base del talud, sept. 16 de 2011.

Convenio 46/3545

ISAGEN



**Estado del proceso erosivo, 07 de febrero de 2012,
(6 meses después de la intervención).**





Noviembre 26 de 2013, 2 años después.

Estado de la base del talud, mayo 17 de 2011.



Terrazas en la base del talud y revegetalización, Octubre 02 de 2011.

Convenio 46/3545

ISAGEN



Noviembre 26 de 2013. 2 años después.





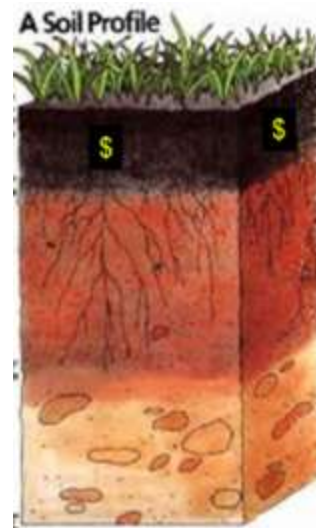


Taller 1. Restauración ecológica de suelos severamente erosionados por medio de tratamientos con obras biomecánicas.



Varios colaboradores de campo y a la vez habitantes de la comunidad exponen sus conocimientos aprendidos sobre restauración ecológica a los participantes del taller, Septiembre 03 de 2011.

Taller 2. Prácticas adecuadas e inadecuadas de cultivo



CUANDO YO COMPRO UNA FINCA, ESTOY PAGANDO POR SU CAPA PRODUCTIVA, ES DECIR LA CAPA ORGÁNICA DONDE PUEDO PRODUCIR.



Taller 3. Reconversión productiva en fincas ganaderas.



RESUMEN DE BENEFICIOS	INDICADOR	RESULTADOS
Procesos erosivos severos recuperados	Número de Hectáreas	1.5
Área de influencia intervenida (Sistema Agroforestal, asocio de arboles frutales con café)	Número de Hectáreas	2
Predios beneficiados directamente.	Número de predios	2
Vía de comunicación veredal	Número de vías	1
Población campesina con posibilidad de incomunicación en ese punto. (3.000 Habitantes)	Número de veredas	17
Arboles utilizados en el proceso	Número de arboles	7.000
Fuentes hídricas intervenidas	Número de fuentes	2
Actividades de capacitación sobre mejoramiento productivo y ambiental	Número de talleres	3
Beneficiarios en eventos de capacitación.	Número de beneficiarios	69
Número de empleos directos durante un año.	Número de empleos directos	12
Número de empleos indirectos durante un año.	Número de empleos indirectos	3

Ejemplo 3.

Caso 3. Transferencia de tecnología CIPAV - ASPROINCA

La obra se realizó a principios del año 2007 y se usaron 30 guaduas de la misma finca. Los jornales iniciaron con 20 personas que participaron en el taller. Después del taller se llevaron 15 jornales en tres mingas; participaron 6 personas de la familia y del Comité Ambiental de la comunidad de Lomitas; Asproinca puso el almuerzo.

En este sitio se construyó un filtro y cinco trinchos, que hasta ahora están funcionando muy bien. Se sembraron estacas de nacedero, morera, bore y cinco árboles de arboloco traídos de El Dovio (Valle del Cauca), de los cuales he podido reproducir 300 árboles más que se han sembrado en otras fincas de la comunidad y en otros lotes de la finca.



**Finca Alto Mira
Propietaria:
Hélida Gañán
Comunidad de
Lomitas**



*En esta obra se usaron 70 guaduas que compramos a \$3,500 (cada una). = **245.000**. Se llevaron 27 jornales: 12 los pusieron aquí en la finca y 15 se pagaron a \$15,000. Las obras estuvieron listas y aquí están. Se construyeron trinchos y se condujeron las aguas lluvias hasta la quebrada por medio de recamaras (pocetas hechas de cemento). Se sembraron heliconias, matarratón, guadua, nacedero, maní forrajero, nogal, cedro y plátano. Casi todas (las plantas) sobrevivieron; solo el maní forrajero casi no pegó.*



Finca: La Trinidad
Propietario: Angelino
González
Municipio: Riosucio



Aquí al principio estaban pensando en hacer un muro de contención, pero era más pesado para el terreno y mejor se hicieron las obras en el año 2009. Esta capacitación [CIPAV a Asproinca] nos dio la oportunidad de aprender a hacer las obras que nos han servido mucho. Estas obras sí fueron las correctas; el muro de contención era muy costoso y el peso para el terreno era muy grande.

Finca: El Vergel
Propietario: José Luis Rangel y familia
Vereda Las Vegas



Se programaron las jornadas de trabajo con los socios de Asproinca para la construcción de la obra. Se consiguieron 100 guaduas compradas a \$3.500 cada una. Los jornales fueron 35; de estos, 10 fueron llevados a cabo a través de mingas con los socios de Asproinca y 25 jornales fueron pagados a \$17,000. En este sitio se construyeron trinchos, y la obra se hizo en el mes de diciembre de 2010.

Ejemplo 4.

Ñapita:

Proceso de reforestación mediante la Regeneración Natural Asistida (RNA)

Método propuesto para la restauración ecológica del bosque que se basa en el manejo de la sucesión secundaria en el terreno, y es afín al método conocido como ***Regeneración Natural Asistida***. Este tipo de intervención busca sacar el máximo provecho posible del proceso natural de sucesión ecológica en el sitio, aprovechando todos los elementos de la regeneración natural que puedan ser útiles para acelerar el crecimiento del bosque y garantizar la adaptación local de las especies y el valor de la intervención para la biodiversidad local.

Convenio ISAGEN – CIPAV, para la reforestación de 75 hectáreas en 6 predios ubicados en diferentes condiciones de clima suelo y vegetación.

Estado inicial de los lotes



Franjas de liberación











A photograph of a young tree with large, light green, ovate leaves in a field of other trees and grass. The tree is the central focus, with its trunk and branches visible. The background shows a landscape with more trees and a hazy horizon under a bright sky. The ground is covered with dry grass and some small plants.

SEMBÉ

HIGUERILLA

GUAMO

CEDRO

BALSO

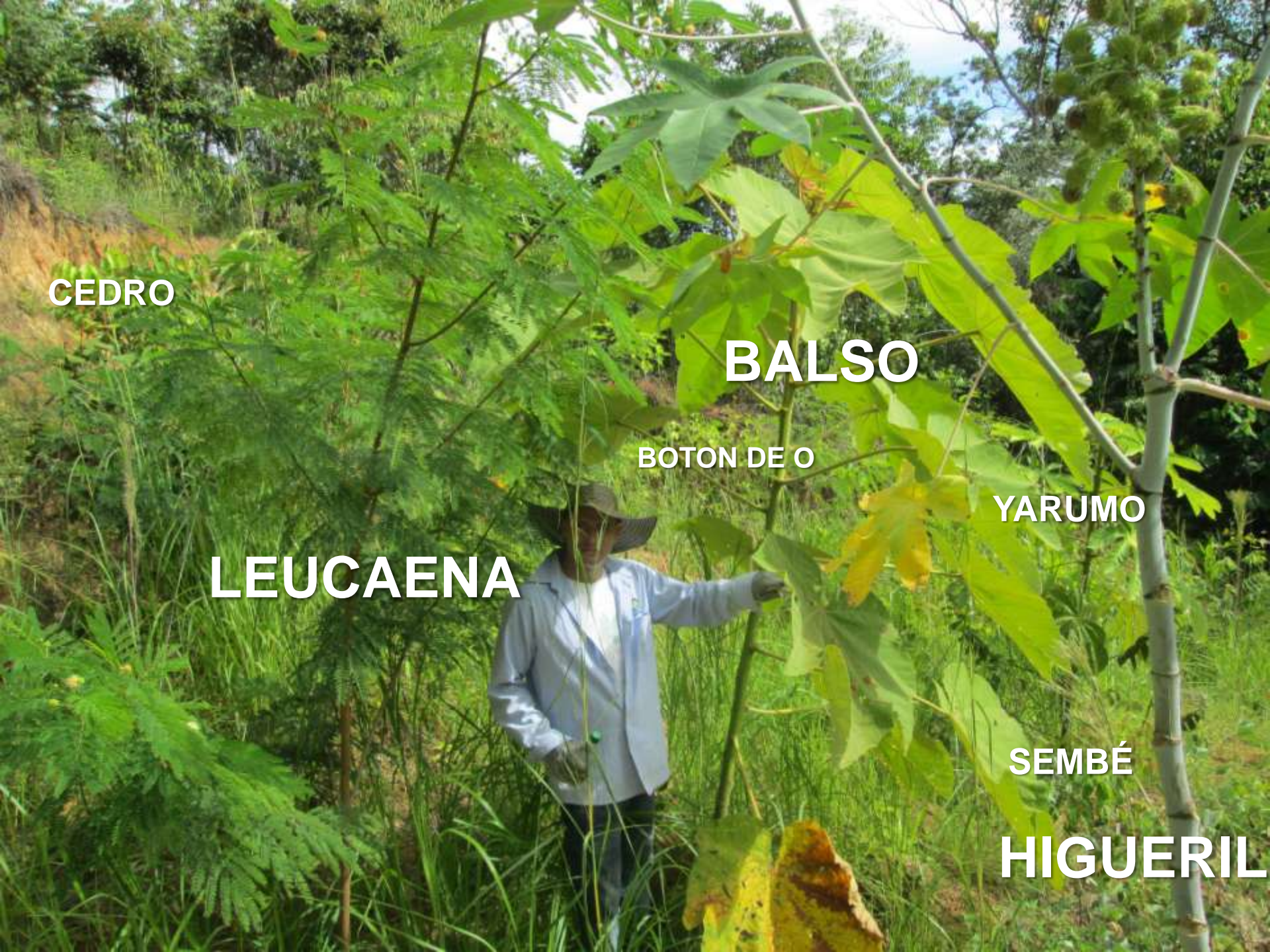
BOTON DE O

YARUMO

LEUCAENA

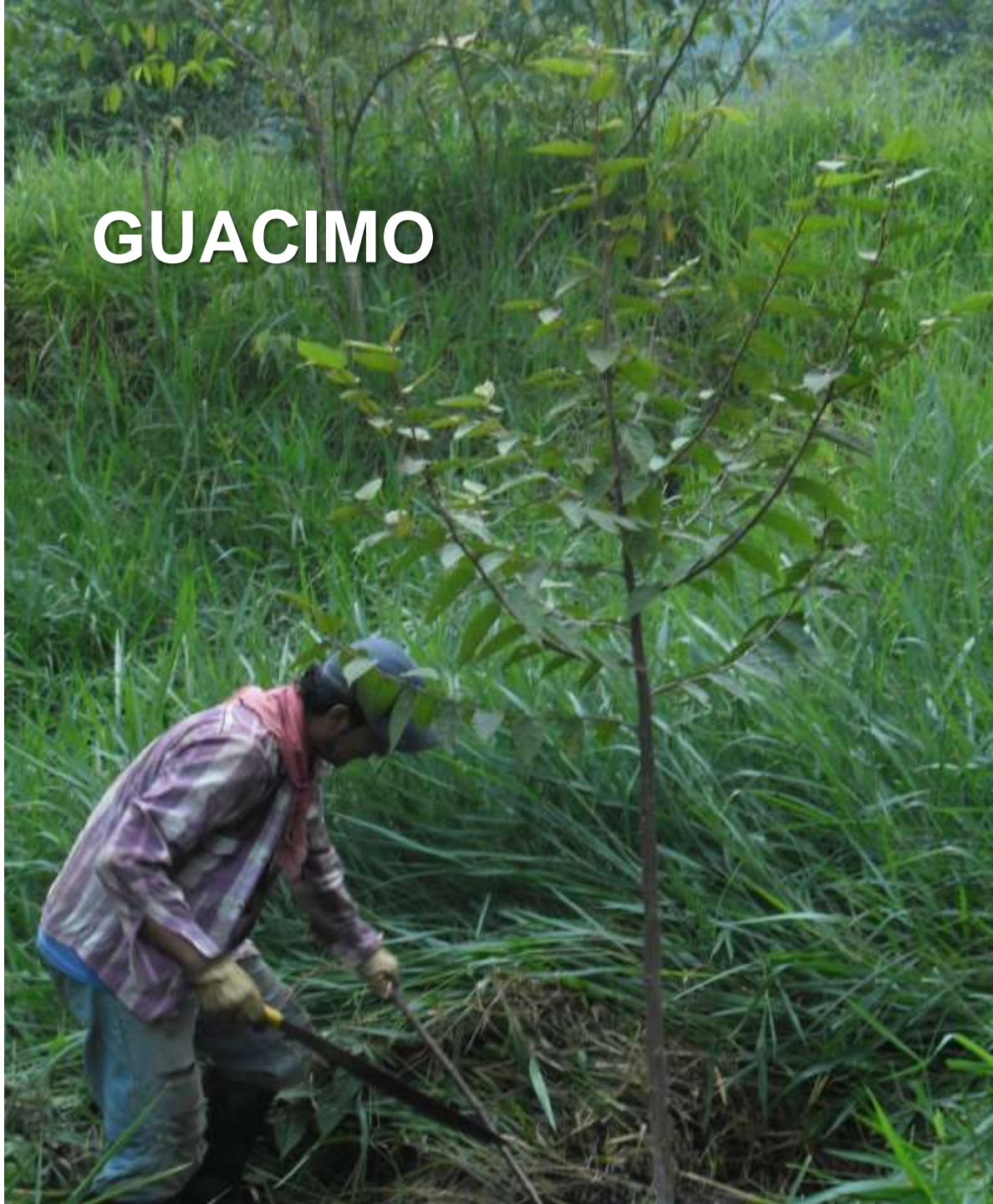
SEMBÉ

HIGUERIL





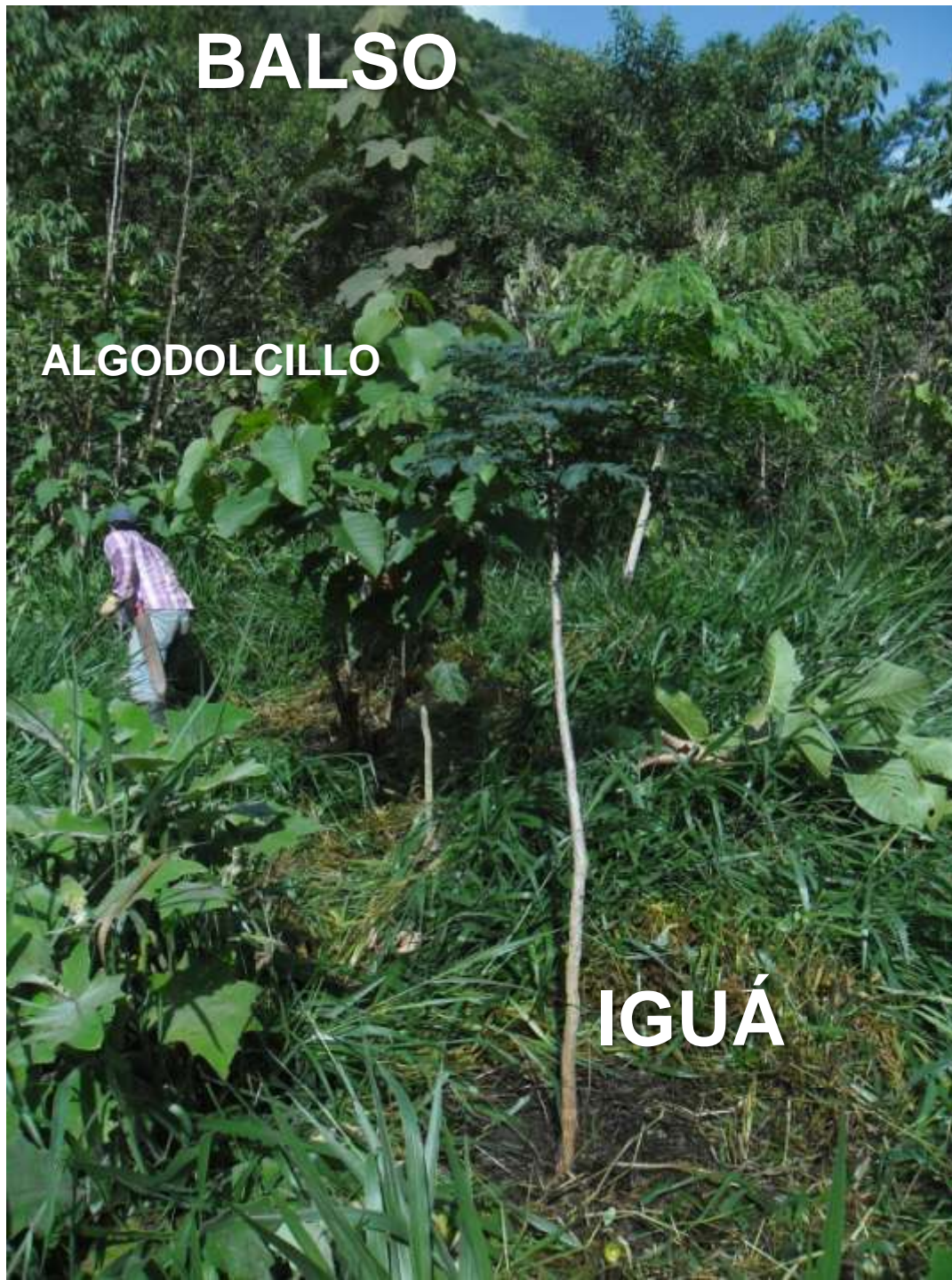
GUACIMO



BALSO

ALGODOLCILLO

IGUÁ



A photograph of a person in a forest, bent over and planting a young tree. The person is wearing a light-colored shirt with orange and white stripes on the back, blue pants, and a white hat. The forest is lush with green vegetation, including ferns and various trees. The background shows a dense forest on a hillside under a clear sky.

GUALANDAY

A collage of various images including birds, people, and nature. The text 'MUCHAS GRACIAS' is overlaid in large red letters across the top. Below it, 'Visite nuestra página' is written in red, and 'www.cipav.org.co' is at the bottom. The background consists of numerous small images: a black and white bird with a brown cap, a blue bird, a grey bird, a green parrot, a group of people sitting on the ground, a person holding a bird, a person working in a field, a young girl eating, a man holding a plant, a person in a field, and various natural scenes like a waterfall and a landscape.

MUCHAS GRACIAS

**Visite nuestra
página**

www.cipav.org.co

Predio Copacabana.

Dice el propietario del predio Copacabana: ***“Tienen que estar muy agradecidos los animales silvestres en esta zona, con el solo cerramiento del terreno ya se han empezado a notar cambios muy significativos en los lotes con tratamiento.”***

Nota: Con inmenso cuidado los colaboradores de campo buscan la manera de no pisar accidentalmente una serpiente de las que habitan en este lugar, es un poco frustrante saber que es tal el deterioro ambiental en los alrededores que muchas serpientes deben buscar refugio en este lugar. Pese a esto, es muy grato contar que este mismo sitio es frecuentado por un grupo de venados.



Julio 05 de 2013

Julio 12 de 2013

Predio San Rafael.

Que será don Mauricio que muchos de los árboles sembrados aparecen como machacados en el tallo, como si viniera un muchacho chiquito y por gusto les diera con dos piedras hasta partirles los tallos a los arbolitos. Comentarios muy comunes por parte de los colaboradores de campo asombrados con la pérdida de los árboles en el proceso de reforestación, ¿serán estos los muchachos chiquitos?



Junio 12 de 2013

No se preocupe don Mauricio que estas son cazadoras, Dice don Omar, mencionando que hay que saber más sobre culebras para que la gente no tema por todo lo que ve.



Predio San Rafael, Junio 17 de 2013.



Predio El Espejo, Junio 06 de 2013

Predio El Espejo

Con calma y mucha paciencia todo tiempo hay que sacar, en este predio un perezoso y su lento desplazar, pero para nuestra fortuna un buen momento para disfrutar.



Dice don Luis Hernado Giron, colaborador de campo del proyecto de reforestación, ***“Cuando las guacharacas llegan a un lugar, es porque ya comida tienen para disfrutar”.***



A collage of various images including birds, people, and nature. The text "MUCHAS GRACIAS" is overlaid in large red letters across the top. Below it, "Visite nuestra página" is written in red, and "www.cipav.org.co" is at the bottom in red. The background consists of several small images: a black and white bird with a brown back, a blue bird, a grey bird, a green parrot, a group of people sitting on the ground, a person holding a bird, a white plant, a woman working in a field, a young girl eating, a man holding a plant, a person in a field, and a red flower.

MUCHAS GRACIAS

**Visite nuestra
página**

www.cipav.org.co

Reconstrucción de drenajes con trinchos escalonados en V



Cuenca del río Amoyá, Chaparral, Tolima. Junio, 2011. CIPAV-ISAGEN

Función: Reducir la velocidad y la fuerza erosiva del agua.



Sector Casa de Tabla, Cali.
Junio 2007. CIPAV-CVC



Trinchos hechos con material leñoso capaz de rebrotar

En el interior de las cárcavas, los *trinchos* incrementan la rugosidad del terreno, desaceleran el flujo del agua y detienen el avance lateral y superior de la cárcava.

Función: reducir la velocidad (y por lo tanto la turbulencia) del agua.



Trinchos en V hechos con tallos de *Euphorbia laurifolia* para conducir las aguas de escorrentía hacia un drenaje estable a una velocidad no erosiva.



Quebrada
restaurada con
trinchos en V
(2002-2003)
después de una
avalancha.

Argelia, Valle del
Cauca, Colombia

El 15 de abril de 1999,
42 habitantes de este
municipio perdieron la
vida en una avalancha.



¡No todos los trinchos son iguales!



Función 1: Reducir la velocidad del agua

2. Disipadores de energía

Estructuras simples que se instalan sobre los caminos para reducir la velocidad del agua, fragmentar el volumen y conducir el agua a sitios protegidos.



Las plantas que se usan para hacer estas estructuras contribuyen a la formación de parches o islas de vegetación nativa.

Escalinatas “disipadoras de energía”



4 años

Finca Los Limones, Calima - Darién



Estructuras biomecánicas para el control de la erosión:

Disipadores simples



Función: reducir la velocidad de las aguas de escorrentía

Función 2: Estabilizar pendientes, taludes y corredores ribereños

Terrazas de guadua

- De preferencia, deben ser hechos con material con capacidad de rebrote.
- Forman balcones escalonados para reducir la pendiente.
- Se complementan con hierbas rastreras, arbustos y árboles sembrados en alta densidad.
- No son obras de contención. No están diseñadas para retener el suelo sino para estabilizar pequeñas masas.



Terrazas

La estabilidad completa se logra a través del crecimiento de una comunidad vigorosa y compleja de plantas (multi-strata) con raíces entrelazadas.



Terrazas construidas para estabilizar un talud después de un derrumbe



Casa de Tabla, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

Junio, 2007.

Acuerdo 138 CIPAV - CVC



Empleo local y
capacitación.

Construcción de las terrazas



Función 2: Estabilizar corredores ribereños Espolones de piedra y guadua en ríos

Función: dirigir el agua hacia la corriente principal durante las crecientes.

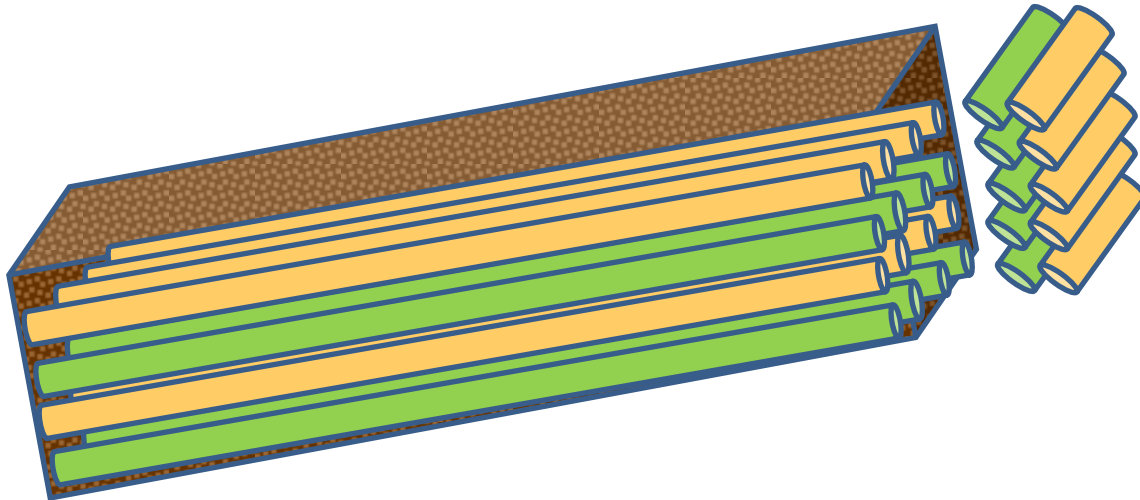


Río Dagua, Valle del Cauca, Colombia

Función 3: Drenar aguas internas (sub-superficiales)

1. Filtros simples

Zanjas interconectadas en la dirección de la pendiente, con capas de material vegetal. Su profundidad depende de la presencia de un sustrato estable sin agua interna.



Función

Evacuar el agua que satura el suelo y conducirla a un lugar seguro, tal como una quebrada o drenaje con vegetación.



Recuperación posterior a la intervención con filtros, trinchos y siembras en alta densidad



5 años





Función 3: Drenar aguas internas (sub-superficiales)

2. Filtros en espina de pescado

Función: drenar aguas internas
y conducir las a un sitio seguro.

Rehabilitación de derrumbes sobre vías

Vía Cali - Pichindé, Cali, Valle del Cauca



3 años



Vía Cali - Pichindé, Cali, Valle del Cauca



3 años



Vía Tocatá – El Carmen, Dagua, Valle del Cauca



4 años



Vía El Saladito – Nieves Abajo, Cali, Valle del Cauca

4 años



Servidumbre escolar, sector Ventiaderos, Cali, Valle del Cauca



4 años



Convenio 027 de 2010 CORPOCALDAS - CIPAV

**Restauración ecológica y reconversión productiva en la cuenca alta
del río Guarinó: Alto de Letras, Caldas y vereda La Estrella, Fresno,
Tolima**

**CORPOCALDAS
CIPAV**

Área de Restauración Ecológica



Un contexto necesario



Paso de La Línea, Cajamarca, Quindío



Taludes en el Túnel de la Línea



Armenia, Quindío

Autopista del Café



Manizales



Manizales del alma



Manizales



Un contexto necesario



Vía Bogotá – Manizales





¿Puede el país ser competitivo con vías así?

Finca La Ovejera, Alto de Letras Marulanda (Caldas) y Herveo (Tolima)

Bosque alto-andino – sub-páramo
3800 - 3860 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 6 C

Nacimiento del río Perrillo y la quebrada La Ovejera

03.24.2010 11:16



Equipo de trabajo de campo, Alto de Letras




Generación de empleo local y capacitación



Suelos naturalmente inestables:
piroclastos de origen volcánico

03.24.2010 10:50

Uso actual del suelo: pastoreo de toros de lidia



Orgullo de
Manizales



Deforestación

Erosión laminar +
compactación del suelo =
pérdida en la capacidad de
infiltración

Drenaje natural degradado: pérdida de regulación hidrológica

Manantial usado como bebedero



Detonante de la remoción en masa

Aguaceros de alta capacidad erosiva: 110 mm día^{-1}

50 mm hora^{-1}



Antes del derrumbe, mayo de 2008

**Isla de vegetación y
bebedero de los toros de lidia**

Terreno fallado



Después del derrumbe, Diciembre de 2009



**Isla de vegetación y
bebedero de los toros de lidia**

Diciembre de 2009



**Vía reconstruida con sacos
llenos de suelo**

Diciembre de 2009



Diciembre de 2009

Vía soportada con sacos llenos de suelo

12.09.2009 08:53



Antes y después del derrumbe



Mayo, 2008



Diciembre, 2009

Antes del derrumbe, mayo, 2008



Después del derrumbe, diciembre, 2009



\$ 75.000.000



Rehabilitación ecológica en el Alto de Letras

Ecosistema de referencia

- Protección de fuentes y cursos de agua
- Estructuras biomecánicas
- Barreras de vegetación
- Siembras en alta densidad
- Compensación a finca ganadera: cercas vivas, bebederos, forrajes de corte y acarreo

Plantas nativas

Me llamo Esteban



Alchemilla orbiculata Ruiz & Pav.
Rosaceae (*Lachemilla orbiculata*)
Plegadera

Sistema de raíces



Cortaderia nitida (Kunth) Pilg., Poaceae

Cortadera



Chilco

***Ageratina tinifolia* (Kunth) R.M. King & H. Rob.**

Asteraceae



***Miconia salicifolia* (Bonpl. ex Naudin) Naudin**
Melastomataceae
Velillo



Chusquea sp.
Chusque



***Greigia vulcanica* André**
Bromeliaceae



Otras especies



Sauco (planta forrajera andina)

Sambucus peruviana



Pendiente...

Cerramientos para promover la conectividad



05 01 2010 11:01

Cercas con plantas nativas: > 5 km

Rehabilitación del área de captación

Siembra de
plantas en alta
densidad

Drenaje reconstruido
con trinchos en V

Setos

Principio importante:
Se trabaja toda la microcuenca, no solo el foco de erosión severa.

Drenaje reconstruido con trinchos en V



Área de captación, agosto 2011



Restauración del drenaje principal en la cárcava





Recuperación del drenaje principal de la cárcava



Recuperación del drenaje principal de la cárcava



Empleo local

Estabilización de taludes con filtros y terrazas



Filtros



Drenaje con filtros



Estabilización de taludes laterales



04.07.2010 09:42

Terrazas escalonadas



Corpocaldas e Isagén

Terrazas escalonadas



Estructuras biomecánicas



Antes



Antes





Estado del sitio en agosto, 2011



Estado del sitio en febrero, 2012





Febrero,
2012



2011



2012

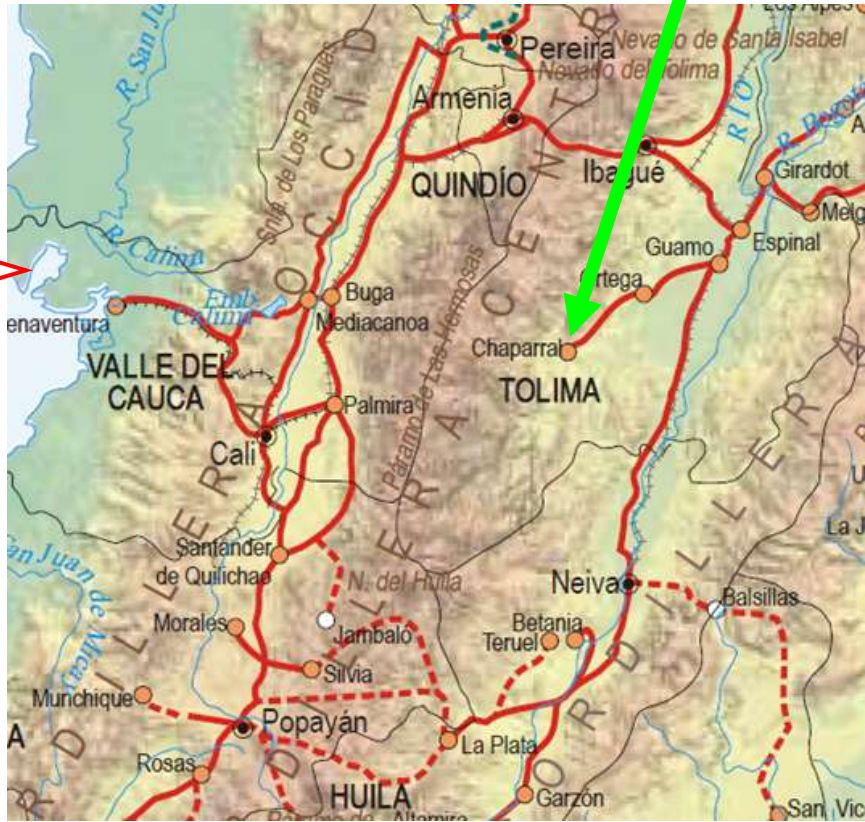




Corpocaldas e Isagén



Chaparral, Tolima



Convenio 46/3545 ISAGEN - CIPAV

Principales procesos que actúan en el modelamiento de las geoformas:

- Partes superior y media de la cuenca: denudación (**erosión y movimientos de masa**),
- Parte baja: estructuras geológicas (**plegamientos**).



Geomorfología determinada por los valles aluvio- coluviales de los ríos Davis y Amoyá.

Proyecto Hidroeléctrico Amoyá
Enero 27, 2011



Relieve en la cuenca del río Amoyá



- Predominan las geoformas escarpadas.
- En algunos sectores, ondulaciones con cortes abruptos, rectos y profundos hacia los drenajes.

Relieve en la cuenca del río Amoyá



- Laderas largas y de alta pendiente, susceptibles a movimientos masales, que están estrechamente relacionados con el corte en las vías de acceso y con las actividades agropecuarias sobre las altas pendientes.



Cultivos de plátano y café
sin sombrero en áreas
frágiles y vulnerables.



DATOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN			Foco Número 1	Foco Número 2	Foco Número 3	Foco Número 4	Foco Número 5	Foco Número 6
UBICACIÓN DEL FOCO EROSIVO:								
PUNTAJE SEGÚN EL TIPO DE PROCESO EROSIVO:			Remoción en masa	Remoción en masa	Remoción en masa	Cárcava, Reptación y movimientos en masa	Cárcava, Reptación y movimientos en masa	Cárcava movimiento en masa
			2	3	2	4	4	4
PUNTAJE SEGÚN EL GRADO DE SEVERIDAD:			2	3	2	4	4	4
IMPACTO O AFECTACIÓN AMBIENTAL	FUENTES HÍDRICAS	SI NO PUNTAJE	X 1	X 1	X 1	X 4	X 4	X 2
	ÁREAS DE VEGETACIÓN ESTRATÉGICA	SI NO PUNTAJE	X 1	X 1	X 1	X 3	X 4	X 3
IMPACTO O AFECTACIÓN SOCIO-ECONÓMICA	INFRAESTRUCTURA BÁSICA: Escuelas, acueductos, viviendas	SI NO PUNTAJE	X 4	X 4	X 2	X 4	X 2	X 1
	ÁREAS PRODUCTIVAS	SI NO PUNTAJE	X 1	X 1	X 2	X 4	X 4	X 1
	VÍAS: Taludes, bancas y puentes	SI NO PUNTAJE	X 4	X 4	X 4	X 4	X 4	X 4
VIABILIDAD TÉCNICO-PRESUPUESTAL		SI NO PUNTAJE	X 4	X 4	X 4	X 4	X 1	X 1
TOTAL			2,4	2,6	2,3	3,9	3,4	2,5

Vereda La Cimarrona Alta



Movimiento masal de gran magnitud y severidad sobre el talud superior de la carretera con cultivos de café.

Situación inicial
Febrero 25, 2011



Situación inicial
Mayo 17, 2011

Mayo 12, 2005



Julio 29, 2011



Agosto 9, 2011





Arboloco *Montanoa quadrangularis*



Nacedero *Trichanthera gigantea*



Vivero de campo - Mayo, 2011



Botón de oro *Tithonia diversifolia*



Vivero de campo - Mayo, 2011



Arboloco *Montanoa quadrangularis*



Junio 25, 2011



Junio 25, 2011



**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**



Junio 23, 2011



**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**

An aerial photograph of a steep, eroded hillside. The slope is covered with numerous horizontal terracing structures made of wooden logs or bamboo, designed to prevent soil erosion. The soil between these structures is light brown and appears to be in the process of being stabilized or planted. Several workers in colorful clothing are visible at the base of the slope, near the bottom center, engaged in manual labor. The surrounding area is lush with green tropical vegetation, including banana trees and other large-leafed plants. The overall scene depicts a large-scale soil conservation project in a rural, agricultural setting.

Septiembre 2, 2011

**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**



Septiembre 16, 2011

**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**



Septiembre 16, 2011



Septiembre 16, 2011

Estructuras, desde la carretera





Octubre 25, 2011

Estructuras, desde la carretera



**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**



Noviembre 2, 2011

**Convenio 46/3545
ISAGEN - CIPAV**

Noviembre 2, 2011



Crecimiento de la vegetación en la cárcava



Marzo 2012



Marzo 2012

Recolección de semillas locales para cubrir el área rápidamente

- Semillas de lengua de vaca mezcladas con lumbriabono y tierra negra (capa vegetal – banco de semillas)
- Se llevan al sitio de siembra cuando empiezan a mostrar germinación
- Plántulas con raíz se adhieren más rápido al suelo que se quiere cubrir.



Germinación en el sitio definitivo



Situación inicial
Febrero 25, 2011



**Nuevo derrumbe,
formado en mayo, 2011**

Cárcava vecina, formada en mayo

Noviembre 2, 2011



Mayo 17, 2011



Ubicación de filtros en cárcava vecina



Aprovechamiento completo del culmo de guadua



Segmento medio: terrazas

Segmento basal:
estacones o pilares
de estructuras

Excelente relación

Costo: resistencia o Costo: versatilidad



Segmento
terminal:
partes altas
de las
cárcavas,
disipadores
de energía

Pocos materiales permiten elaborar “clavijas” que resistan ser enterradas con fuertes golpes un suelo compactado o un lecho rocoso.

Aprovechamiento máximo de la guadua



Disipadores con “clavijas” de guadua obtenidas del segmento terminal del culmo.

Aprovechamiento máximo de la guadua



Pequeñas jardineras elaboradas con “clavijas” de guadua obtenidas del segmento terminal del culmo.



Lección aprendida 1

Dos formas de manejar la incertidumbre sobre el desempeño de las plantas en diferentes ecosistemas:

1. Usar una alta diversidad de especies
2. Usar una alta densidad de siembra (esquejes, plántulas y mezclas de semillas locales con abono orgánico).

Modín, La Florida, Cartago, Valle del Cauca

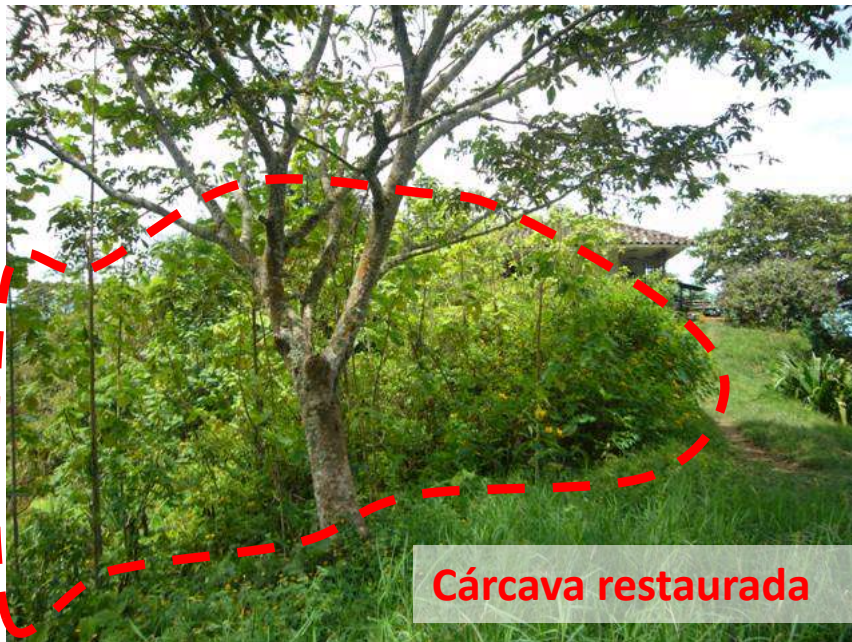


2 años



Arboloco *Montanoa quadrangularis* y botón de oro *Tithonia diversifolia*

Modín, Cartago, Valle del Cauca



Cárcava restaurada

Interior de la cárcava restaurada

Raíces del arboloco y el botón de oro, amarrando dos terrazas de guadua




Recuperación del suelo en la cárcava restaurada



Lección 2

Es viable reemplazar algunas estructuras biomecánicas con plantas capaces de cumplir las mismas funciones.

Una lección aprendida en el desierto de altura de San Luis Potosí, México



**Rehabilitación ecológica de la cárcava
Capitán Caldera, San Luis Potosí, México**

**SEDARH – CONAFOR – Comunidad del Ejido Monte Caldera,
Productores locales - CIPAV**

Degradación de suelos en México

- **64%** de la superficie con degradación
- **93 millones de hectáreas** con deterioro grave
- **97%** del territorio es susceptible a la desertización y la sequía.



(CONAFOR, 2008)

Erosión severa en el altiplano de San Luis Potosí



- Herencia de la minería desde la Conquista.
- Desierto de altura (2200 msnm)
- Clima semi-seco templado.
- Lluvias: 300 mm/ año.

Image © 2007 DigitalGlobe
© 2007 Europa Technologies

© 2007 Google™

Usos y manejos tradicionales del suelo en Monte Caldera

Deforestación



Potrерización



Agricultura erosiva



Sobrepastoreo



Carga: 1 UGG / 20 Has

Microcuenca Monte Caldera:

90 cárcavas con erosión muy severa

Pérdida de suelo por cárcava: **80 ton ha⁻¹ año⁻¹**

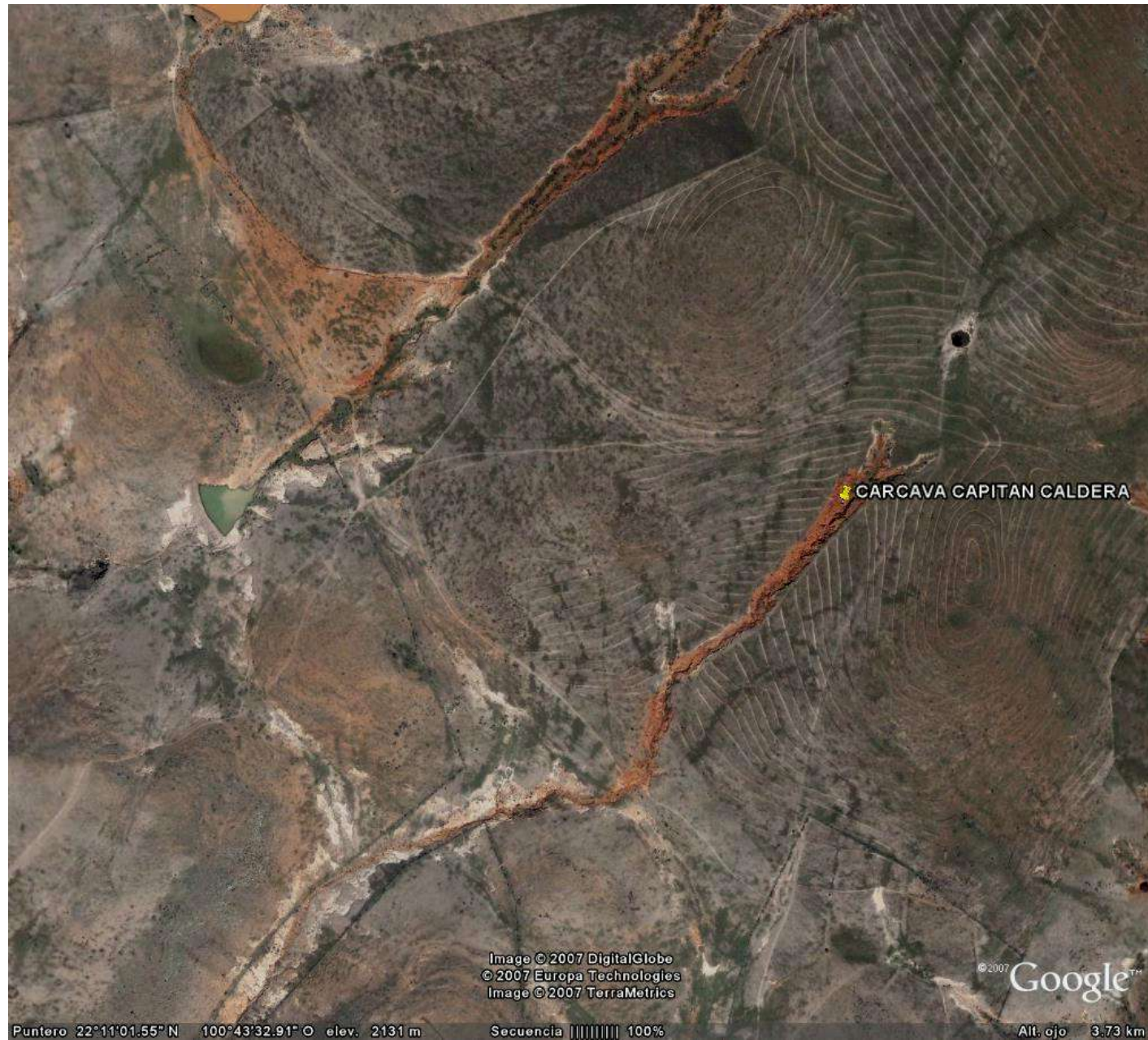
(SEMARNAT)



Acciones previas en Monte Caldera: SEDARH - CONAFOR

10 años de
intervención
estatal por una
institución
reconocida por
su liderazgo en
el control de la
erosión:

SEDARH –
Secretaría para
el Desarrollo de
la Agricultura y
los Recursos
Hidráulicos.



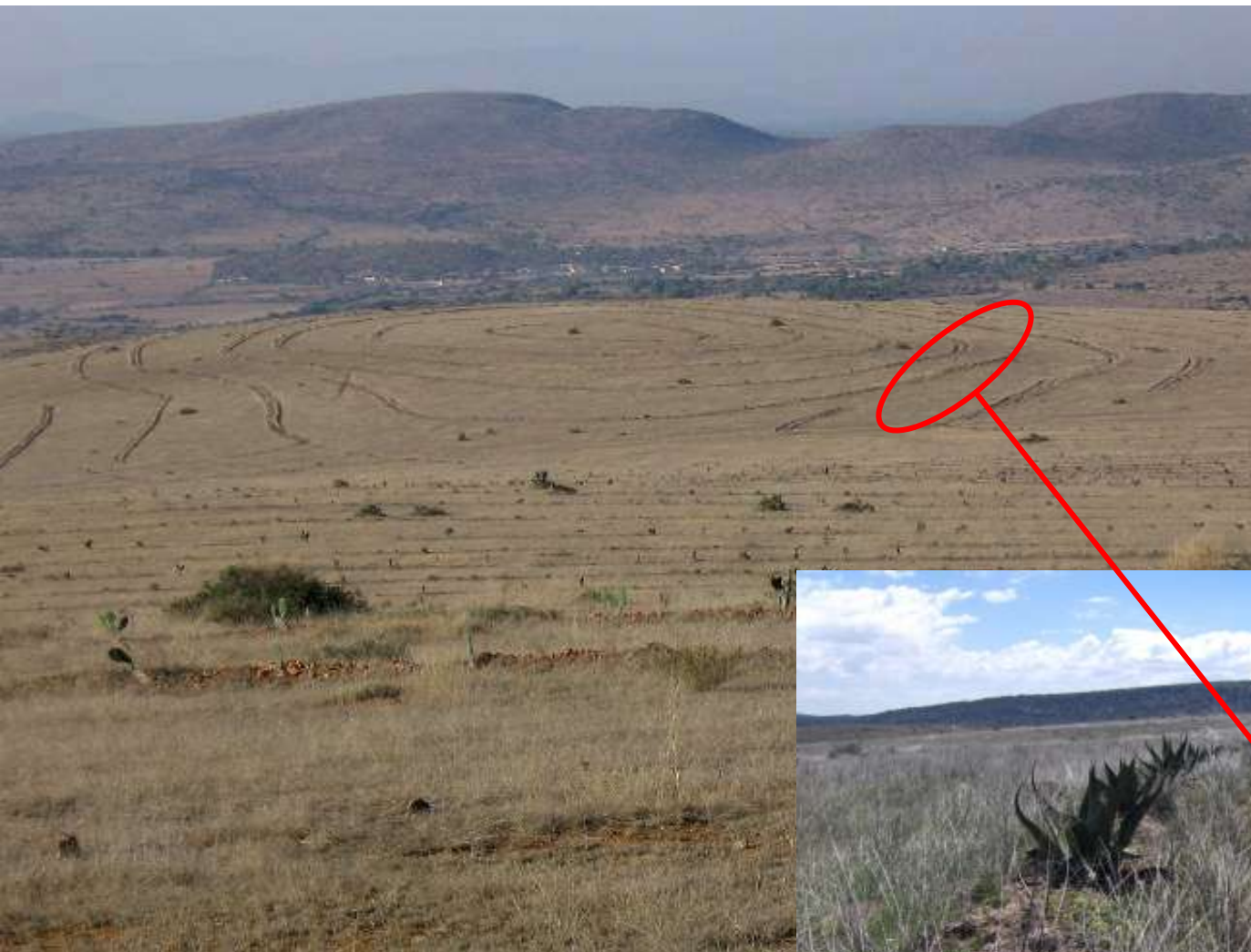
Logros anteriores al establecimiento del modelo experimental Capitán Caldera: SEDARH – CONAFOR 2006

1. Concertación con el ejido para cambios de uso del suelo

Encerramientos y plantaciones de árboles y arvenses lograron una recuperación importante de los suelos y la vegetación en el área de captación.



Carga: 1 UGG / 3 Has



2. Zanjas derivadoras en curvas a nivel en el área de captación

Problema: altísima inversión en obras civiles y mínimos avances en el interior de las cárcavas

1. Presas de piedras acomodada, con muy poca cobertura vegetal después de 3 años



Otras obras civiles costosas con mínimos avances en el interior de las cárcavas



2. Control del remonte de las cárcavas con enchapes de piedra: situación 3 años después.



3. Gaviones de piedra y alambre



2008: Asesoría de CIPAV para la restauración ecológica de la cárcava

- Restauración de remociones masales y cárcavas remontantes con materiales de la región.
- Adaptación de la tecnología colombiana (estructuras biomecánicas y siembras en alta densidad) al contexto de San Luis Potosí.
- Control del crecimiento de la cárcava
 - Sellado de escarpes superiores y laterales
 - Rehabilitación de drenajes naturales
- Capacitación práctica y teórica
- Monitoreo: cambios de tendencia y costos de inversión



1. Identificación de plantas locales: el conocimiento ecológico tradicional permite superar la falta de conocimiento de los investigadores colombianos.

Huizaches



Pirul



Maguey



Maguey y nopal



Especies locales identificadas por la comunidad local como adecuadas para disipadores, setos y rehabilitación de drenajes

Garambullo



Órgano



Nopal



Plantas identificadas por la comunidad como recursos importantes para la fauna silvestre

Gigante



Retama



Cardo santo



Ramo de novia



Sellado del remonte superior y lateral de la cárcava



Margen superior de la cárcava

Barrera de nopal *Opuntia* sp.



Cárcava Capitán Caldera,
San Luis Potosí, México

14 meses



Barreras de piedra y nopal



1. Apertura de zanja



2. Disposición de piedras



3. Siembra de nopales

Capitán Caldera, San Luis Potosí, México

Barreras de piedra y nopal



4. Siembra

14 meses

Cárcava Capitán Caldera, San Luis Potosí, México

Construcción de estructuras biomecánicas

Disipadores de piedra y nopal *Opuntia* sp.



14 meses

Construcción de barreras vivas de órgano



Barreras vivas escalonadas para interceptar las aguas de escorrentía

Disipadores simples en nopal, *Opuntia* spp. y garambullo, *Mirtilocactus*



14 meses

Trinchos reforzados con maguey

Marzo de 2008



Julio de 2009



14 meses

Agave spp., nopal *Opuntia* spp. y piedras reemplazan los trinchos escalonados en un drenaje natural



Estabilización del cauce principal del drenaje natural, 14 meses



Avance en el proceso de rehabilitación



14 meses



Avance en el proceso de rehabilitación



Costos de obras civiles vs. restauración ecológica

Obras civiles de estabilización:

Presas de piedra acomodada U\$ 35 (m³)

El costo de la “estabilización ecológica” equivale a un 14% del costo de las presas en piedra

Estructuras Biomecánicas

Barreras vivas U\$ 5 (m²)

Obras civiles para cabeceo:

Recubrimiento en piedras U\$ 6 (m²)

“Sellado ecológico” equivale a un 25% del costo del cabeceo en piedras.

Estructuras Biomecánicas

Franjas vivas U\$ 1,5 (m²)



La clave del éxito: Participación de la comunidad de Monte Caldera

Pachita



Victoria



Rosalío



Isidra



Manuel



Jesús



Lala



Luis



Juan Manuel



Antonio



Perfecto



Lección 3

Aunque es posible lograr la restauración completa de taludes inestables con esta aproximación, ...

las necesidades humanas apremiantes pueden ser una amenaza para el proceso de restauración.

Vereda La Guaira, Restrepo, Valle del Cauca

Institución Educativa José Acevedo y Gómez



4 años



Corregimiento Pavas, La Cumbre, Valle del Cauca



4 años



Situación inicial – Abril, 2006



Situación inicial – Abril, 2006



Situación inicial – Abril, 2006



Estructuras biomecánicas – Mayo, 2007



Empleo local

Estructuras biomecánicas– Septiembre 2007



Terrazas
escalonadas

Preparadas para
siembras en alta
densidad

Estructuras biomecánicas– Septiembre 2007



Terrazas cubiertas de vegetación – Marzo 2010



Barrio Ortiz, Corregimiento de La Buitrera, Palmira, Valle del Cauca



3 años



Lección 3

Aunque es posible lograr la restauración completa de taludes inestables con esta aproximación, ...

las necesidades humanas apremiantes pueden ser una amenaza para el proceso de restauración.



Marzo, 2010

Algunas estructuras y parte de la vegetación fueron removidas para ampliar la vivienda.

Marzo, 2010

La remoción en masa se reactivó con la eliminación de las estructuras y las plantas



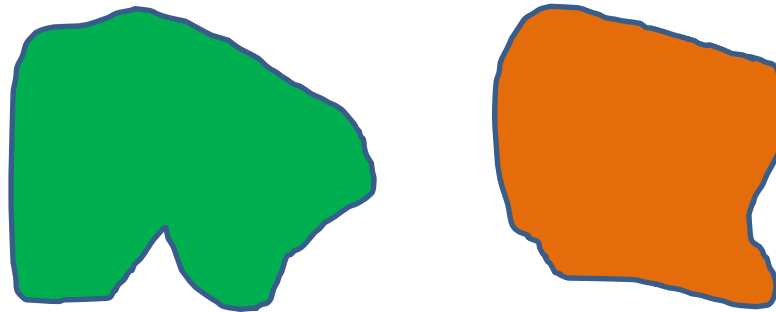
Lección 4

Estas intervenciones de restauración deben permitir un uso moderado del suelo, con beneficios económicos directos.



Estudio comparativo de cárcavas restauradas y no restauradas (control) en la cuenca del río Cali

- Muestreo pareado
 - Por cada cárcava restaurada se evaluó una cárcava no intervenida (control), de forma, tamaño y edad similares.
- 9 cárcavas restauradas (6-8 años de recuperación), 9 cárcavas control



El Saladito



RESTAURADA
El Saladito; noviembre 25, 2011



CONTROL
El Saladito; noviembre 25, 2011

Nieves Carretera



RESAURADA
noviembre 25, 2011



CONTROL
octubre 22, 2011

La Cajita



RESTAURADA
enero 19, 2011



CONTROL
enero 19, 2011

La Cajita



RESTAURADA
noviembre 25, 2010



CONTROL
enero 19, 2011

Casa de Tabla



RESTAURADA
febrero 17, 2011



CONTROL
febrero 17, 2011

Nieves Carvajal

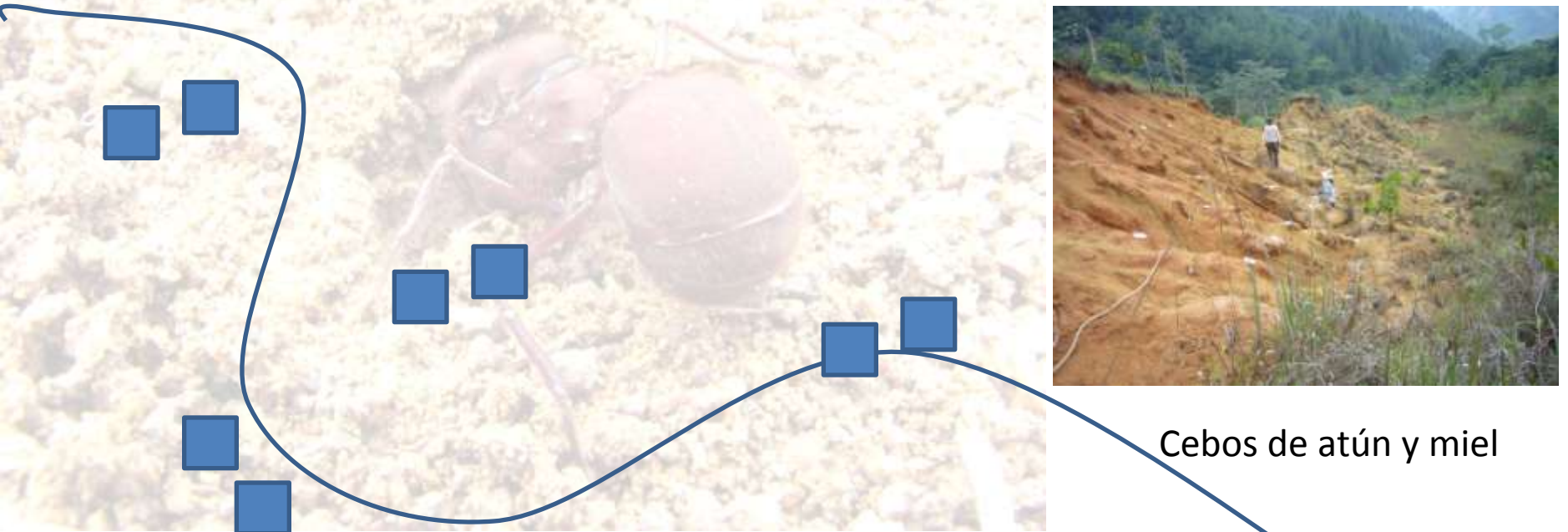


RESTAURADA
agosto 25, 2010



CONTROL
octubre 21, 2010

Muestreo de hormigas



Cebos de atún y miel

30 m



Búsqueda manual de nidos en tiempo fijo



Estructura y composición de la vegetación

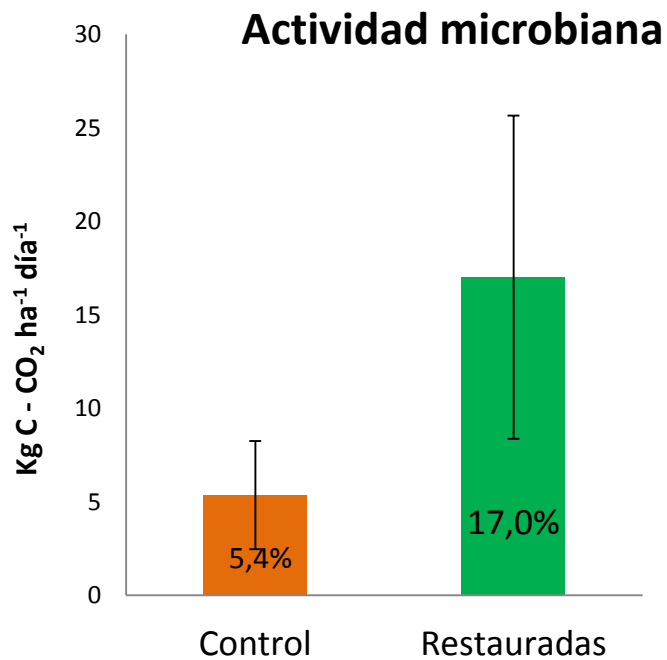
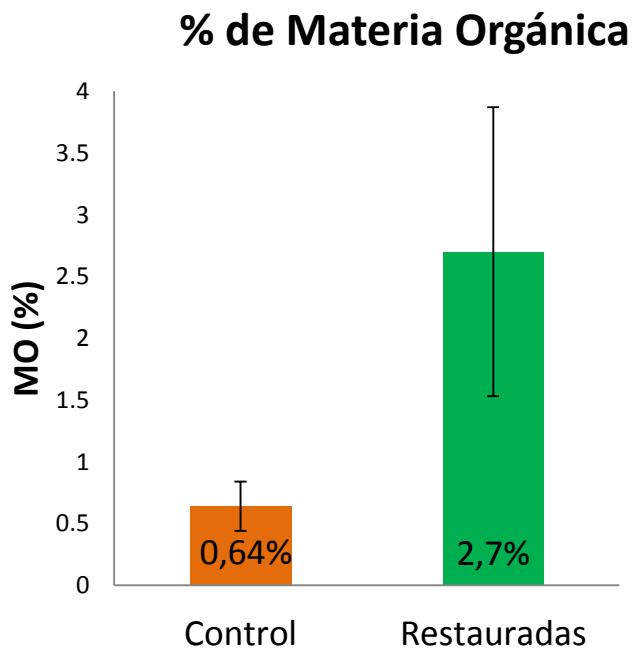
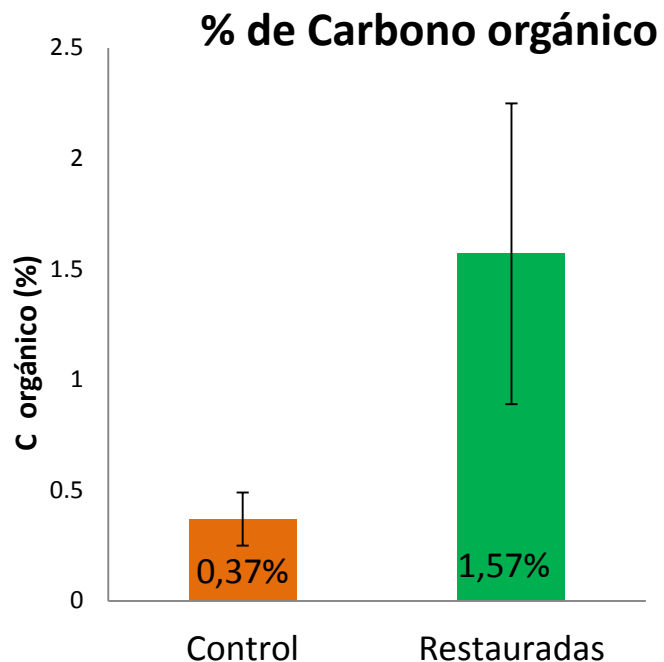
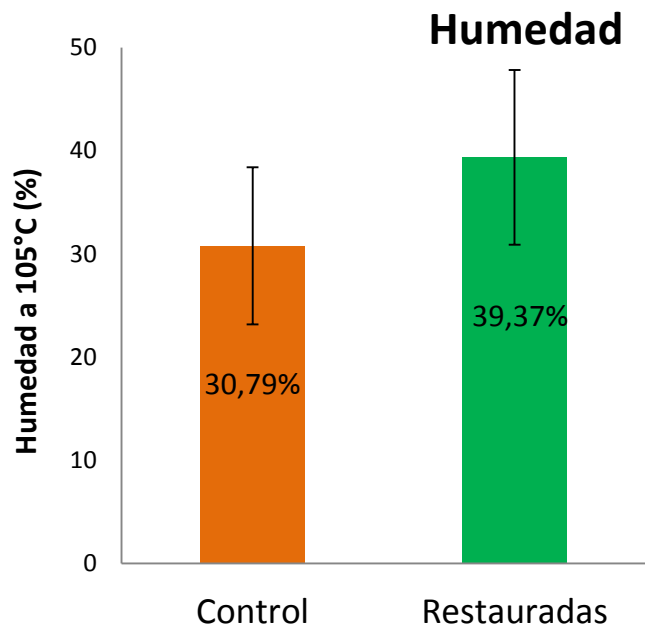
- Cobertura de dosel
- Composición
- Estructura

Distribución diamétrica y de alturas
Densidad de tallos
Densidad de estratos foliares
Volumen total de vegetación

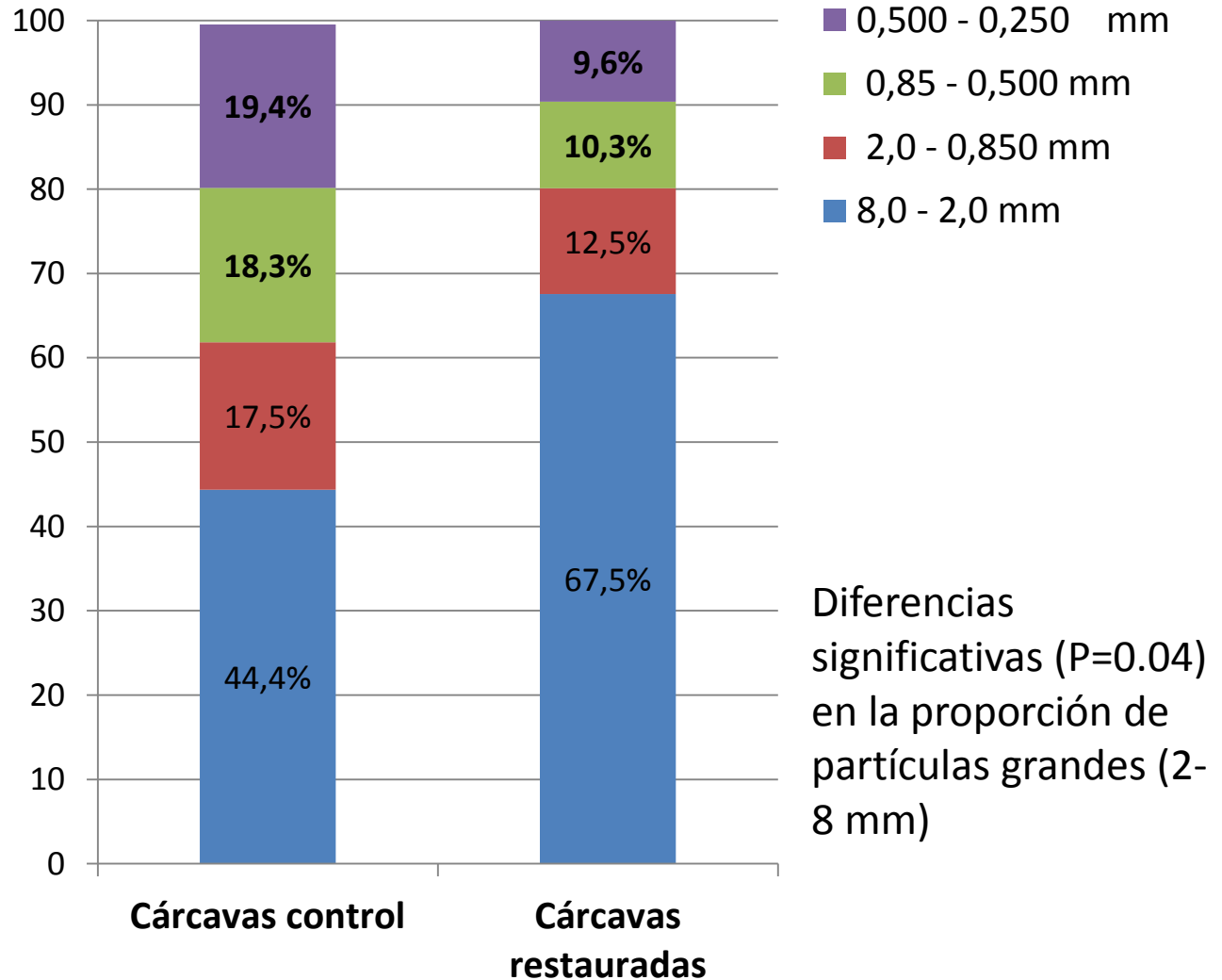
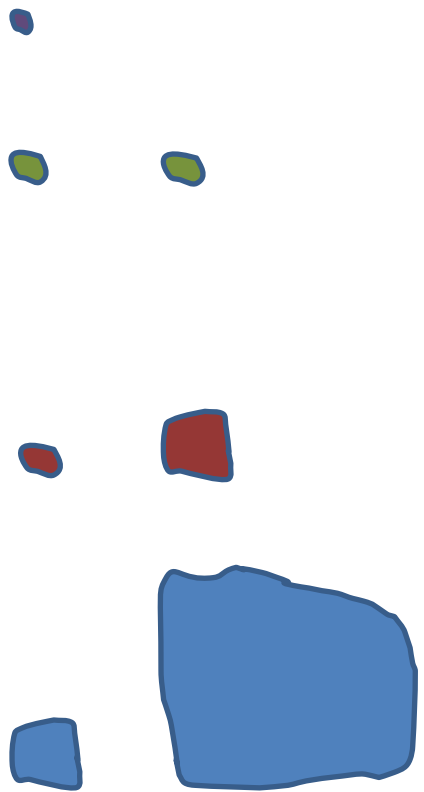


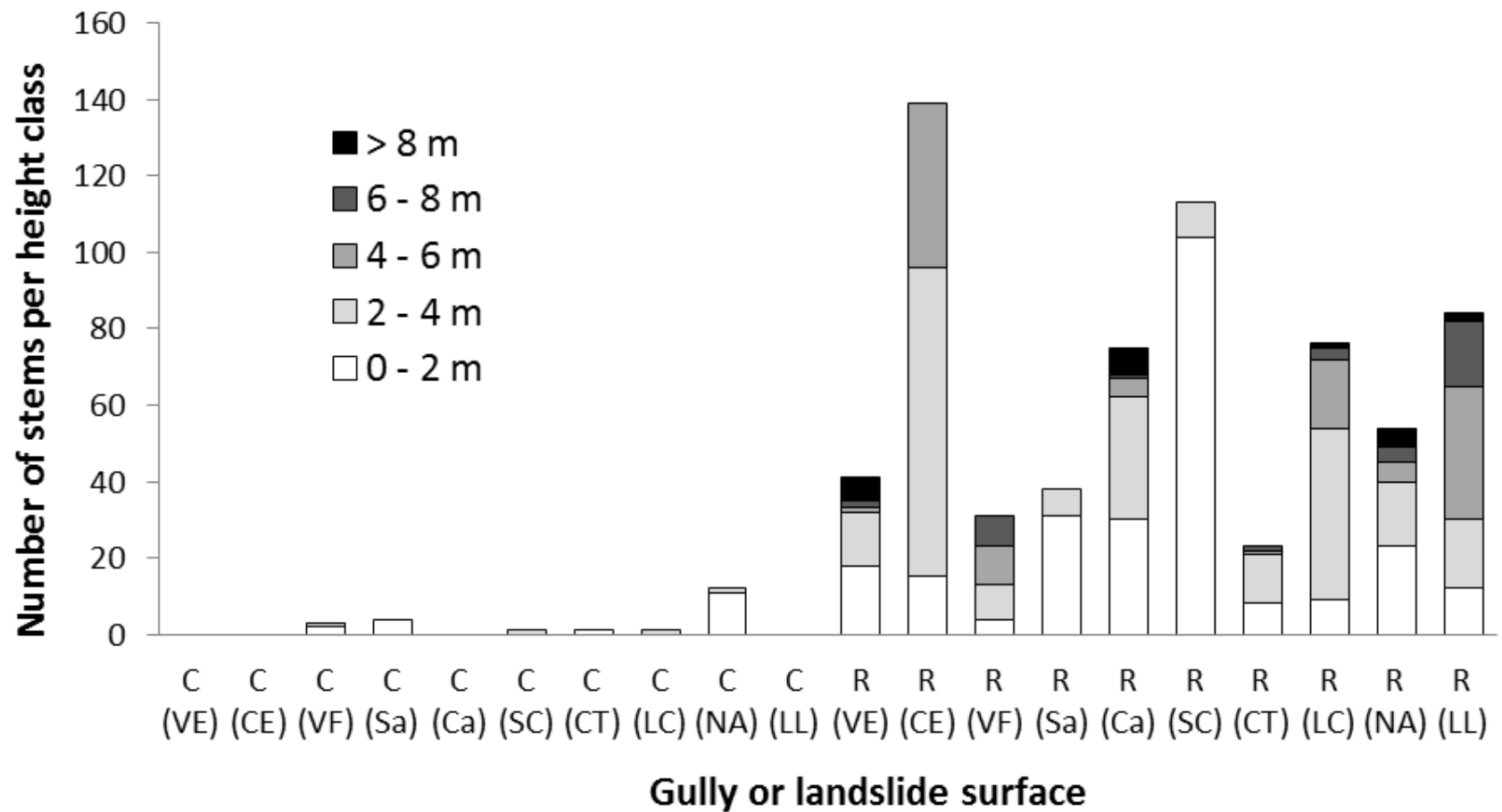
30 m

Variable	Cárcavas CONTROL		Cárcavas RESTAURADAS		P	
	PROMEDIO	Desv. Est.	PROMEDIO	Desv. Est.		
<u>Porosidad</u>						
Macroporos (%)	14,00%	3,95%	11,26%	3,73%	0,23	N.S.
Microporos (%)	44,74%	4,34%	49,19%	6,38%	0,02	*
Densidad aparente (g/cc)	1,16	0,19	1,06	0,09	0,21	N.S.
Humedad a 105°C	30,79%	7,61%	39,37%	8,47%	0,03	*
pH	5,37	0,88	5,81	0,50	0,09	N.S.
Acidez intercambiable (meq/100 g suelo)	1,19	1,53	0,30	0,17	0,12	N.S.
Carbono Orgánico (%)	0,37%	0,12%	1,57%	0,68%	0,001	**
Materia orgánica (%)	0,64%	0,20%	2,70%	1,17%	0,001	**
Actividad Microbiana	5,35	2,89	17,01	8,64	0,009	**
kg C-CO ₂ ha ⁻¹ dia ⁻¹						
<u>Estabilidad de agregados</u>						
DPM (Diámetro ponderado medio)	2,57	1,16	3,47	0,37	0,034	*
DMG (Diámetro Medio Geométrico)	1,81	0,91	2,52	0,45	0,023	*
IE (Indice de Estructura)	428,80	705,79	62,17	23,09	0,184	N.S.

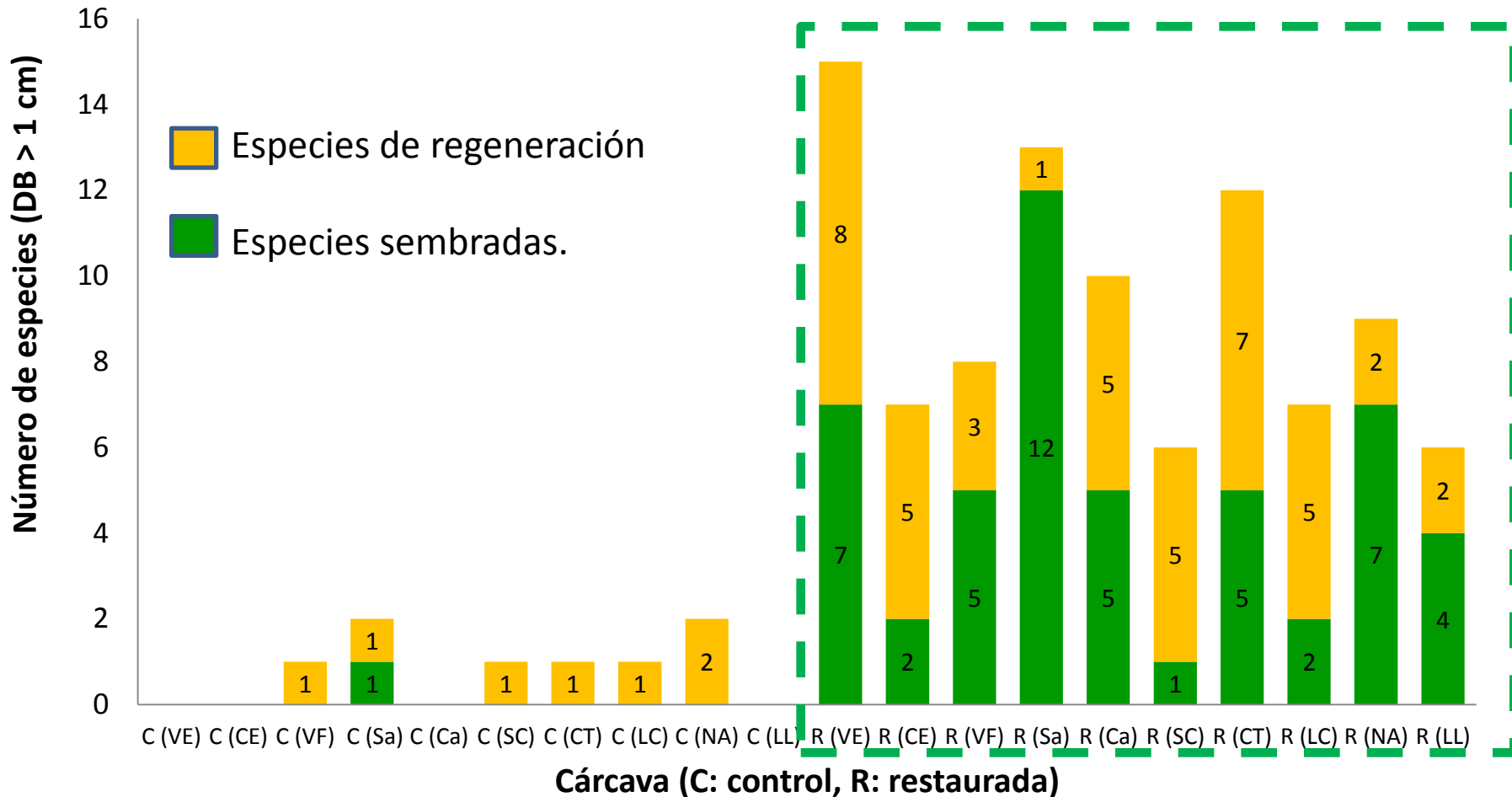


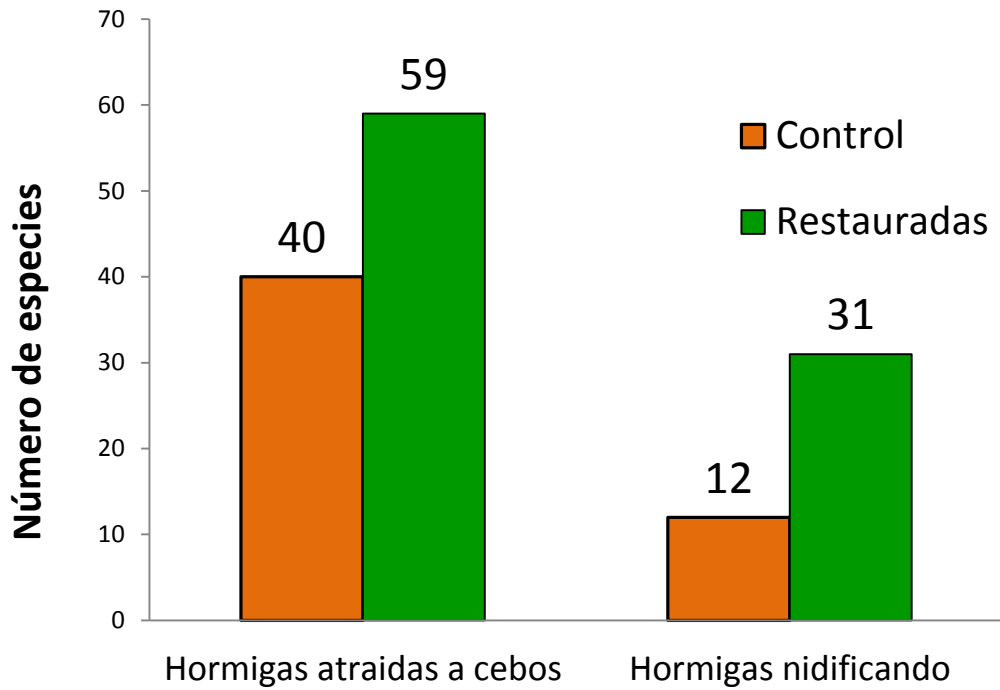
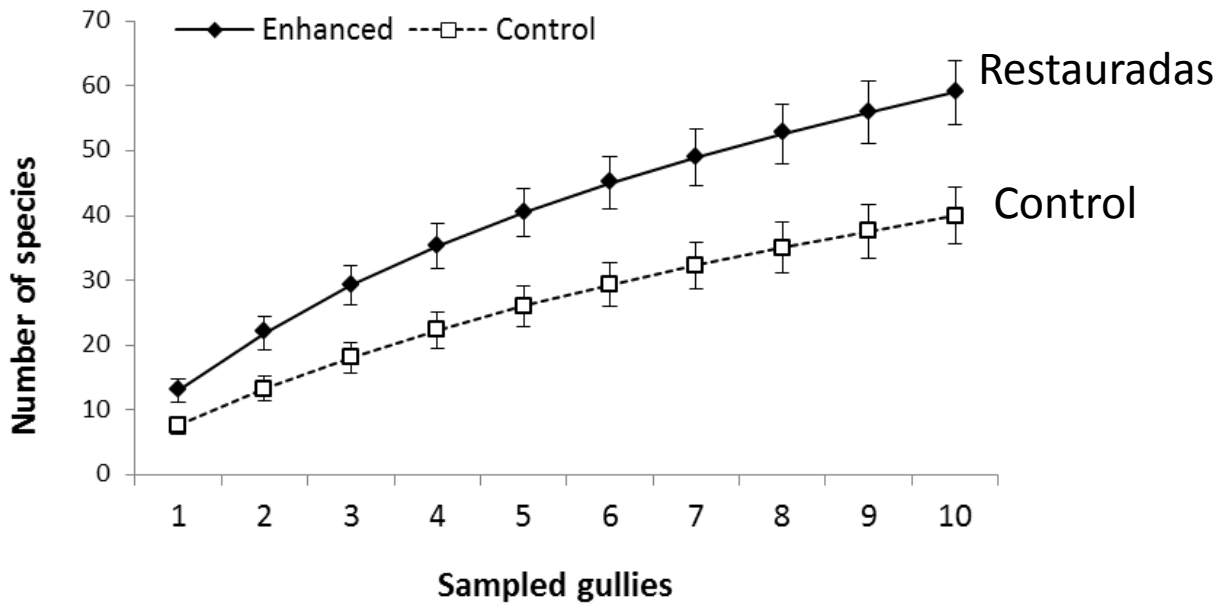
Distribución de tamaño de los agregados de suelo en cárcavas control y restauradas



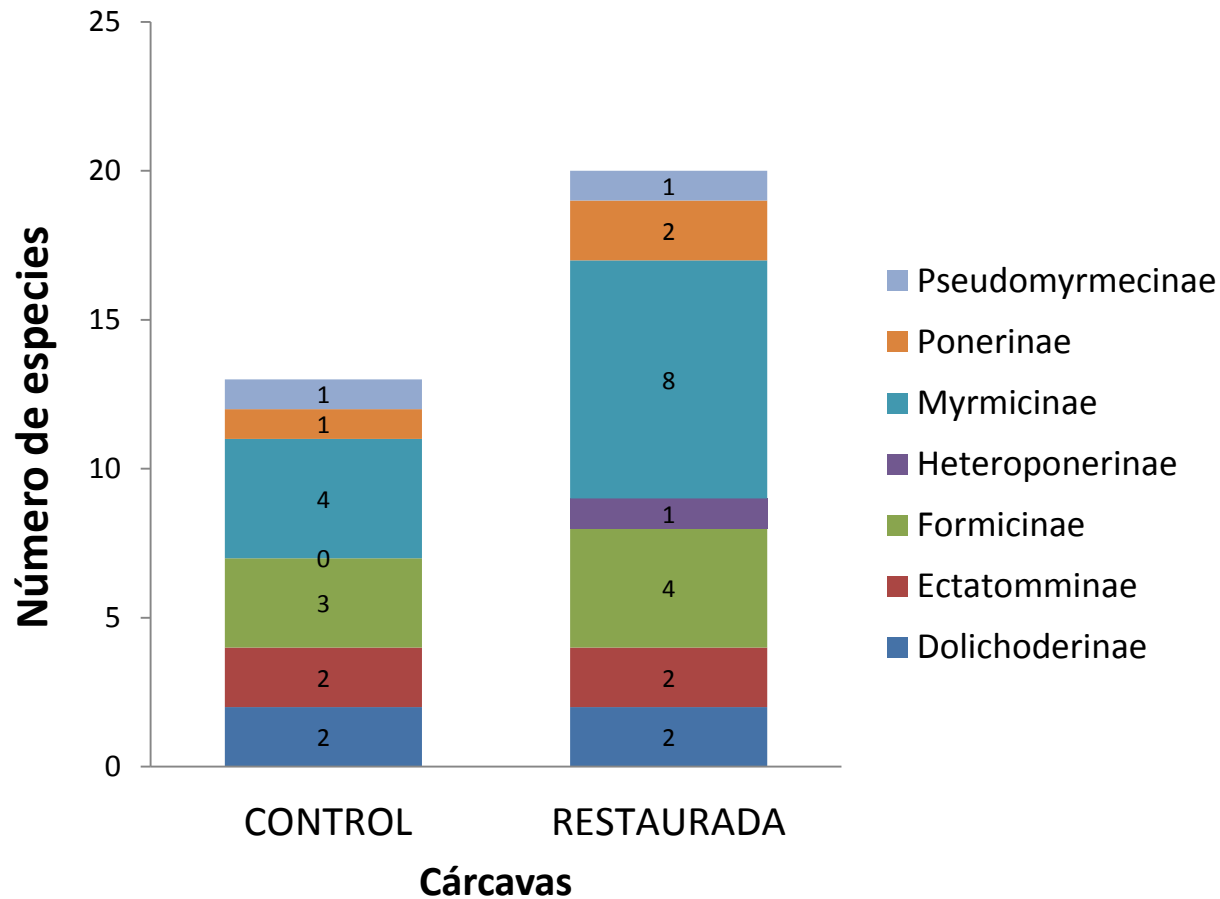


Riqueza de plantas en cárcavas control (no restauradas) y restauradas

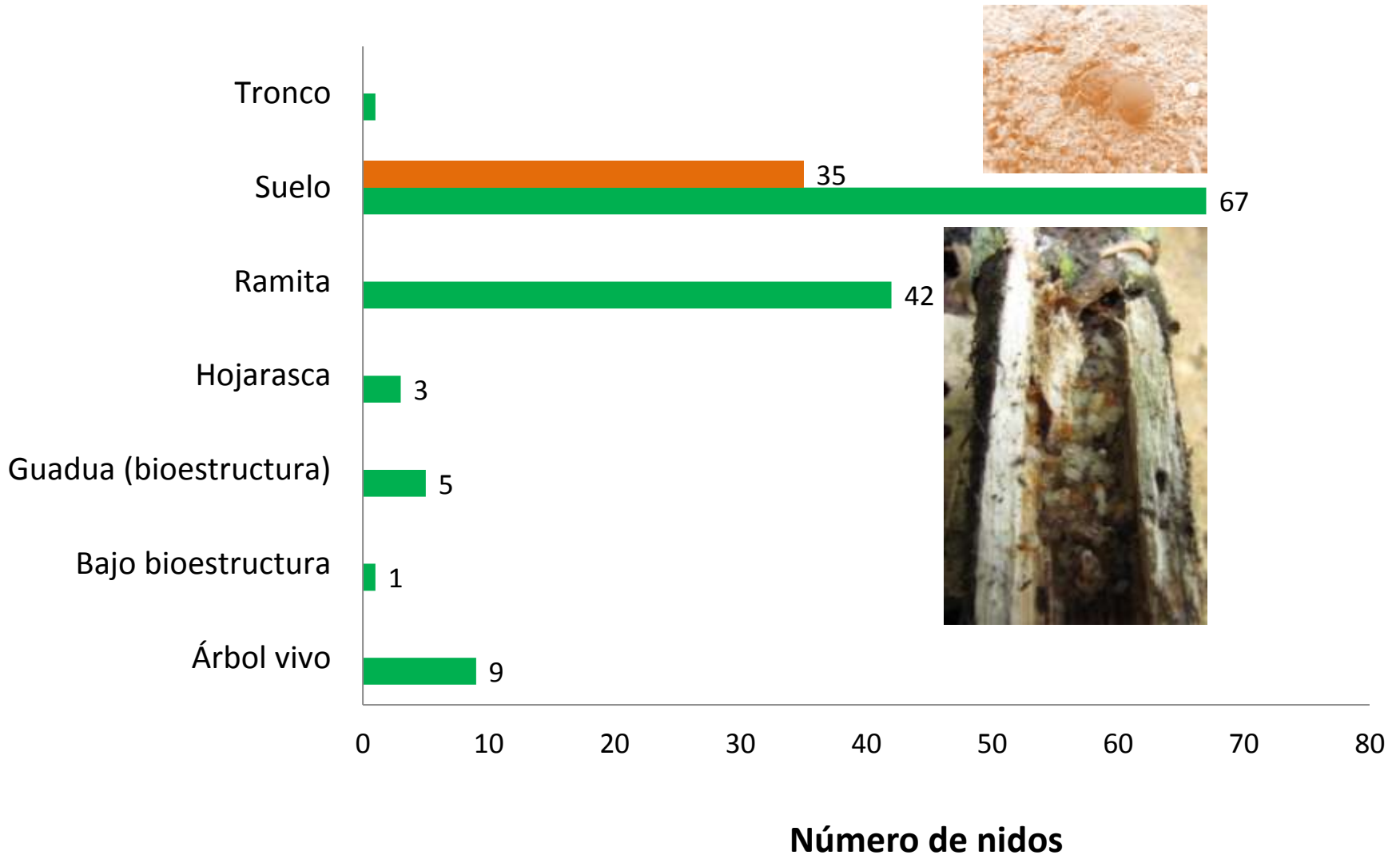




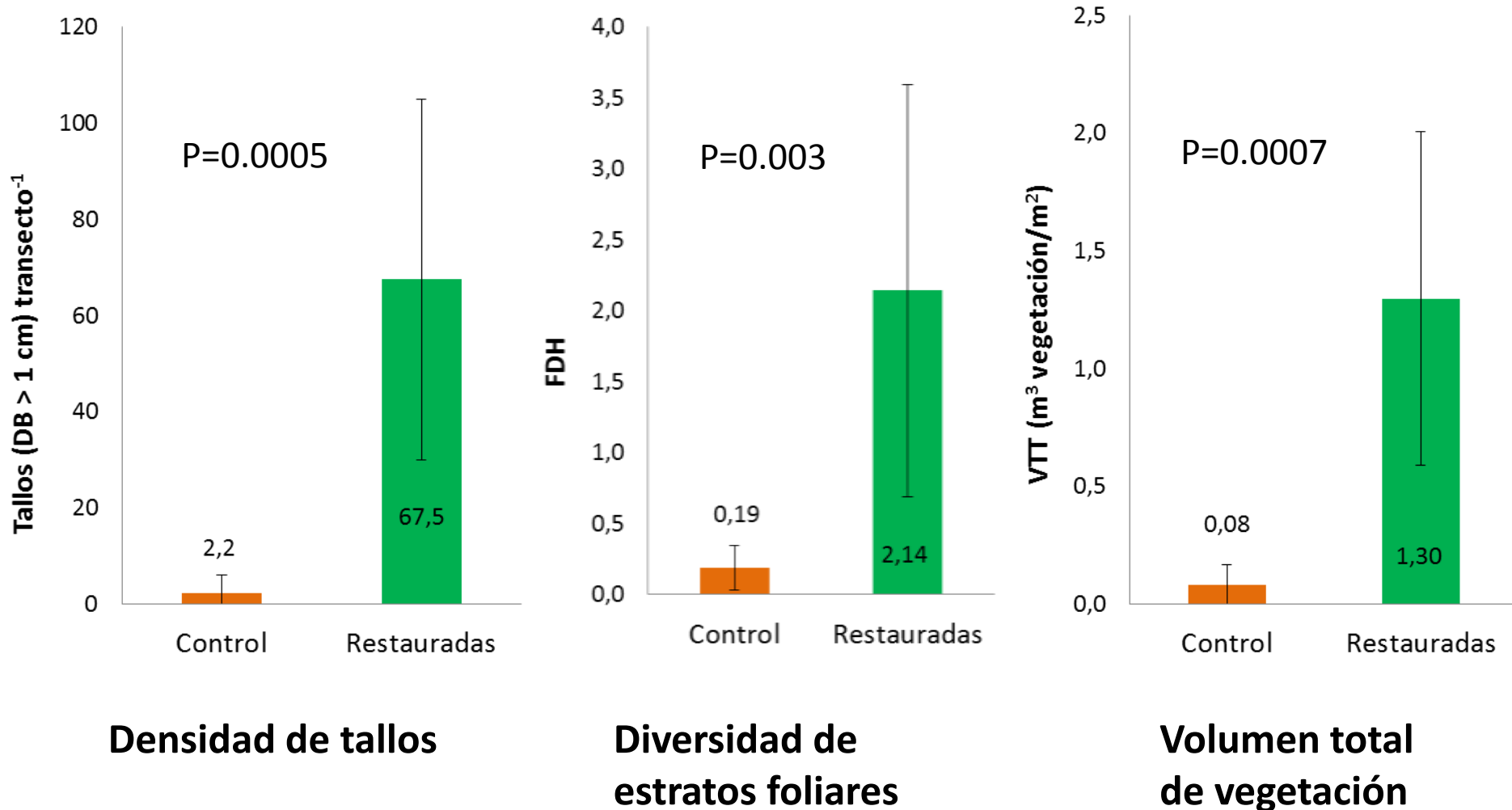
Riqueza de hormigas capturadas con cebos en cárcavas control (no restauradas) y restauradas



Nidos de hormigas encontrados en diferentes sustratos en cárcavas control (no restauradas) y restauradas



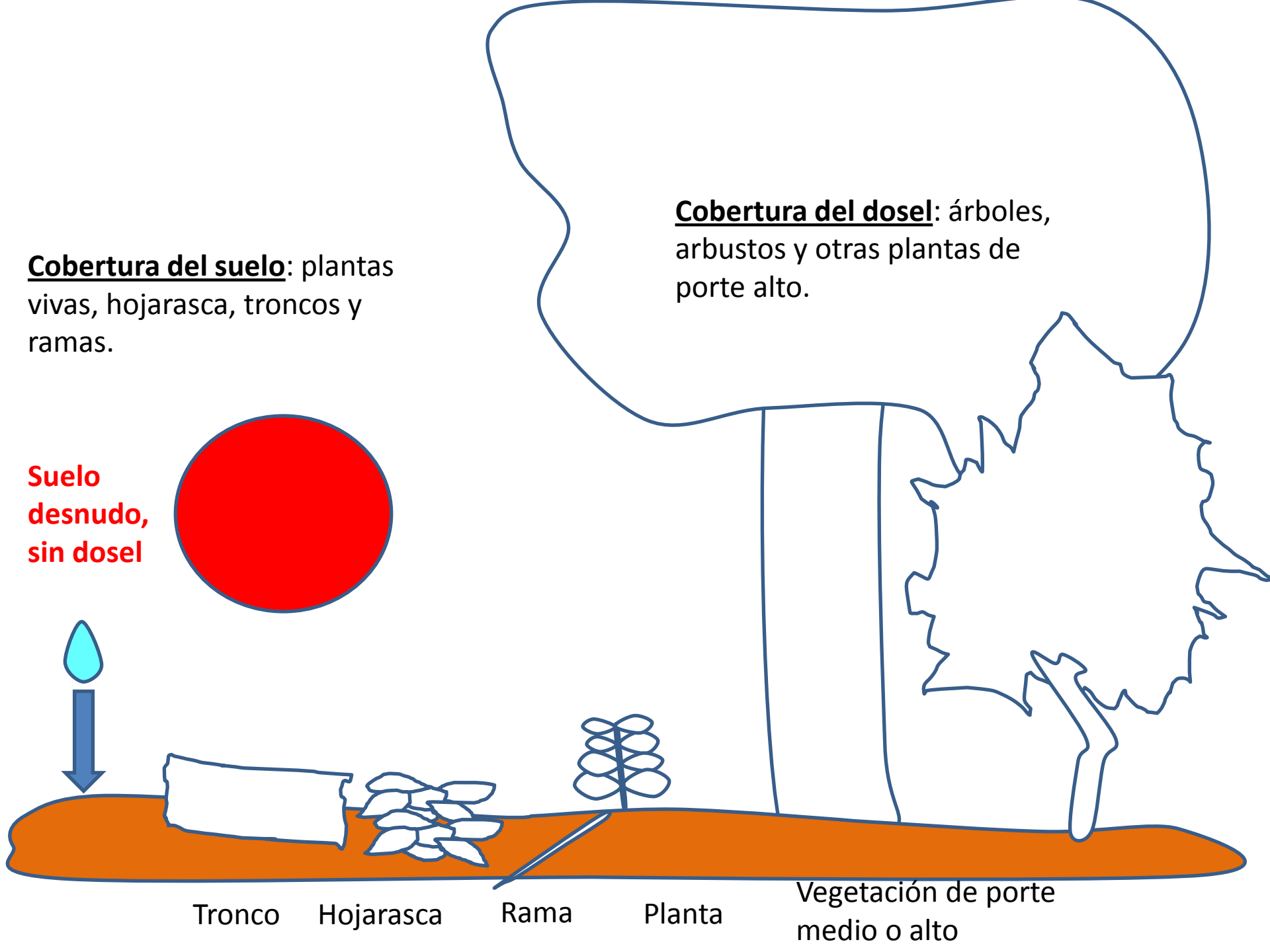
Complejidad estructural de la vegetación – calidad de hábitat para la vida silvestre



Cobertura del suelo: plantas vivas, hojarasca, troncos y ramas.

Suelo desnudo, sin dosel

Cobertura del dosel: árboles, arbustos y otras plantas de porte alto.



Tronco

Hojarasca

Rama

Planta

Vegetación de porte medio o alto

Cobertura del suelo: plantas vivas, hojarasca, troncos y ramas.

Cobertura del dosel: árboles, arbustos y otras plantas de porte alto.

Suelo desnudo con dosel

Suelo cubierto sin dosel

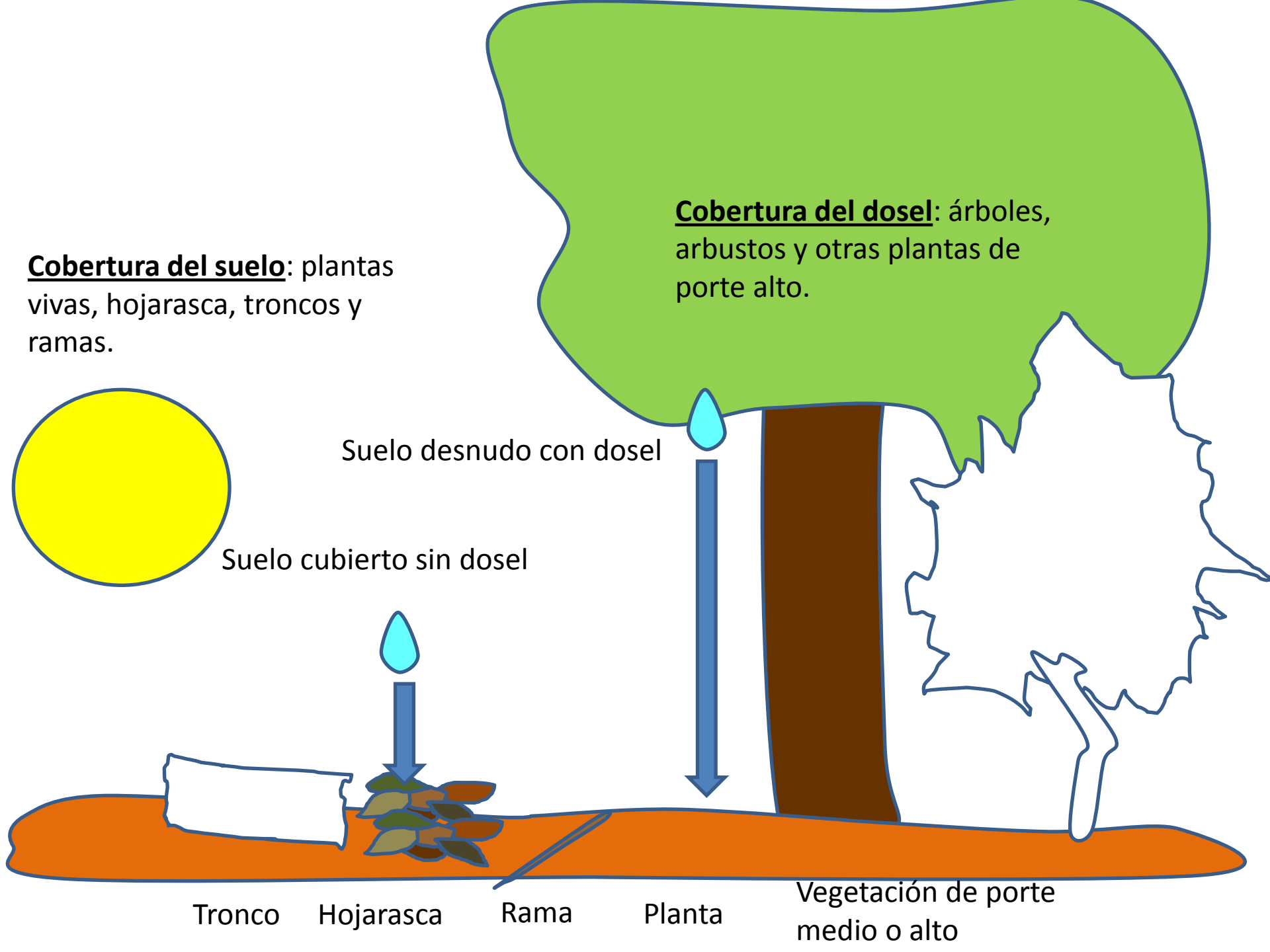
Tronco

Hojarasca

Rama

Planta

Vegetación de porte medio o alto



Cobertura del suelo: plantas vivas, hojarasca, troncos y ramas.

Cobertura del dosel: árboles, arbustos y otras plantas de porte alto.

Suelo cubierto,
con dosel

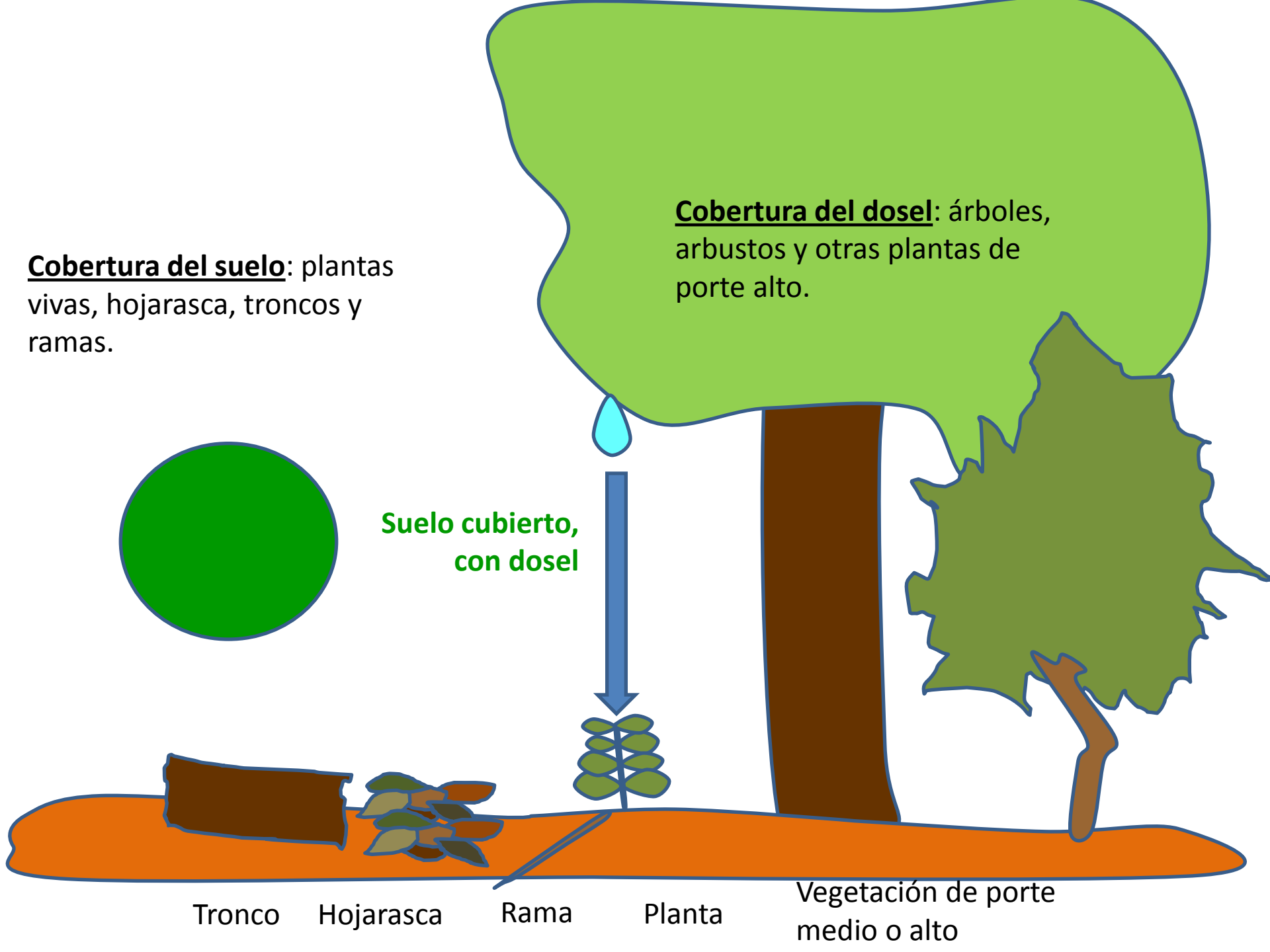
Tronco

Hojarasca

Rama

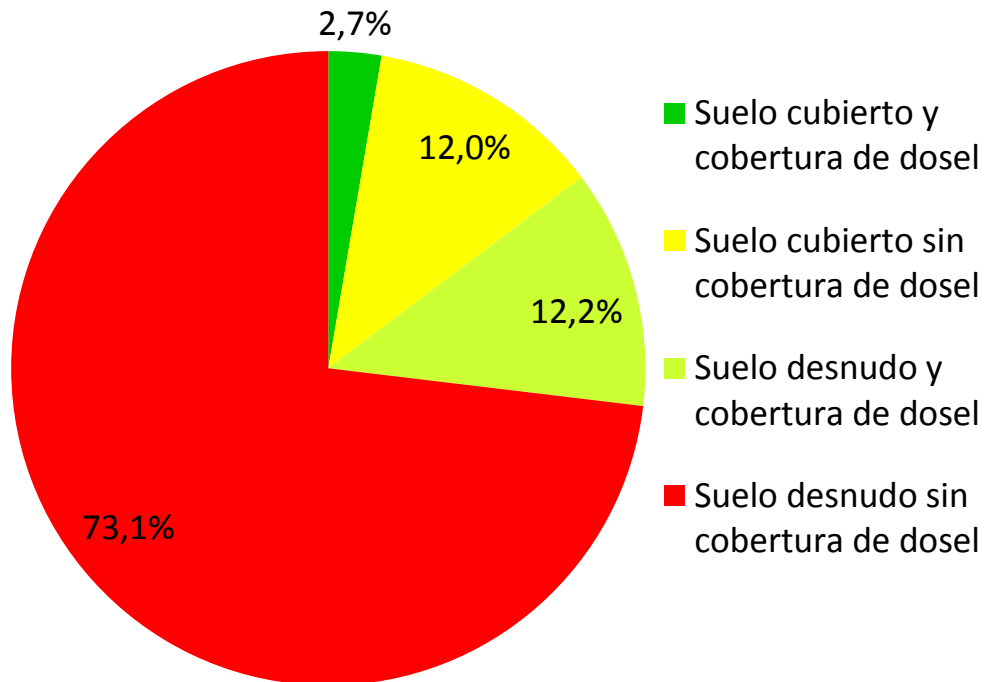
Planta

Vegetación de porte
medio o alto

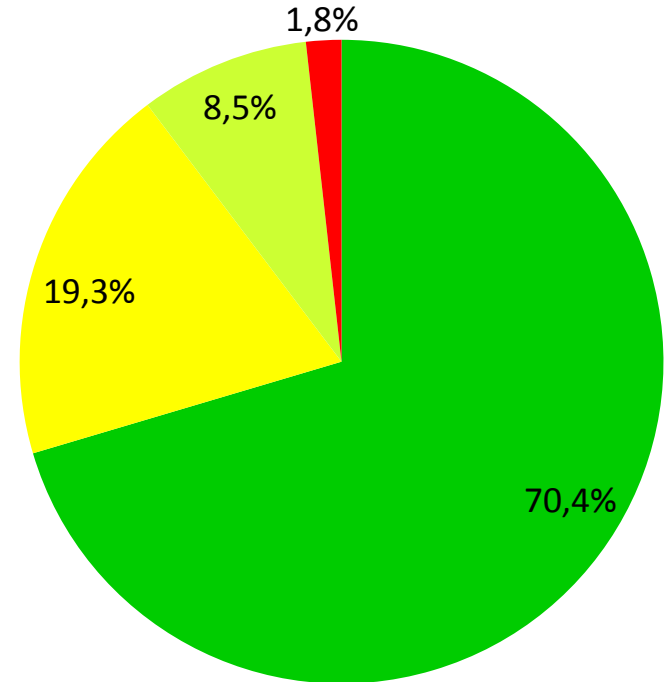


Cobertura del suelo y el dosel en cárcavas control y restauradas

Cárcavas control



Cárcavas restauradas



Una cárcava puede avanzar en diferentes trayectorias

Hobbs & Norton (1996): Towards a conceptual framework in restoration ecology.



Una cárcava puede avanzar en diferentes trayectorias

Hobbs & Norton (1996): Towards a conceptual framework in restoration ecology.



RESEARCH ARTICLE

A Comparison of Vegetation and Ground-Dwelling Ants in Abandoned and Restored Gullies and Landslide Surfaces in the Western Colombian Andes

Zoraida Calle,^{1,2} Natalia Henao-Gallego,³ Carolina Giraldo,¹ and Inge Armbrrecht⁴

Abstract

Landslides and gullies are two common manifestations of land degradation in the densely populated Colombian Andes. In these unstable areas, further mass movements pose a serious threat to local populations and cause off-site environmental damage through sedimentation, pollution, and increased flooding. A novel approach for restoring severely eroded slopes combines the use of stabilization structures made with stalks of *Guadua angustifolia* Kunth, Poaceae (bamboo), with high-density planting of species that exhibit quick growth and sprouting. This study compared the vegetation and ground-dwelling ant assemblages of 10 pairs of gullies, each pair formed by one enhanced and one untreated or control gully, 6–8 years after restoration or abandonment. The restoration treatment had significant effects on the complexity of vegetation. Average

values for plant species richness, basal area, stem density, foliage density index, and total vegetation volume were 11.6, 140, 30, 11.5, and 15.6 times larger, respectively, in enhanced than in control gullies. Mirroring the differences in vegetation, average ant species richness was significantly larger (13 vs. 7.6 species per gully), and a higher proportion of ant species nested within enhanced than control gullies (52.5 vs. 30%). While control gullies were dominated by generalist ants such as *Ectatomma ruidum* and *Linepithema angulatum*, enhanced gullies had more specialized ground-dwelling species, normally associated with high plant cover and abundant leaf litter such as *Octostruma balzani* and *Heteroponera inca*. We conclude that this restoration strategy promotes a fast recovery of vegetation and the ground-dwelling ant fauna in these tropical mountains.

Key words: bioengineering, erosion, slope stabilization, vegetation structure.

¡La restauración es la ciencia de la esperanza!

¡Gracias!

zoraida@cipav.org.co



La investigación que valida esta estrategia de restauración ecológica ha sido apoyada por Colciencias