

# DISEÑO DE UN BOSQUE ALIMENTICIO Y BOSQUE NATIVO EN EL COLEGIO JOHANNES KEPLER

---

NOVEMBER 27

---

COMPANY NAMEJuan José Lugo Bernal



## INDICE

<b>DISEÑO DE UNA BOSQUE ALIMENTICIO Y BOSQUE NATIVO EN COLEGIO KEPLER ....</b>	<b>1</b>
Introducción .....	1
Marco referencial .....	2
Conservación de ecosistemas .....	3
Servicios eco sistémicos .....	3
Principios ecológicos la base del diseño .....	3
Gestión de la sucesión.....	4
Las capas del bosque alimenticio .....	5
Características del espacio .....	7
Ubicación.....	7
Relieve .....	7
Suelos .....	8
Clima.....	8
Diseño.....	9
Concepto del diseño.....	9
Selección de plantas y marcos de plantación.....	12
Definición de áreas.....	14
Detalle del manejo por áreas .....	16
Zona Alimenticia.....	16
Bosque enano.....	16
Área de terrazas .....	20
Área de Huerta .....	21
Zona de nativas .....	21
Borde de quebradilla.....	22
Camino 1 y 2.....	22
Control de erosión.....	27
Agregado nativo .....	28
Nativo bajo .....	28
Quebrada Principal.....	30
Número de plantas estimado.....	30
Áreas de descarga .....	31
Plan de implementación y estrategias de manejo .....	32
Estrategia de manejo de la fertilidad del suelo.....	33
Otros aspectos del diseño .....	37

Socialización .....	37
Manejo y plan de monitoreo.....	38
Medición de variables .....	38
Bibliografía .....	39

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precipitación anual promedio estación M024 QUITO INAMHI .....	8
Tabla 2 Marco de plantación de acuerdo a fases sucesionales en el marco de plantación 8x8.....	13
Tabla 3 Áreas que implementan el marco de plantación 8x8.....	13
Tabla 4 Fases sucesionales y marco de plantación 5x5.....	13
Tabla 5 Áreas con el marco de plantación 5x5.....	13
Tabla 6 Descripción de áreas y superficies.....	15
Tabla 7 Plantas a sembrar en el marco 5 x 5.....	18
Tabla 8 Árboles y arbustos a sembrar en el marco de plantación 2.5 x 2.5 .....	19
Tabla 9 Plantas sugeridas a ser utilizadas en las líneas de cultivos 0.6 x 0.6 m .....	20
Tabla 10 Plantas nativas a ser sembradas en el marco 8x8.....	25
Tabla 11 Plantas nativas a ser sembradas en el marco 4x4.....	26
Tabla 12 Plantas a ser sembradas en el marco 2x2 .....	26
Tabla 13 Número de árboles estimados a ser sembrados.....	31

## ÍNDICE DE Ilustraciones

Ilustración 1. Etapas de la sucesión de un bosque (Los Ecosistemas, Cambios Naturales, n.d.).....	5
Ilustración 2. Capas del bosque alimenticio ("El Bosque Comestible," 2018) .....	6
Ilustración 3 Planimetría del colegio con sus límites .....	7
Ilustración 4 Esquema de construcción de los muros de retención de suelo.....	28
Ilustración 5 Trazado de curvas de nivel en pendiente.....	35

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Mosaico de ortofotografías del área a intervenir en el colegio .....	10
Fotografía 2 Área de huerto y de terrazas .....	11
Fotografía 3 Área de influencia de las antenas de alta tensión .....	11
Fotografía 4 Área alimenticia y sus subdivisiones.....	14
Fotografía 5 Área de nativas y sus subdivisiones .....	15
Fotografía 6 Área de bosques enanos con el marco de cultivo propuesto.....	16
Fotografía 7 Árboles de plantación 5x5 .....	17
Fotografía 8 Árboles y arbustos en el marco 2.5 x 2.5.....	18
Fotografía 9 Líneas de cultivos entre árboles y arbustos.....	19
Fotografía 10 Distribución de 3 bolillo en el marco 5x5 con distintos colores diferenciando árboles nativos, fijadores de nitrógeno y frutales. ....	20
Fotografía 11 Diseño del área de la huerta.....	21
Fotografía 12 Área de borde de Quebradilla .....	22
Fotografía 13 Área de borde de camino 1 .....	23
Fotografía 14 Área de borde de camino 2 .....	23
Fotografía 15 Marco de plantación 4x4 .....	24

Fotografía 16 Marco de plantación 2x2 .....	24
Fotografía 17 Marco de plantación 8x8 .....	24
Fotografía 18 Líneas intercultivo de árboles y arbustos .....	24
Fotografía 19 Área del control de erosión con el marco de plantación 5 x 5 y líneas rojas que simbolizan el control de la erosión .....	27
Fotografía 20 Adaptación en campo de los muros de retención con el material disponible en campo .....	28
Fotografía 21 Área agregado nativo.....	28
Fotografía 22 Marco de cultivo en el área del agregado nativo .....	28
Fotografía 23 Área de nativo bajo y su diseño.....	29
Fotografía 24 Áreas superior e inferior de descarga.....	31

## Introducción

El Programa de Recuperación de la Cobertura Vegetal, PRCV, interviene a través de varios proyectos de restauración con las técnicas de forestación y reforestación con especies nativas en diversos sitios, localizados en las cuencas hídricas de Guayllabamba y en los flancos interiores de las cuencas de la cordillera oriental desde el año 2005, preservando la calidad de los recursos naturales y la restauración de hábitats degradados, enfocado en el recurso hídrico.

La presente consultoría se desarrollará como parte del trabajo conjunto del Colegio Johannes Kepler y el FONAG para desarrollar alternativas replicables en la conversión de plantaciones con especies exóticas a formaciones vegetales más amigables con la biodiversidad y el paisaje de la zona periurbana del Distrito Metropolitano de Quito. Para ello las partes suscribieron el 05 de marzo del presente un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional.

El Colegio Johannes Kepler es Líder de la Mesa ODS 15 y miembro de Pacto Global, en la actualidad está desarrollando a nivel nacional un programa de Reforestación y Restauración Ecosistémica que articula instituciones, empresas, colegios y territorios para realizar siembras y mantenimientos hacia la recuperación de bosques y ecosistemas con la meta colectiva de alcanzar 500.000 árboles hasta el 2030; además en alianza con la Red de Colegios Unidos por los ODS, realiza acciones de restauración a través de siembras con árboles en diversos territorios de la ciudad de Quito

Por otro lado, el **FONAG** ejecuta, financia y cofinancia procesos que contribuyan a la protección, conservación, mantenimiento y recuperación de las fuentes hídricas desde donde se abastece de agua al Distrito Metropolitano de Quito. Tiene como misión “Facilitar, en alianza con instituciones y actores locales, la protección de las cuencas hídricas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito-DMQ, a través de un mecanismo financiero que ejecuta programas y proyectos de conservación, restauración ecológica, educación ambiental y genera información para la toma de decisiones”.

Recientemente, ambas instituciones, firmaron un convenio marco de cooperación interinstitucional que “tiene por objeto establecer mecanismos de financiamiento y

cooperación entre las partes intervinientes, desarrollando y fomentando actividades de capacitación, investigación científica, innovación y transferencia de tecnología, infraestructura, restauración y enriquecimiento de hábitats con especies nativas, entre otros; con el fin de impulsar el desarrollo de la sociedad del conocimiento en el ámbito del ODS 15, vida de los ecosistemas terrestres”.

En el marco de este convenio, estas instituciones nos han solicitado elaborar el diseño técnico a nivel de parcela de la conversión de una plantación exótica a un bosque nativo y una zona agroecológica dentro del Colegio Johannes Kepler en Quito.

## Marco referencial

Descritos desde la academia por primera vez en el siglo XIX y desde la década de 1980, los sistemas de silvicultura cercana a la naturaleza también conocidos como sistemas agroforestales sucesionales (SAFS), *sistemas agroforestales multiestrato, dinámicos, bosques análogos o bosque alimenticio*, tienen como punto de partida las ideas de Karl Gayer, profesor de silvicultura en Múnich quien empieza a describir que los bosques mixtos con estructuras heterogéneas, son menos propensos a sufrir daños causados por perturbaciones externas. (Brang, 2014)

Todo este conocimiento tiene sus raíces en los sistemas de producción ancestral y tradicional, desarrollados por los pueblos indígenas en las regiones tropicales del planeta, desde hace al menos 4.500 años (Cabezas, 2019).

Estos sistemas buscan imitar las dinámicas de la *sucesión natural* en los ecosistemas locales, logrando en la práctica contar con una elevada biodiversidad de especies, cultivadas en diferentes estratos, donde se lograban satisfacer las necesidades de las poblaciones que los gestionan, pudiendo encontrarse en ellos productos como frutas, nueces, bayas, vegetales perennes, semillas, hierbas, hongos y otros materiales vegetales útiles como abono verde, madera y plantas medicinales (Raabe, 2017).

Hoy en día dichos sistemas han evolucionado y han sido adoptados como practicas estándares en más de 20 países en el Unión Europea, siendo un ejemplo notable el de la fundación Europea de profesionales forestales Pro Silva. Sin importar el lugar en donde sean implementados está claro que la implementación de estos sistemas beneficia a las



poblaciones humanas y no humanas.

Por lo que a continuación nos permitimos puntualizar algunos de sus beneficios.

### Conservación de ecosistemas

La conexión entre todas las formas de vida en los ecosistemas forestales, sirve como base de todas las demás funciones en el bosque. Por lo tanto, los sistemas CNS ven la preservación y, si es necesario, la restauración del ecosistema como una prioridad. Para alcanzarlo una gran prioridad se da a la diversidad, entendiéndose a aquella local y regional de flora y fauna, además de la diversidad genética dentro de la población local de cada especie, lo que posteriormente proporciona potencial para el desarrollo evolutivo. El desarrollo de bosques mixtos presta mucha atención también a incluir especies raras y en peligro de extinción poniendo restricciones al uso de exóticas.

### Servicios ecosistémicos

Entendidos como aquellos servicios que las personas obtienen del medio ambiente. Se clasifican en cuatro grupos; servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios de apoyo y servicios culturales.

Un bosque alimenticio tendrá como objetivo potenciar los servicios de apoyo (formación del suelo y reciclaje de nutrientes) y regulación (secuestro de carbono y la regulación del clima), para hacer uso de los servicios de aprovisionamiento que son alimentos, agua, farmacéutica y energía y los servicios culturales (relacionados con la educación y la recreación). Si el bosque alimentario se gestiona adecuadamente y se estimulan los ecosistemas, podemos afirmar que estamos caminando hacia procesos sostenibles que podrían llegar a ser en un futuro procesos regenerativos.

### Principios ecológicos la base del diseño

Los elementos ecológicos que influyen en la productividad y los resultados ecológicos de los ecosistemas forestales alimentarios son el clima, la estructura del bosque, la luz solar, el agua, el viento, el suelo, el ciclo de los nutrientes, los hongos, las interacciones con los animales beneficiosos, la sucesión, el uso de plantas nativas o exóticas, el uso de plantas fijadoras de nitrógeno, el tiempo de crecimiento y el tiempo de cosecha (Limareva, 2014). Cada aspecto es importante y será considerado posteriormente en el presente diseño. Sin

embargo, en los siguientes párrafos, solo se desarrollaran los principales de forma introductoria y referencial.

### Gestión de la sucesión

La principal diferencia entre un ecosistema forestal alimentario y un ecosistema natural son las capas de su dosel. En un ecosistema natural, el dosel eventualmente se cierra cuando el bosque alcance su etapa de madurez. Sin embargo, un bosque alimenticio se maneja de tal manera que el dosel está abierto para dejar pasar la luz del sol. Es así que el bosque se puede mantener en una etapa de sucesión intermedia, considerada como la más productiva.

Un ecosistema puede tardar muchos años en manifestar un proceso de sucesión natural. En un bosque alimenticio se realizan ajustes en los procesos de sucesión, reemplazando las especies no productivas por las productivas y especies que promueven la restauración de la red alimentaria del suelo (Limareva, 2014)

En la naturaleza, la sucesión tiene lugar cuando la tierra desnuda es colonizada por ciertos tipos de gramíneas, hierbas y flores anuales. Estas plantas se denominan especies pioneras debido a su rápida colonización y su capacidad para colonizar suelos pobres. Cuando las especies pioneras (anuales) no son alteradas, pasan a ser dominadas y sombreadas por especies más altas, en su mayoría perennes (como los arbustos). Estas especies pioneras de vida corta preservan y restauran la fertilidad del suelo y hacen posible que crezca el bosque secundario.

El bosque secundario sufre varios ciclos, en los que la vida de las especies dominantes aumenta gradualmente, ciclos que pueden tomar 3-15-30 y hasta 80 años. Es así que el bosque secundario crea condiciones de suelo propicias para el crecimiento de especies forestales más longevas, que tienen un ciclo de aproximadamente 200 años.

La sucesión no es lineal, lo que significa que en cualquier etapa de la sucesión, las perturbaciones como el fuego, el viento, los rayos o las prácticas de labranza pueden hacer retroceder el proceso a una fase anterior de sucesión. La mayoría de los paisajes que conocemos hoy son mosaicos de muchas etapas de sucesión, a muchas escalas. Incluso en una comunidad de sucesión tardía, especies de otras fases sucesionales acechan en los márgenes.



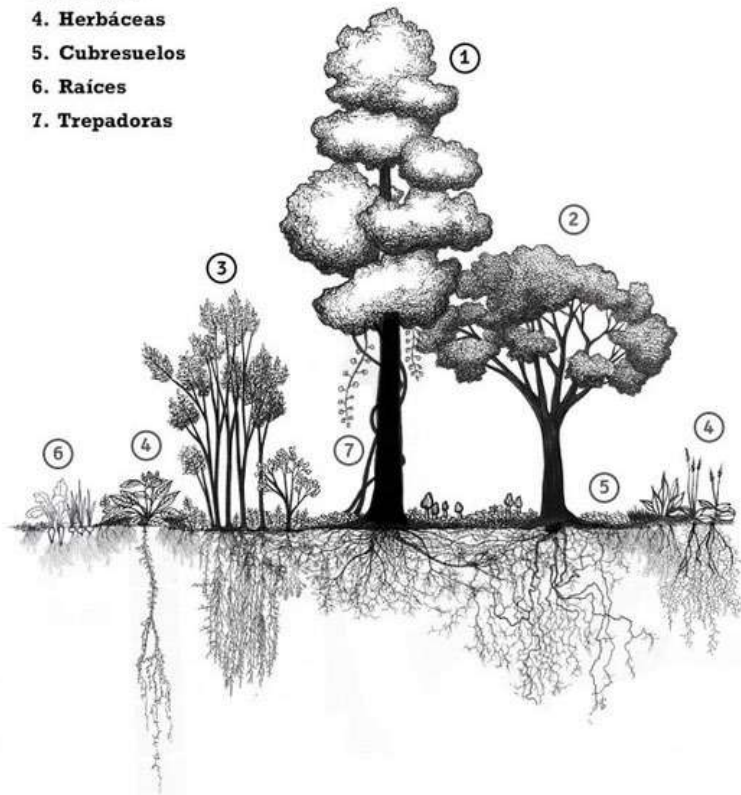


*Ilustración 1. Etapas de la sucesión de un bosque (Los Ecosistemas, Cambios Naturales, n.d.)*

### Las capas del bosque alimenticio

El bosque alimenticio es un sistema agroforestal de múltiples estratos que funciona con los principios de gestión de la sucesión. Como se describió anteriormente, se utilizan diferentes estratos y consorcios. Robert J. Hart fue el primero en describir las siete dimensiones de un bosque natural y usó este concepto para remodelar un pequeño huerto en un paisaje comestible. En el proceso, construyó el marco para la estructura moderna del bosque de alimentos, que se puede observar en diferentes diseños de bosques de alimentos en todo el mundo. Colocar capas en un bosque de alimentos es un aspecto importante. Las diferentes especies ocupan diferentes capas, donde cada capa interactúa entre sí.

1. Árboles grandes
2. Árboles pequeños
3. Arbustos
4. Herbáceas
5. Cubresuelos
6. Raíces
7. Trepadoras



*Ilustración 2. Capas del bosque alimenticio ("El Bosque Comestible," 2018)*

1. La capa de árboles del piso superior, también llamada capa de dosel, incluye árboles clímax. Esta capa incluye árboles con alrededor de nueve metros de altura, en su mayoría árboles de nueces y frutales o árboles fijadores de nitrógeno.
2. La capa de árboles del sotobosque o la capa inferior de árboles incluye árboles con entre 3 y 5 metros de altura, que son en su mayoría pequeños árboles frutales y de nueces sobre raíces enanas, como manzanas, cítricos, portón, etc.
3. La capa de arbustos incluye bayas, frutas, nueces, arbustos medicinales y de flores.
4. La capa herbácea que consiste en plantas perennes sin tallos leñosos, tales como hierbas medicinales, vegetales y plantas forrajeras de abejas.
5. La capa de raíces se refiere a la rizósfera y está formada por tubérculos como patatas y jícamas.
6. La capa de cobertura del suelo cubre la superficie del suelo y llena el espacio restante en el suelo. De esta manera se protege el suelo y se evita el crecimiento de malezas. Esta capa incluye plantas comestibles, que se extienden horizontalmente.

7. La capa de trepadoras, es la capa vertical que consiste en enredaderas y plantas que trepan a los árboles. Dichos cultivos pueden ser taxo, granadillas, fréjoles.

Características del espacio

Ubicación

Localización Geográfica:

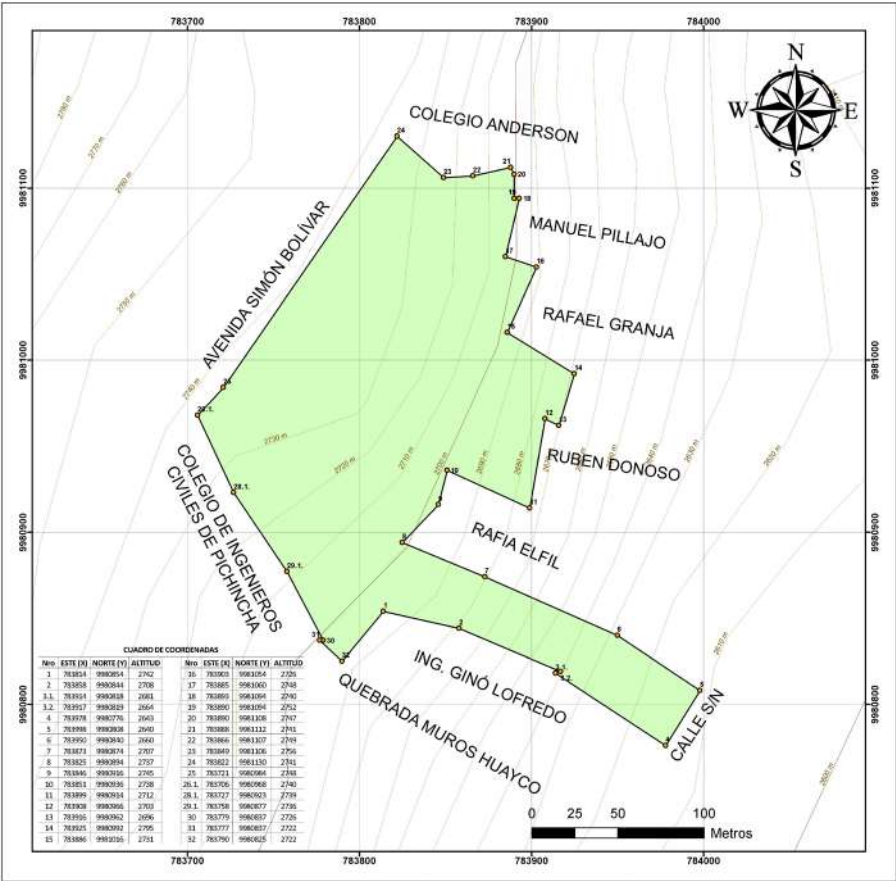


Ilustración 3 Planimetría del colegio con sus límites

El Predio en estudio, se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia Iñaquito, Sector Bosque Protector Bellavista, abarca una superficie de 4,14 Has, Y se encuentra dentro de las Coordenadas UTM y límites siguientes:

COORDENADAS UTM DATUM W84 -17 S		
Puntos	Norte	Este
NORTE	783721.00	9980984.00
ESTE	783998.00	9980808.00
SUR	783790.00	9980825.00
OESTE	783721.00	9980984.00

Límites de la propiedad	
Límites	Descripción
NORTE	Propiedad de Juan Pillajo en 164,91 m
ESTE	Propiedades particulares en 318,25 m.
SUR	Quebrada S/N en 176,80 m
OESTE	Av. Simón Bolívar en 321,90 m

Relieve

El sitio donde está situado el bosque tiene una topografía irregular con pendientes

comprendidas entre 20 y 40 % dándole a este relieve un carácter poco pronunciado en parte y pronunciado en otra parte; la altitud promedio es de 2.700 m.s.n.m.

#### Suelos

Según el mapa de Suelos de PRONAREG, el área en estudio está dentro del conjunto de suelos clasificados Taxonómicamente como (DURIUDOLL); también se aprecia suelos que se caracterizan por ser suelos limosos con presencia de arena muy fina, limosa y a veces con incremento de arcilla en profundidad, generalmente la cangagua con costras de carbonato, se encuentra a diferentes profundidades (20, 40, 60,70, 100 cm.). También está presente UDIC DURUSTOLL, en partes de menor pendiente se puede cultivar productos agrícolas; son suelos negros y pardos con pH. Aproximado de 6

#### Clima

Revisando el mapa ecológico de Quito, esta área pertenece al bosque húmedo Montano Bajo (bh MB), cuya características climáticas son:

#### Temperatura

De acuerdo al mapa ecológico, esta zona tiene un rango de temperatura media anual que va de 10,5 a 18,5 °C.

#### Precipitación

De acuerdo a los datos de la estación meteorológica activa más cercana (m024 - Quito INAMHI) la precipitación media anual es de 1080 mm. Por su altitud, la temperatura es considerable, por lo tanto la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,39 - 0,91.

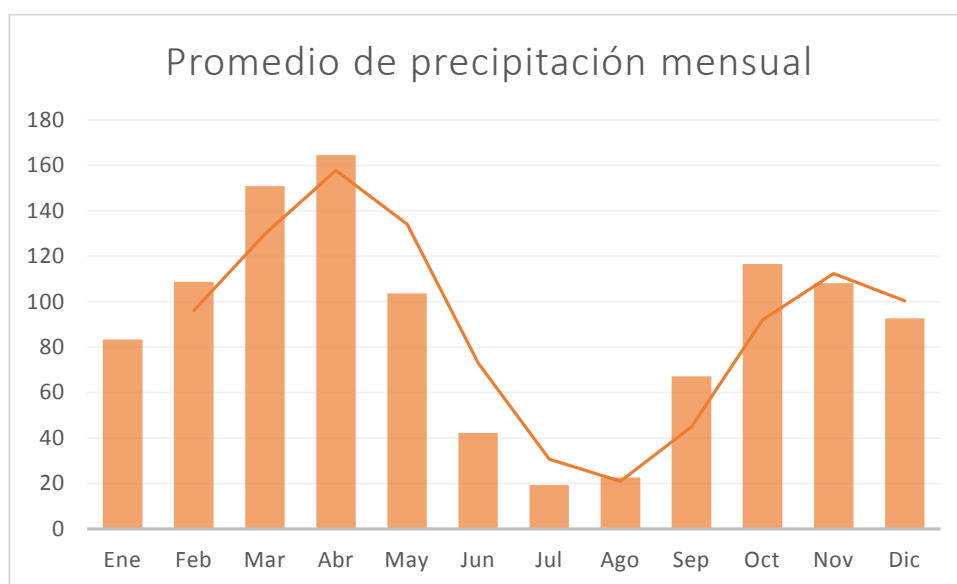


Tabla 1. Precipitación anual promedio estación M024 QUITO INAMHI

## Flora

De acuerdo a relatos de moradores de la zona en épocas pasadas se encontraba: Encinillo (*Weinmannia descendens*), Quina (*Cinchona sp.*), Romerillo (*Podocarpus sp.*) Cedro (*Cedrela montana*), Arrayan (*Eugenia sp.*) y Pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis*).

Durante los recorridos de evaluación a través de los lotes a ser intervenidos, ninguna de las antes mencionadas fue encontrada. Las plantas identificadas fueron:

- Chilca (*Baccharis salicifolia*)
- Lechero (*Euphorbia sp*)
- Guanto(*Datura sp*)
- Mosquera (*Croton menthodoros*)
- Uña de gato (*Mimosa albida*),
- Quique (*Hesperomeles sp*),
- *Silene coronaria*,
- *Tillandsia sp*,
- Salvia ( *Salvia sp.*)
- Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)
- Paja (*Stipa ichu*)

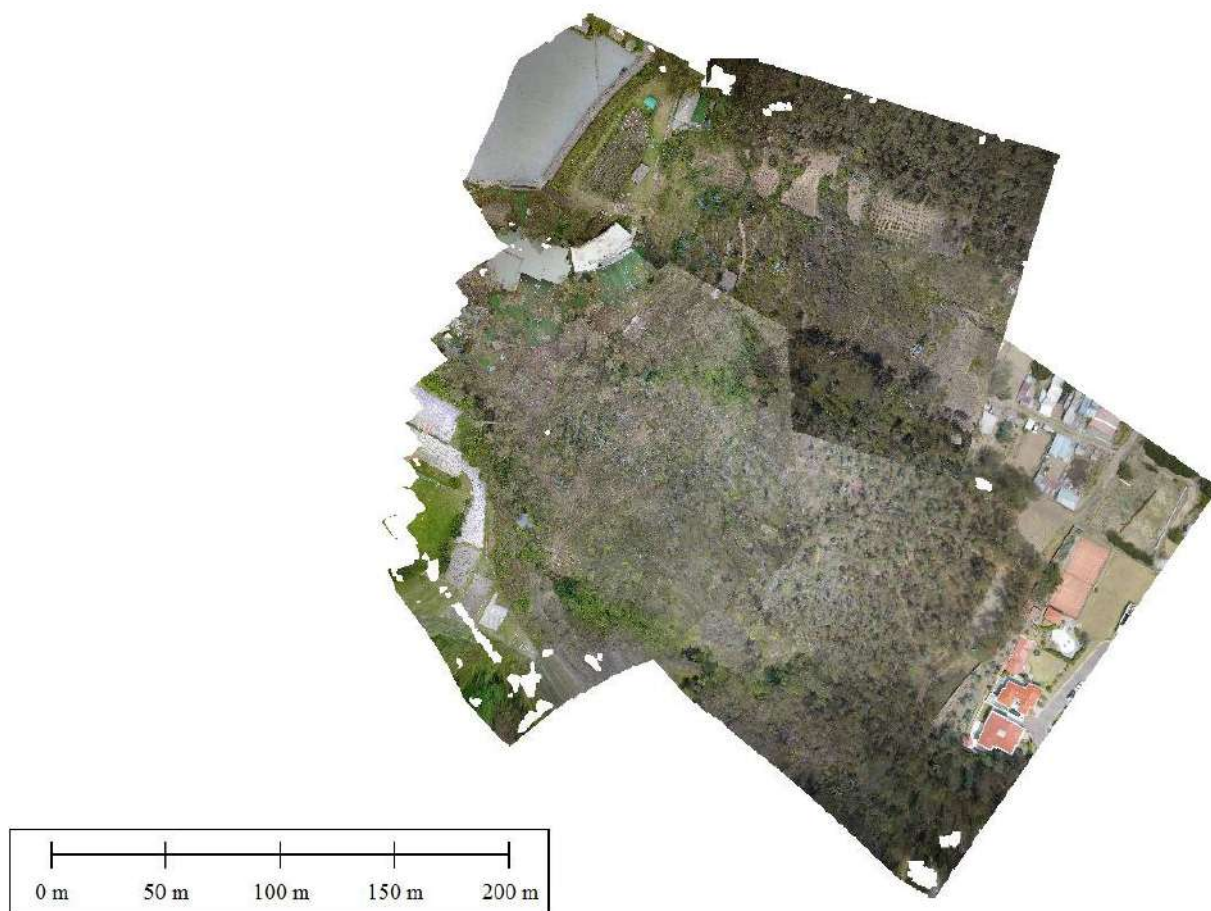
Además de especímenes de la familia de las Crassulaceae y Aquifoliaceae.

## Diseño

### Concepto del diseño

De acuerdo a los parámetros definidos existen 2 áreas específicas a ser diseñadas. La primera un área de bosque alimenticio con una dimensión de 0.5 ha y la segunda un bosque nativo forestal con una superficie de 0.5 ha.

Para la correcta definición de las áreas se realizaron varios recorridos por la propiedad tomando y demarcando puntos referentes en topografía y recursos, se recurrió también al uso de un drone, con el cual se tomaron fotografías de las posibles áreas a ser intervenidas y que con la ayuda de programas especializados se lograron obtener imágenes de alta calidad ortorectificadas y escaladas.



*Fotografía 1 Mosaico de ortofotografías del área a intervenir en el colegio*

A pesar de contar con la herramienta mencionada otra herramienta clave para la definición de áreas es el levantamiento topográfico, estudio del que el colegio carece. La falta de la información antes mencionada no permite tener claro las pendientes presentes en las áreas delimitadas obligando a depender mucho del trabajo en campo para ajustar tanto áreas y los diseños presentados a continuación.

Uno de los objetivos del diseño es la integración entre el trabajo de reforestación preexistente que se viene realizando dentro del Colegio Johannes Kepler y el plan de transformación de áreas exóticas a nativas desarrollado por el FONAG. Dentro de este contexto, uno de los parámetros firmemente puntualizados tanto por Pablo Ponce (Director del colegio) y de Piedad Viteri (encargada del área de gestión ambiental del colegio) fue el de integrar y valorar el trabajo realizado por el colegio en años previos además de enfocar la siembra de plantas nativas a lo largo de los senderos que atraviesan al colegio.

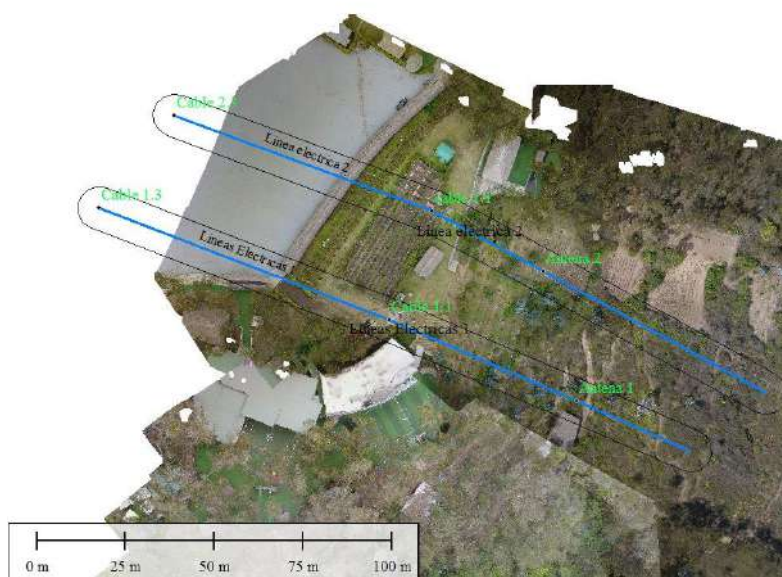




*Fotografía 2 Área de huerto y de terrazas*

Estos puntos bases involucraron en el diseño la integración de áreas como la huerta y el área de frutales cultivados. Por tales motivos la propuesta de bosques alimenticios se entrelaza con algunos conceptos del manejo agroecológico de cultivos buscando unificarlos en la propuesta.

Otra de las características importantes del predio es que es atravesado por antenas de alta tensión. Las áreas que se encuentran directamente debajo de las antenas han sido constantemente mantenidas para impedir el crecimiento de especies arbóreas que puedan convertirse en una amenaza todo esto de acuerdo al asesoramiento de miembros de la empresa de eléctrica Quito.



*Fotografía 3 Área de influencia de las antenas de alta tensión*

En las conversaciones antes mencionadas también se planteó la idea de utilizar estas áreas y convertirlas en un ejemplo de diseño de bosques alimenticios. También se incluyeron las visiones de

expansión de infraestructura del colegio en áreas de pendientes reducidas y el manejo de áreas cortafuegos como áreas de seguridad a tener en cuenta en las áreas vulnerables.

Otro de los conceptos fue el de integrar algunos de los eucaliptos como parte de la propuesta sucesional y de transición de los bosques diseñados. Buscando mantener una sensación de bosque establecido, importante dentro del concepto esencial del colegio (el bosque escuela), preocupación que fue compartida por autoridades del colegio e inclusive por padres de familia durante las evaluaciones en campo realizadas para el desarrollo del presente diseño.

Durante los recorridos también fue evidente la presencia de dos quebradas sobre las cuales el colegio se encuentra ubicado. Esto sumado a las pendientes inclinadas presentes en las áreas de intervención llama a definir estrategias claras sobre el control y prevención de la erosión en áreas claves que luego serán detalladas en el presente trabajo.

Finalmente también fue importante el establecer áreas de apilamiento de la madera cortada. Dichas áreas deben contar con facilidades de acceso, pendientes reducidas y áreas amplias que permitan el fácil manejo de la madera.

Todas las consideraciones anteriores llevaron a fragmentar el diseño en varias áreas a lo largo del predio del colegio, siendo el área dedicada al bosque nativo la de mayor fragmentación. Si bien este arreglo espacial no es característico de un bosque, el diseño propuesto se convertirá en una guía para seguir desarrollando el resto de espacios del colegio y en un futuro poder contar con un área de bosque definida e integrada. Lo que convierte a lo posteriormente desarrollado en este documento en las primeras etapas de un diseño mucho más extenso.

### Selección de plantas y marcos de plantación

Tal como fue descrito en el capítulo sobre las fases sucesionales, hemos creado una lista de plantas agrupadas por etapas de sucesión; Pioneras, Secundaria Temprana, Secundaria Tardía, Primaria. Las plantas sugeridas a continuación podrán ser intercaladas de acuerdo a su disponibilidad, los detalles sobre a cuáles de las plantas se debe dar mayor prioridad se desarrollara posteriormente.

Es importante entender que existe una falta de información sobre la asociación de plantas nativas y frutales; la investigación sobre este tema aún requiere mucho por desarrollar. Es por tal motivo que se propone probar diferentes árboles generadores de biomasa en combinación con árboles frutales, así como una variedad de arbustos, enredaderas y hierbas en diferentes ubicaciones. La evaluación y registro de su desarrollo como parte investigativa pedagógica del colegio podría conducir a una mejor comprensión de las plantas compañeras posiblemente beneficiosas, que se pueden reproducir de una manera más simplista a gran escala.

Por ahora, no fue fácil reducir el consorcio de especies a un simple conjunto de plantas, sabiendo al mismo tiempo que todas las funciones necesarias para crear un ecosistema resiliente son necesarias en el diseño, además de también la disponibilidad de plantas por parte del colegio; este fue también un tema clave ya que el colegio posee algunos vínculos con varios viveros además de estar involucrado en varios procesos de reforestación a lo largo de la ciudad.

El objetivo enfatizado por Pablo Pozo fue el de crear un ejemplo de manejo de bosques nativos y comestibles para toda Latinoamérica. Para llegar a serlo queda por delante un camino de recopilación de experiencias sobre los distintos procesos involucrados en la implementación del presente diseño, siendo la investigación sobre asociación de plantas una de ellas.

En los siguientes cuadros los marcos de plantación fueron organizados de acuerdo a sus colores, fases sucesionales y el área donde se recomienda implementarlo.

Fase sucesional	Codificación de color	Marco de plantación
Pionera	Amarillo	De acuerdo al cultivo
Secundaria Temprana	Naranja	2 x 2 m
Secundaria Tardía	Verde	4 x 4 m
Primaria	Rosado	8 x 8 m

Tabla 2 Marco de plantación de acuerdo a fases sucesionales en el marco de plantación 8x8

Los marcos de plantación con las fases antes descritas serán implementados en las siguientes áreas:

Áreas de implementación	
Zona de diseño	Subdivisión
Nativo	Camino 1
	Camino 2
	Agregado nativo
	Área baja

Tabla 3 Áreas que implementan el marco de plantación 8x8

También se propone la modificación del marco de plantación antes mencionado de acuerdo al uso y aprovechamiento de las áreas en el diseño.

Fase sucesional	Codificación de color	Marco de plantación
Pionera	Amarillo	De acuerdo al cultivo
Secundaria Temprana	Naranja	2.5 x 2.5 m
Secundaria Tardía	Verde	5 x 5 m

Tabla 4 Fases sucesionales y marco de plantación 5x5

Las modificaciones buscan dar mayor espacio y entrada de luz a las capas inferiores del bosque para de esta manera dedicar mayor espacio a la producción de vegetales permitiendo el fácil acceso además de apareamiento espontaneo de otras plantas no planificadas en el diseño.

Áreas de implementación	
Zona de diseño	Subdivisión
Alimenticio	Bosque enano
	Terrazas
	Huerto
Nativo	Borde de quebradilla
	Control de erosión
	Quebrada principal

Tabla 5 Áreas con el marco de plantación 5x5

Otra de las características del nuevo marco de plantación es que no contempla la siembra de plantas primarias, esto debido a que las áreas enunciadas se pretenden dar mayor importancia a plantas de crecimiento medio y de rápida instauración.

A continuación se describe a detalle el manejo de cada una de las áreas a ser intervenidas

### Definición de áreas

El diseño fue definido por dos grandes áreas; La zona alimenticia frutal y el área de nativas



*Fotografía 4 Área alimenticia y sus subdivisiones*





Fotografía 5 Área de nativos y sus subdivisiones

Cada una de las áreas propuestas fue dividida en las siguientes áreas:

Áreas de implementación		
Zona de diseño	Subdivisión	Superficies (m2)
Alimenticio	Bosque Enano	2325
	Área de terraza	1327
	Área de huerta	1348
Nativo	Borde de Quebradilla	855
	Camino 1	554
	Camino 2	1060
	Control de erosión	288
	Agregado nativo	582
	Nativo bajo	928
	Quebrada principal	736

Tabla 6 Descripción de áreas y superficies

Las áreas representadas en la tabla no incluyen estructuras tales como aulas bodegas y bases de los cables de alta tensión. Las subdivisiones fueron realizadas con el objetivo de detallar el manejo a realizarse en cada una de las áreas.

## Detalle del manejo por áreas

### Zona Alimenticia

Dividida en 3 grandes zonas se caracteriza por estar ubicada debajo de las líneas de alta tensión y por tener instaurado un manejo enfocado en la producción agrícola. El objetivo principal en esta área será el de mantener el trabajo que se viene realizando complementándolo con árboles y arbustos de pequeño tamaño. Las estrategias de manejo más importantes a ser desarrolladas en esta área son la utilización de árboles injertos y el de las podas constantes. Con esto se busca mantener un tamaño bajo de las plantas además de así generar un flujo de biomasa constante que pueda ser reincorporado en el suelo mejorando las condiciones del sistema, fertilidad de los suelos y producción.

### Bosque enano

Denominado como tal por el tamaño de los árboles consecuencia de las estrategias de manejo tales como podas e injertos, todas ellas asegurando el tamaño pequeño de los árboles y arbustos plantas además de proveer una fuente constante de biomasa.



*Fotografía 6 Área de bosques enanos con el marco de cultivo propuesto*

Tal y como se explicó previamente (Tabla 4 y Tabla 5) el bosque enano plantea un marco de 5 x 5, buscando de esta manera permitir la entrada de luz a las partes inferiores del bosque logrando así convertir al área inferior en un área productiva. Es importante recordar que esta área será plantada trazando curvas de nivel. Por lo que los gráficos son referenciales al no contar con la topografía del espacio. Las correcciones en campo determinaran los trazos sobre los que los árboles se sembraran también modificando el número final de árboles puesto en campo.





Fotografía 7 Árboles de plantación 5x5

A continuación se presentan una lista de plantas que pueden ser sembradas en la configuración descrita. En el momento de la siembra se recomienda sembrar alternadamente una planta nativa, junto con una comestible y una fijadora de nitrógeno (Fabaceae o Caesalpinaceae). Pudiendo encontrarse sembrados árboles frutales de forma contigua.

Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Origen	Aprovechamiento
LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	Aguacate		
ROSACEAE	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Cerote	Nativa	Comestible
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i>	Cholán	Nativa	
SOLANACEAE	<i>Datura spp.</i>	Guanto, floripondio		
MIMOSACEAE	<i>Mimosa quitensis</i>	Guaranga de Quito, algarrobo	Nativa	Comestible
CAESALPINACEAE	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Guarango, Tara		
MYRICACEAE	<i>Morella pubescens</i>	Laurel de cera		
RUTACEAE	<i>Citrus × meyeri</i>	Limón meyer		Comestible
FABACEAE	<i>Erithrina edulis</i>	Porotón	Nativa	Comestible
ROSACEAE	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Pujín	Nativa	
ELAEocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	Sacha capulí	Nativa	
ADOXACEAE	<i>Sambucus nigra</i>	Tilo		

BIGNONIACEAE	<i>Delostoma integrifolium</i>	Yalomán	Nativa
POLYGALACEAE	<i>Monnina crassifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Piza	Nativa
ONAGRACEAE	<i>Fuchsia steyermarkii</i>	Fuccia	Nativa
CAMPANULACEAE	<i>Centropogon erythraeus</i>	Chigua	Nativa
MORACEAE	<i>Ficus carica</i>	Higo	Comestible

Tabla 7 Plantas a sembrar en el marco 5 x 5



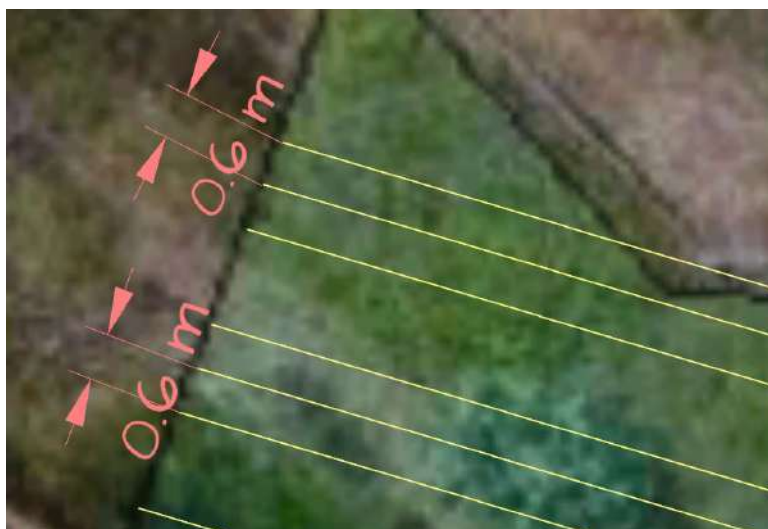
Fotografía 8 Árboles y arbustos en el marco 2.5 x 2.5

Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Estrato	Fase sucesional	Aprovechamiento
ASTERACEAE	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Medio	Secundaria temprana	
FABACEAE	<i>Dalea mutisii</i>	Izo	Bajo	Secundaria temprana	
FABACEAE	<i>Senna spp.</i>	Llinllin	Medio	Secundaria temprana	
ASTERACEAE	<i>Ambrosia arborescens</i>	Marco, altamisa, artemisia	Medio	Secundaria temprana	
EUPHORBIACEAE	<i>Croton menthodoros</i>	Mosquera	Medio	Secundaria temprana	
FABACEAE	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama amarilla	Medio	Secundaria temprana	
SOLANACEAE	<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de árbol	Medio	Secundaria temprana	Comestible

FABACEAE	<i>Psoralea mutisii</i>	Trinitaria	Medio	Secundaria temprana
MIMOSACEAE	<i>Mimosa albida</i>	Uña de gato, mimosa	Bajo	Secundaria temprana

Tabla 8 Árboles y arbustos a sembrar en el marco de plantación 2.5 x 2.5

En este marco de plantación la forma de siembra dan énfasis a la alternancia entre plantas sin importar el tipo de plantas que estas sean



Fotografía 9 Líneas de cultivos entre árboles y arbustos

Las líneas de cultivos tienen un espacio de 0.6 m entre cada uno pudiendo ser utilizadas en esta configuración diversas hortalizas o inclusive realizar camas de cultivos para las mismas.

Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Estrato	Fase sucesional	Aprovechamiento
FABACEAE	<i>Pisium sativum</i>	Alverja	Bajo	Pioneras	Comestible
FABACEAE	<i>Lupinus pubescens</i>	Ashpa chocho, sachachocho	Bajo	Pioneras	Comestible
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus quitensis</i>	Ataco, bledo	Alto	Pioneras	Comestible
FABACEAE	<i>Lupinus mutabilis</i>	Chocho	Alto	Pioneras	Comestible
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia papillosa</i>	Colca de Quito	Medio	Pioneras	
FABACEAE	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fréjol torta	Bajo	Pioneras	
FABACEAE	<i>Vicia faba</i>	Haba	Medio	Pioneras	Comestible
ASTERACEAE	<i>Smallanthus sonchifolia</i>	Jícama, yacón	Alto	Pioneras	Comestible
POACEAE	<i>Zea mais</i>	Maíz	Emergente	Pioneras	Comestible
FABACEAE	<i>Vicia sativa</i>	Vicia	Bajo	Pioneras	
CUCURBITACEAE	<i>Cucurbita ficifolia</i>	Zambo	Bajo	Pioneras	Comestible

FABACEAE	<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	Bajo	Pioneras
SCROPHULARIACEAE	<i>Calceolaria crenata</i> Lam.	Zapatitos	Bajo	Pioneras

*Tabla 9 Plantas sugeridas a ser utilizadas en las líneas de cultivos 0.6 x 0.6 m*

En el caso de las plantas a ser utilizadas en esta configuración se recomienda ampliar la selección de acuerdo a los calendarios de siembra y a los intereses de siembra de plantas comestibles. Es importante que debe existir al menos una fila por cada tres líneas sembradas para la producción de biomasa, en esas líneas se puede utilizar Vicia una mezcla de semillas de vicia, chocho, trébol y frejol torta. Todas ellas serán utilizadas como mulch y permitir la recirculación de cultivos y la cobertura del suelo

También se debe considerar en el ciclo de rotación de cultivos la siembra de abonos verdes una vez al año de esta manera podrán ser reincorporados al suelo e incrementar la fertilidad de todas las plantas en el sistema.

### Área de terrazas

Existen dos características importantes en el área mencionada, la primera es que existen terrazas instauradas en el área además de frutales sembrados hace aproximadamente 1 año.

Por tal motivo se va a dar mayor importancia a aquellos árboles frutales instaurados, reemplazando solo aquellos en peor estado.

La forma de siembra en este caso es de tres bolillo lo que busca acomodar arboles entre el resto de árboles.



*Fotografía 10 Distribución de 3 bolillo en el marco 5x5 con distintos colores diferenciando árboles nativos, fijadores de nitrógeno y frutales.*

En este caso se mantienen los mismos cultivos antes mencionados en las tablas 7,8 y 9. Para cada uno de los marcos de siembra.



### Área de Huerta

El área de la huerta al ya encontrarse utilizada por camas de cultivos de hortalizas se propone la formación de una cerca contra corta viento (24 Cipreses podados o eugenias de cerca), frutales que acompañen los contornos de la huerta y con poco copas ligeras que permitan el paso de la luz y no generen sombra sobre los cultivos (22 chamburo y tomate de árbol) y finalmente alrededor la siembra de árboles atractores de polinizadores diversos (10 cepillos, fuccias, tilo, cucarda).



*Fotografía 11 Diseño del área de la huerta*

### Zona de nativas

El área de nativas acompaña los caminos que atraviesan el cultivo de árboles de eucalipto, por lo que se propone realizar la inversión para luego ser expandida en el resto de áreas del

colegio. Existen 7 zonas divididas cada una con un manejo particular. A continuación se detalla el manejo de cada una

#### Borde de quebradilla

Al encontrarse bordeando la zona de la quebradilla la estrategia de manejo será la limpieza y clareo de la zona ubicando de esta manera aquellas plantas primarias y secundarias ya instauradas y en las zonas despejadas sembrando asociaciones correspondientes al marco de plantación 5x5. Esto debido a que lo que se busca al intervenir en quebradas es permitir la implantación de aquellas especies con capacidad de desarrollo radicular rápido. Se recomienda solo el uso de plantas nativas.



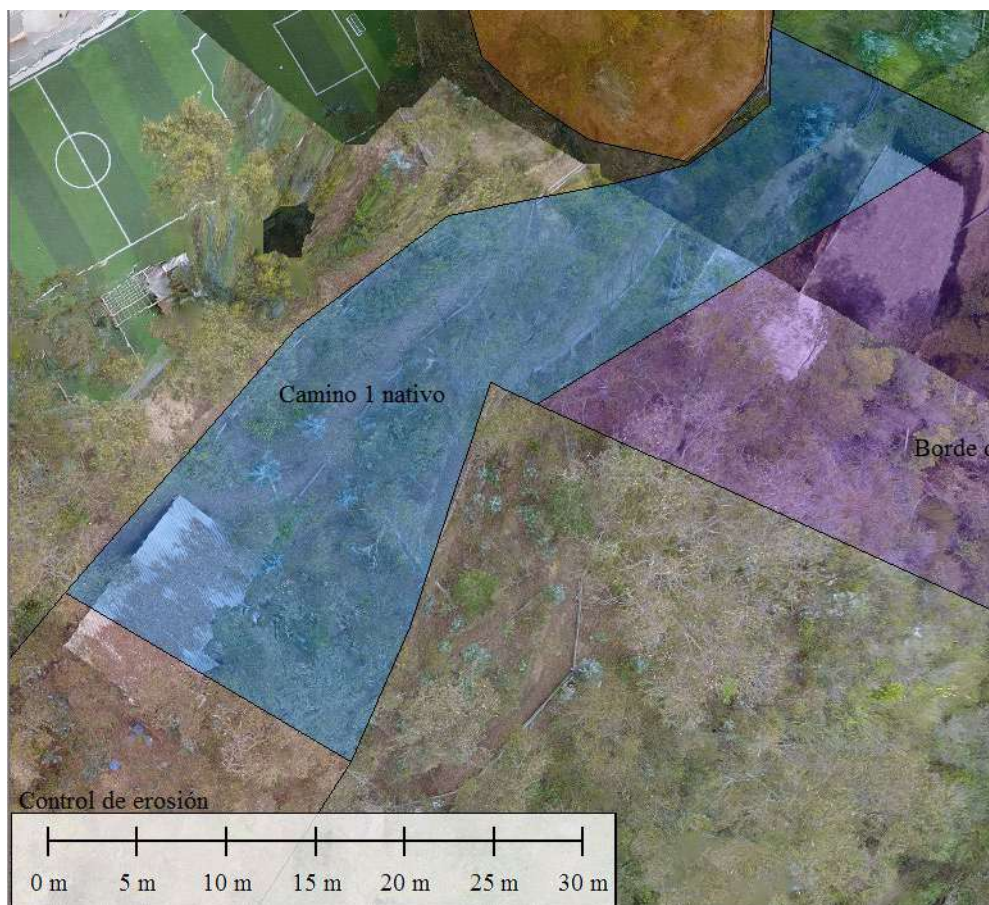
*Fotografía 12 Área de borde de Quebradilla*

#### Camino 1 y 2

El área que acompaña a los caminos, es un franja delgada que conecta y cruza por toda la parte superior de las quebradas, fue seleccionada para poder mostrar a quienes caminen por el sendero el proceso de sucesión y conversión de un bosque de árboles eucaliptos.

En esta área se utilizara el marco de plantación 8 x 8 m.



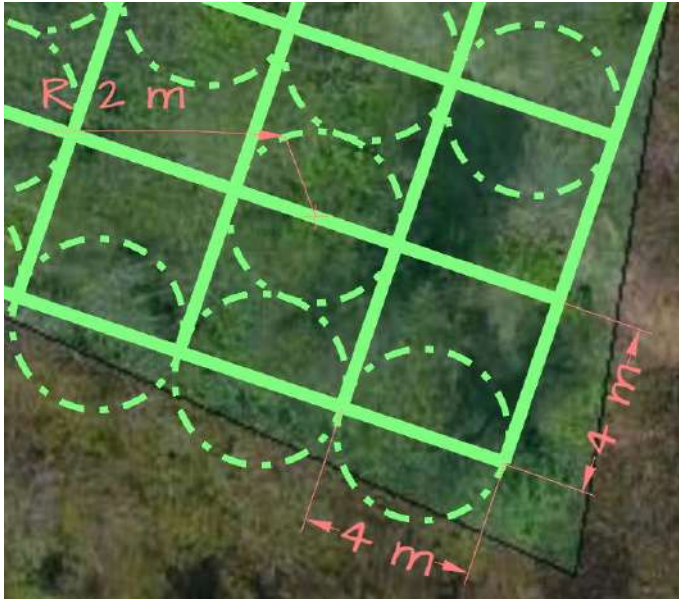


Fotografía 13 Área de borde de camino 1



Fotografía 14 Área de borde de camino 2





Fotografía 15 Marco de plantación 4x4



Fotografía 16 Marco de plantación 2x2



Fotografía 17 Marco de plantación 8x8



Fotografía 18 Líneas intercultivo de árboles y arbustos

A más de modificar el marco de plantación con respecto a las áreas previas vamos a introducir también plantas de gran tamaño o primarias. Es importante recordar, como se ha mencionado previamente, todo aquel árbol de eucalipto con un diámetro superior a los 10 cm será conservado como parte de la transición, siempre y cuando estos se encuentren ubicados en el marco de plantación mencionado. A continuación el detalle las plantas nativas.

Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Estrato	Fase sucesional
MYRTACEAE	<i>Myrcianthes spp.</i>	Arrayán, huila	Medio	Primarias
MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i>	Cedro andino	Alto Emergente	Primarias
BUDDLEJACEAE	<i>Buddleja bullata</i>	Quisuar	Medio	Primarias
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus spp</i>	Romerillo	Alto	Primarias

Tabla 10 Plantas nativas a ser sembradas en el marco 8x8

Con respecto al marco de plantación 4 x 4 se utilizaran solo plantas nativas, permitiendo así cumplir con el objetivo de conversión del bosque. A continuación una lista de las plantas a ser sembradas en este marco

Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Estrato	Fase sucesional
BETULACEAE	<i>Alnus acumiata</i>	Aliso	Alto	Secundaria tardía
ROSACEAE	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Cerote	Bajo	Secundaria tardía
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i>	Cholán	Medio	Secundaria tardía
FABACEAE	<i>Inga insignis</i>	Guaba	Alto	Secundaria tardía
MIMOSACEAE	<i>Mimosa quitensis</i>	Guaranga de Quito, algarrobo	Medio	Secundaria tardía
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia laurifolia</i>	Lechero	Medio	Secundaria tardía
FABACEAE	<i>Erithrina edulis</i>	Porotón	Medio	Secundaria tardía
ROSACEAE	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Pujín	Medio	Secundaria tardía
ARALIACEAE	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Pumamaki	Alto	Secundaria tardía
ELAEOCARPACEAE	<i>Vallea stipularis</i>	Sacha capulí	Medio	Secundaria tardía
BIGNONIACEAE	<i>Delostoma integrifolium</i>	Yalomán	Medio	Secundaria tardía

POLYGALACEAE	<i>Monnina crassifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Piza	Medio	Secundaria tardía
ONAGRACEAE	<i>Fuchsia steyermarkii</i>	Fuccia	Medio	Secundaria tardía
CAMPANULACEAE	<i>Centropogon erythraeus</i>	Chigua	Medio	Secundaria tardía

Tabla 11 Plantas nativas a ser sembradas en el marco 4x4

Para aquellas plantas secundarias tempranas, se han seleccionado tanto nativas como introducidas. El objetivo de la siembra de estas es el de dar soporte a las secundarias tardías y primarias por lo que en el plan de manejo a posterior las mismas irán siendo raleadas e incorporadas en el suelo.

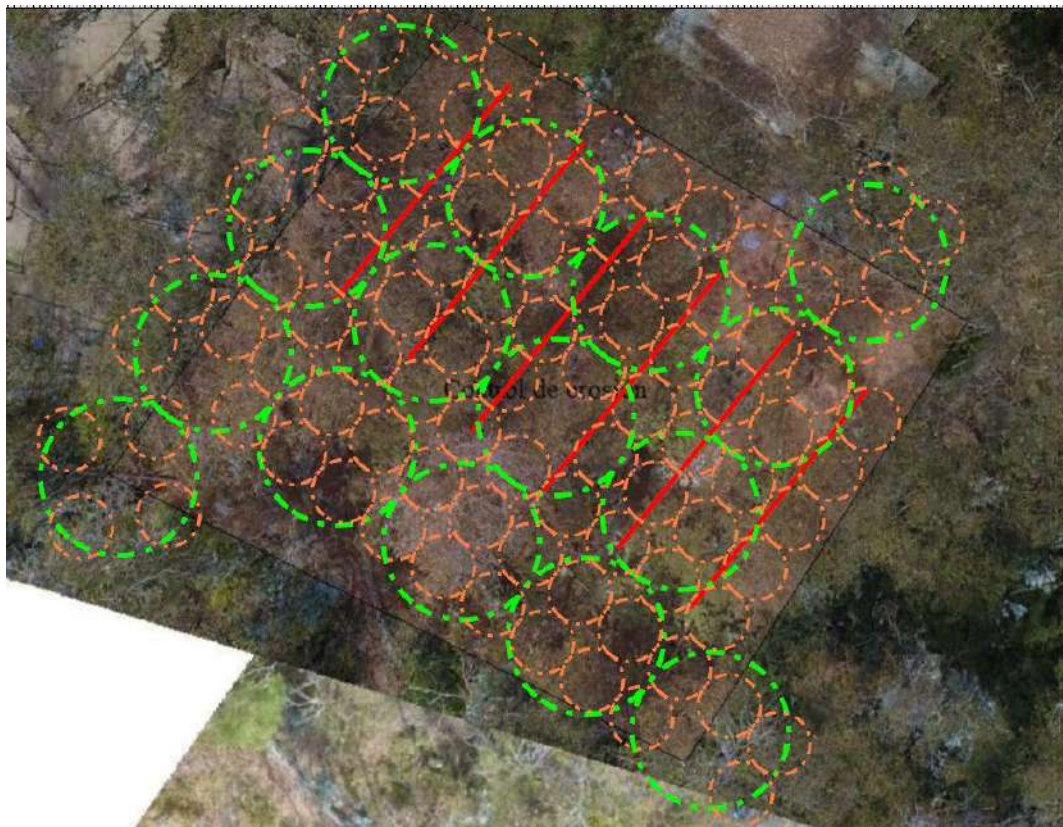
Familia botánica	Nombre botánico	Nombre común	Estrato	Fase sucesional
CARICACEAE	<i>Vasconcellea pubescens</i>	Chamburo, chigualcán	Emergente	Secundaria temprana
ASTERACEAE	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Medio	Secundaria temprana
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Emergente	Secundaria temprana
FABACEAE	<i>Dalea mutisii</i>	Izo	Bajo	Secundaria temprana
FABACEAE	<i>Senna spp.</i>	Llinllin	Medio	Secundaria temprana
ASTERACEAE	<i>Ambrosia arborescens</i>	Marco, altamisa, artemisia	Medio	Secundaria temprana
EUPHORBIACEAE	<i>Croton menthodoros</i>	Mosquera	Medio	Secundaria temprana
FABACEAE	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama amarilla	Medio	Secundaria temprana
SOLANACEAE	<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de árbol	Medio	Secundaria temprana
FABACEAE	<i>Psoralea mutisii</i>	Trinitaria	Medio	Secundaria temprana
MIMOSACEAE	<i>Mimosa albida</i>	Uña de gato, mimosa	Bajo	Secundaria temprana
SOLANACEAE	<i>Physalis peruviana</i>	Uvilla	Alto	Secundaria temprana

Tabla 12 Plantas a ser sembradas en el marco 2x2

Finalmente para aquellas plantas que cumplen un papel de soporte como las pioneras se repiten aquellas mencionadas en la Tabla 9, la única variante es el cambio en el marco de cultivo, siendo este 0.5 m x 0.5 m. Esto se debe a que el objetivo de estas plantas es dar sostén al resto que se encuentran creciendo por lo que son condensadas para luego ser incorporadas en forma de mulch o de abonos verdes. El manejo es similar al presentado en marco de cultivo 0.6 x 0.6 m



## Control de erosión



*Fotografía 19 Área del control de erosión con el marco de plantación 5 x 5 y líneas rojas que simbolizan el control de la erosión*

Con respecto al área de control de erosión, en esta se encuentra la cabecera de una quebrada. Por lo que se propone el uso de medidas de control de erosión acompañadas de la siembra de especies de rápido crecimiento para dar soporte al suelo. El marco de plantación a utilizar será el mismo planteado para el bosque enano con la diferencia en las líneas de cultivo. Se recomienda introducir plantas de cobertura para la generación de biomasa.

Con respecto al control de erosión se recomienda la creación de estructuras de retención, que utilicen la propia madera disponible de los raleos hechos en las áreas de intervención. En campo se trazaran los contornos por los que dichas estructuras de retención deben ser colocadas y se estima que la separación entre ellas será en un inicio de 3 m pudiendo llegar a extenderse a 5 m.

A continuación un esquema sobre la forma de construcción de estos pequeños muros de retención de suelo.

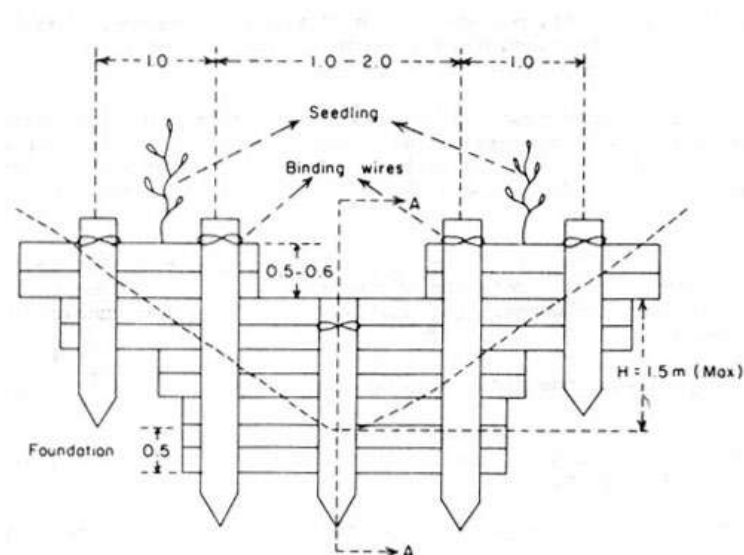


Ilustración 4 Esquema de construcción de los muros de retención de suelo



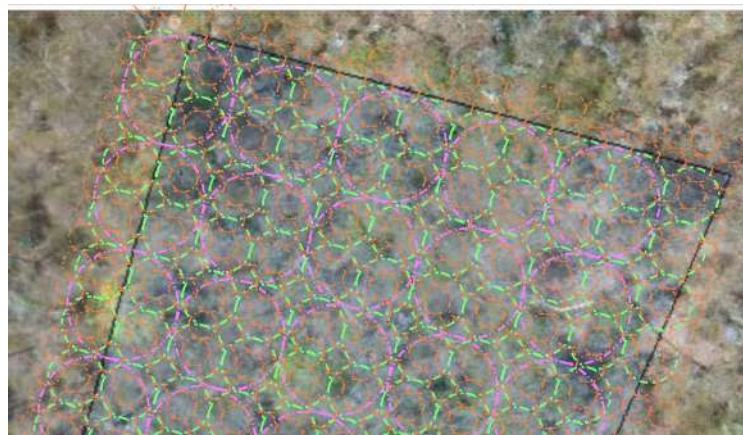
Fotografía 20 Adaptación en campo de los muros de retención con el material disponible en campo

### Agregado nativo

El área del agregado nativo sigue las mismas características y recomendaciones de manejo que aquel descrito para las áreas de los caminos 1 y 2



Fotografía 21 Área agregado nativo



Fotografía 22 Marco de cultivo en el área del agregado nativo

### Nativo bajo

El área del nativo bajo tiene ciertas características que la diferencia del resto de áreas. Al ser el área expuesta directamente a la intervención humana es una de las áreas más susceptibles a ser consumidas por el fuego. Por tal motivo se propone la utilización de una franja cortafuegos. La franja en sí contempla dos franjas de 6 metros cada una, la primera y la de mayor exposición es en donde se limpia de cualquier material que pueda ser combustible para el fuego. Esta área empieza inmediatamente después de una cerca que evita el ingreso



a la propiedad. Luego viene una franja de 6 metros que posee un arreglo de siembra 0.6 x 0.6 similar al descrito en el bosque enano, con la diferencia que las especies utilizadas son rastreras de cobertura (frejol torta, mimosa, hierba mora, zambo). El objetivo de esta franja es no permitir que exista material de combustible para las llamas, los cultivos antes mencionados cubren y mantienen la humedad del suelo siendo una barrera importante contra el fuego.

Luego de las barreras antes mencionadas se ubica una franja que lleva las mismas características de cultivo que las mencionadas para las áreas de camino 1 y 2. Adicionalmente en la parte superior derecha del área se propone la instalación de un tanque de agua con el objetivo de regar las plantas que se encuentran en sembradas además de disponer de agua en caso de incendio.



*Fotografía 23 Área de nativo bajo y su diseño*

## Quebrada Principal

Finalmente el manejo de la quebrada principal será muy similar a aquel propuesto para el borde de la quebradilla. Esta área presenta una inclinación significativa por lo que se recomienda tomar medidas de seguridad correspondientes al momento de evaluar, ralear y sembrar en el área.



Fotografía 24 área de quebrada principal

## Número de plantas estimado

A continuación se presenta un estimado de las plantas a ser sembradas por cada área, los estimados fueron calculados para condiciones óptimas teniendo en cuenta que no se cuenta con el estudio topográfico. Es importante también resaltar como ya se ha mencionado previamente, que las plantas nativas primarias y secundarias tardías ya instauradas en las áreas definidas serán conservadas, además de aquellos árboles de eucaliptos con un diámetro mayor a los 10 cm que entren dentro del marco de plantación 8x8.

Todos estos números serán reajustados una vez que el proceso en campo comience.

Nombre área	Superficie m 2	Marco de plantación	# Árboles	Subtotales
Bosque Enano	2325	5*5	93	465
		2.5*2.5	372	
Área de terraza	1327	5*5	53	265
		2.5*2.5	212	
Área de huerta	1348			56
Borde de Quebradilla*	855	5*5	34	171
		2.5*2.5	137	
Camino 1	554	8*8	9	182
		4*4	35	
		2*2	138	
Camino 2	1060	8*8	17	348



		4*4	66	
		2*2	265	
Control de erosión*	288	5*5	12	58
		2.5*2.5	46	
Agregado nativo	582	8*8	9	
		4*4	36	191
		2*2	145	
Nativo bajo	928	8*8	14	
		4*4	58	304
		2*2	232	
Quebrada principal*	736	5*5	29	
		2.5*2.5	118	147
<b>2130</b>				
*Las estimados de los árboles a sembrar para las áreas marcadas solo serán confirmados una vez que se hayan realizado los trabajos de clareo y demarcación in situ, esto debido a las características únicas que cada una posee, sin embargo se deciden realizar los cálculos de árboles con el fin de contar un número base con el que poder contar				

*Tabla 13 Número de árboles estimados a ser sembrados*

## Áreas de descarga

Como hemos mencionado anteriormente uno de los objetivos dentro del diseño es el de establecer áreas de descarga de la madera cortada. Por tal motivo hemos ubicado dos áreas en la zona alta y baja del colegio. Las mismas se encuentran bien comunicadas y despejadas para poder acarrear la madera lo más seguro y cómodo posible, facilitando el trabajo y la seguridad de todos los involucrados. A continuación fotografías de las áreas circulares antes mencionadas.



*Fotografía 25 Áreas superior e inferior de descarga*

## Plan de implementación y estrategias de manejo

1. *Limpieza del sotobosque o estrato bajo de vegetación.* Con la ayuda de machetes, rastrillos y una desbrozadora, cortaremos y picaremos lo más pequeño posible toda la vegetación herbácea y arbustiva del estrato bajo del sotobosque de la plantación de eucalipto, que incluye *moras silvestres*, *espinos amarillos*, *mimosa*, entre otras especies. En esta fase puede ser muy útil, para acelerar los procesos biológicos del suelo, una picadora o trituradora de materiales de poda. A medida que vamos picando todo el material lo vamos a ir distribuyendo de forma homogénea por todo el terreno. En el caso de que existan algunas especies secundarias o primarias nativas de interés (por ejemplo, guabas, casantos, pumamakís o arrayanes), las dejaremos en su lugar, limpiando la vegetación a su alrededor y podándolas, en caso de ser necesario. En esta fase del proceso también es posible introducir animales herbívoros (como vacas, borregos, chivos o camélidos andinos) de forma controlada, para que nos ayuden a desbrozar el terreno y, al mismo tiempo, a fertilizarlo con su estiércol.
2. El siguiente paso será *ralear o cortar* todos los árboles de eucalipto pequeños (menores a 10 cm de diámetro), lo más cerca posible del suelo. Podemos aprovechar toda esta madera para hacer postes de un cerramiento, para construir infraestructuras o como leña. Si disponemos de una trituradora de ramas y materiales de poda (chipeadora), podemos triturar toda la madera de las ramas y troncos pequeños y distribuirla de forma homogénea para cubrir todo el suelo.
3. A continuación, *cortaremos los árboles de eucalipto más grandes que no se encuentren en los marcos de plantación adecuado* y los prepararemos para los diferentes usos que queramos darles como madera para construcción, leña, etc.
4. Luego procedemos a *balizar o marcar las líneas o áreas de siembra*. Con la ayuda estacas y el nivel en A vamos a ir marcando el patrón de siembras de acuerdo a nuestro diseño agroforestal. Por ejemplo, si vamos a sembrar una línea de frutales con aguacates y cítricos intercalados a 8 x 4 metros, marcaremos los aguacates (estrato medio) con una estaca larga (de 2 m) y los cítricos (estrato bajo) con una estaca pequeña (de 1 m). Entre cada línea de frutales, podemos sembrar una línea con especies de servicio o de soporte, donde colocaremos nuestra mezcla de semillas y, por ejemplo, un aliso o guaba, cada dos o tres metros. En este caso, también marcaríamos con estacas donde vamos a sembrar los alisos o guabas.
5. Dependiendo del estado de degradación del suelo, el siguiente paso será *aflojar el suelo* de las líneas o áreas de siembra (al menos 1 metro de ancho) y *fertilizarlo con abonos naturales*. Con la ayuda de un azadón vamos a ir aflojando el suelo, sin virar los horizontes del suelo, es decir manteniendo la misma estructura del suelo. Luego podemos “mejorar” el suelo, en función de sus características, aplicando diferentes abonos naturales como cal agrícola, cal dolomita, polvo de rocas, compost o abonos fermentados tipo bocashi, entre otros. Para facilitar el trabajo de incorporación de estos materiales, cuando el suelo está bastante suelto, podemos usar un motocultor con un arado superficial (*rotavator*) o una motoazada; si no disponemos de estos equipos lo haremos de forma manual, con la ayuda de azadones, palas y rastrillos. Finalmente cubriremos las líneas o



- áreas de siembra con abundante materia orgánica triturada.
6. A continuación, *sembraremos nuestros cultivos de ciclo corto* (maíz, fréjol, sambo, zapallo, chochos, habas, alverja, etc.) y/o *abonos verdes* en las líneas o áreas de siembra recién removidas. Si el suelo del área se encuentra en buenas condiciones podemos sembrar toda la parcela como si se tratara de un cultivo convencional, para obtener una buena cosecha e incorporar toda la materia orgánica resultante como abono verde, que contribuirá a mejorar las condiciones del suelo para el desarrollo de las especies secundarias de nuestro agroecosistema.
  7. Luego vamos a *sembrar las especies principales del sistema* (frutales, nativas, etc.) que marcamos con estacas previamente. Cuando sembramos plantas de vivero, realizaremos huecos de, al menos, el doble o el triple del tamaño de las raíces de la planta (50 \* 50 cm mínimo) que vamos a sembrar e incorporaremos una dosis extra de abonos naturales como compost, ceniza, polvo de roca, harina de hueso o de pescado, si disponemos de ellos, para “mimar” un poco a estas especies más delicadas.
  8. Finalmente vamos a *sembrar nuestra mezcla de semillas de soporte* o especies forestales y nativas de servicio, en función de nuestro diseño agroforestal, con el fin de incorporar la mayor densidad y biodiversidad posible en nuestro agroecosistema. Estas mezclas deben contener especies nativas o útiles adaptadas al lugar de todos los estratos posibles y de todas las fases sucesionales posibles (pioneras, secundarias y primarias).

Normalmente, las herramientas, maquinaria y equipos más utilizados para el manejo de nuestros sistemas agroforestales son: machetes, sierras manuales de poda, tijeras de poda, escaleras, motosierra pequeña, motoguadaña o desbrozadora, picadora de pasto o trituradora de materiales de poda (chipeadora) y, en sistemas más maduros, equipos de seguridad y protección personal como cascos, guantes, botas, gafas, cuerdas, arneses, mosquetones, etc.

#### Estrategia de manejo de la fertilidad del suelo

La vida en el suelo es esencial si se quiere pensar en tener una vida vegetal abundante, sin una abundante vida del suelo que sea capaz de suministrar de los elementos que las plantas requieren, ninguna técnica de plantación o de diseño podrá funcionar. Es por eso que a continuación enunciamos algunos puntos claves para mejorar la vida y la calidad de los suelos en las áreas a intervenir

- Incorporación de abonos; compostaje, fermentos sólidos y líquidos, humus
- En la base de cada árbol sembrado o en sus coronas, de ser posible, incorporar una ligera capa de ceniza de madera
- Utilización de mulch
- Integración de cultivos, árboles y arbustos que agregan nitrógeno, ejem Vicia, alfalfa,

chocho, haba, guaba, iso, porotón.

- Utilización de abonos verdes que mejoren el flujo del ciclo de nutrientes en el suelo
- Mantener la cubierta vegetal viva en todo momento (para las relaciones esenciales entre las enzimas de la raíz y bacterias en la red del suelo, además de proteger el suelo del sol directo, la lluvia, las heladas, la compactación)
- Definir una red de caminos eficiente para no compactar el suelo por el tráfico humano
- Se recomienda establecer un sistema de vermicompostaje con los residuos orgánicos del colegio, con ellos se pueden producir diversidad de bioabonos que pueden ser utilizados.
- Preparar y aplicar té / fermentos de compost

### *Mulching*

El mantillo o mulch es una cubierta orgánica hecha de materiales con alto contenido de carbono. Además de ser una estrategia de manejo de malezas, el mantillo proporciona un hábitat para insectos benéficos, modera la temperatura del suelo y proporciona el control de la erosión. Con el tiempo, los mantillos orgánicos mejorarán la calidad del suelo. A medida que se descomponen, se liberan nutrientes y la materia orgánica residual mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua. (Zribi, 2011)

Los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio están más disponibles para los árboles en sistemas con mantillo que en sistemas sin triturar.

Una de las consideraciones al cubrir con mantillo es que siempre debe mantenerse a una distancia de 20 a 30 cm de la base de los troncos de los árboles para reducir la probabilidad de enfermedades como la pudrición de la corona.

### *Fuentes de Mulch*

- La paja.
- Cartón reciclado
- El mantillo de hojas es un excelente constructor de suelo y supresor de malezas.
- El mantillo de corteza y ramas de árboles picados da un acabado limpio y es lo suficientemente pesado como para durar un año.
- Césped cortado.
- Las hojas de borraja o frejol torta pueden ser utilizadas también como abono verde.

### *Abonos verdes*

Son plantas con capacidad de adaptarse a diversos suelos y climas, de rápido crecimiento y alto poder de producción de material vegetativo. Se cultivan con el fin de proteger y recuperar el suelo. Se encuentran en forma natural como malezas en áreas no cultivadas. Las variedades que se recomiendan como abono verde son principalmente las plantas que pertenecen a la familia de las leguminosas. Estas plantas poseen una cualidad especial de formar nódulos en su raíz. Se alojan bacterias que tienen la capacidad de convivir con las

plantas aportándoles nitrógeno. Este lo toma del aire y lo fijan en el suelo, convirtiéndolo en nitrógeno aprovechable por cultivos que posteriormente se establezcan.

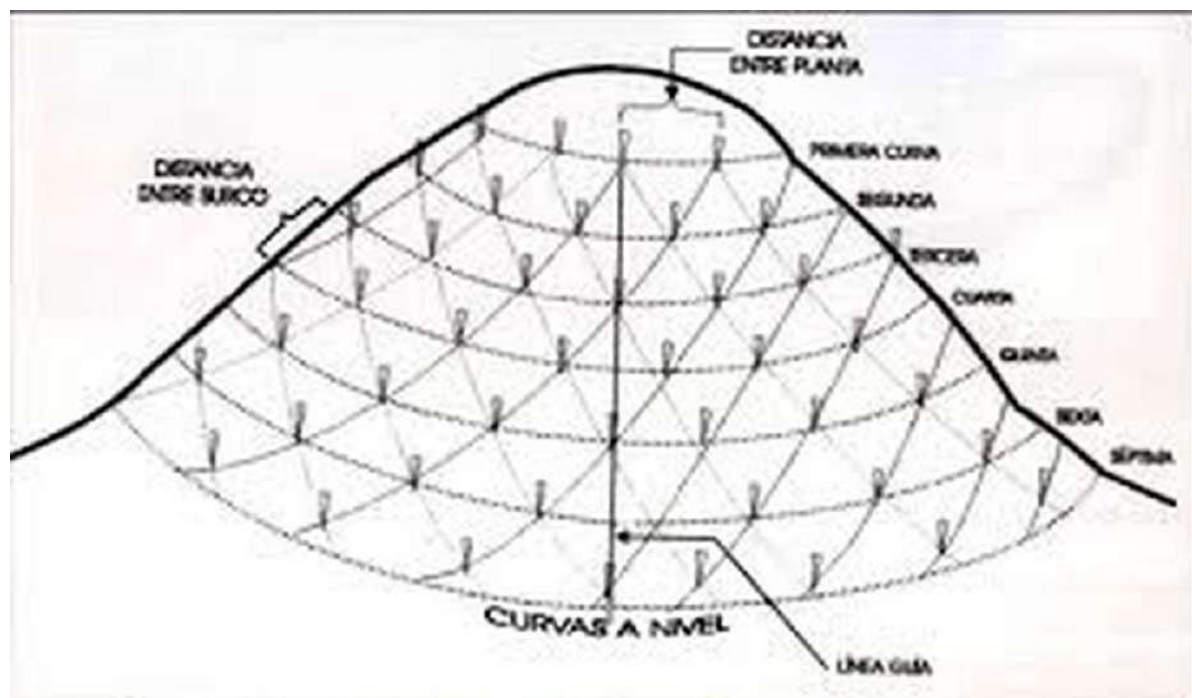
La técnica requiere que se cultive en el terreno solamente abono verde. Se aprovechan períodos de descanso del suelo, o en rotación de cultivos

Se recomienda cortar las plantas cuando está en floración de 90 a 100 días después de sembrado, en ese momento alcanzan su máximo contenido de nutrientes; en este caso el material vegetativo se utiliza como cobertura Mulch o para incorporar al suelo.

#### *Siembra al contorno o en curvas a nivel.*

También se le llama siembra en contra de la pendiente o siembra atravesada a la pendiente. Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5%.

La importancia de esta práctica es que al sembrar las hileras del cultivo en contra de la pendiente, las demás labores del cultivo como limpieza y aporques, se hace de la misma manera. Además, cada surco o hilera del cultivo se oponen al paso del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo, disminuyendo su velocidad, y así hay menos arrastre del suelo y nutrientes.



*Ilustración 5 Trazado de curvas de nivel en pendiente*

Una forma sencilla de hacer la siembra en contra de la pendiente del terreno es trazando en

el centro de la parcela una curva a nivel con el agro-nivel o nivel "A". Esta curva trazada será el surco o hilera madre que servirá de línea guía para trazar las demás hileras del cultivo paralelas a este surco madre, tanto hacia arriba como hacia abajo del terreno hasta que quede cubierta toda la parcela.

#### *Roza*

En la agricultura convencional, entendemos “rozar” como sinónimo de desbrozar, es decir, cortar toda la vegetación herbácea y arbustiva que se encuentra por debajo de nuestros cultivos permanentes o cuando eliminamos toda la vegetación de los estratos bajos de un lugar para implementar un cultivo de ciclo corto o anual. Esta tarea puede realizarse de forma manual con machete o con maquinaria liviana como una desbrozadora o motoguadaña.

En nuestro contexto, nos referimos a cortar un pasto u otras plantas herbáceas de servicio como coberturas y abonos verdes (fréjoles, gramíneas, etc.).

#### *Podas*

El manejo de los diferentes tipos de poda en los sistemas agroforestales sucesionales es quizás uno de los elementos más importantes que diferencia a este sistema de producción de otros métodos agroforestales o de la agricultura ecológica.

Las podas permiten la entrada de luz solar para que puedan desarrollarse los diferentes estratos de vegetación. Eliminando los individuos que ya han cumplido su función en el agroecosistema y podando periódicamente las especies de servicio y nuestros cultivos permanentes, logramos dinamizar todo el agroecosistema, acelerando los procesos de sucesión natural, regeneración natural y el reciclaje de nutrientes.

A través de la incorporación continua de la materia orgánica que obtenemos de las podas y las deshierbas al suelo, aceleramos el flujo de carbono y aportamos nutrientes al suelo, mejorando su estructura y fertilidad. Esto, además, provoca un estímulo positivo de crecimiento para todas las plantas que se encuentran alrededor y para el sistema en su conjunto.



En el caso de los eucaliptos, entre otras especies que seguirán rebrotando cada vez que las cortemos, realizamos un *raleo* (aclareo o corte selectivo) cada año, en el que vamos seleccionando los individuos más vigorosos y saludables, cortando los demás en la base, a ras de suelo. Como vimos en la estratificación recomendada para las especies emergentes, nuestro objetivo es que la densidad de los eucaliptos no supere el 20% del área. En la poda de raleo, normalmente eliminamos árboles y arbustos que presentan malformaciones o crecen torcidos, con copas muy anchas o superpuestas, que no se están desarrollando bien o están enfermos.

Para las especies frutales y de servicio normalmente realizamos *podas de formación, podas sanitarias, podas de producción y de estratificación*, entre otras.

Como hemos mencionado anteriormente las podas también son parte de la estrategia de reducción de tamaño, especialmente en el área de los alimenticios.

#### Ahoyado

Una vez rozado deberemos preparar el suelo para facilitar el arraigo y la primera etapa de desarrollo de la planta, es lo que se denomina “ahoyado”. Es bueno hacerlo con antelación, si puede ser dos meses antes de plantar, ya que con el tiempo mejoran las propiedades de la tierra. El hoyo deberá ser lo suficientemente profundo y ancho para proporcionar a la planta suficiente tierra removida que facilite el arraigo inicial y acumule la humedad necesaria para que las nuevas raíces se establezcan. Se recomienda que los hoyos de plantación tengan unas dimensiones de 50 x 50 x 50 cm y que la tierra extraída se devuelva al hoyo libre de piedras, raíces, palos, etc., procurando que esté lo más suelta posible.

#### Otros aspectos del diseño

##### Socialización

La propuesta dentro del presente documento se recomienda sea sociabilizada dentro de un programa de eco alfabetización a miembros de la comunidad circundante como a la propia comunidad del colegio (profesores, personal de mantenimiento y administrativo además de padres de familia).

Existe una falta de información sobre conceptos alrededor del manejo de bosques y de la restauración y regeneración a nivel generalizado, al tratarse de un colegio donde el diseño va a ser ejecutado se recomienda realizar talleres y campañas de información sobre la

propuesta de diseño. De tal manera que todo aquel que se vincule de una u otra forma con el colegio pueda convertirse en un embajador del trabajo que se va a realizar y se viene realizando en el mismo.

## Manejo y plan de monitoreo

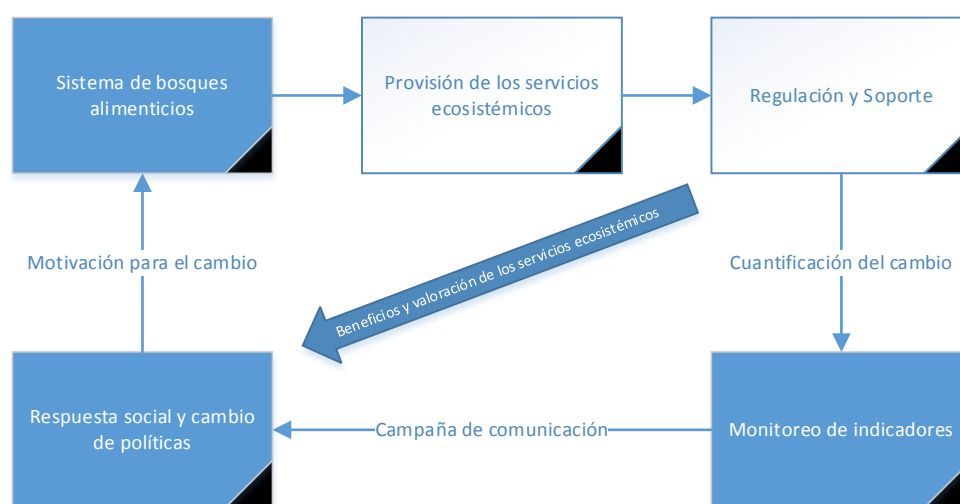


Figure 1 Marco conceptual simplificado de un sistema de monitoreo, evaluación de un sistema SAFS y sus implicaciones en el sistema local (Raabe, 2017)

## Medición de variables

Se enumeran dos grandes categorías de variables a ser evaluadas durante el desarrollo del sistema SAFS. Dichas variables fueron escogidas por su facilidad de implementación y obtención (Raabe, 2017).

### Secuestro de carbón

- Método de medición de biomasa de madera en la superficie para el secuestro de C.
- Método de pérdida de ignición para el carbono secuestrado debajo del suelo

### Enriquecimiento del suelo

- Método de secado al horno para densidad aparente y porosidad del suelo
- Método de infiltrómetro de anillo único para la medición de la tasa de infiltración del suelo
- Método de medidor de bolsillo de pH
- Método de cuadrantes para la evaluación de la estructura y composición de la vegetación
- Recuento e inventario de especies animales para la medición de diversidad funcional

### Producción

- Recuento de cultivos y cosechas producidas por las plantas comestibles

### Investigación

- Evaluación de asociaciones de plantas presentes dentro de las distintas áreas
- Caracterización y conteo de fauna presente en la zona

## Bibliografía

Food Forest business models

(Doomen, 2019)

Brang, P. (2014). *Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change*.

[https://www.researchgate.net/publication/265643123\\_Suitability\\_of\\_close-to-nature\\_silviculture\\_for\\_adapting\\_temperate\\_European\\_forests\\_to\\_climate\\_change](https://www.researchgate.net/publication/265643123_Suitability_of_close-to-nature_silviculture_for_adapting_temperate_European_forests_to_climate_change)

Cabezas, J. (2019). *Sistemas agroforestales sucesionales (SAFS) para la restauración ecológica de los bosques andinos*.

*Cambios naturales: Las sucesiones ecológicas—Los ecosistemas*. (n.d.). Retrieved November 18, 2020, from <https://sites.google.com/site/losecosistemas4b/home/05-cambios-naturales-las-sucesiones-ecologicas>

Doomen, R. (2019). *Food forest business models in the Netherlands – Project report*. 131.

El Bosque Comestible. (2018, August 31). *Huelemu*. <https://huelemu.org/el-bosque-comestible/>

Jacke, D., & Toensmeier, E. (2005). *Edible forest gardens*. Chelsea Green Pub. Co.

Limareva, A. (2014). *Ecological principles in natural temperate forest ecosystems relevant for productive food forests*. [http://www.rivendellvillage.org/Food\\_Forests\\_in\\_Temperate\\_Climate\\_Anastasia\\_Limareva.pdf](http://www.rivendellvillage.org/Food_Forests_in_Temperate_Climate_Anastasia_Limareva.pdf)

Raabe, J. (2017). *A food forest design process – for the showcase food forest “Den Food Bosch” on Bleijendijk, Vught (NL)*. 89.

Zribi, W. (2011). *Efectos Del Acolchado Sobre La Humedad, Temperatura, Estructura Y Salinidad De Suelos Agrícolas*. 107, 17.