

SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE OOPHAGA LEHMANNI  
EN ZONAS DE ALTO DETERIORO FORESTAL.

**CATALINA MOSQUERA VÈLEZ**

Universidad Icesi  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Diseño Industrial  
Santiago de Cali  
2014

**SISTEMA PARA LA RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE OOPHAGA LEHMANNI  
EN ZONAS DE ALTO DETERIORO FORESTAL.**

**CATALINA MOSQUERA VÈLEZ**

Proyecto de grado

Universidad Icesi  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Diseño Industrial  
Santiago de Cali  
2014

# Tabla de contenido

Lista de Ilustraciones .....	6
Lista de Anexos .....	6
Glosario y abreviaciones.....	7
Agradecimientos .....	9
Abstract .....	10
Introducción .....	11
Ficha técnica .....	12
Problema.....	12
Planteamiento del problema .....	12
Preguntas de investigación.....	14
Variables.....	16
Hipótesis de la investigación.....	17
Justificación.....	17
Objetivos .....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Viabilidad .....	19
Metodología .....	20
Alcances y limitaciones .....	20
Capítulo III “Marco de referencia”.....	21
Los anfibios y su importancia .....	21
Rana venenosa de Lehmanni.....	21
Generalidades .....	21
.....	25
Situación actual de la especie.....	25
Las bromelias.....	27
Familia Bromeliaceae .....	27
Características generales .....	27
Morfología.....	28
Importancia biológica de las Bromelias.....	29
Fundación Zoológica De Cali y el Crea .....	29
Recolección de información .....	30
Entrevista.....	30

Estructura de la entrevista .....	30
Trabajo de Campo .....	31
Conclusiones de entrevista y trabajo de campo .....	31
Capítulo IV “Análisis de materiales” .....	33
Capítulo V “Marco Conceptual” .....	34
Conclusiones.....	34
Hipótesis de diseño.....	35
Determinantes.....	35
Factores Geográficos.....	35
Factores Climáticos .....	35
Factores físicos.....	36
Factores naturales y ecológicos.....	36
De uso .....	36
Contexto.....	36
Usuario.....	37
Requerimientos .....	37
De uso .....	37
Funcionales .....	38
Estructurales.....	38
Formales.....	39
Promesa de valor .....	39
Concepto.....	39
Aspectos productivos y de impacto ambiental.....	40
Descripción del sistema .....	40
Componentes del sistema .....	41
Visualización del sistema.....	42
Dimensiones generales .....	43
.....	43
Vista explosionada.....	43
BOM .....	44
Procesos de producción.....	44
Proveedores.....	45
Distribución de planta y diagrama de flujo de procesos e insumos.....	45
Balanceo de línea .....	46
Impacto Ambiental .....	47
Análisis de Contexto de uso .....	47

Visión general del producto (esquema de partes = procesos y materiales) .....	48
Perfil Ambiental del Producto .....	49
Cuantificación del Impacto ambiental .....	50
Conceptos y estrategias de eco-diseño implementadas.....	51
Reflexión general sobre impacto de la solución.....	52
Aspectos de mercado y modelo de negocio.....	52
Promesa de Valor .....	52
Modelo de Negocios (Canvas) .....	52
Segmentación del mercado con sus variables de segmentación. ....	55
Mercado potencial: .....	55
Competencia: .....	56
Mezcla de Mercadeo .....	56
Conclusiones de mercadeo .....	58
Aspectos de costos.....	59
Costos de piezas .....	59
Piezas .....	59
Insumos .....	59
Mano de obra directa .....	60
Costos de fabricación.....	60
Herramental .....	60
Costo Final del Sistema .....	60
Conclusiones .....	60
Proyección Sipo .....	61
Anexo 1- Análisis morfológico Bromelia.....	62
Bibliografía.....	63

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Dagua, departamento del Valle del Cauca .....	12
<b>Ilustración 2:</b> Oophaga Lehmanni, morpho amarillo. Fuente: www.arkive.com .....	22
<b>Ilustración 3:</b> Oophaga Lehmanni morpho naranja. Fuente: www.arkive.com .....	22
<b>Ilustración 4:</b> Mapa de localización de Oophaga Lehmanni. Fuente IUCN .....	23
<b>Ilustración 5:</b> Renacuajo de la especie Oophaga Lehmanni en el interior de una bromelia- Fuente: www.waza.com .....	23
<b>Ilustración 6-</b> Oophaga Lehmanni, dimensiones tomadas en el laboratorio. Fuente CVC <sup>1</sup> .....	24
<b>Ilustración 7:</b> Ciclo biológico Oophaga Lehmanni. Fuente: Mosquera 2013 .....	25
<b>Ilustración 8:</b> Etracción ilegal de especímenes. Fuente: CREA .....	26
<b>Ilustración 9:</b> Etracción maderera. Fuente: CVC .....	26
<b>Ilustración 10-</b> Incautación de bromelias. Fuente: CVC .....	26
<b>Ilustración 11-</b> Bromelia distribución natural in situ. Fuente: www.thecompositaehut.com .....	27
<b>Ilustración 12-</b> Bromelia, vista superior. Fuente: (Baensch, 1996).....	27
<b>Ilustración 13-</b> CREA Logo. Fuente: CREA .....	29
<b>Ilustración 14:</b> Zona de búsqueda especímenes especie Oophaga Lehmanni. Fuente: Mosquera 2013.....	31
<b>Ilustración 15-</b> Bromelias cultivadas en el CREA para los terrarios. Fuente: Mosquera 2013 .....	31
<b>Ilustración 16-</b> Estado actual de los terrarios. Fuente: Mosquera 2013 .....	31
<b>Ilustración 17-</b> <i>Instrumentos para simular la postura de huevos ex situ.</i> Fuente: Mosquera 2013 .....	32
<b>Ilustración 18-</b> Zona boscosa Húmeda del Alto Anchicayá en estado de fragmentación	36

## Lista de Anexos

**Anexo 1:** Análisis morfológico bromelias

## Glosario y abreviaciones

**Biomasa**: La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles.

**Biónica**: la utilización de prototipos biológicos en el diseño de sistemas sintéticos creados por el hombre

**Branquias**: órganos respiratorios de los animales acuáticos, mediante los que se realiza el intercambio de gases, oxígeno. En este caso, los renacuajos desarrollan branquias que les permiten pasar la primera etapa de su vida debajo del agua dentro de las bromelias.

**Bromelias**: grupo de plantas de origen tropical. Su característica principal es que crecen sobre los árboles, en huecos naturales y prácticamente no necesitan sustrato como las plantas normales. Sus hojas son lanceoladas, de tonos variados según su especie

**Cortejo**: Proceso mediante el cual el macho conquista a la hembra para darle paso al proceso reproductivo. En esta especie este comienza durante temporada de lluvias.

**Crea**: Centro para la conservación de especies y ecosistemas amenazados.

**Dendrobatidae**: familia de anfibios anuros conocidos como ranas venenosas de dardo o ranas punta de flecha. Son endémicas de Centroamérica y América del Sur. Incluye alrededor de 180 especies.

**Dengue**: enfermedad infecciosa causada por el virus del dengue, transmitida por mosquitos, principalmente por el aedes aegypti. La infección causa síntomas gripales (síndrome gripal), y en ocasiones evoluciona hasta convertirse en un cuadro potencialmente mortal, llamado dengue grave o dengue hemorrágico. Es una infección muy extendida que se presenta en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta.

**Ecosistema**: sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan.

**Epifita**: cualquier planta que crece sobre otro vegetal usándolo solamente como soporte, pero que no lo parasita.

**Ergonomía**: disciplina tecnológica que trata del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas que coinciden con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de estudio de la persona, de la técnica y de la organización.

**Especímenes:** individuo o parte de un individuo que se toma como muestra, especialmente el que se considera representativo de los caracteres de la población a la que pertenece.

**FZC:** Fundación Zoológica de Cali

**Hábitat:** ambiente que ocupa una población biológica. Es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia. Un hábitat queda descrito por los rasgos que lo definen ecológicamente, distinguiéndolo de otros hábitats en los que las mismas especies no podrían encontrar acomodo.

**Hábitat ex Situ:** mantenimiento de algunos componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

**Hábitat In Situ:** mantenimiento de los componentes de la biodiversidad dentro de sus hábitats naturales.

**Metamorfosis:** proceso biológico por el cual un animal se desarrolla desde su nacimiento (pasado el desarrollo embrionario) hasta la madurez por medio de grandes cambios estructurales y fisiológicos. No sólo hay cambios de tamaño y un aumento del número de células sino que hay cambios de diferenciación celular.

**OL:** Oophaga Lehmanni.

**PLA:** Sigla que se asocia al Acido poliláctico o polímero derivado del almidón del maíz

**Terrarios:** recipiente en el que se reproducen fielmente las condiciones ambientales necesarias para distintos seres de vida total o parcialmente terrestre.

## Agradecimientos

Al finalizar esta etapa de mi carrera, agradezco a Dios por la fortaleza y demás bendiciones que me brindó cada día para sacar este proyecto adelante. A quien le debo mi vida entera: mi madre, porque sin ella nada de esto sería posible; ha sido mi respaldo, mi compañera, mi todo y por ella hoy he podido culminar satisfactoriamente este proyecto. A mis tíos y tías, quienes con su amor incondicional han sido mis aliados a lo largo de mi vida. A mi novio, por apoyarme en todo este proceso, por estar presente en cada momento de esta etapa y brindarme su apoyo y su amor sin reservas. A toda mi familia, porque cada uno aportó granitos de arena para hacer de este sueño una realidad.

A mi director de proyecto de grado, ya que gracias a sus exigencias di lo mejor de mí. Doy gracias a mis maestros, que a lo largo de la carrera me formaron y me instruyeron el conocimiento necesario para sacar adelante el proyecto. Por último, a la Fundación Zoológica de Cali por su invaluable ayuda, y porque me dieron la oportunidad de trabajar mano a mano en pro de una causa tan noble.

# Abstract

This paper brings the research work of current status of the species *Oophaga lehmanni*, the implications of deforestation of their natural habitat; the humid forest zone of the Alto Anchicayá, and the close connection of the bromeliad species through natural evolution.

Starting from the characterization of the species, their behavior in their natural habitat, subsequently bromeliads were analyzed as both species were related. Finally a general characterization of the ecosystem, its current status and impact on species was conducted.

The responsible use of materials in ecosystem and generate a dynamics of self-sustaining system design arise as requirements to ensure the natural balance of the humid forest zone of the Alto Anchicayá.

Sipo is a self-sustaining response, which ensures the rehab process of the species *Oophaga Lehmanni* and forest long-term recovery, generating a holistic response to the current status of the species.

**Key words:** *Oophaga Lehmanni, deforestation, bromeliads, natural balance, self-sustaining*

# Introducción

Según la UICN (Unidad Internacional para la conservación de la Naturaleza), en Colombia existen 760 especies de anfibios descritas, convirtiéndolo en el segundo país del mundo con la mayor riqueza de especies anfibias, después de Brasil. Esta gran diversidad es caracterizada por la diversidad de ambientes naturales, la variada topografía y la estratégica ubicación geográfica de nuestro país. (Corredor Londoño, Velásquez Escobar, & Velasco Vinasco, 2012). A pesar de esa gran diversidad, el 30% de especies de anfibios descritos en Colombia, se encuentra en alguna categoría de peligro, convirtiéndolo en el país con mayor número de especies de anfibios amenazadas del mundo. (UICN, 2013)

Los sistemas de bosques húmedos tropicales, albergan el 60% de la biodiversidad de anfibios de Colombia, por lo cual, el deterioro de estos ecosistemas a causa de la deforestación, pone en riesgo un sinnúmero de especies incluyendo la especie *Oophaga Lehmanni* la cual, a causa del deterioro de su hábitat natural se encuentra en estado CR- peligro crítico de extinción. (UICN, 2013)

En este trabajo, se abordarán las repercusiones del deterioro de la zona boscosa húmeda del Valle del Cauca, y especialmente la incidencia que tiene sobre el estado actual de la especie *Oophaga Lehmanni*. Al mismo tiempo, se genera un análisis, mediante el cual se pretende dar respuesta a partir del diseño industrial al problema de la inminente extinción de la especie.

# Ficha técnica

## Problema

Ausencia de bromelias en la zona boscosa húmeda del Alto Anchicayá, que sean aptas para completar el proceso de metamorfosis de la especie *Oophaga Lehmanni*, a causa de los procesos exhaustivos de deforestación en la zona.

## Planteamiento del problema

## Antecedentes

Colombia es el país con mayor diversidad de anuros en el mundo, al poseer un 80% de anuros del total de la fauna anfibia. En el Valle del Cauca se encuentran 174 especies de anfibios, de las cuales 158 pertenecen al orden de los anuros (Corredor Londoño, Velásquez Escobar, & Velasco Vinasco, 2012). Dentro de éste, tenemos a la especie *Oophaga Lehmanni*, más conocida como la rana venenosa de Lehmanni, la cual es una especie endémica del departamento del Valle de Cauca, localizada específicamente en la zona boscosa húmeda del Alto Anchicayá.

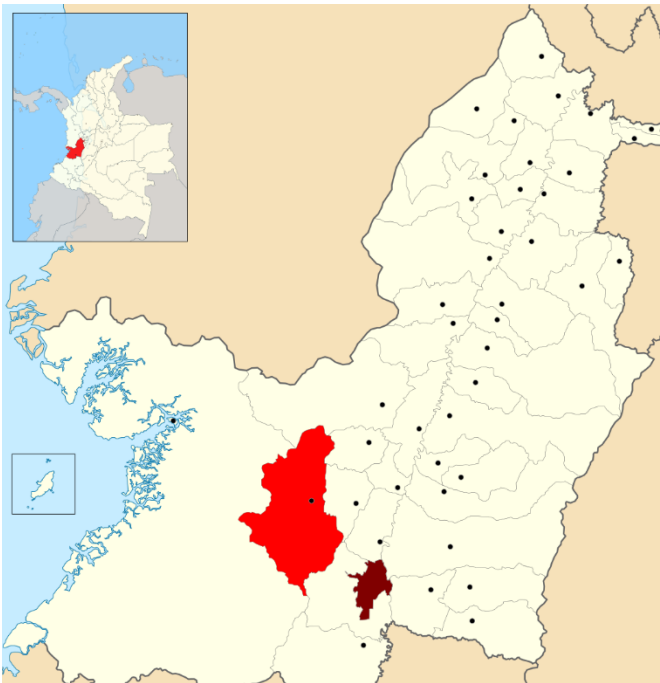


Ilustración 1: Dagua, departamento del Valle del Cauca

Esta especie se ha visto afectada por el deterioro de su hábitat, las zonas de bosques húmedos, en los cuales los procesos de deforestación han reducido el área de bosque, afectando la calidad de vida de los organismos que en éstos habitan. En Colombia, según los datos que reporta el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, a 2012 los sistemas boscosos húmedos son unos de los principales ecosistemas afectados a causa de la extracción de recursos maderables, ya que la pérdida de cobertura de la zona boscosa se aproxima al 55%. (Andrade, 2011)

La destrucción del hábitat de la rana venenosa de Lehmanni, no sólo disminuye su calidad de vida sino que afecta directamente la reproducción de la misma acelerando su proceso de extinción. Lo anterior, se debe a que los renacuajos de

esta especie necesitan de las bromelias que habitan en los árboles para completar su proceso de metamorfosis. Es decir, la falta de árboles generada por la deforestación, disminuye la densidad de las bromelias que necesita la especie para el éxito de su proceso de reproducción.

Actualmente, las respuestas dadas para disminuir el impacto de las actividades del hombre, se limitan a regular dichas actividades, es decir, en el caso específico de la extracción de recursos maderables, se han generado normas que garanticen el bienestar del ecosistema y planes de reforestación a largo plazo. Sin embargo, estas acciones no solucionan los problemas inmediatos que se han causado en las zonas deforestadas, ni reestablecen el equilibrio de los ecosistemas.

Por tal motivo, SIPO está orientado a ser una respuesta efectiva y eficiente que reestablezca el balance necesario para la reproducción de la especie *Oophaga Lehmanni*, al mismo tiempo que forma parte de un proceso de reforestación en la zona intervenida, siendo una respuesta integral a la problemática planteada.

## Delimitación

Este proyecto interviene específicamente en la zona boscosa húmeda del alto Anchicayá, Municipio de Dagua, ubicado en el departamento del Valle del Cauca-Colombia. Para la implementación de SIPO se deben tener en cuenta, las características climáticas de esta zona, ya que la humedad relativa promedia el 85%, por lo cual los materiales para el desarrollo deben resistir este nivel de humedad. Al mismo tiempo, tener en cuenta que es una zona donde no se cuenta con ningún cubrimiento, es decir, el sistema va estar expuesto a intemperie constantemente. Por otra parte, es una zona natural, donde hay un equilibrio entre las especies y el ecosistema, por lo cual es una limitante el uso o aplicación de materiales que no alteren dicho equilibrio. Por último, las relaciones existentes entre los individuos que habitan la zona, específicamente las cadenas tróficas, no deben verse alteradas, es decir, el sistema debe proveer lugares a la especie *Oophaga Lehmanni* para el desarrollo de sus renacuajos sin impedir que estos hagan parte de las cadenas alimenticias, puesto que algunas especies de aves y reptiles se alimentan de dichos renacuajos.

## Consecuencias

La ausencia de especímenes de la especie *Oophaga Lehmanni*, repercute en el equilibrio de las cadenas tróficas, afectando a otras especies de aves, reptiles e insectos de la zona. Por otra parte, las ranas *Oophaga Lehmanni* son de vital importancia en el ecosistema de nuestra región, pues actúan como indicadores naturales; esto se debe a la sensibilidad que tienen a los cambios climáticos y químicos del entorno, permitiendo la fácil caracterización de las zonas donde se encuentran y evaluar la calidad del entorno. Además cumplen una importante

labor de control natural de plagas, como mosquitos, zancudos y hormigas, las cuales son unas de sus principales fuentes de alimento. Es decir, la disminución poblacional de esta especie afecta el equilibrio del ecosistema de bosques húmedos donde habitan, repercutiendo en el bienestar de todos los organismos que hay en este.

Las zonas que colindan con las zonas boscosas, tienen una mayor incidencia de presentar plagas por mosquitos, generando problemas sanitarios en los centros urbanos ya que estos propagan enfermedades. La ausencia de anfibios en los bosques, aumenta la densidad de insectos que hay en estos; pues no se regulan poblacionalmente mediante las cadenas alimenticias. Lo anterior, significa que la especie contribuye al control de las enfermedades producidas por estas plagas, como lo son el dengue y la malaria; males que afectan seriamente la salud de los seres humanos; en el mundo los mosquitos matan anualmente 725.000 personas (Gates, 2009), en el Valle del Cauca, se presentan el 20% de los casos de muerte por dengue anuales en Colombia (Instituto Nacional de Salud, 2013).

## Enunciado del problema.

Ausencia de un sistema, que permita soportar bromelias con las condiciones necesarias para la metamorfosis de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni* en zonas de bosques húmedos del Alto Anchicayá y que al mismo tiempo acompañe el proceso de reforestación de la zona, generando una solución integral a la problemática actual del ecosistema intervenido.

## Preguntas de investigación

A continuación, se describen los problemas de investigación y las preguntas específicas que surgen a partir de cada problema, los cuales permiten solucionar desde lo general a lo particular los aspectos investigativos que ayudaran en el proceso de diseño de SIPO.

El Problema de Investigación planteado como oración	El Problema de Investigación expresado como pregunta	“Preguntas de Investigación” Más específicas y por ítem a investigar
Se desconoce que material cumple con los requerimientos para resistir el clima y los factores del	¿Qué materiales se deben aplicar teniendo en cuenta las condiciones climáticas y ambientales de la zona a intervenir?	<p>¿Qué tipo de material se debe usar?</p> <p>¿Qué condiciones de humedad debe resistir?</p> <p>¿Qué intensidad de rayos UV hay en la zona?</p> <p>¿Cuáles son los niveles de precipitación en la zona?</p> <p>¿En qué presentaciones comerciales se</p>

ambiente		<p><i>consigue el material?</i></p> <p><i>¿Cuál es la relación costo beneficio del material?</i></p>
Se deben respetar las condiciones naturales del ecosistema, es decir intervenirlo pero no afectarlo negativamente	<p><i>¿Cómo generar una estructura que no altere el balance natural del ecosistema?</i></p>	<p><i>¿Qué tipo de acciones realizadas por el sistema generarían un impacto negativo?</i></p> <p><i>¿Cómo sería el ciclo de vida del sistema?</i></p> <p><i>¿Qué relaciones se pueden llegar a presentar entre el sistema y otros individuos?</i></p>
El sistema debe estar abierto para garantizar el acceso a la especie O.L	<p><i>¿Cómo a partir de la estructura se garantiza el acceso de la especie Oophaga Lehmanni a las bromelias?</i></p>	<p><i>¿Qué alturas se deben manejar?</i></p> <p><i>¿Cómo debe ser la textura para que la rana pueda acceder?</i></p> <p><i>¿Qué medidas tiene la rana?</i></p> <p><i>¿Cómo accede normalmente a rana a las bromelias?</i></p>
El sistema debe proveer de sombra a las bromelias	<p><i>¿Cómo simular las condiciones de sombra natural en la estructura?</i></p>	<p><i>¿Qué material se debe aplicar?</i></p> <p><i>¿Cómo generar sombra natural?</i></p> <p><i>¿Cómo permitir el paso de los rayos UV en un 40%?</i></p>
El sistema debe estar completamente fijado al suelo	<p><i>¿Cómo asegurar la estructura al suelo, teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la zona?</i></p>	<p><i>¿Cómo es el suelo?</i></p> <p><i>¿Cómo es la composición del suelo?</i></p> <p><i>¿Qué sistemas existen actualmente de fijación a suelo para estructuras?</i></p>
Las bromelias necesitan condiciones específicas de luz, humedad y ventilación	<p><i>¿Cómo generar las condiciones ideales para las bromelias que se instalaran en el sistema?</i></p>	<p><i>¿Cuál es la condición de humedad requerida por las bromelias?</i></p> <p><i>¿Cuál es el requerimiento de rayos UV de las bromelias?</i></p> <p><i>¿A qué altura deben estar las bromelias?</i></p> <p><i>¿Cuántas bromelias deben haber en un área determinada?</i></p>
La estructura debe permitir su fácil transporte e instalación	<p><i>¿Cómo generar una estructura liviana, de fácil instalación y de alta resistencia?</i></p>	<p><i>¿Cuáles son los factores humanos que intervienen en el proceso de instalación?</i></p> <p><i>¿Cuál es el peso máximo permitido para el sistema?</i></p> <p><i>¿Cómo aprovechar el espacio en el momento de embalaje?</i></p>
El sistema debe	<p><i>¿Cómo permitir que el sistema</i></p>	<p><i>¿Cómo permitir que el árbol recién plantado</i></p>

servir de tutor del árbol que se planta con el sistema	sirva de tutor del árbol recién plantado?	reciba las condiciones necesarias de luz, agua y protección? ¿Cuál es el ciclo de crecimiento del árbol? ¿Qué especie de árbol se va a plantar? ¿Cuáles son las normas establecidas en los procesos de reforestación? ¿Por cuánto tiempo el sistema debe servir de tutor del árbol? ¿Cómo se acopla el sistema al árbol? ¿Cómo el sistema protege al árbol?
--	---	---

## Variables

Para SIPO hay variables cuantitativas que son de vital importancia para que el sistema sea una solución adecuada a la problemática. En primer lugar, las que están relacionadas con las condiciones climáticas, puesto que la región del Alto Anchicayá posee un clima húmedo tropical, el cual presenta precipitaciones durante 2/3 del año excediendo los 2000 cm<sup>3</sup> por año (Amézquita, Velásquez Escobar, Corredor Londoño, & Velasco), además, es una zona con una humedad relativa del 80%. Por otra parte tiene una incidencia de vientos que provienen del litoral pacífico, por lo cual el aire y la humedad en éste tienen una carga salina que debe ser contemplada a la hora de escoger el material. Por otra parte la temperatura mensual promedio está sobre 24 °C (Corredor Londoño, Velásquez Escobar, & Velasco Vinasco, 2012).

Por otra parte tenemos la variable del espacio, puesto que SIPO acompaña un proceso de reforestación, existen medidas establecidas las cuales estableces que entre árbol plantado se dejan 3m de espacio (Rey Lizcano, 2011) por lo cual el sistema cuenta con este espacio libre, ya que este espacio se tiene en cuenta porque el árbol en su edad adulta engrosa su tronco y ocupara este espacio.

Por último, los costos son una variable importante del proyecto, pues la financiación a partir de un modelo de crowd-founding, donde se hacen donaciones colectivas para recaudar los fondos que financian el proyecto, es decir los costos deben ser aterrizados y contar con que el capital se recoge de las donaciones hechas por personas naturales y por empresas que desde su responsabilidad social empresarial (RSE) destinen fondos para el proyecto.

## Hipótesis de la investigación

Generar un sistema a partir de la disciplina del Diseño Industrial, en el cual a partir de la aplicación de conceptos de biónica, análisis de materiales, resistencias, estética, factores humanos y eco diseño, se supla la necesidad de bromelias en la zona de bosques húmedos del alto Anchicayá, y que estas sean aptas para el proceso de metamorfosis de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*

## Justificación

En Colombia, particularmente en el Valle del Cauca, la especie *Oophaga Lehmanni* presenta un estado de alerta roja por los altos índices de disminución poblacional; la cual es causada por actividades humanas, como la deforestación (UICN, 2013).

Las ranas *Oophaga Lehmanni* son de vital importancia en el ecosistema de nuestra región, pues actúan como indicadores naturales; esto se debe a la sensibilidad que tienen a los cambios climáticos y químicos del entorno, permitiendo la fácil caracterización de las zonas donde se encuentran y evaluar la calidad del entorno (Corredor Londoño, Velásquez Escobar, & Velasco Vinasco, 2012). Además cumplen una importante labor de control natural de plagas, como mosquitos, zancudos y hormigas, las cuales son unas de sus principales fuentes de alimento.

Lo anterior, significa que la especie contribuye al control de las enfermedades producidas por estas plagas, como lo son el dengue y la malaria; males que afectan seriamente la salud de los seres humanos.

En la actualidad, la Fundación Zoológica de Cali (**FZC**), cuenta con el Centro de Investigación para la Conservación de Especies y Ecosistemas Amenazados-CREA, el cual a pesar de su ardua labor para la conservación de ésta especie, la mayor parte del trabajo realizado en pro de la conservación, ha sido implementada de forma ex situ, por lo cual, ahora la necesidad es complementar el trabajo realizado en el laboratorio, con una etapa donde la implementación in situ sea principal objetivo.

Por tal motivo, este proyecto buscará implementar un sistema que aporte al plan de conservación de la especie trazado por el CREA, en el hábitat natural de la especie. Es decir, se requiere de un sistema que permita amortiguar el impacto que causa la ausencia de bromelias en el entorno natural de estas ranas, a partir de la aplicación del diseño industrial.

Además, que la utilización de materiales amigables con el ecosistema en la fabricación del sistema, contribuya no sólo al mejoramiento de la zona boscosa fragmentada, sino que garantice el equilibrio natural del ecosistema; permitiendo la correcta adaptación de la fauna y a flora al sistema.

En conclusión, este proyecto pretende garantizarle a la especie un sistema que aumente el área disponible para la postura de sus renacuajos, a través de un hábitat temporal de bromelias, aplicando conceptos de ergonomía que favorezcan la utilización del sistema, no sólo a la especie sino a los funcionarios del **CREA**, durante el transporte e instalación in situ de éste.

## Objetivos

### Objetivo general

A partir de la aplicación del Diseño industrial, generar un sistema integral que provea un hábitat temporal controlado para las bromelias, las cuales deben ser aptas para la postura de renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni in situ* (en el ecosistema o hábitat natural), al mismo tiempo que acompaña el proceso de reforestación de la zona, generando una solución a largo plazo.

### Objetivos específicos

- Aumentar los lugares disponibles para la postura de los renacuajos de la especie en la zona boscosa húmeda de la cuenca hidrográfica del río Alto Anchicayá.
- Impactar positivamente en el ecosistema de la región de bosques húmedos de Dagua en el Valle del Cauca, a partir del enriquecimiento ambiental generado por el aumento de áreas disponibles para la postura de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*.
- Recuperar especímenes de la población de *Oophaga Lehmanni* en la zona boscosa húmeda de Dagua en el departamento del Valle del Cauca.
- Implementar materiales que no alteren el balance natural del ecosistema, con el fin de garantizar el equilibrio de la fauna y la flora de la zona. A su vez, que permita que el sistema se integre en el ecosistema, teniendo en cuenta las condiciones topográficas y climáticas de la zona boscosa húmeda del Alto Anchicayá.
- Generar protección al árbol recién plantado, sirviendo de barrera que lo proteja durante sus fases vulnerables.
- Proporcionar a la bromelia las condiciones de humedad y sombra requeridas para que estas sean aptas para la postura de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*.

## Viabilidad

Este proyecto cuenta con el respaldo de la Fundación Zoológico de Cali y del Grupo CREA, los cuales tienen destinado un capital para la realización del proyecto; esto supone para este proyecto un apoyo económico para la fabricación de prototipos.

Por otra parte, se cuenta con un apoyo intelectual y logístico, en el cual hay un acompañamiento por parte del director del CREA, Camilo Londoño y su equipo (personas especializadas en el tema de manipulación y conservación de la especie a trabajar), en las actividades de campo y etapas investigativas. Además de la organización y facilidad de acceso a recursos, no sólo dentro de las instalaciones del zoológico, sino que además, se facilitará el acceso a zonas de reservas en el departamento del Valle del Cauca.

## Lugar o espacio

El espacio establecido para la realización del proyecto es la zona boscosa del Alto Anchicayá, la cual por su estado crítico requiere una inminente intervención para mejorar las condiciones del ecosistema, por este motivo, el proyecto cuenta con el aval de las instituciones regionales encargadas de la regulación de la zona, en este caso la CVC; por lo cual, la implementación del proyecto en esta zona es viable por parte de los permisos requeridos para dicho fin.

Por otra parte, el lugar es una condicionante para el diseño, pues este debe estar dirigido a brindar una solución que permita ser instalado y transportado fácilmente. Al mismo tiempo, se cuenta con el acceso de camiones hasta las cercanías de la zona de instalación por lo cual el acceso del sistema en los volúmenes esperados (1000und) a la zona es viable.

## Tiempo

De acuerdo con el reglamento de la universidad Icesi, el tiempo estimado para la realización del proyecto de grado es de nueve meses (9). Este tiempo se divide en 2 fases, la primera corresponde a la fase de investigación, la segunda está dispuesta para la generación de la propuesta de diseño y materialización de la misma, por lo anterior el proyecto deberá ejecutarse dentro de este límite de tiempo, el cual ha sido evaluado y acordado previamente para que se puedan cumplir con todos los requerimientos para finalizar exitosamente el proyecto.

## Financiación

Actualmente, el proyecto no cuenta con un apoyo financiero, motivo por el cual la realización del proyecto en su etapa preliminar depende exclusivamente del patrimonio de la estudiante.

## Metodología

En la primera fase de desarrollo del proyecto, se implementará un método de investigación cualitativa, el cual permitirá conocer las situaciones, costumbres evolutivas y actitudes predominantes de la especie, a través de la descripción exacta sus comportamientos y relaciones con el entorno que la rodea. Esta fase tiene un alcance de tipo correlacional, en el cual, mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto se buscará el porqué de los hechos, entrando a analizar detenidamente las causas y cada uno de sus efectos; con el fin de generar hipótesis que permitan el desarrollo de sistemas para la solución del problema. Todo esto sin descuidar el análisis correspondiente a la zona boscosa a intervenir.

La segunda fase del proyecto tiene un enfoque cuantitativo. En éste, se recolectará información de la zona ubicada entre los ríos Dagua y Anchicayá, humedad relativa, condiciones climáticas, características del suelo, niveles de precipitación. Por otra parte, se evaluarán opciones de material teniendo en cuenta los resultados de la recolección de datos de la zona, lo cual dará como resultado la selección de materiales óptimos para la solución de diseño.

En la fase final del proyecto, se empleará el diseño experimental, el cual permitirá analizar el diseño y evaluarlo de acuerdo con las condiciones de espacio y clima, además, de las relaciones que tenga con la especie *Oophaga Lehmanni*, el entorno y los operarios del CREA que realizarán el proceso de transporte e instalación.

## Alcances y limitaciones

El sistema planteado en este proyecto, está concebido para una implementación in situ, la cual se llevará a cabo en la zona de bosques húmedos ubicados en las cuencas hidrográficas de los ríos Dagua y Anchicayá en el departamento del Valle del Cauca. En este contexto el proyecto generará un impacto positivo en el ecosistema, pues aumentará los lugares disponibles para la postura de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*, además contribuirá con el aporte de biomasa a través de la utilización de materiales compostables en la fabricación del sistema. Contribuyendo de esta forma, a la repoblación de la especie, incidiendo en la restauración del balance natural del ecosistema.

Por otra parte, la comprobación del sistema será realizada en las instalaciones del laboratorio de anfibios del CREA, lo cual aumentará las posibilidades de éxito del sistema en el hábitat in situ. Por otra parte, el permitir que se analicen las variables del proyecto de una forma controlada y con acceso directo a la especie OL (*Oophaga Lehmanni*) y a las bromelias, facilita el proceso de obtención de información concerniente a ésta y a su proceso de adaptación al sistema.

En cuanto a las limitaciones, la primera es el tiempo de desarrollo del proyecto; debido al establecimiento de fechas límites dentro de cada etapa del proyecto, se

debe asegurar el cumplimiento de cada una de ellas dentro del cronograma establecido.

Las condiciones del espacio son una limitante para la implementación del proyecto, ya que debido a las condiciones físicas del ecosistema, las características topográficas de la zona y la accesibilidad a la misma, hacen que el proceso de instalación del sistema deba estar pensado bajo todos estos criterios.

A su vez, el personal que va a realizar la instalación debe tener características especializadas, pues debe conocer la zona boscosa, o estar familiarizado con las condiciones de trabajo que se presentan en este sistema boscoso. Además, debe estar calificado en el levantamiento de cargas, para evitar lesiones y garantizar la fácil instalación del sistema.

## Capítulo III “Marco de referencia”

### Los anfibios y su importancia

Los anfibios son animales vertebrados, los cuales se diferencian de los demás animales vertebrados al tener la piel húmeda, con glándulas y al no tener pelos, plumas ni escamas en su piel (Wieckowski, 2003).

La palabra “amphibios” se deriva del griego “dos vidas”; metáfora que alude a una condición propia de la especie, en la cual la mayoría de los anfibios viven la primera parte de su vida (estados larvales) debajo del agua y la segunda (adulto) sobre la tierra. Son animales de sangre fría, es decir, la temperatura de sus cuerpos es igual a la temperatura del ambiente. Otra particularidad es utilizan su piel húmeda para respirar; durante su etapa larval, desarrollan branquias que les permite respirar bajo el agua (Rueda Almonacid, Lynch, & Amezcuita, 2004).

Existen varias razones por las cuales los anfibios son de vital importancia, no sólo para el balance natural de los ecosistemas “al aportar biomasa a los flujos de energía, toda vez que constituyen las piedras angulares de ciertas cadenas tróficas al actuar como presas o depredadores mantener el equilibrio de las cadenas alimenticias”, sino para la humanidad “al producir sustancias substitutas de los antibióticos” y “al consumir una enorme cantidad insectos nocivos para la agricultura o portadores de enfermedades como el dengue y la malaria” (Rueda Almonacid, Lynch, & Amezcuita, 2004).

### Rana venenosa de Lehmanni

#### Generalidades

Esta especie, fue descrita en 1976 a 13 Km de Dagua a una elevación entre 850-1200 m, en la cuenca del Rio Anchicayá (Myers & Daly, 1976). Pertenece a la familia Dendrobatidae, familia de ranas venenosas. Esta especie, consigue su veneno a partir de su alimentación, después su organismo transforma los componentes en veneno que guarda en glándulas ubicadas debajo de su piel, y las cuales se activan cuando se sienten en situación de riesgo. Originalmente, se describía a la especie con coloración roja y negra, pero actualmente se conocen variaciones en naranja y amarillo.



Ilustración 3: Oophaga Lehmanni morpho naranja. Fuente: [www.arkive.com](http://www.arkive.com)



Ilustración 2: Oophaga Lehmanni, morpho amarillo. Fuente: [www.arkive.com](http://www.arkive.com)

## Distribución

OL, es una especie endémica del Valle del Cauca, la cual tiene una zona restringida de hábitat. Como vemos en la Ilustración 3, la localización se limita a dos puntos estrechos donde la especie ha sido observada, los cuales corresponden a las localidades de Valle Anchicayá cerca de Dagua y Alto del Oso cerca de San José del Palmar (Velásquez Escobar, 2009).

## Hábitat

La especie habita en bosques húmedos, con pendientes pronunciadas, en altitudes entre los 850 y 1200 msnm y con presencia de abundantes caídas de agua. Generalmente, en bosques con vegetación espesa y gran epifitismo en sus troncos (presencia de plantas epifitas, específicamente bromelias) (Velásquez Escobar, 2009).

Estas ranas se encuentran generalmente en el piso, aunque a veces también en arbustos bajos y árboles; posados sobre hojas por encima de los 60cm. No se encuentran en áreas muy degradadas, pero se encuentran en bosques secundarios.

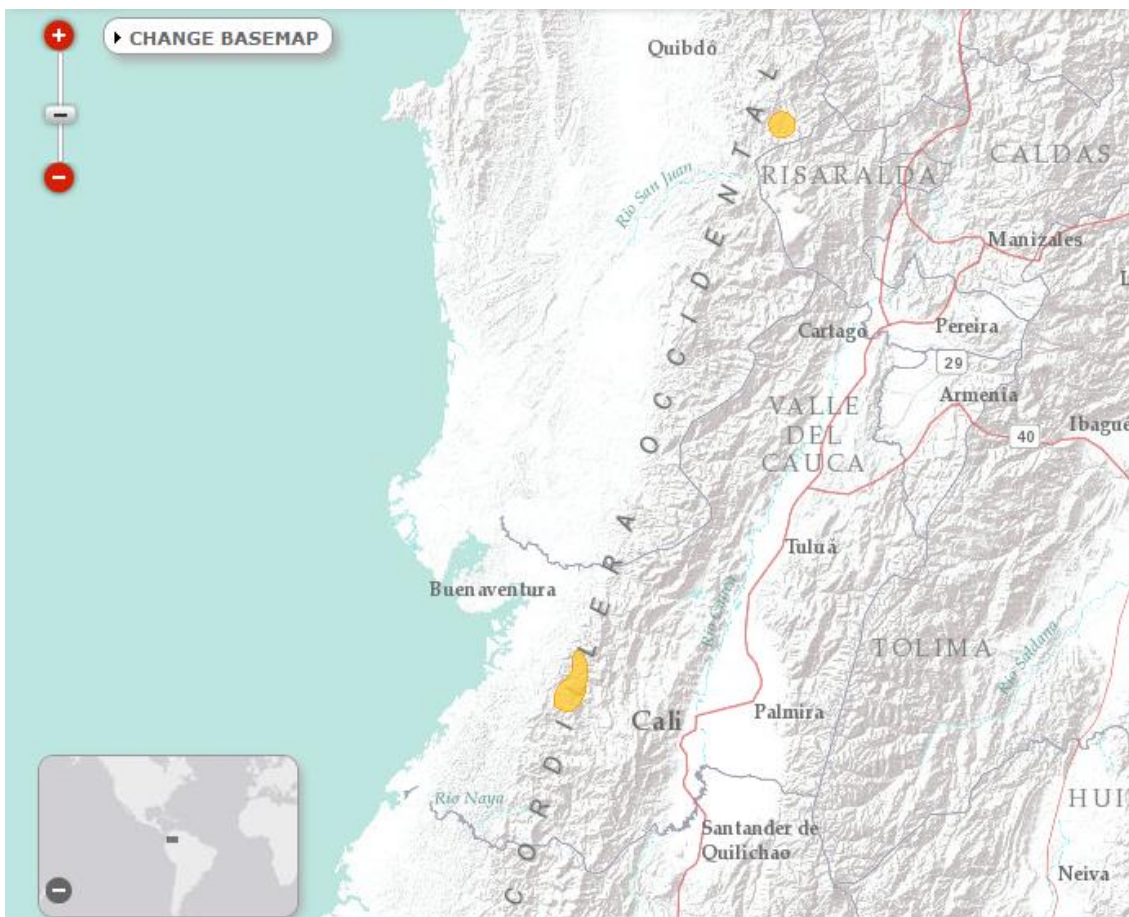


Ilustración 4: Mapa de localización de *Oophaga Lehmanni*. Fuente IUCN

## Historia natural

Ésta es una especie de hábitos diurnos, la cual pasa la mayor parte del tiempo en la hojarasca y vive en cuevas formadas generalmente por raíces de árboles. Los machos de esta especie son muy territoriales, por tal motivo cantan expuestos desde ramas altas, para defender sus territorios y atraer parejas. Los cortejos son largos y generalmente dirigidos en gran parte por el macho. Incluyen cantos insistentes, despliegues visuales que incluyen patadas y movimientos de extremidades anteriores; toques en la espalda y algunas persecuciones. (Amézquita, Velásquez Escobar, Corredor Londoño, & Velasco)



Ilustración 5: Renacuajo de la especie *Oophaga Lehmanni* en el interior de una bromelia- Fuente: [www.waza.com](http://www.waza.com)

Antes de darse inicio al cortejo por parte del macho, éste debe encontrar bromelias disponibles para los futuros renacuajos, ya que mientras que no haya disponibilidad de bromelias para este fin, el macho no inicia el proceso de cortejo.

El tamaño de la puesta es de aproximadamente cinco huevos. Los renacuajos, son transportados por la hembra hasta bromelias, donde son dejados y alimentados con huevos no fertilizados. El desarrollo tiene una duración de aproximadamente 2 meses y medio, para que el renacuajo salga de la bromelia (Amézquita, Velásquez Escobar, Corredor Londoño, & Velasco).

Durante el proceso de metamorfosis, la madre alimenta uno a uno sus renacuajos, los cuales son ubicados en bromelias individuales. Además, las hembras de esta especie no usan bromelias que estén siendo usadas por otras hembras. A su vez, tienden a utilizar la misma bromelia para varios ciclos reproductivos, mientras que esta se encuentre disponible o apta en cuestión de condiciones para contener al renacuajo.

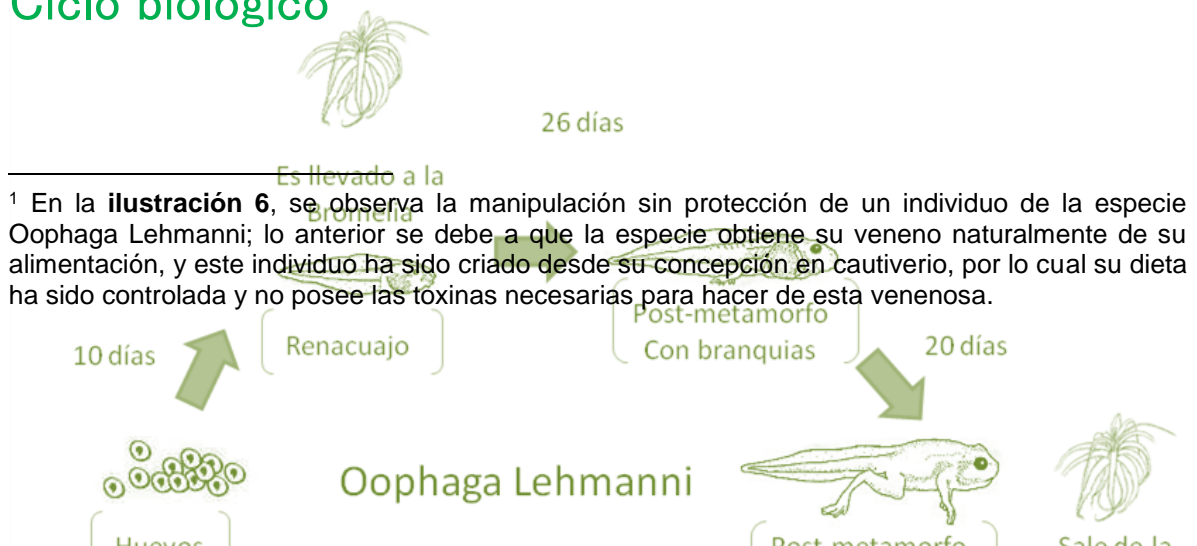
## Morfología

Con sus 31 a 36 mm la rana venenosa de Lehmanni es uno de los dendrobátidos más grandes. Existen tres formas de color: rojo, naranja y amarillo, sobre un fondo marrón oscuro o negro. Esta rana, es principalmente de color oscuro y está rodeada por dos bandas de colores brillantes. Una banda se ubica detrás de la cabeza y la otra está alrededor de la joroba de la espalda. Los diseños de colores están separados por una coloración irregular oscura. Los brazos y patas también están rodeados por colores brillantes (Bolívar García & Restrepo Toro, 2004).



Ilustración 6- *Oophaga Lehmanni*, dimensiones tomadas en el laboratorio. Fuente CVC <sup>1</sup>

## Ciclo biológico



**Ilustración 7: Ciclo biológico Oophaga Lehmanni. Fuente: Mosquera 2013**

## Situación actual de la especie

En el pasado, se data que la especie era abundante en la región (Myers & Daly, 1976), donde se llegaron a reportar colectas de 182 individuos en dos días. Hoy en día, no se puede contar la misma historia, los avistamientos de la especie son reducidos, sin contar que las recolectas se hacen cada vez más difíciles. La información que dan los pobladores de la zona que han participado en actividades de tráfico de ranas es alarmante; cuentan que la abundancia de la especie era tal, que podían coleccionar centenares de ranas en una semana (Velásquez Escobar, 2009).

A la fecha la especie se encuentra catalogada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como CR; especie en peligro crítico de extinción. Es decir, la especie lleva un proceso de disminución poblacional progresiva en el tiempo, además su área de hábitat también se ha visto disminuida en un alto porcentaje, a causa de la tala de árboles, ya sea por fines económicos o para acondicionar los suelos para la agricultura.

## Amenazas

Actualmente la especie se ve expuesta a diferentes factores que han contribuido al fraccionamiento de su hábitat y a la disminución poblacional de ésta.

La extracción indiscriminada de especímenes para el tráfico ilegal y posterior venta a coleccionistas o aficionados es una de las amenazas que con mayor fuerza afecta a ésta especie, pues los controles establecidos por los organismos de gobierno no han sido suficientes para frenar esta práctica.



**Ilustración 8: Extracción ilegal de especímenes. Ilustración 9: Extracción maderera. Fuente: CVC**

A su vez, la intervención humana de los bosques para fines agrícolas, no sólo para realizar cultivos de café sino para la siembra de cultivos ilícitos, además de la tala de árboles para explotación maderera, han fraccionado los bosques donde habitan, incidiendo directamente en la disminución de las bromelias necesarias para el éxito reproductivo de la especie, las cuales ante la disminución o desaparición de zona boscosa también se han quedado sin donde subsistir, impidiendo que la especie se repoblé en su hábitat natural.



**Ilustración 10- Incautación de bromelias. Fuente: CVC**

Por otra parte, las bromelias indispensables para su proceso reproductivo, son víctimas de la extracción de especímenes con fines ornamentales, lo cual disminuye la probabilidad de reproducción de la especie al no tener lugares disponibles para la postura de sus renacuajos; ya que el comportamiento reproductivo de la especie requiere de un espacio disponible para tal fin. Esto se debe a que el macho primero busca una bromelia disponible para sus renacuajos para poder comenzar su cortejo a la hembra y posterior a esto se generen

posturas de huevos para fertilizarlos. En conclusión, sin bromelias las probabilidades reproductivas de la especie son mínimas.

## Las bromelias

### Familia Bromeliaceae

La familia Bromeliaceae está distribuida estrictamente en el neo-tropico y Colombia está entre los tres países más diversos y con mayor abundancia en bromelias. Esta familia agrupa hierbas, en general con follaje denso y dispuesto en forma de espiral sobre el eje de la roseta y presenta ciclos de vida prolongados. Viven de concentraciones mínimas de nutrientes y el metabolismo lento es predominante, para poder acumular alimento y humedad durante las épocas de escasez. (Azcon Bieto & Talon, 1993).

### Características generales

El ciclo de vida normalmente es de 5 años mínimo (por semilla) o 2 a 3 años mediante brotes vegetativos. Las condiciones de temperatura, luz, agua, nutrientes y humedad relativa durante el ciclo de vida son de vital importancia para la supervivencia de estas plantas. Las temperaturas diurnas óptimas se encuentran entre 20-30°C y las nocturnas entre 14-18°C. Por su distribución tropical, son plantas neutrales o de día corto y se ha estimado que requieren luz constante de 20-30 kilo lux (Baensch, 1996): Los cambios en la intensidad



Ilustración 12- Bromelia, vista superior. Fuente: (Baensch, 1996)



Ilustración 11- Bromelia distribución natural in situ. Fuente: [www.thecompositaehut.com](http://www.thecompositaehut.com)

lumínica prolongados y en menor grado la temperatura, pueden generar cambios en su fisionomía. En el caso de la humedad, tienden a almacenar agua en temporadas de abundantes lluvias y la guardan para las temporadas secas. Análisis morfológico.

## Morfología

Ver anexo 1 (Análisis morfológico de una bromelia Guzmanía)

En los bosques neo-tropicales, la familia Bromeliaceae es uno de los grupos de epífitas vasculares más característicos (Kress W, 1986). Las estrategias de localización de los nutrientes aseguran la supervivencia y el crecimiento de los individuos; algunas de éstas son los altos índices de acumulación de biomasa en el tejido foliar, la reducción de las raíces, la obtención de agua y nutrientes a través de la micro-charca formada por sus hojas. Estas adaptaciones, permiten a las bromelias sobrevivir en condiciones de estrés hídrico, mantener una alta tasa fotosintética aún en condiciones de sombra, y una lenta acumulación de nutrientes (Isaza & Betancur, 2009). Por otra parte, la biomasa y el área foliar en las bromelias están influenciadas por las adaptaciones eco-fisiológicas de las especies; en este caso en particular, entre la Bromeliaceae y la *Oophaga Lehmanni*.

El análisis de morfológico, se hace a partir del análisis de la filotaxia o disposición de las hojas en el tallo, lo cual determina la forma de la bromelia; a partir de esto encontramos un ensanchamiento de la base de la hoja que abraza el tallo y forma un depósito en el cual se acumula agua y materia orgánica; las hojas se disponen en orden secuencial formando una hélice de afuera hacia adentro, generando una superposición entre las hojas (Isaza & Betancur, 2009). Por otra parte la disposición de las hojas en niveles intercalados permite que a cada una de las hojas les llegue la luz solar.

Una parte esencial de las bromelias son los tricomas (apéndices de la epidermis de las plantas) de las hojas, los cuales están modificados especialmente para la adsorción y absorción, de agua y nutrientes. Los tricomas se encuentran en forma de jeringuilla y a través de estos las plantas toman y liberan líquidos del pequeño cuerpo de agua.

Una característica que hace de las bromelias de la familia Bromeliaceae sean el hábitat ideal para los renacuajos de *Lehmanni*, es la acumulación de material orgánico, el cual logra acumularse en la micro-charca que se forma por la disposición en espiral de las hojas. En esta, se contienen los nutrientes necesarios para el desarrollo de los renacuajos, además de hojarasca que queda atrapada en la planta y los desechos de los demás animales, generalmente insectos que habitan o van de paso por la bromelia, todos estos contribuyen a generar el micro-hábitat ideal para el proceso de metamorfosis.

Por último, las raíces han perdido la función de captación de nutrientes y agua, y se han convertido para convertirse en fuertes lazos que abrazan a los troncos para mantener firme a la planta en las alturas.

## Importancia biológica de las Bromelias

Las bromelias, tienen la capacidad de elevar considerablemente la riqueza de los bosques. A su vez, ocupan un importante lugar en el ciclo de nutrientes y ejercen fuerte influencia sobre una porción de fauna, ya que proveen de sitio para vivir a insectos, ácaros y pequeños anfibios (Mondragón, Dinámica poblacional de *Tillandsia brachycaulos* Schltdl, en el parque nacional de Dzibilchaltún, Yucatán. , 2002), como lo es el caso de la OL, la cual encuentra en el interior de las bromelias las condiciones óptimas para que sus renacuajos realicen el proceso de metamorfosis. Por otra parte, especies de aves y reptiles encuentran en sus hojas, agua y alimento. (Miranda Jiménez, y otros, 2007)

## Fundación Zoológica De Cali y el Crea

La Fundación Zoológica de Cali es una institución sin ánimo de lucro, dedicada a la gestión de la conservación y valoración del patrimonio natural y cultural de Colombia. Desde 1981 la fundación administra el zoológico municipal y ha participado activamente en la consolidación de una comunidad más comprometida con la conservación de la biodiversidad.

Como muestra de ese compromiso, en 1992 creó el Centro de Investigación para la Conservación de Especies y Ecosistemas Amenazados - CREA con el fin de afianzar sus esfuerzos en pro de la conservación y fortalecer sus objetivos misionales. El principal objetivo del CREA es desarrollar programas de investigación para la conservación, que contribuyan al conocimiento y la restauración de la biodiversidad nacional, trabajando en conjunto con otras organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y comunidades, basado en los criterios y políticas definidas por la Fundación Zoológica de Cali y respondiendo a las estrategias de conservación regionales, nacionales y mundiales.

El CREA, a lo largo de sus 20 años de gestión, ha desarrollado una serie de programas enfocados a la investigación para la conservación, en alianza con Instituciones gubernamentales y privadas; así como el involucramiento de otras áreas de la organización, tales como veterinaria, zootecnia, biología, educación y comunicación, que se traducen en programas integrales de conservación que garantizan la viabilidad de las poblaciones silvestres en sus hábitats naturales.



**Ilustración 13- CREA Logo. Fuente: CREA**

# Recolección de información

## Entrevista

Nombre del entrevistado: Diego Villaquirán

Cargo del entrevistado: Coordinador del laboratorio de anfibios del CREA

## Objetivo principal

Determinar cómo se desarrollan las interacciones rutinarias entre hombre-especie, hombre-herramientas, hombre-espacio en los terrarios del laboratorio del CREA.

## Objetivo complementario

Identificar aspectos relevantes acerca de las necesidades, requerimientos y costumbres de la especie dentro de los terrarios, los cuales surgen a partir de una experiencia cercana y constante con la especie.

Se realiza una entrevista al asistente de operaciones del CREA Diego Villaquirán; para conocer las interacciones que se dan en el terrario, a partir de las rutinas de mantenimiento y adecuación del mismo. Además, acceder a conocimiento que ha sido adquirido por la praxis del entrevistado a través de la interacción directa y constante con la especie.

## Estructura de la entrevista

### Interacciones:

- Objetivo: Identificar cuáles son las interacciones con mayor relevancia para el diseño, y cuáles son las que necesitan una intervención por parte del mismo.

### Necesidades, requerimientos y costumbres de la especie:

- Objetivo: Detectar información clave y única (la cual no se encuentra en bibliografía) sobre la especie, para relacionarla con las interacciones y procesos que se dan durante las rutinas de mantenimiento y adecuación de los terrarios.

Duración: *60 minutos*

## Trabajo de Campo



**Ilustración 14: Zona de búsqueda especímenes especie Oophaga Lehmanni.**  
Fuente: Mosquera 2013

## Conclusiones de entrevista y trabajo de campo

Las ranas de la especie *Oophaga Lehmanni* no distinguen las bromelias por su forma, o por algún aroma en particular, ellas verifican las condiciones de humedad de manchas que asocian a posibles lugares para la postura de renacuajos.



**Ilustración 15- Bromelias cultivadas en el CREA para los terrarios.** Fuente: Mosquera 2013

•Esta especie distingue a sus presas solo cuando se encuentran en movimiento, es por esto que el alimento que se le suministra a ellas debe estar vivo.

•Las ranitas son temerosas y tanto en el laboratorio como en vida silvestre, le huyen a los seres humanos, es más a cualquier mancha que vean en movimiento que sea más grande que ellas.



**Ilustración 16- Estado actual de los terrarios.** Fuente: Mosquera 2013

- El proceso reproductivo de esta especie inicia con la búsqueda que hace el macho de un lugar disponible para la postura de los renacuajos, después de que el macho identifica la bromelia para dicho fin, comienza el cortejo a la hembra; es decir, sin bromelias disponibles, el ciclo reproductivo de la especie no inicia.

- El trabajo de campo in situ es bastante dispendioso y complejo de realizar, esto se debe a las condiciones del acceso a la zona, además que en esta zona hay una presencia de grupos insurgentes que lo hacen aún más complejo.



**Ilustración 17- Instrumentos para simular la postura de huevos ex situ. Fuente: Mosquera 2013**

- El balance natural que existe en las cadenas tróficas se debe de respetar, pues en un comienzo se planteó que el sistema debía proteger al renacuajo de posibles predadores, pero esto alteraría por completo el balance.

- La altura de ubicación de las bromelias se define a partir del sotobosque característico de ésta zona, el cual se dispone en los arboles de alturas medianas, es decir, que no

están a nivel de piso o de pequeños arbustos donde la incidencia de sol es mínima y las corrientes de aire no son constantes, ni en lo alto del bosque donde los rayos del sol dan directamente sobre las hojas de los árboles, sino en la mitad donde los rayos UV vienen filtrados por las ramas de los arboles más grandes, y donde el aire circula llevando en el los microorganismos que alimentan a las bromelias.

- Se hace pertinente una intervención por parte del diseño, para la implementación in situ, debido a la situación crítica de su hábitat.

- Las condiciones del laboratorio de anfibios simulan las condiciones del hábitat in situ, lo que facilita la comprobación de teorías dentro del mismo para la aplicación in situ.

- Las ranas no están desarrolladas para trepar por superficies lisas, ya que por evolución natural se han desarrollado para fijarse en las cortezas de los árboles que se caracterizan por su rugosidad.

- Una intervención por parte del diseño es viable, puesto que las ranas no tienen una visión desarrollada y no distinguen los materiales a simple vista; ellas requieren superficies que les permitan un agarre para poder acceder a éstas.

- Es más relevante realizar una implementación in situ en primera instancia del proyecto, debido a las condiciones críticas del ecosistema; por tal motivo el proyecto se centrará en la implementación in situ, pero apoyándose en los elementos y comprobación ex situ.

## Capítulo IV “Análisis de materiales”

Después de haber analizado detenidamente las características de la especie *Oophaga Lehmanni*, la dinámica natural de ésta con las bromelias y las condiciones climáticas de su zona de distribución, además, teniendo en cuenta la premisa de utilización de materiales naturales o que por su naturaleza no comprometan el equilibrio de los bosques húmedos del Alto Anchicayá se han definido como los materiales a utilizar dentro del sistema los siguientes materiales:

**PLA** (Ácido Poliláctico o plástico de almidón del maíz)

Pese a ser un material relativamente nuevo en la industria, el PLA se ha posicionado fuertemente; ya que su característica principal es ser responsable con el ecosistema y dadas las condiciones actuales en el mundo, se requieren nuevas alternativas que permitan minimizar el impacto ambiental de los productos que lleguen al mercado.

Este material, el cual se obtiene a partir de una polimerización química del almidón del maíz, que se basa principalmente en un producto orgánico de fácil consecución en el mercado mundial actual como lo es el maíz; permite que su obtención para la producción industrial de productos de consumo masivo sea viable, por otra parte es un material que posee características físicas y mecánicas que permiten compararlo con materiales plásticos de gran uso en la industria como el PET (polietilentereftalato) y el polipropileno (PP), resistentes y versátiles.

Por otra parte, es un material que no sólo es biodegradable sino compostable, lo cual permite que su ciclo de vida sea cerrado y que sus residuos después de su vida útil sean aprovechados como abono por el ecosistema. Al mismo tiempo, es un material que se comporta como un termoplástico, lo cual permite su transformación mediante procesos de manufactura actualmente utilizados como inyección, extrusión, termoformado y procesos comúnmente utilizados para la transformación de los termoplásticos convencionales.

A continuación, se presenta una tabla que permite entender con mayor amplitud los beneficios y propiedades por los cuales el PLA ha sido seleccionado como materia prima en la solución de diseño de SIPO.

<b>PROPIEDADES</b>
Termoplástico
Compostable
Requiere de poca inversión para su producción y transformación
Temperaturas de transformación por debajo de los plásticos convencionales
Inocuo
Hidrofóbico
Estable a exposición a rayos UV
Resistencia mecánica alta
Poco consumo de agua y energético en su obtención y polimerización

Consecución de materia prima en el mercado- Viabilidad
No es tóxico
Costo beneficio equilibrado

### **Fibra de Cáñamo**

Esta fibra extraída de la planta *cannabis sativa*, posee propiedades que la hacen una fibra superior en comparación con otras fibras como el fique, la cabuya, el yute; ya que se destaca por ser resistente a la humedad y a la exposición a los rayos UV. Por otra parte, la característica decisiva para su implementación en SIPO es su propiedad anti hongos, lo cual permite que la especie *Oophaga Lehmanni*, y las especies que se encuentren en el ecosistema, se vean protegidas a la exposición a hongos externos a la zona que se puedan generar en la fibra.

Por otra parte, la fibra posee una textura que la hace ideal para ser utilizada por la especie *Oophaga Lehmanni*, pues esta se ha adaptado a la superficie de la corteza de los árboles, la cual es rugosa y con un alto perfil de anclaje, motivo por el cual, SIPO debe proporcionarle a la especie un material que simule estas texturas para que la especie pueda acceder sin limitaciones al sistema.

## Capítulo V “Marco Conceptual”

### Conclusiones

- Se hace indispensable la implementación *in situ* del sistema para el hábitat temporal bromelias que permitan el desarrollo de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*, y es de vital importancia para generar un impacto positivo en el ecosistema de bosques húmedos del Valle del Cauca.
- La utilización de la biónica como principal herramienta de diseño es indispensable para la adecuada adaptación de las especies al sistema y para disminuir el impacto que tiene un sistema artificial dentro del ecosistema natural.
- La fabricación del sistema en PLA, material compostable permite que el sistema no afecte negativamente el ecosistema, y que al final del ciclo de vida del sistema se aporte biomasa a los suelos.
- Las bromelias deben estar por encima del nivel del suelo para que sean aptas para los renacuajos de la especie OL
- La especie se encuentra catalogada por la UICN como CR, especie en estado crítico de extinción.
- Las actividades humanas como la explotación de recursos madereros, la agricultura, los cultivos de coca y la extracción ilegal de especímenes son las

causantes del alto grado de extinción de la especie. Pero de éstos el principal es la reducción del área de reproducción de la especie.

- Las bromelias en condiciones de humedad e iluminación específicas, son indispensables para el proceso reproductivo de la especie.
- Las ranas no habitan en zonas deterioradas, por eso se hace indispensable un elemento que conecte las zonas en buen estado con las deterioradas para aumentar su área de hábitat y reproducción.
- Frenar los procesos que destruyen las zonas boscosas se hace difícil, pues la mayoría de las prácticas se hacen desde la ilegalidad, y al ser zonas alejadas, el control por medio de los organismos de protección ambientales se dificulta. Por tal motivo, una solución definitiva al estado crítico de la zona es comenzar el proceso de reforestación del ecosistema.

## Hipótesis de diseño.

A partir de la disciplina del diseño industrial, generar un sistema que aproveche los materiales compostables y naturales, en este caso específico el PLA (ácido poliláctico o plástico del maíz) y fibra de cáñamo, para generar una estructura que provea las condiciones de sombra, humedad, y disponibilidad de material orgánico necesarias para el hábitat de bromelias y que éstas sean aptas para la postura de los renacuajos de la especie *Oophaga Lehmanni*. Al mismo tiempo, que acompañe el proceso de reforestación de la zona intervenida, es decir, la zona de bosques húmedos del Alto Anchicayá; generando protección y acompañamiento a cada árbol nuevo que se siembra con el sistema.

## Determinantes.

### Factores Geográficos

- La ubicación en los bosques húmedos de montaña, a una elevación entre los 850 y 1200 metros.
- Zona boscosa caracterizada por suelos empinados irregulares, lo cual dificulta el acceso.
- Suelos con altos niveles de escorrentía, lo cual causa sedimentación del terreno.

### Factores Climáticos

- Los niveles de precipitación en la zona: 1.071 mm/año.
- La temperatura promedio de la zona: 25°C
- Humedad relativa entre el 80 y 85%%

## Factores físicos.

- Las bromelias en vida silvestre se caracterizan por estar ubicadas en un promedio de alturas entre los 1 y 20 metros.
- Los radios de las bromelias que se van a instalar en el sistema oscilan entre los 3 y 5 cm
- Las bromelias que se van a utilizar en el sistema van a tener una altura promedio entre los 25 y 35 cm
- El tamaño de la Rana madre 37 y 45 mm (entre hocico y ano).
- El tamaño del renacuajo oscila entre 5 y 10 mm en sus estadios primarios.
- La rana joven varía sus tamaños entre los 25 y 30 mm (entre hocico y ano).
- El PLA, es un material compostable, lo que significa que con el paso del tiempo se va degradando, y los residuos resultantes de este proceso pueden ser aprovechados por el ecosistema para generar biomasa.

## Factores naturales y ecológicos

- La familiaridad que tiene la especie a lo largo de su evolución natural a las bromelias.
- La sensibilidad de la piel de las ranas a materiales que suelten residuos y a formas que cortantes.
- El renacuajo realiza movimientos y vibraciones para indicarle a la madre que está vivo.
- El renacuajo estimula a su madre mediante movimientos y vibraciones en el agua, generando que la postura de los huevos se realicen dentro de la bromelia.
- La disposición natural de las bromelias superpuestas por encima de las ramas.
- Las leyes naturales donde la especie se encuentra susceptible a predadores y amenazas naturales.

## De uso

- El sistema va a ser instalado por los trabajadores del CREA.
- La instalación del sistema se realizara en zonas boscosas húmedas.

## Contexto.

Zona boscosa húmeda ubicada en la cuenca hidrográfica del río Alto Anchicayá, hacia el oeste del municipio de Dagua,



**Ilustración 18-** Zona boscosa Húmeda del Alto Anchicayá en estado de fragmentación

departamento del Valle del Cauca a una altura entre los 850 y 1200 msnm.

La ubicación del sistema se realizará dentro de las fronteras con zonas de bosque fragmentadas donde la densidad de bromelias es limitada o nula y donde se hace pertinente la ubicación del sistema para generar un aumento en las zonas disponibles para la postura de los renacuajos e incentivar el proceso reproductivo de la especie.

## Usuario

Las personas encargadas de realizar la instalación del sistema son los trabajadores del Crea, entre ellos un botánico y un herpetólogo (especialista en anfibios). Se caracterizan por haber realizado salidas de campo en la zona de implementación del sistema con anterioridad, lo que ayuda a la identificación de la zona.

A su vez, el sistema después de ser instalado en la zona intervenida, será utilizado por la rana madre que realizará la postura de su renacuajo dentro del sistema y posteriormente volverá a alimentarlo. El renacuajo será su principal usuario y es el que mayor tiempo estará en contacto con este, hasta que complete su metamorfosis a rana juvenil.

## Requerimientos

### De uso

- Debe ser un elemento que pueda ser transportado armado en secciones, para después ser ensamblado en el lugar de instalación, y así, alcanzar los 2 ½ m de altura después de piso.
- Permitir que se instalen bromelias medianas, con un diámetro de base mínimo de 2 ½ hasta los 5cm, y con un alto de 25 a 35 cm.
- Debe pesar máximo 20 Kg.
- Debe permitir que la madre rana suba por el sistema para poner los renacuajos en el interior de las bromelias que están soportadas en el sistema.
- Debe proporcionarles a las bromelias luz tenue y que las aguas lluvias no caigan directamente sobre ellas.
- Después de dos (2) meses de instalado el sistema, y de realizar la siembra del árbol nuevo, se debe realizar una verificación del estado del árbol, y si el árbol no tiene las características óptimas para su desarrollo debe ser extraído y reemplazado por uno nuevo.
- Debe permitir ser transportado apiladamente para minimizar costos de embalaje y minimizar el impacto del mismo.

- El sistema debe tener las precauciones necesarias para no dañar o alterar la piel de las ranas, es decir, no puede tener elementos cortantes, puntas o soltar partículas y/o sustancias que contaminen la piel de las ranas.

## Funcionales

- Debe estar en capacidad de contener 5 bromelias, verticalmente en su interior.
- Debe permitir que se almacene agua en el interior de las bromelias durante las precipitaciones.
- Debe filtrar el paso de los rayos UV
- El sistema debe disponer de un elemento de anclaje que le permita adecuarse a las diferentes inclinaciones de los suelos.
- El mecanismo de sujeción debe permitir un agarre firme y estático en las ramas.
- Debe durar mínimo 2 años en funcionamiento, después comenzar a descomponerse y aportar biomasa al ecosistema, en especial al árbol que se encuentra bajo su acompañamiento.
- Debe resistir a las condiciones climáticas características de la zona boscosa húmeda.
- Debe permitir la acumulación de materia orgánica proveniente del aire (microorganismos) en el interior de las bromelias.
- Debe asegurar el árbol que se siembra con el sistema, a medida que éste crece.
- Debe generar las condiciones necesarias para el crecimiento del árbol.
- Debe permitir la verificación del árbol sembrado posterior al proceso de instalación

## Estructurales

- El sistema debe contar con tres módulos básicos que cumplan la función de: fijar a suelo- estabilidad, contener-soporte de bromelias y protección- sombra y filtro de agua.
- Debe asegurarse estructuralmente a suelo, a partir de la regla que 2/3 de lo que hay del suelo hacia arriba debe ir del suelo hacia abajo para generar un anclaje firme.
- Debe tener cimientos que garanticen la estabilidad del elemento
- El elemento de anclaje a suelo debe proporcionar un contrapeso al elemento voladizo, donde se encuentran las bromelias.

## Formales

- El sistema debe estar concebido a partir de un análisis de la zona boscosa a intervenir, para que visualmente el sistema no altere el equilibrio natural.
- Se debe considerar un análisis biónico de la vegetación autóctona de la zona para la realización del elemento protector del sistema.
- Debe tener puntas y bordes redondeados que protejan la integridad de la piel de la rana.
- El sistema debe alcanzar los 2 m de altura. Y permitir que se posen bromelias a partir de 1m de altitud no a nivel de piso.
- El sistema debe estar mimetizado no solo formalmente sino que la textura del sistema debe estar cubierta de vegetación propia del bosque, o de material orgánico.
- Deben utilizarse tonos que se encuentren en el paisaje del ecosistema de bosques húmedos del Alto Anchicayá. (Tonalidades verdes, amarillos y café).
- Debe ser elaborado en mínima proporción en materiales sintéticos. Debe estar elaborado primordialmente en materiales de origen natural, principalmente de PLA y Fibra de cáñamo.

## Promesa de valor

- Integración al entorno natural a partir de la utilización de materiales naturales y de la biónica.
- Favorece el desarrollo del renacuajo durante su metamorfosis, manteniendo las condiciones ideales para que las bromelias que contiene el sistema promuevan el desarrollo del renacuajo. Temperatura, humedad, luz solar.
- Evita la extinción de la especie, al aumentar los espacios óptimos para la reproducción de la especie, y a su vez garantizando que las bromelias que contenga sean aptas para el desarrollo de los renacuajos.
- Reestablece el equilibrio del ecosistema, a través de la implementación de un proceso de reforestación de la zona, le devuelve al ecosistema los árboles que le han quitado en los procesos de deforestación.

## Concepto

“Incubar”

El verbo proviene de la acción que realiza una incubadora, que cuida y protege, mientras la madre no está, así mismo las bromelias cuidan de los renacuajos mientras su madre está ausente.

Este verbo permitirá en el diseño un entendimiento del significado de la bromelia y de su relevancia en el ecosistema. De cómo reemplaza a la madre cuando el renacuajo aún es débil y necesita de cuidados especiales.

Se asocia con la metáfora de “Madre Nodriza”

## Aspectos productivos y de impacto ambiental

### Descripción del sistema

SIPO es un sistema que da respuesta inmediata a la ausencia de bromelias en las zonas boscosas húmedas de alto deterioro forestal; a través de un módulo provee a la especie *Oophaga Lehmanni* de bromelias en óptimo estado para que sean puedan utilizarlas durante su proceso reproductivo. Al mismo tiempo, da solución definitiva al problema, facilitando procesos de reforestación en las zonas afectadas; sirviendo de tutor del nuevo árbol, lo cual aumenta las probabilidades de generar procesos de reforestación satisfactorios.

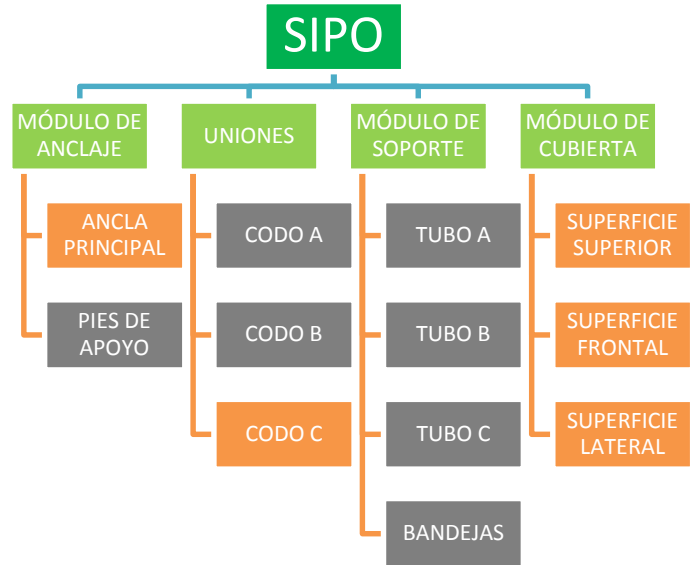
Lo anterior es logrado a través de una estructura tubular hecha de PLA (Plástico derivado del Maíz), cubierta por una fibra de Fibra de cáñamo natural, los cuales simulan las condiciones naturales necesarias para el desarrollo de las bromelias dispuestas en su interior. Al mismo tiempo, la configuración de dos de estos módulos provee al árbol recién plantado de la protección requerida durante sus primeras etapas de desarrollo; ya que los materiales en los cuales se encuentra fabricado se biodegradan y sirven finalmente como compost que contribuye al desarrollo de éste árbol. Es decir, a medida que el árbol crece y se hace más fuerte, sipo se va degradando hasta hacer parte del paisaje natural.

El módulo individualmente consta de una estructura en PLA y de un recubrimiento de Fibra de cáñamo, y en su interior consta de un sub-estructura tubular fabricada en PLA extruido, en el cual se aseguran unas bandejas donde se soportan las bromelias. Finalmente el modulo consta de una estructura posterior, la cual se ancla al suelo generando contrapeso y generando la protección al árbol que se siembra con el sistema. Cada parte que tiene contacto con el suelo, posee pies de apoyo que permiten el aseguramiento a suelo de la estructura.

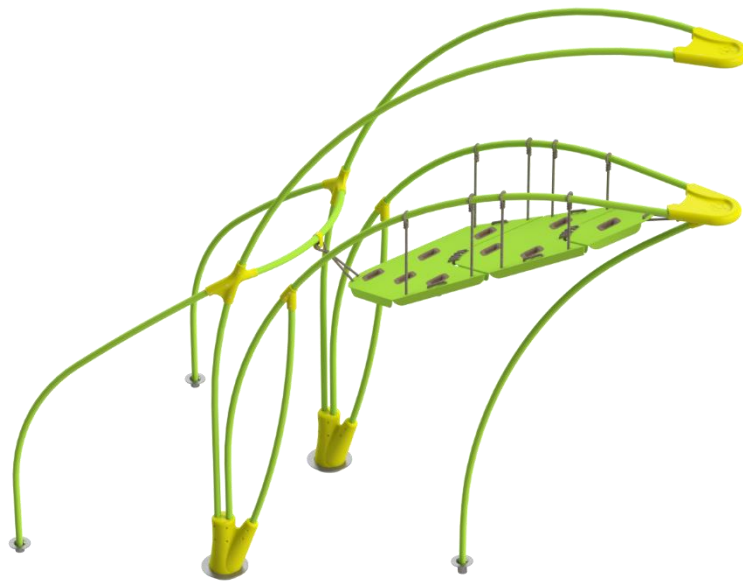
Por otra parte al configurar dos módulos de sipo, se genera la función de protección y de apoyo al plan de reforestación, ya que se genera una barrera que protege al árbol de animales durante sus etapas iniciales.

## Componentes del sistema

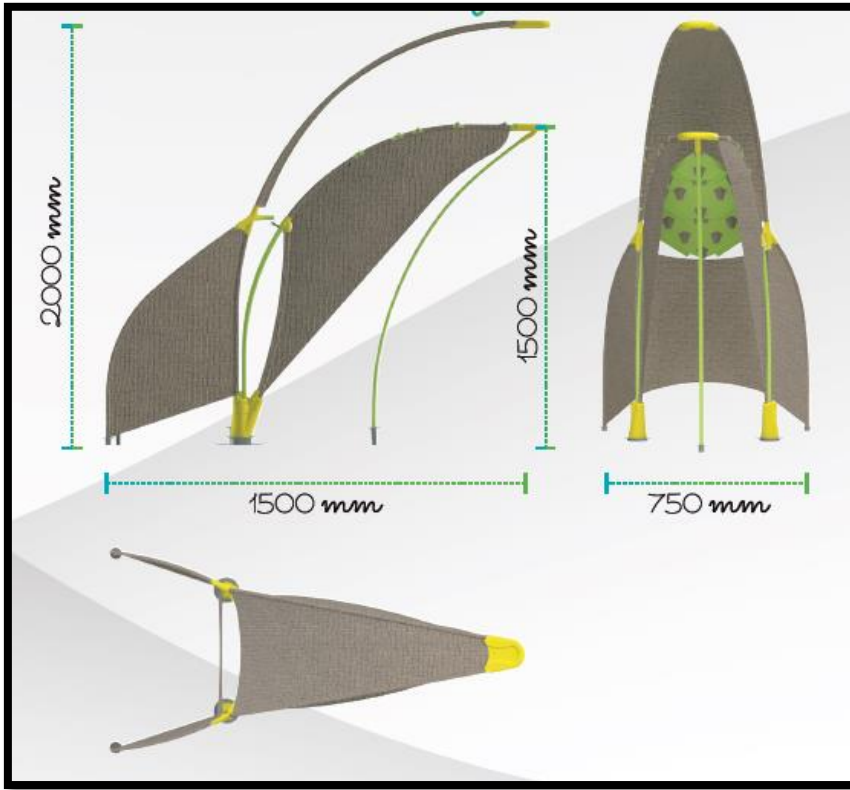
- Partes
- Piezas únicas
- Piezas repetidas



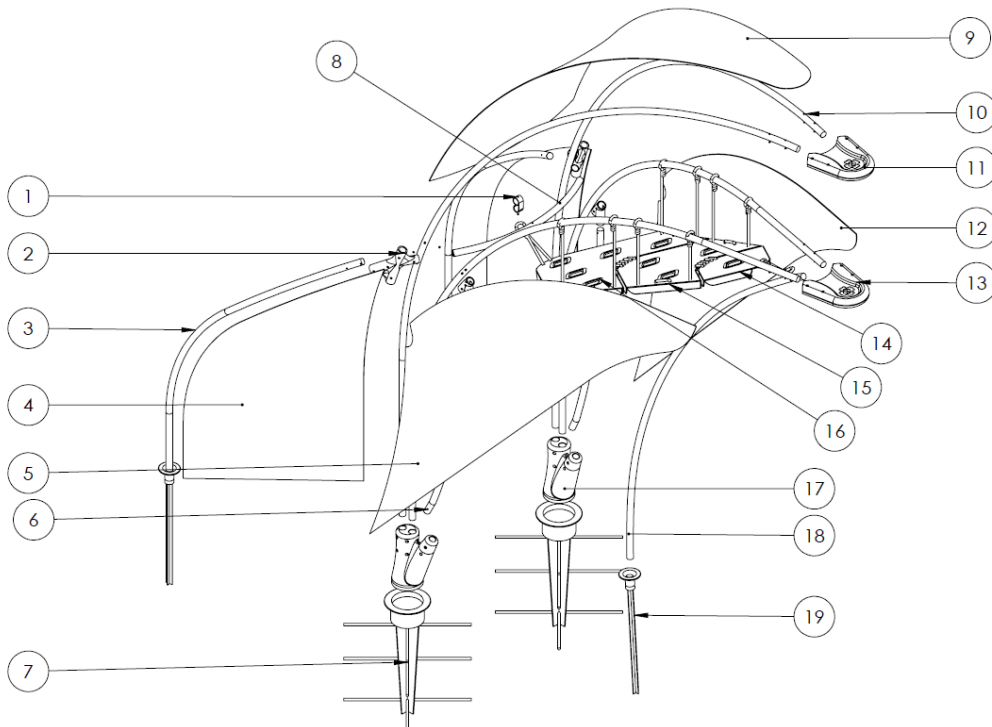
## Visualización del sistema



## Dimensiones generales



## Vista explosionada



## BOM

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	FUNCIÓN	TIPO	MATERIAL	PROCESO
1	Gancho 1	1	-	Especial	PLA	Impresión 3D
2	Codo 1	2	Ensamble	Especial	PLA	Impresión 3D
3	Tubo A	2	-	Especial	PLA	Extrusión
4	Superficie 1	2	-	Especial	Fibra de Cáñamo	Corte-costura
5	Superficie 2	2	-	Especial	Fibra de Cáñamo	Corte-costura
6	Tubo B	2	-	Especial	PLA	Extrusión
7	Cimiento 1	2	Ensamble	Especial	Acero carbón	Soldadura
8	Tubo C	2	-	Especial	PLA	Extrusión
9	Superficie 3	2	-	Especial	Fibra de Cáñamo	Corte-costura
10	Tubo D	2	-	Especial	PLA	Extrusión
11	Codo 2	2	Ensamble	Especial	PLA	Impresión 3D
12	Superficie 4	2	-	Especial	Fibra de Cáñamo	Corte-costura
13	Codo 3	2	Ensamble	Especial	PLA	Impresión 3D
14	Bandeja 1	1	-	Especial	PLA	Corte/Doblado
15	Bandeja 2	1	-	Especial	PLA	Corte/Doblado
16	Bandeja 3	1	-	Especial	PLA	Corte/Doblado
17	Base	2	Ensamble	Especial	PLA	Impresión 3D
18	Tubo E	2	-	Especial	PLA	Extrusión
19	Cimiento 2	2	Ensamble	Especial	Acero carbón	Soldadura

## Procesos de producción

Para la fabricación de SIPO se requieren múltiples procesos, los cuales requieren del uso de máquinas durante los procesos. A su vez estos procesos están contemplados, para minimizar el impacto ambiental y reducir los costos, sin que esto implique una disminución en la calidad del sistema y el diseño del mismo.

PROCESO	DESCRIPCIÓN
<b>IMPRESIÓN 3D</b>	Se utiliza para la fabricación de piezas especiales de volúmenes no extruibles como el anclaje y el soporte de las bromelias
<b>CORTE COSTURA</b>	Se utiliza para dimensionar las piezas fabricadas en la fibra natural Fibra de cáñamo y que posteriormente no se deshilache
<b>EXTRUSIÓN</b>	Este proceso se utiliza para extruir tubería de PLA de diámetro estándar 2"
<b>CORTE</b>	Es utilizado para dimensionar los tubos de PLA extruidos.

Fig 3. Tabla de procesos SIPO. Fuente: Mosquera (2014).

## Proveedores

Para la fabricación de las piezas de SIPO, se han establecido unos proveedores los cuales estén en la capacidad de satisfacer la demanda generada por este sistema.

MATERIA PRIMA	PROVEEDOR	CONTACTO
PELLETS PLA	OXIWORLD	Av 2N # 7N-55 Centenario, Cali.
ABACÁ	Guangzhou Changhe Energy Technology Co., Ltd.	Room 701 to 703,no.116 DongguanzhuangYiheng Road,Tianhe District, Guangzhou-China. Codigo Postal: 510610. 0086-020-38458096
BOBINA PLA	Form Futura	201-53-100-55. www.formfutura.com

Fig. 4. Proveedores SIPO. Fuente: Mosquera (2014).

## Distribución de planta y diagrama de flujo de procesos e insumos.

### A: PLA - B: FIBRA DE CÁÑAMO - C: PLA

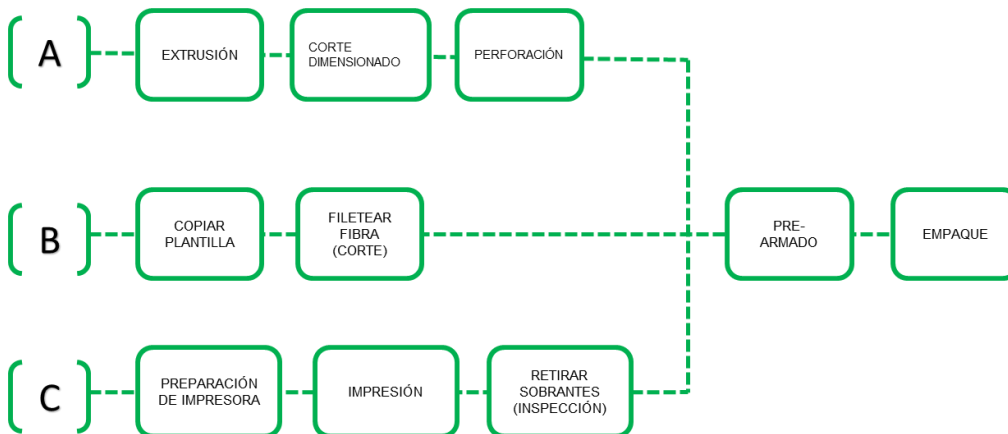


Fig 7. Diagrama de flujo- Procesos de Manufactura SIPO. Fuente: Mosquera (2014).

## Balanceo de línea

<b>TIEMPO NORMAL (Tiempo promedio * Valoración% = Tiempo Normal) Calificación del trabajo = 90%</b>			
1. Extruir tubos Extrusora, 3 unidades 15*0,9=			<b>13,5</b>
2. Cortar tubos Colilladora, 22 unidades 17,6*0,9=			<b>15,84</b>
3. Perforar Tubos Taladro de Arból, 44und 30*0,9=			<b>27</b>
4. Copiar plantilla Manual Operario 11 *0,9=			<b>9,9</b>
5. Filetear tejido fileteadora 33*0,9= 5,6min			<b>29,7</b>
6. Preparación Impresora Manual e impresora 3*09=			<b>2,7</b>
		<b>7. Impresión</b>	
		Impresora 3d 40*0,9=	<b>36</b>
		8. Retirar sobrantes impresión- inspección Manual 2*0,9=	<b>1,8</b>
		9. Pre-armado Manual 15*0,9=	<b>14</b>
		10. Empacado Manual 10*0,8=	<b>9</b>
<b>TIEMPO ESTANDAR (Tiempo Normal * tiempo de fatiga 12,5%)</b>			
1. Extruir tubos Extrusora, 3 unidades			<b>1,6875</b>
2. Cortar tubos Colilladora, 22 unidades			<b>1,98</b>
3. Perforar Tubos Taladro de Arból, 44und			<b>3,375</b>
4. Copiar plantilla Manual Operario			<b>1,2375</b>
5. Filetear tejido fileteadora			<b>3,7125</b>
6. Preparación Impresora Manual e impresora			<b>0,3375</b>
		7. Impresión Impresora 3d	<b>4,5</b>
		8. Retirar sobrantes impresión- inspección Manual	<b>0,225</b>
		9. Pre-armado Manual	<b>1,6875</b>
		10. Empacado Manual	<b>1,125</b>

Necesidad del personal			
Proceso #1 Extruir tubos		Proceso #6 Preparación impresora	
Extrusora		Manual	
5/5=1		0,6*100= 60%	<b>36 minutos</b>
1*100= 100%	<b>60 minutos</b>		
Proceso #2 Cortar tubos		Proceso #7 Impresión	
Colladora		Impresora 3d	
17/5= 3,4		7/5= 1,4	
3,4*100= 340%	<b>204 minutos</b>	1,4*100= 140%	<b>84 minutos</b>
Proceso #3 Perforar tubos		Proceso #8 Inspección- Sobranteso	
Taladro de árbol		7/5= 1,4	
12/5= 2,4		1,4*100= 140%	<b>84 minutos</b>
2,4*100= 240%	<b>140 minutos</b>	Proceso #9 Pre- armado	
Proceso #4 Copiar Moldes		8/5= 1,6	
Manual		1,6*100= 160%	<b>96 minutos</b>
15/5= 3		Proceso #10 Empaque	
3*100= 300%	<b>180 minutos</b>	5/5= 1	
Proceso #5 Filetear fibra		1*100= 100%	<b>60 minutos</b>
5/5= 1			
1*100= 100%	<b>60 minutos</b>		

**Fig 9.** Balanceo de Linea Fuente: Mosquera (2014)

En la **Figura 8**, se detallan los procesos con sus respectivos tiempos de ejecución. Así mismo, se expresa la tasa de fatiga y de rendimiento esperado por parte de los operarios y de la maquinaria involucrada respectivamente. Lo anterior, permite a la empresa generar una visión de cuál es el requerimiento de personal en la jornada laboral establecida, teniendo en cuenta los tiempos de descanso y días hábiles calendario.

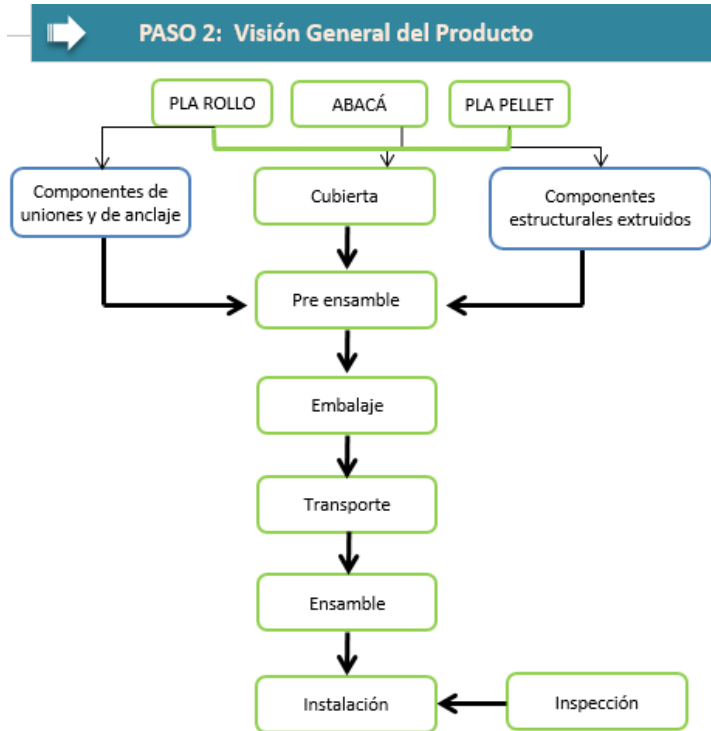
## Impacto Ambiental

### Análisis de Contexto de uso

PASO 1: Contexto de Uso	
Para qué debería ser usado el producto?	Para soportar bromelias en estado natural, como micro habitat de fauna y vegetación del lugar de uso y como tutor de reforestación.
Qué necesidad suple el producto?	La ausencia de bromelias que supone una deficiencia en los procesos reproductivos de la especie oophaga lehmanni y de sistema de barrera en los procesos de reforestación
Qué hace el producto?	Genera las condiciones necesarias para que las bromelias que se encuentren en su interior sean aptas para la utilización de estas por parte de la especie oophaga lehmanni
> Quién lo usa?	Quines lo instalan, empleados del Zoologico o en su lugar subcontratistas. Quines realizan el proceso de reforestación CVC y la ranita Oophaga Lehmanni
> Por cuánto tiempo?	Mientras que el arbol recién plantado alcanza la altura necesaria para no necesitar del tutor, promedio unos dos años para que la descomposición alcance un grado mayor
> Con qué frecuencia?	El sistema se utiliza 24 horas de todos los días del año mientras se va descomponiendo.
> En qué lugar del mundo?	En la zona boscosa húmeda del alto Anchicayá, Valle del Cauca

Fig 10. MET SIPO. Fuente: Mosquera (2014).

Visión general del producto (esquema de partes = procesos y materiales)



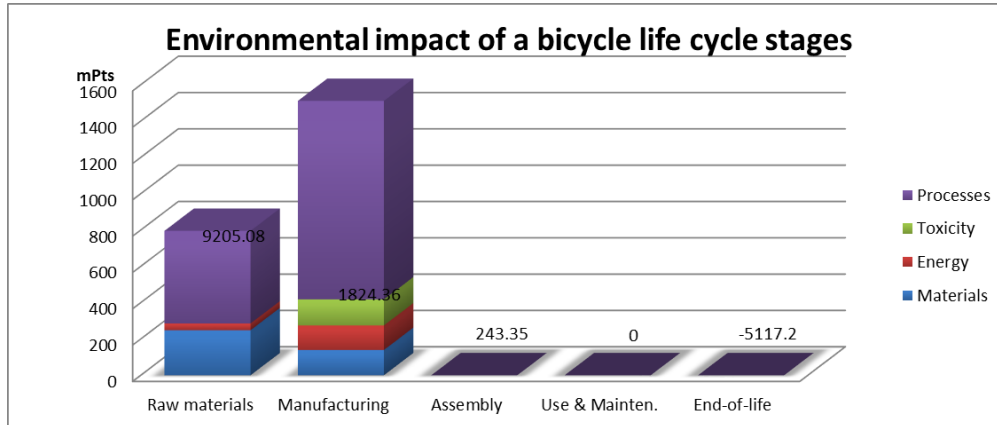
**Fig 11.** MET SIPO. Fuente: Mosquera (2014).

SIPO se ha constituido a partir de una necesidad del medio ambiente natural, motivo por el cual la selección de materias primas y procesos de manufactura son de vital importancia. Además, no solo debe desde su manufactura contribuir a las buenas prácticas ambientales, sino que en su uso no debe afectar en ningún nivel el ecosistema, es decir, emisiones, residuos, desechos.

## Perfil Ambiental del Producto

SIPO se constituye a partir de la utilización de dos materias primas las cuales son derivadas o de origen natural, PLA y Fibra de cáñamo respectivamente. Los procesos escogidos desde el diseño llevan a una dinámica amigable con el entorno natural.





**Fig 14. IMPACTO AMBIENTAL EN CIFRAS.** Fuente: Mosquera (2014).

En la gráfica se ve claramente que la extracción de la materia prima y el procesamiento de las mismas generan el mayor impacto, siendo el de la manufactura el de mayor nivel.

## Conceptos y estrategias de eco-diseño implementadas.

### **Maximizar el uso de recursos sostenibles y cadenas de suministro**

Sipo está pensado para ser transportado a medio ensamblar, permitiendo que el sistema ocupe menor espacio en el momento de transporte, así mismo facilitar la manipulación del sistema por parte de los operarios que lo instalan.

Esto es pensado en primera medida para reducir el impacto del transporte dentro de la cadena de suministro. Es decir que por cada camión se podrán transportar un mayor número de unidades de sipo, lo cual incide en la disminución de las emisiones.

### **Reducir la intensidad material del producto/servicio**

Por otra parte, SIPO ha decidido aplicar materiales amigables con el entorno natural y que al mismo tiempo los procesos en los cuales se transforman permitan un mayor aprovechamiento del material a partir de la reducción de residuos durante las operaciones.

## Reflexión general sobre impacto de la solución.

Según los resultados de la matriz, se deben mejorar los procesos y sus residuos para hacer de SIPO cada vez más una respuesta eficiente que demuestra su compromiso por el entorno natural.

## Aspectos de mercado y modelo de negocio

### Promesa de Valor

**SIPO** es una solución integral, que da respuesta a la inminente extinción de la especie *Oophaga Lehmanni* (Rana venenosa del Valle del Cauca) de forma inmediata y que al mismo tiempo, se encarga de darle solución al problema en el largo plazo. La respuesta inmediata garantiza lugares (Bromelias) disponibles y aptos para la postura de los renacuajos de la especie. Al mismo tiempo, apoya el proceso de reforestación dándole solución al problema en el largo plazo.

Por otra parte **SIPO** no altera el balance natural del ecosistema, y está diseñado para impactar lo menos posible en el ecosistema a partir de utilización de materias primas bio-compostables y procesos de manufactura sustentables.

### Modelo de Negocios (Canvas)

**SIPO**, basa su modelo de negocio en la financiación colectiva o “**Crowd-founding**” (Sistema de cooperación sencillo, que permite reunir una suma de dinero entre muchas personas para apoyar una iniciativa.)

Este plan de negocio, está enfocado a dos segmentos de mercado diferenciados. En primer lugar, tenemos a las personas naturales que desde sus hogares deseen contribuir al mejoramiento del ecosistema, a través de una donación que se ajuste a su presupuesto (ya que la persona decide cuanto quiere aportar). A su vez, de empresas que implementen la gestión de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) enfocada en el medio ambiente, lo cual actualmente ha cobrado numerosos seguidores, pues para nadie es un secreto el gran deterioro de nuestro medio ambiente

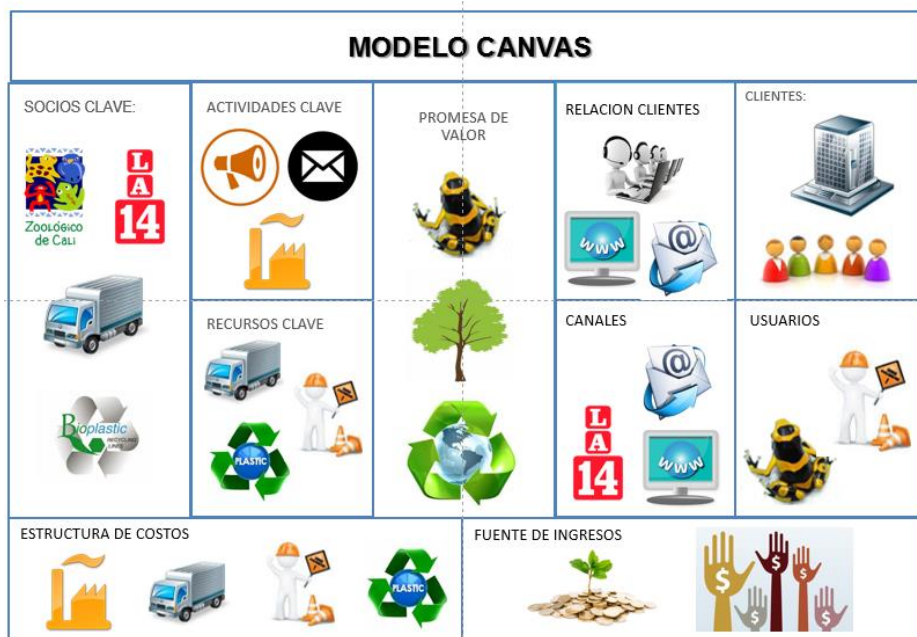
El modelo de financiación colectiva funcionaria de la siguiente manera:

Las personas naturales pueden hacer sus aportes de dos formas diferentes, a partir de una plataforma derivada de la página de la fundación zoológica de Cali, en la cual se daría a conocer el proyecto al público en general, los cuales libremente harían sus aportes. Y mediante la compra de bonos simbólicos los cuales se pueden encontrar en las cajas de los principales almacenes del país (Grupo ÉXITO, Cencosud, La 14, Olímpica).

Por otra parte SIPO se pondría en contacto con las empresas las cuales se verían motivadas a generar donaciones por dos motivos 1. Reducción de impuestos 2. Publicidad positiva: la cual se generaría al hacer públicas las donaciones en el inicio de la página a la cual acceden los usuarios. Las empresas harían sus donaciones ya sea mediante la página web o consignando a la cuenta destinada para el proyecto.

La dinámica de producción de SIPO está ligada a la meta establecida de hectáreas de bosque a recuperar, ya que por cada hectárea de bosque, se plantarían 1100 árboles.

Se fijaría una meta considerable y cuando los aportes recaudados cubran los costos de la primera fase se abre paso a la producción de la misma. Después se procede a la instalación y reforestación acordada, y mediante la página web se comunicaría a las personas que hayan aportado el estado del proyecto y los avances que se hayan tenido. Lo anterior, ya que este canal permite la fidelización



de los contribuyentes e incentiva a aumentar las donaciones. Público objetivo  
Cliente

El público objetivo de SIPO está compuesto por hombres y mujeres (personas naturales) que estén interesados en hacer donaciones en pro del mejoramiento del ecosistema. Al mismo tiempo, empresas (Pequeñas, medianas, grandes) que tengan destinado fondos para planes de RSE o que tengan valores asociados a la preocupación por el medio ambiente.



El primer grupo de personas está conformado por personas, que puedan acceder a internet o que visiten centros comerciales, pues estos serán los puntos donde estas personas podrán acceder a SIPO. Al mismo tiempo, personas con conciencia ambiental, solidarios, activos socialmente, amantes de la naturaleza, que sientan afinidad y preocupación por el ecosistema que habitan.

Aunque la oferta está abierta a personas con cualquier nacionalidad, está dirigida particularmente a colombianos y en especial a los habitantes del valle del cauca, ya que el proyecto se implementaría inicialmente en esta región.

Lo que este grupo busca es contribuir con una causa ambiental, y poder sentirse satisfechos al poder colaborar con la restauración del ecosistema, a largo plazo se anhela un lugar sano para vivir, es decir, un mejor ambiente natural.



El segundo grupo está conformado por empresas, de cualquier índole, las cuales se caracterizan por tener aportes en causas ambientales, las cuales se preocupan desde su misma práctica a la protección y conservación del entorno, que tratan de minimizar el impacto ecológico de sus acciones y que manejan valores como la solidaridad, la responsabilidad, y ante todo se sienten comprometidos con la sociedad.

## Segmentación del mercado con sus variables de segmentación.

La segmentación de mercado, esta se basa en los beneficios que recibe cada grupo, además de las estrategias de marketing y los canales mediante los cuales se llega a determinado grupo.

### Variables de segmentación:

#### **Beneficios:**

Personas naturales: Buscan una satisfacción personal y un beneficio a largo plazo considerando que su contribución se verá reflejada en un entorno natural más sano.

Empresas: Buscan el prestigio, el reconocimiento en la sociedad, además una retribución en el pago de sus impuestos.

#### **Canales y estrategias de marketing:**

Personas naturales: Canales y protocolos de comunicación informales, mediante la página web y las cajas de almacenes de cadena.

Empresas: Se hace un enlace directo desde la fundación zoológica de Cali, se visitan las empresas y los protocolos de la donación tienen un mayor rigor puesto que estos servirán de soporte a entidades gubernamentales para la realización de disminución de impuestos.

#### **Usuario**

Son quienes realizan el proceso de siembra de los árboles que se reforestan y de la instalación de SIPO. Se compone de trabajadores de la Fundación Zoológica de Cali (FZC) o por sub contrataciones a entidades como la CVC, que tienen conocimiento y práctica de procesos de reforestación, acceso a zonas boscosas.

Se caracterizan por ser hombres entre los 18 y 35 años, que se encuentran vinculados con labores agrícolas, enérgicos, realizan actividades que requieren de fuerza y carga de objetos que superan los 10 kg y que manejan herramientas de jardinería en sus jornadas laborales habituales. Generalmente provienen de zonas rurales y de no ser el caso han vivido en este ambiente o regularmente frecuentan este tipo de zonas.

## Mercado potencial:

El análisis del mercado potencial de SIPO está basado en que al menos 1 persona del 30% de los hogares en Cali (Estratos 3,4,5,6) haga su aporte, Según el censo realizado por el DANE, el área metropolitana de Cali está conformada por 679.358

hogares (DANE, 2008) de los cuales el 40% pertenecen a la clase media (Estratos 3, 4 y 5) (García & Melo, 2012) y el 14% a la clase alta (Estrato 6); es decir **187.630 personas** dispuestas a aportar y con capacidad económica de hacerlo. Esto no significa que SIPO este enfocado únicamente en estas personas sino que son las primeras a las que va ir dirigido el proyecto. En el grupo empresarial, Cali cuenta con 178.000 empresas (Cámara de Comercio Cali, s.f.) de las cuales se tomara como base principal el 20% de las mismas, dando un total de **35.600 empresas** potenciales a invertir.

## Competencia:

SIPO es un sistema innovador no sólo por el manejo del material y por los procesos de manufactura involucrados, sino también da una solución a la extinción de una especie endémica de la región del Valle del Cauca, la cual es de vital importancia para el ecosistema, al mismo tiempo que contribuye en el proceso de reforestación de los bosques. Por lo anterior, la competencia en el mercado es escasa, ya que existen soluciones que brindan hábitat para especies amenazadas, pero generalmente son para la implementación en zonas urbanas (Ilustración 4), y no van dirigidas a una solución que integre una solución inmediata con la solución a largo plazo que es el restablecimiento de las zonas boscosas naturales. Por otra parte existen soluciones que se enfocan en procesos de reforestación (Ilustración 1 y 2), pero generalmente este proceso se hace de manera rustica y las soluciones diseñadas son conceptos a futuro que aún no se han implementado. Como competencia directa tenemos otros proyectos que si bien no dan solución a la misma necesidad, siguen la línea de proyectos en pro del medio ambiente o en otros casos, de proyección social, pues competiríamos directamente por los recursos económicos que las empresas tienen disponible para proyectos de RSE



Mezcla de Mercadeo

Análisis del producto

SIPO es un sistema elaborado en materia compostable PLA o plástico del maíz, que da solución al estado crítico de la especie endémica de nuestra región Oophaga Lehmanni, además de apoyar el proceso de reforestación generando una solución a largo plazo. Lo anterior, a partir de un sistema que permita el hábitat de bromelias naturales en condiciones óptimas para el desarrollo de los renacuajos de la especie, además sirviendo como tutor del nuevo árbol que se siembra. Por cada sistema de Sipo instalado se sembrará un árbol.

Marca: SIPO

Logo:



## Análisis del precio:

El precio de SIPO no sigue las estrategias de fijación de precio convencionales, puesto que está basado en un modelo de negocio donde los recursos se obtienen a partir de una financiación colectiva y donde cada individuo o empresa realiza los aportes que considere. Por lo anterior, los costos se generan a partir de la siguiente estructura:

COSTO MATERIA PRIMA + COSTO MANUFACTURA+ COSTOS DE TRANSPORTE + COSTO DE INSTALACIÓN + 10% (DISEÑO)= \$419.688

Vale la pena rescatar que a los donantes no se les pondrá como meta alcanzar el costo unitario sino que las metas han sido establecidas por ¼ ha, por lo cual esa sería la meta fijada para los contribuyentes.

## Análisis de la política de comunicación

Para el desarrollo de SIPO, la comunicación es de vital importancia, ya que tiene que llegar masivamente a las personas para que estas contribuyan con su aporte, para lo cual se dispondrá de una página web individual pero que se encontrará enlazada con la Pagina de la FZC, en la cual se publicaran los detalles del proyecto el impacto y en primer lugar se dará a conocer la problemática que se soluciona. Además, contará con una plataforma que le permite al usuario hacer sus aportes voluntarios directamente desde la página, al mismo tiempo, le indica otros medios para realizar sus aportes.

Por otra parte, se dará información real y actualizada del estado general de aportes para cumplir la meta esperada, y en las fases de implementación se dará a conocer al público el estado del proyecto a través de imágenes y videos que constaten y den pruebas para que los usuarios sepan dónde y cómo se invirtió el dinero.

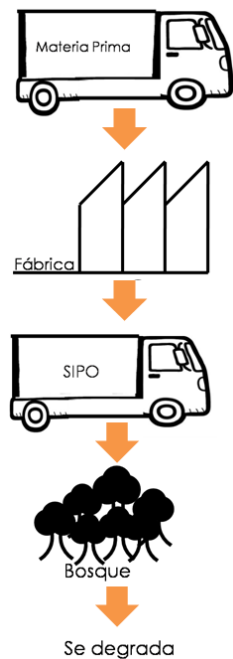
La comunicación con el segmento empresarial es más formal y se realiza a través de operadores y agentes de la FZC destinados a hacer el enlace corporativo, además se contará con una plataforma web especial para las empresas puesto que estas requieren de mayor información y acceso al proyecto.

## Análisis de la distribución: Empaque, transporte y venta

El empaque de sipo está diseñado para agrupar partes iguales apiladas o almacenadas en contenedores para pizzas más pequeñas, las piezas principales que son de mayor área se apilan unas con otras y se sujetan con bandas para que durante el traslado no se rocen unas con otras deteriorando las paredes. Los árboles que se sembrarán irán en contenedores agujerados hechos de cartón Kraft de doble flauta, al igual que las bromelias.

El transporte se realizara de forma terrestre en camiones de carga mediana, hasta el alto del rio Anchicayá, lugar donde culmina la vía de acceso, después se realiza la descarga y se procede a llevar el sistema hasta la zonas de reforestación, lugares donde por lo general se accede caminando.

Los canales para hacer la contribución son: La página Web para transferencias por tarjeta y Almacenes de cadena (ÉXITO, Carulla, Pomona, Jumbo, La 14, Olímpica) para aportes en efectivo.



## Conclusiones de mercadeo

A partir de éste trabajo, se puede concluir que para SIPO es de vital importancia llegar masivamente al público objetivo, además, generar conciencia sobre el problema ambiental al cual nos enfrentamos.

Por otra parte el análisis y la investigación sobre los métodos de recaudo están basados en los principales medios de recaudación masiva que actualmente se utilizan, no sólo en el país, sino internacionalmente.

Por lo anterior, el medio web permite llegar a personas que no están en el país, y que desde su ubicación actual deseen contribuir con esta causa. Por tal motivo,

SIPO no se limitará geográficamente para recibir donaciones, pues no tendría sentido limitar la recaudación de fondos.

Por último, resaltar que en un modelo de negocio basado en el crowd-sourcing, la comunicación constante con el usuario es uno de los principales factores en el éxito del negocio. Por lo cual, las políticas de comunicación de SIPO están

## Aspectos de costos

### Costos de piezas

Las piezas que conforman a SIPO, están debidamente clasificadas de acuerdo con la función que cumplen dentro del sistema, así mismo están concebidas desde el diseño para llevarse a cabo bajo parámetros de fabricación (Procesos, materiales, desperdicio) responsables con el ambiente natural.

Los costos de SIPO, deben permitir el modelo de recaudación masiva y están pensados para que su financiación sea viable bajo los parámetros del crowdsourcing.

### Piezas

Las piezas SIPO están previamente codificadas, a través de listados que permiten la fácil asociación de las piezas con el material, costo, cantidad y proveedor de la materia prima.

Por otra parte, según el plan nacional para la reforestación en territorio Colombiano, por cada hectárea a reforestar se requieren 1000 árboles, actualmente la zona del alto Anchicayá la cual se encuentra en grave estado de deterioro, presenta más de 500 hectáreas de bosque perdido el cual debe ser reforestado.

En este informe, se plantean los costos para la producción de un lote que equivale a la plantación d 1 ha (hectárea) para lo cual se requieren 1000 módulos de sipo, meta que será lograda a través del recaudo colectivo de fondos.

### Insumos

Como se menciona en el ítem anterior, la matriz de costos provee una fácil asociación entre pieza e insumos requeridos para su fabricación, así mismo la información relevante tal como consumo, cantidad, unidades, costos, y proveedor. Lo anterior permite un mayor entendimiento de las relaciones entre las partes de la matriz y poder identificar de donde se sacan las cifras obtenidas.

## Mano de obra directa

En este informe, se tiene en cuenta el salario mínimo mensual vigente (SMLV) en Colombia para el año 2014 de \$616.000 COP, el cual se muestra detalladamente en el anexo A, detallando los procesos que realiza el personal, los tiempos de trabajo por procesos y finalmente el costo total de la mano de obra.

## Costos de fabricación

Para los costos de fabricación de SIPO, se realizó una lista que detalla el consumo de energía de los procesos y herramientas requeridas durante la fabricación del sistema, en la cual se especifican los consumos, el costo y los tiempos de consumo de la misma para obtener el total en costos del requerimiento de energía del sistema.

## Herramental

En esta sección, se detalló la inversión realizada en herramientas y como se amortiza en las cantidades a producir (1000unid), las cuales están basadas en las necesidades de reforestación que presenta el Sistema de bosques húmedos del Alto Anchicayá.

Por otra parte, vale la pena resaltar que el herramental se amortigua totalmente en este primer lote de producción sin que esto signifique un incremento en el costo total del sistema que impida o dificulte el plan de negocio establecido (Crowdsourcing)

## Costo Final del Sistema

Como conclusión de este informe, se obtiene el costo final del sistema SIPO, el cual permite la cobertura de los costos de manufactura, materia prima, fabricación y herramental.

La cobertura total del sistema permite abarcar 3m<sup>2</sup>, lo establecido legalmente entre la plantación de cada árbol que se siembra durante procesos de reforestación dentro de la categoría de conservación. En síntesis, el costo total de cada módulo es de \$ 419.688 COP.

## Conclusiones

SIPO es una solución que contribuye al mejoramiento del medio ambiente, ya que desde su nacimiento busca disminuir el impacto de las actividades humanas en nuestro ecosistema. A su vez, el compromiso cada vez es más grande, por ello a partir de la implementación de estrategias de eco-diseño, SIPO se convierte no

solo en una solución a una problemática ambiental, sino que desde la misma consigue ser responsable con el medio ambiente.

Lo anterior se debe a que el sistema está pensado desde el diseño para responder positivamente a las necesidades ambientales, además que desde la materia prima y los procesos de manufactura generan una solución ambiental integral que da como resultado un sistema objetual con un ciclo de vida cerrado.


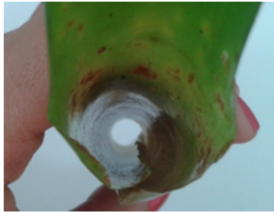

Mientras que un nuevo árbol crece, SIPO genera un hábitat temporal de bromelias que permite a la especie Oophaga Lehmanni, reproducirse en su contexto natural, deteniendo de esta manera la inminente desaparición de la especie. Mientras esto sucede, el árbol sigue creciendo y con el pasar del tiempo, los agentes naturales que ayudan a que este sea cada día más fuerte y grande, van descomponiendo a SIPO, pero esta descomposición sirve de alimento a este árbol ya que los materiales utilizados en SIPO son compostables y ayudan al crecimiento de este nuevo árbol.

## Proyección Sipo

$$\{1 \text{ bromelia} + 1 \text{ huevo}\} \times 2 \text{ meses} = 1 \text{ Sipo} \times 9 = 9 \text{ Sipo}$$
$$9 \text{ Sipo} \times 2 \text{ años} = 108$$
$$70\% \text{ posibilidad de éxito} = 75 \text{ Sipo}$$

Por cada Sipo instalado

# Anexo 1– Análisis morfológico Bromelia

PARTE	FORMA	FUNCIÓN	IMÁGEN
HOJAS	Más alargada que ancha, es una lámina que se curva en su inicio lo que genera una forma de sección tubular en la base y a medida que crece se abre generando un canal, por último esta base ensanchada se va haciendo cada vez más chica generando una terminación en punta en el final de la hoja, cosa que permite que la hoja tenga cierta firmeza hacia la base pero hacia su punta caiga de una forma menos sostenida	Recoger el agua que cae durante las lluvias y llevarla hacia el interior, además de proporcionar la sobra necesaria al interior de la bromelia, por otra parte permite la entrada de material orgánico al interior del tanque. Por último son las encargadas de formar el tanque con sus paredes a partir de una disposición en espiral y abrazándose entre sí.	
TANQUE	Esta compuesto a partir de la disposición de hojas que en la base se ensanchan y permiten que las hojas se superpongan generando un tanque con paredes en subniveles. En la base es más estrecho y a medida que sube se ensancha, hasta que las hojas llegan a un nivel que se separan entre ellas y dejan de formar el tanque.	Acumular agua y material orgánico en su interior, ir filtrando los niveles de agua progresivamente sin generar corrientes, contener al renacuajo, además de servir de apoyo en sus paredes a la madre rana para que ponga los huevos alimento del renacuajo.	
FILTRO	Es un cilindro a base de fibras de donde nacen las hojas y al cual se amarran al crecer. En su base se aferra el tronco y en su parte de arriba se encuentran fibras dispuestas hacia arriba. Estas fibras superiores son blandas y blancas; las de la parte inferior se hacen duras y más oscuras.	Su función es mantener a las hojas sujetas en su posición además de permitir la acumulación de material orgánico. Por otra parte le da un fondo al tanque lo cual genera una estabilidad para el renacuajo.	
TALLO	Es un cilindro multiforme, con partes segmentadas acorde a su largo. Se agarra del filtro.	Permitir el posicionamiento de la bromelia en los árboles. Sirve más que todo como un pie de apoyo. A diferencia de las demás plantas la obtención de nutrientes no se realiza por esta parte.	

## Bibliografía

- Amézquita, A., Velásquez Escobar, B. E., Corredor Londoño, G., & Velasco, J. (s.f.).  
Andrade, G. (2011). ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA Y SUS AMENAZAS. XXXV(137).
- Azcon Bieto, J., & Talon, M. (1993). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. New York: Interamericana.
- Baensch, U. (1996). *Bromeliáceas en Flor*. New York: Tropical Beauty Publishers.
- Bolívar García, W., & Restrepo Toro, J. H. (2004). Rana Venenosa de Lehmann. En J. V. Rueda Almonacid, J. D. Lynch, & A. Amézquita, *Libro Rojo de anfibios de Colombia*. Bogotá: Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente.
- Cámara de Comercio Cali. (s.f.). *Empresarios Cámara de Comercio Cali*. Recuperado el 28 de Febrero de 2014, de <http://www.empresariosccc.com.co/web/sitio/>
- Corredor Londoño, G., Velásquez Escobar, B., & Velasco Vinasco, J. A. (2012). *PLAN DE ACCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ANFIBIOS DEL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA*. Santiago de cali: CVC, Fundación Zoológica de Cali y UniValle.
- DANE. (2008). *Resumen Censo 2005 Valle del Cauca*. Bogotá.
- DANE. (2013). *Encuesta Nacional de Vida 2012*. Bogotá: Boletín de prensa.
- DANE, Banco de la República. (2010). *Informe de Coyuntura Económica Regional - Valle del Cauca*. Cali: Departamento de Documentación y Editorial Banco de la República.
- Font Quer, P. (1993). *Diccionario de Botánica*. Barcelona: Labor S.A.
- García, A., & Melo, L. (2012). *El País*. Recuperado el 25 de 02 de 2014, de <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/40-habitantes-cali-pertenecen-clase-media>
- Isaza, C., & Betancur, J. (2009). *RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA Y ALGUNAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS BROMELIAS*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Kress W, J. (1986). The systematic distribution of vascular epiphytes: an update.
- Miranda Jiménez, M. E., Arellano Mijangos, J. J., Salazar Acevedo, B. Z., Hernández Martínez, F., Quero Cruz, R., & Pérez Santiago, L. (2007). *Bases para el manejo de bromelias ornamentales*. Oaxaca: Grupo Autónomo para la investigación ambiental A.C.
- Mondragón, D. (2002). *Dinámica poblacional de Tillandsia brachycaulos Schltdl, en el parque nacional de Dzibilchaltún, Yucatán*. Yucatán: Centro de investigación científica de Yucatán.
- Mondragón, D. (2003). *El uso de bromelias epífitas (magueyitos) en las tradiciones mexicanas y su impacto en el área comunal protegida de Santa Catarina de Ixtepeji, Sierra norte de Oaxaca*. Oaxaca: Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional.
- Myers, C. W., & Daly, J. W. (1976). *Preliminary evaluation of skin toxins and vocalizations in taxonomic and evolutionary studies of poison-dart frogs (Dendrobatidae)*.
- Rey Lizcano, T. (2011). *Estudios previos de beneficios económicos y sociales del proyecto de reforestación*. Santander: Secretaria General Departamento de Santander.

- Rueda Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Amezcua, A. (2004). *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia*. Bogotá: Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente.
- UICN. (2013). *Red List of Threatened Species*. Recuperado el 10 de Marzo de 2013, de <http://www.iucnredlist.org>
- Velásquez Escobar, B. E. (2009). *Evaluación del estado de conservación de la rana venenosa de Lehmann (Oophaga Lehmanni), con fines de establecer una reserva natural para su protección*. CREA, CVC, Cali.
- Wieckowski, K. (2003). Una Guía Para el Monitoreo de los anfibios del Parque natural Metropolitano. Panamá.