

# INFORME DE PROYECTO

## SISTEMA MODULAR DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA Y DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA A TRAVÉS DE HUERTAS CASERAS

### Equipo de Trabajo



Oda Scatolini  
Brasil



Aura Mora  
Colombia



Franklin Espitia  
Colombia



Yina González  
Colombia



Jacob Vásquez  
Guatemala



Nelson Arenas  
Colombia



Paulina Achurra  
Chile

### Contexto

#### Antecedentes

La Finca el Dorado es una pequeña finca de 1 fanegada de la familia Espitia-Velazquez compuesta de 4 integrantes, está ubicada en la vereda de Guavio Alto, del municipio de Fusagasugá. Su principal actividad económica se centra en el cultivo y transformación del café, la maquinaria para la línea de procesamiento fue diseñada y construida por sus dueños, quienes posteriormente recibieron una donación que les permitió adquirir maquinaria industrializada. Además realizan la crianza de animales de traspatio y algunos productos para autoconsumo.

El desafío propuesto para el equipo participante en el IDDS consistió en potencializar procesos de *innovación campesina* que facilite a pequeños agricultores su adaptación al cambio climático.

#### Descripción de la comunidad

La vereda Guavio alto está ubicada en el corregimiento suroriental, vereda Guavio Alto, Fusagasugá

**Cuencas hidrográficas:** Rio Batan y Rio Guavio

**Altitud:** 1840 msnm

**Clima:** templado, 13 C – 22 C

En la vereda Guavio Alto habitan aproximadamente 180 familias, la principal actividad económica en la producción de café, habichuela, frijol y banano hay algunas fincas ganaderas.

#### Enmarcado del Problema

Las poblaciones rurales son las más vulnerables a los efectos del cambio climático pues dependen de recursos naturales para su subsistencia. Es el caso de las familias de Guavio Alto del municipio de Fusagasugá, que se han visto afectadas en su calidad de vida por la escasez de agua que conllevan a la disminución de la productividad, cambios forzados en uso y prácticas agrícolas.

Los principales efectos del cambio climático identificados son:

- Eventos climáticos extremos (verano – lluvias – heladas - deslizamientos)
- Poca predicción en el inicio de las temporadas
- Cambio de uso de suelo ( cítricos, pasto estrella, mora, papa)
- Avance de la frontera agrícola (uso para ganadería y caficultura)
- Cambio en los indicadores del ecosistema (estado de las bromelias)
- Extinción de especies (marta, abejas)

En este contexto, buscamos generar alternativas de producción agrícola sostenible, que optimicen el uso del agua para ser adoptadas por pequeños productores de la zona, mediante tecnologías de bajo costo apropiables y eficientes, que mejoren la seguridad alimentaria y la resiliencia al cambio climático.

## Proceso de Diseño

### Propuesta de Valor

Logramos construir una tecnología de bajo costo que se concretó en un *Sistema Modular de huerta para el uso óptimo del agua y producción de alimentos*, la cual facilita a los agricultores:

Características del Sistema Modular

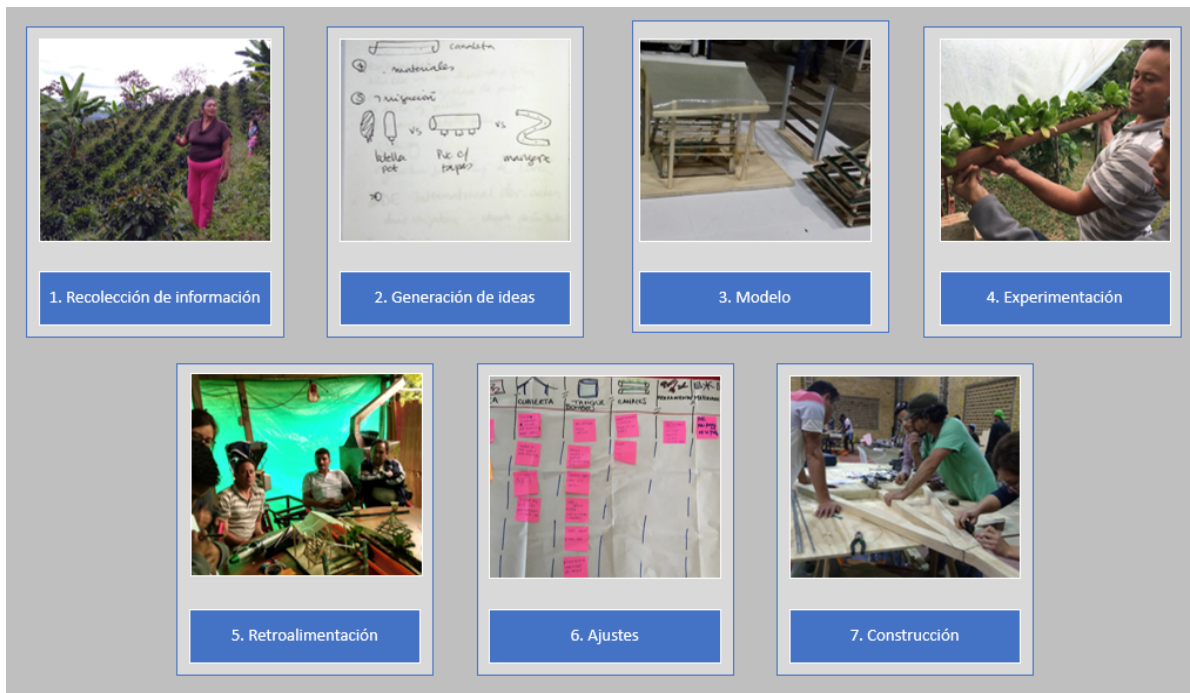
	Plantas/ m <sup>2</sup>	Colecta Agualluvia	Almacenamient o de agua
Convencional	30	✗	✗
Modular	82	✓	✓

- ✓ Aumento de la producción de 2,7 – 4,4 veces
- ✓ Recolecta 6 m<sup>3</sup> de agua por año.
- ✓ Costo aproximado del Sistema es de \$ 300.000 COP.
- ✓ Se recupera la inversión en 1 año.

- ✓ Aumentar la productividad
- ✓ Optimizar el recurso agua
- ✓ Usar de forma eficiente del espacio
- ✓ Diversificar cultivos para autoconsumo y/ o venta.
- ✓ Garantizar la seguridad alimentaria

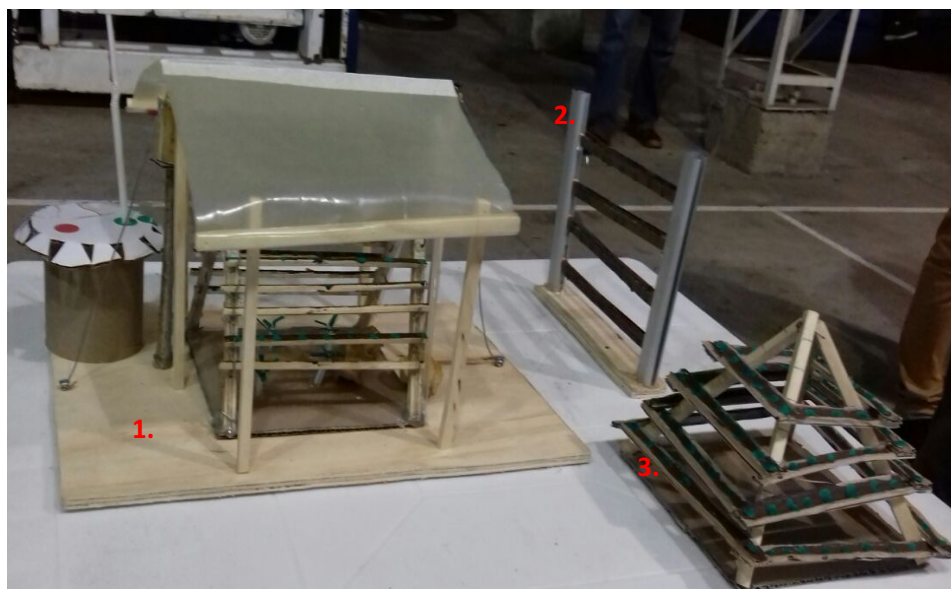
### Resumen del proceso / etapas del Diseño

Después de 17 días de aprendizaje y puesta en marcha de un proceso de diseño, de co-creación, en el que generamos ideas, formulamos modelos, recibimos retroalimentación de la comunidad para construir un prototipo que les permita adaptarse a los desafíos del cambio climático. El siguiente gráfico muestra las diferentes etapas del proceso de diseño que partieron de una fase de recolección de información con la comunidad para hacer una buena comprensión y enmarque del problema, para allí generar ideas que se concretaron en uno modelos que fueron validados y enriquecidos por la comunidad para finalmente pasar a la construcción del prototipo que en este momento se encuentra a prueba en la Finca en Dorado.



## Análisis y experimentación

En esta parte del proceso, nos enfocamos en aprender más sobre los tres modelos generados con el fin de evaluar cada propuesta e poder elegir en cuál de las ideas nos concentraríamos para construir el prototipo final.



1. Modelo Modular en A

2. Modelo Lineal

3. Modelo en Pirámide

Para ayudar en el proceso de selección, utilizamos una matriz para la evaluación de los tres conceptos generados. Los siguientes requisitos de diseño fueron identificados:

	<b>Requisito de diseño</b>	<b>Unidad de medida</b>
1	Bajo costo	Pesos [\$]
2	Optimización del espacio	[número de plantas/m <sup>2</sup> ]
3	Eficiencia en el uso del agua	[Litros/(planta x día)]
4	Fácil mantención	[número]
5	Trabajo requerido	[tiempo]
6	Número de elementos integrados	[número]
7	Número de recursos aprovechados	[número]
8	Uso de materiales locales disponibles	[número]
9	Grado de innovación	[número]
10	Acceso a procesos de fabricación	[si/no]

Decidimos priorizar los requisitos 1, 2, 3, y 6, pues estos incidían directamente en la productividad, costo y sustentabilidad del proyecto. El rango seleccionado para cada requisito de diseño refleja la importancia relativa de los requisitos para el proyecto (bajo costo y optimización del espacio son los principales factores, y son igualmente importantes). A partir de este análisis, generamos la siguiente matriz de selección:

Requisito de diseño	Unidad de medida	Valor ideal	Rango	Modelo Pirámide	Modelo Modular A	Modelo Lineal
Bajo costo	Pesos [\$]	Mínimo costo	[1-10]	?	?	?
Optimización del espacio	[número de plantas/m <sup>2</sup> ]	Máximo # plantas/m <sup>2</sup>	[1-10]	5	7	2
Eficiencia en el uso del agua	[Litros/(planta x día)]	Mínimo Litros/planta x día	[1-7]	?	?	?
Número de elementos integrados	[número]	Máximo valor	[1-7]	3	7	3
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>	<b>14</b>	<b>5</b>

Este análisis evidenció la necesidad de especificar en mayor detalle los sistemas para poder tener una estimativa real de los costos, así como también nos reveló la necesidad de hacer un estudio más detallado sobre el uso del espacio.

Utilizando modelos computacionales pudimos verificar que tanto en el modelo en pirámide como en el modelo modular en A se podrían cultivar el mismo número de plantas (400 plantas de espinacas). Sin embargo, el modelo modular en A presenta la posibilidad de utilizar el espacio bajo los canales, ya sea para colocar tanques de almacenamiento de aguas lluvias, y/o para cultivar plantas que requieran poca luz, contribuyendo a la diversificación de cultivos.

Simultáneamente al análisis de la productividad del sistema, analizamos el consumo estimado de agua así como la disponibilidad de aguas lluvias en la región.

A pesar de desconocer el consumo real de agua de una planta de espinaca (en la región de Guavio Alto) cuando utilizado riego por goteo, teníamos como límite superior el consumo de agua observado en la Finca El Dorado, cuando regadas manualmente (5 litros de agua para regar 3 canales por día. Cada canal contiene 30 plantas de espinaca). Esto representa un consumo de 0.06L/planta x día. Estimamos que el consumo de agua cuando utilizado riego por goteo debe ser considerablemente inferior al valor calculado.

Si dejásemos almacenar agua para períodos de sequía de 20 días, necesitaríamos para un sistema modular en A con 16 canales, 576 litros de agua. Análogamente, para un período de 30 días, sería necesario almacenar 864 litros de agua. Estos valores son compatibles con el volumen de lluvias registradas en la región. Un sistema modular en A podría recolectar hasta 6m<sup>3</sup> de agua lluvia.

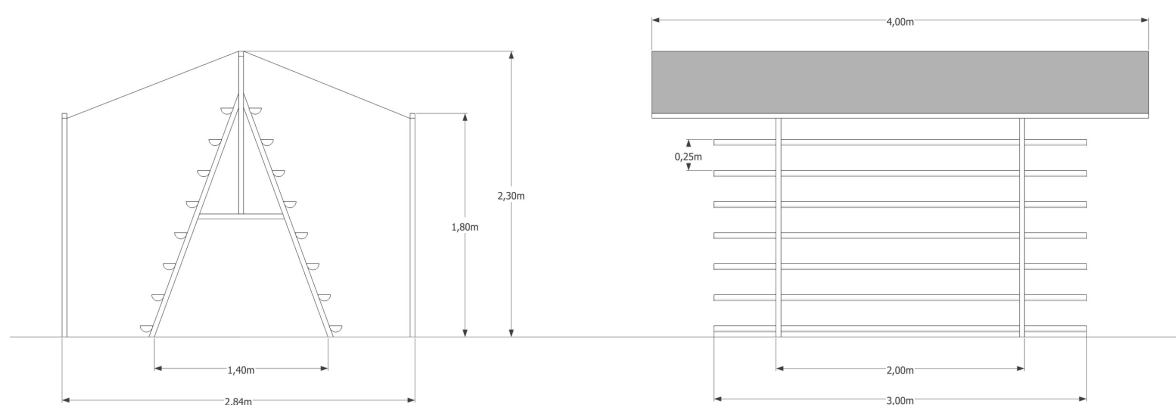
Basado en estos análisis, quedó claro que el sistema modular en A exhibía características únicas que lo destacaban como solución ideal para mejorar la adaptación de pequeñas fincas frente a los cambios climáticos observados en la región.

## Tecnología/ Prototipo Final

### Requerimientos de diseño

**Firmeza:** para lo cual se utilizó madera que pudiera soportar la estructura de captación de agua, dando una resistencia a todo el sistema de producción. Además, Fue atornillada, para tener la facilidad si en algún momento quisiera moverse de lugar.

**Facilidad de trabajo:** el sistema de producción fue diseñado de forma vertical, considerando la altura a la que una persona podría trabajar sin tener dificultad alguna al momento de realizar actividades como, limpieza, cosecha, y riego.



### Cómo funciona

El objetivo del diseño es principalmente la recolección y almacenamiento de agua lluvia, la cual pueda ser utilizada en un proceso de diversificación en la producción de los agricultores. pero, ¿cómo funciona?. Una vez recolectada el agua por medio de la cubierta del sistema de producción, esta va directamente a un tanque de almacenamiento de agua, la cual por medio de un sistema de bombeo manual, es elevada a otro tanque de almacenamiento ubicado a una altura mínima de 2.5 metros del suelo; del tanque de almacenamiento ubicado a 2.5 m del suelo, sale un sistema de conducción de agua por gravedad a la cual están adheridas mangueras de riego de baja presión, que son llenadas por el efecto de gravedad con la que cae el agua, facilitando la distribución del agua en las mangueras y esta pueda generar un riego por goteo. Con ello se logra hacer un uso más racional y eficiente del agua, en el que únicamente se aplica a la zona donde se encuentra la parte radicular de una planta.

Los componentes del sistema son:

- Cubierta de la huerta doble propósito para recolección de agua y protección de las plantas de plagas y exceso de lluvia.
- Tanque de almacenamiento de aguas lluvias
- Bomba manual que permite elevar el agua hasta 15 metros.
- Tanque elevado conectado al sistema de riego por goteo.
- Módulos verticales de huerta triangular para uso eficiente del espacio.



## Desempeño

En este momento el prototipo ya se encuentra instalado y funcionando en la comunidad, El principal inconveniente que se ha presentado tiene que ver con las canales.

Las canales de pvc de 4" pulgadas y 3 mts de largo, se cortaron a la mitad, se doblaron por el peso del sustrato y agua, para solucionar este inconveniente se utilizaron alambres a los lados para darle mayor sostén al canal, es una solución temporal porque aún no se ven resistentes las canales.

Respecto a las canales de guadua nos son suficientemente profundas, por lo que la raíz de la hortaliza no se podría desarrollar muy bien, hay que buscar guaduas más gruesas, para que la raíz de la planta desarrolle bien.

A la estructura se le agregaron 2 listones más de madera para que no se cierre al momento de templar los alambres.

Algo que funcionó bien fue un tubo de 4" pulgadas, completo no se abre por mitad, se deja completo y se le hace una abertura en la parte de arriba lo que haría más resistente el canal, aunque aumentaría un poco el costo del sistema.

Respecto al sistema de riego hay que hacerle mejora a la cinta de riego, porque las canales de abajo se llenan más, tienen exceso de agua y en las de arriba no hay suficiente agua.

Ya se sembraron aromáticas, tomates y espinacas se espera en 3 meses evaluar la producción.

## Listado de Materiales, proveedores, costos

Logramos construir un sistema de bajo costo, realizamos la compra de materiales, en depósitos de madera conseguimos listones de eucalipto a bajo costo. En el centro de Fusagasugá hay ferreterías y centros dedicados a riegos y plásticos. Localmente los productores tienen disponibilidad de guadua y mantienen madera para diferentes mantenimientos y actividades de la finca. A

continuación se detalla cantidad y costo para un sistema de cultivo vertical que utiliza canales de cultivo de 3m.

Concepto	Valor	Cantidad	Total
Madera 3 m	4000	15	60000
Madera 4 m	7000	5	35000
Plastico cubierta * 4	7500	4	30000
manguera 1'''	1200	5	6000
Y de aluminio	6000	1	6000
cinta de goteo	300	52	15600
adaptador de manguera	1200	10	12000
Registro PVC	8400	1	8400
varillas tuercas	6000	1	6000
35 tuercas	1750	1	1750
35 arandelas	1550	1	1550
pvc 4'*6 m	38000	2	76000
Guadua * 6m	12000	1	12000
Tanque 200 litros	40000	1	40000
<b>Total</b>			310300



## Lecciones aprendidas

- Un elemento enriquecedor del ejercicio es aprender haciendo el proceso de co-creación, en el que se trabajó en equipo de personas con experiencias y saberes diversos quienes complementamos y enriquecimos el proceso de diseño.
- Es fundamental que el desarrollo e instalación de prototipos se realice directamente en las comunidades lo que permitiría involucrar a más personas de la comunidad, resolver problemas con recursos y opciones locales.

## Involucramiento de la comunidad



Se presentaron y socializaron a la comunidad los 3 modelos desarrollados, ellos observaron, manipularon, realimentaron y realizaron recomendaciones, para finalmente trabajar como prototipo final en modelo modular tipo A.

Se realizó un ejercicio de co-creación con el vástago (tallo) del árbol de plátano, como propuesta innovadora e insumo que se encuentra en la misma finca y que los campesinos nunca lo habían visto como elemento reutilizable para poder sembrar algunas plantulas, esto genero un ejercicio dinámico y ellos mismo realizaron la actividad de convertir los vastagos en canales de siembra, también se presentaron algunos elementos como un sembrador, desarrollado en el taller de IDDS y una bomba de agua, allí los campesinos interactuaron y también realizaron algunas recomendaciones para la mejora de dichas tecnologías.

El trabajo de co-creacion fue importante ya que se pudo concretar de manera conjunta el modelo que finalmente se escogió para llevar a cabo el prototipo final y se genero sinergia entre los integrantes del equipo de trabajo y la comunidad campesina, concluyendo algunas mejoras y buenas prácticas en pro de mejora del modelo diseñado y el desarrollo del prototipo desarrollo.



**Retroalimentación de los Usuarios**

En la fase de retroalimentación se llevó el modelo a los usuarios quienes retroalimentaron cada uno de los componentes del sistema a continuación se especifican cada uno de los aportes:

AREA	CUBIERTA	TANQUE BOMBEO	CANALES	HERRAMIENTAS	MATERIALES	PLEGO
<p>Existe un espacio para el desarrollo del sistema</p> <p>Modelo en 3D para el desarrollo del sistema</p> <p>Se debe tener en cuenta el espacio para el desarrollo del sistema</p>	<p>Existe un espacio para el desarrollo del sistema</p> <p>Modelo en 3D para el desarrollo del sistema</p> <p>Se debe tener en cuenta el espacio para el desarrollo del sistema</p>	<p>El tanque debe ser de plástico</p> <p>Tiene un espacio para el desarrollo del sistema</p> <p>El tanque debe ser de plástico</p> <p>El tanque debe ser de plástico</p> <p>El tanque debe ser de plástico</p>	<p>El canal debe ser de plástico</p> <p>El canal debe ser de plástico</p>	<p>Se debe tener en cuenta el espacio para el desarrollo del sistema</p>	<p>El material debe ser de plástico</p> <p>El material debe ser de plástico</p>	<p>El plegado debe ser de plástico</p>

**Área**

- Propuesta de usar dos módulos juntos (Triangular+vertical)

- Reportaron área disponible en sus finca para 3x3 o 4x4 módulos

### **Cubierta**

- Existen experiencias en recolección de aguas lluvias
- Madera es el material más utilizado para estructuras
- Techo de cubierta debe ser más extenso
- Usar plástico de invernadero (3-5 años vs 6 meses)

### **Tanque recolector de agua (1000L)**

- Tanques plásticos son los más utilizados
- Experiencias con tanques de cemento + ladrillo:
  - Usa mucho material → \$\$\$
  - No es móvil

### **Herramientas de trabajo**

- Tienen acceso a todas las herramientas requeridas

### **Riego**

- Tienen experiencia en uso de riego por goteo

### **Canales y materiales**

- Preferencia por canales de PVC:
  - Durabilidad
  - Flexibilidad
  - Peso
- Guadua
  - No todos tienen acceso
  - Menor durabilidad, pero puede ser recubierta con plástico
- Vástagos de plátano
  - Posible material local

- Menor durabilidad

En términos generales pudimos evidenciar que la comunidad:

- Tiene experiencia con varios sub-sistemas utilizados pero no con el sistema integrado.
- La huerta puede ser recuperada para autoconsumo y/o comercialización.
- Prefieren materiales durables (PVC).
- Hay oportunidades de experimentar y crear con materiales locales.

### **Resolución de problemas**

Es necesario mejorar las canales para que sean más resistentes, pueden ser guaduas gruesas o tubos de pvc de 4' pulgadas sin cortar a la mitad.

Hacer la recolección del sistema de agua lluvia para que desde allí se haga el riego a la huerta.