

**Propuesta para la implementación de un  
modelo de compensación por el servicio  
ecosistémico de captación de agua para riego  
en Crucita de Oriente, Intibucá, Honduras**

**Fabio Antonio Escobar Vásquez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Propuesta para la implementación de un modelo de compensación por el servicio ecosistémico de captación de agua para riego en Crucita de Oriente, Intibucá, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Fabio Antonio Escobar Vásquez**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2019

# **Propuesta para la implementación de un modelo de compensación por el servicio ecosistémico de captación de agua para riego en Crucita de Oriente, Intibucá, Honduras**

**Fabio Antonio Escobar Vásquez**

**Resumen.** El fenómeno “El Niño” en el 2015, fue una de las sequías más severas en Honduras. Debido a este evento el Gobierno desarrolló un proyecto, para la construcción de nueve cosechadoras de agua para riego. Una de ellas pertenece a los miembros de la empresa asociativa Crucita de Oriente, ubicados en Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras. El reservorio tiene una capacidad de almacenamiento de 72,000 m<sup>3</sup>, el cual es abastecido de agua superficial proveniente de la microcuenca La Chorrera. Se determinó la implementación de un mecanismo de compensación por la provisión de agua para riego; para lo cual se encontró que los usos de suelos que generan un impacto negativo sobre el recurso hídrico en la microcuenca son: la agricultura convencional y el café sin sombra. Se propuso la implementación de barreras vivas, acequias y agroforestería, para reducir la erosión hídrica y pérdida de suelo. Estas prácticas tienen un costo de USD 38,156.30, lo que incluye su implementación y mantenimiento durante cinco años. Se desarrolló un mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos, considerando: el ingreso del grupo de agricultores asociados al proyecto y el costo de implementación y mantenimiento de las prácticas de conservación. Se determinó la capacidad de pago de los agricultores, para lograr la implementación de las prácticas de conservación de suelos y agua en la parte alta y media de la microcuenca. Se planteó la creación de un fondo verde, al cual aportarán mensualmente los agricultores usuarios del sistema de riego; el cual será administrado por la junta directiva de la empresa asociativa Crucita de Oriente.

**Palabras clave:** Mecanismo de compensación, servicio ecosistémico, conservación de suelo.

**Abstract.** The phenomenon “El Niño” in 2015, was one of the most severe droughts in Honduras. Due to this event, the government developed a project, which consisted of the construction of nine water harvesters for irrigation. One of them belongs to the members of the Crucita de Oriente associative company, located in Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras. The reservoir has a storage capacity of 72,000 m<sup>3</sup>, which is supplied with surface water from the La Chorrera microbasin. The study determined that the use of soils that generate a negative impact on the water resource in the microbasin are: Conventional agriculture and shadeless coffee. The implementation of live barriers such as ditches and agroforestry, were proposed to reduce water erosion and soil loss. These practices cost USD 38,156.30, which includes the implementation and management for five years. A compensation mechanism for ecosystem services was considered, through: the income of the group of farmers associated with the project and the cost of implementation and maintenance of conservation practices. The farmers' ability to pay was estimated, so that soil and water conservation practices are carried out in the upper and middle part of the microbasin. The creation of a green fund was proposed, which will be supported monthly by the farmers who use the irrigation system and managed by the board of directors of the Crucita de Oriente group.

**Key words:** Compensation mechanism, ecosystem service, soil conservation.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>18</b>
<b>7. ANEXO.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Obras de conservación de suelo según la pendiente.....	5
2. Uso y cobertura de la microcuenca La Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.....	9
3. Costo de implementación y mantenimiento durante cinco años de las prácticas de conservación de suelos y agua en la microcuenca la Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.....	11
4. Aforos del sistema de riego de los 24 agricultores de la asociación.....	12
5. Demanda hídrica de los cultivos de malanga, plátano y maíz.....	13
6. Rendimiento e ingreso de los agricultores asociados a la cosechadora.....	13
7. Escenarios propuestos para determinar el pago de los agricultores por la implementación de las prácticas de conservación de suelos y agua.....	14
Figuras	Página
1. Ubicación del proyecto de cosechadora de agua para riego, Crucita de Oriente, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.....	3
2. Diagrama de los metros lineales necesarios para una hectárea con una pendiente del 30-50% o más.....	5
3. Diagrama de mecanismo de compensación por servicios ecosistémico.....	7
4. Mapa de uso y cobertura de la microcuenca la Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.....	8
5. Proceso de implementación para el mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos en la microcuenca la Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.....	15
Anexo	Página
1. Entrevista semiestructurada dirigida a los socios y encargados de las parcelas bajo riego de la Empresa Asociativa Crucita de Oriente.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

Honduras es un país que está localizado en Centroamérica, su territorio forma parte del corredor seco, por lo que, se espera que estará altamente expuesto a eventos meteorológicos extremos como la sequía de forma más frecuente e intensa según (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2016). La población que se ve mayormente afectada por dicha vulnerabilidad, es la vinculada al sector primario. Al ser vulnerables ante estos eventos, las familias están más expuestas a los efectos de la variabilidad climática y obligadas a tomar acciones de adaptación y reducción de su vulnerabilidad a cambios climáticos. Actualmente la población que vive en el corredor seco de Honduras se encuentra en un proceso de adopción tecnológica que les permita reducir las pérdidas en los sistemas de producción, adaptándose a los cambios en el ambiente (Calvo-Solano et al., 2018).

El evento climático “El Niño” afectó a Honduras, en el año 2015. El más reciente evento El Niño provocó una sequía de las más severas en todo el país respecto a años anteriores. La sequía causó un descenso hasta del 60% de las cosechas de maíz y del 80% en las zonas de cultivo de frijol, lo que provocó un aumento en el precio de los granos básicos según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016). Se calculó este incremento en un rango del 14 - 20% según (UNICEF, 2016). Para el año 2050 se espera mayor aumento en la temperatura y el descenso de las precipitaciones en el país. Esto puede convertirse en un problema para los agricultores, ya que si se prolonga una sequía existe la posibilidad de que se pierda la cosecha o tengan que recurrir a realizar inversiones para regar los cultivos durante el período seco (UNICEF, 2016).

Dado este escenario, el Gobierno de Honduras, a través de Inversiones Estratégicas de Honduras (INVEST-H) desarrolló un proyecto, que consiste en la implementación de nueve cosechadoras de agua. La finalidad del proyecto es garantizar la disponibilidad de agua para riego y con esto lograr que no se pierdan cosechas, reduciendo la vulnerabilidad de las familias a estos fenómenos naturales (COP 21, 2015). Una de las nueve cosechadoras de agua pertenece a la empresa asociativa de agricultores Crucita de Oriente, ubicada en el Municipio de Jesús de Otoro, Intibucá. Dicha empresa está conformada por 24 agricultores. El agua que abastece a la cosechadora, proviene de la microcuenca La Chorrera (Tablas, 2018).

Para los miembros de la empresa asociativa Crucita de Oriente, la microcuenca La Chorrera cumple un papel importante, ya que es la zona que abastece de agua a la cosechadora, la cual tiene una capacidad total de 72,000 m<sup>3</sup>. Se puede entender a la microcuenca La Chorrera como el área de captación de agua para riego, que provee éste servicio ecosistémico a los usuarios del sistema. Estos servicios son aquellos beneficios directos e indirectos, que la sociedad apropia derivados de los ecosistemas naturales y se clasifican

en: soporte, regulación, provisión y culturales (León et al., 2014). El servicio ecosistémico de regulación hídrica se refiere a la proporción de las precipitaciones que pueden llegar a ser infiltradas a los mantos freáticos, contribuyendo al constante flujo de agua como escorrentía superficial. El proceso de regulación hídrica comienza por la precipitación que incide en la vegetación, donde una gran proporción se pierde por evaporación. El agua residual de esta etapa, la cual no es interceptada, llega directamente al suelo, donde una proporción fluye como escurrimiento superficial y otra se infiltra o se almacena en el suelo (Jullian et al., 2018).

La cantidad de agua que puede ofertar la microcuenca, está fuertemente relacionada con el uso de la tierra y las prácticas de manejo que se realizan dentro del área de captación del agua en la microcuenca. Diversos estudios muestran el efecto de los cambios de cobertura vegetal sobre el rendimiento hídrico, ya que coberturas como el bosque propician un incremento de la infiltración, por efecto de las raíces en la porosidad del suelo (León et al., 2014). Los resultados de infiltración y cantidad de recurso hídrico disponible, varían de acuerdo a factores como: presencia de cultivos agrícolas, medidas de conservación de suelos, vegetación natural y presencia de agroquímicos, residuos y otros contaminantes. Si la producción agrícola está orientada a un sistema convencional, se reducirá inevitablemente la cantidad de materia orgánica en el suelo, disminuyendo su capacidad en el almacenamiento y retención de humedad.

Todos los factores anteriormente mencionados están focalizados en comprender cuál es la importancia de brindar protección al suelo para asegurar el funcionamiento normal del ciclo hidrológico. El servicio ecosistémico de provisión es de suma importancia para los beneficiarios del sistema de cosecha de agua para riego de la Crucita de Oriente, ya que es la base para brindar sostenibilidad al sistema en sus parcelas. La compensación por servicio ecosistémico, se convierte en un mecanismo que permite el beneficio mutuo entre el buen manejo de la microcuenca (oferentes del servicio) y la provisión de agua para riego de las parcelas de los agricultores (demandantes) (Alvarado, 2006).

En la actualidad la microcuenca La Chorrera no cuenta con un plan de manejo, por lo que la implementación del mismo requiere inversiones vía pago o compensación de las acciones de conservación. Por este motivo se plantea la implementación del mecanismo de compensación por parte de los beneficiarios, dirigido a los productores agrícolas ubicados en las zonas de captación y cosecha de agua para riego. El objetivo de realizar el estudio fue proponer un Mecanismo de Compensación por Servicios Ecosistémicos (MCSE) en la zona, teniendo como finalidad asegurar la provisión constante de agua y la disminución de la deforestación en la misma. Para alcanzar esta meta se plantearon los objetivos siguientes:

- Determinar los costos asociados a la implementación de prácticas agropecuarias para protección, manejo y conservación de zonas prioritarias en la microcuenca La Chorrera.
- Estimar la demanda de agua para riego de los miembros de la empresa asociativa Crucita de Oriente.
- Determinar la viabilidad para un mecanismo de compensación por servicio de agua para riego del sistema de cosecha de agua en Crucita de Oriente.

## 2. METODOLOGÍA

### Ubicación geográfica del área de estudio.

La cosechadora de agua se encuentra ubicada en el municipio de Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras. El Municipio cuenta con una superficie de 414 km<sup>2</sup> y una población 27,260 personas censadas en el 2013 según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2019). Colinda con San José de Comayagua al norte, Masaguara e Intibucá al sur, San Isidro al oeste y Siguatepeque al este. La cosechadora está ubicada al este del municipio, en las siguientes coordenadas: X: 397174, Y: 1600521 y es alimentada por la microcuenca La Chorrera, que drena a la cuenca del río Grande de Otoro (Figura 1).

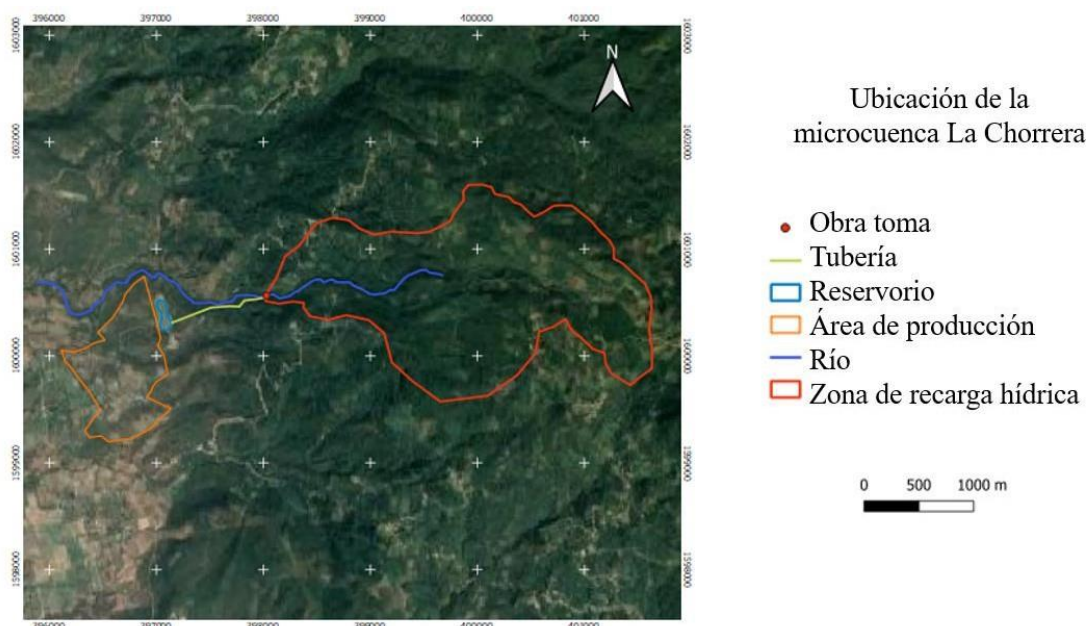


Figura 1. Ubicación del proyecto de cosechadora de agua para riego, Crucita de Oriente, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

### Costos asociados a las prácticas de conservación de suelo y agua.

Para determinar las prácticas de protección de suelos a implementarse en la zona de captación de agua en la microcuenca La Chorrera, primero se realizó una delimitación de la misma utilizando la hoja cartográfica 1627\_wgs84. Posteriormente, se hizo una delimitación a través de recorridos con el cuerpo técnico del proyecto Zamorano/INVEST-H y habitantes de la microcuenca. Una vez hecha la delimitación, utilizando imágenes



satelitales y el programa de sistemas de información geográfica ArcGis, se determinó cuáles son los usos y coberturas de suelo en la microcuenca.

Con el fin de corroborar la información de usos y cobertura obtenida de las imágenes satelitales, se recorrieron las parcelas que no fueron consideradas por las imágenes debido a su tamaño o cobertura y se agregaron posteriormente a la visita de campo. En las parcelas se determinó el cultivo que poseen y si existen prácticas de conservación de suelos en ella.

**Conservación de suelos.** La conservación de suelos es un sistema que combina medidas agronómicas, obras estructurales y forestales. Este sistema se implementa si se desea éxito tanto en la protección como en la productividad. Se seleccionaron prácticas orientadas a los siguientes aspectos:

- Control de erosión: por medio de la implementación de prácticas de conservación se pretende evitar el arrastre de sedimentos, durante la época lluviosa. Este arrastre provoca pérdidas de suelo, principalmente en pendientes fuertes (30 – 50%). Las prácticas de conservación están diseñadas para reducir la erosión.
- Aprovechamiento del recurso hídrico: para lograr esto se debe aumentar la infiltración del agua en el suelo. El agua que no logra infiltrarse se pierde por medio de escorrentía superficial, que puede llegar a generar arrastre de sedimentos. Es así como obras de conservación de suelo y agua permiten el aprovechamiento del recurso hídrico al evitar escorrentía y por ende aumentando la infiltración.
- Mejorar la fertilidad del suelo, a través de la retención del mismo y prevenir con mayor eficiencia plagas y enfermedades.

**Práctica de conservación de suelo a implementar.**

Las prácticas de conservación de suelos fueron seleccionadas a partir de la guía técnica (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [PASOLAC], 2000), considerando los siguientes parámetros: pendiente (%), altura (msnm), cultivo existente, costo de implementación y mantenimiento (Cuadro 1).

Según Retamal (2006), se pueden estimar los costos de inversión de las prácticas sostenibles o cambios en el uso de la tierra, para lograr sostenibilidad de los sistemas productivos y mejoras en la captación de agua.

Cuadro 1. Obras de conservación de suelo según la pendiente.

Obras de conservación de suelo según la pendiente	Pendiente hasta 15% (m)	Pendiente de 15 - 30% (m)	Pendiente 30 - 50% (m)
Barreras vivas	15 - 30	10 - 15	4 - 10
Barreras muertas	10 - 20	6 - 10	4 - 6
Acequias	10 - 20	8 - 10	6 - 8
Diques de 1 metro	4 - 12	2 - 4	1 - 2

PASOLAC (2000)

**Determinación de los metros lineales por práctica de conservación según su pendiente.**

Se utilizó la pendiente para determinar la distancia entre las prácticas y la cantidad de metros lineales que se necesitan para la reconversión de los usos y coberturas actuales. Para efectos del estudio se utilizó como unidad funcional una hectárea.

El procedimiento para determinar los metros lineales es explicado en la Figura 2. Las prácticas de barreras vivas y acequias para una hectárea con una pendiente del 30 – 50% de pendiente, según la guía PASOLAC (2000), necesitan un distanciamiento entre prácticas de conservación de 7 metros.

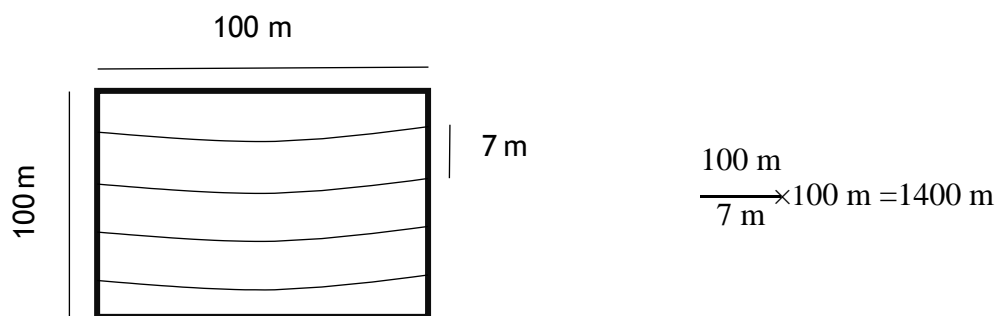


Figura 2. Diagrama de los metros lineales necesarios para una hectárea con una pendiente del 30 - 50% o más.

Una vez calculado la cantidad de metros lineales de las prácticas de conservación en una hectárea, se multiplica por la cantidad de hectáreas que posee la cobertura de interés. Se realizó el mismo procedimiento para los usos los otros contemplados en el estudio.

Finalizado el cálculo de la cantidad de metros lineales necesarios, se estimó la cantidad de mano de obra necesaria para realizar las prácticas para estimar los costos. El salario de un trabajador por día en la zona fue multiplicado por la cantidad de días requeridos.

Para la implementación de la plantación forestal en el café sin sombra, se tomó como base la guía técnica de implementación de Sistemas Agroforestales (Barrantes, 2013). Esta

menciona que el esparcimiento de árboles en el cafetal debe tener un arreglo de ocho metros por ocho metros. Debido a que el café es un cultivo perenne, una vez analizado el contexto social y natural de la microcuenca se escogió la especie maderable *Leucaena leucocephala*, como la indicada para el arreglo.

### **Análisis de la demanda del recurso hídrico.**

**Aforo.** Se realizó una visita de campo a las parcelas de los agricultores que son beneficiarios del proyecto con la finalidad de conocer los sistemas de producción, incluyendo el sistema de riego. Se aforaron las 24 parcelas de los agricultores. Para realizar los aforos se utilizó el método volumétrico, el cual determina el caudal dividiendo el volumen por el tiempo de llenado como se muestra en la Ecuación 1.

$$Q = V / T \quad [1]$$

Donde:

Q = Caudal (L/s)

V = Volumen llenado (L)

T = Tiempo de llenado (s)

### **Demanda de agua para riego.**

La demanda de agua para riego considero los siguientes parámetros: cultivo, área bajo riego, caudal de riego (L/min), frecuencia de riego y mm de agua. El periodo de cultivo evaluado fue la finalización de la primera (mayo-agosto). Se realizó una comparación entre la cantidad de agua que los agricultores están aplicando a sus parcelas y la necesidad hídrica del cultivo. Se estimó la demanda hídrica del cultivo por medio del Kc del cultivo de maíz, plátano y malanga en cada uno de sus estadios (inicial, medio y final). La Ecuación 2, muestra que la evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtuvo multiplicando el coeficiente de cultivo (Kc) por la evapotranspiración potencial de cada uno de los cultivos en los diferentes estadios o etapa del cultivo (ETp) (FAO, SF).

$$ETc = Kc \times ETp \quad [2]$$

ETc = Evapotranspiración de cultivo

Kc = Coeficiente de cultivo

ETp = Evapotranspiración de cultivo

### **Propuesta del mecanismo de compensación por servicio ecosistémico.**

Para poder desarrollar el MCSE de agua para riego en Crucita de Oriente se compilaron los resultados de los análisis de los resultados de los costos de las prácticas de conservación, demanda hídrica y capacidad de pago de los agricultores (Figura 3).

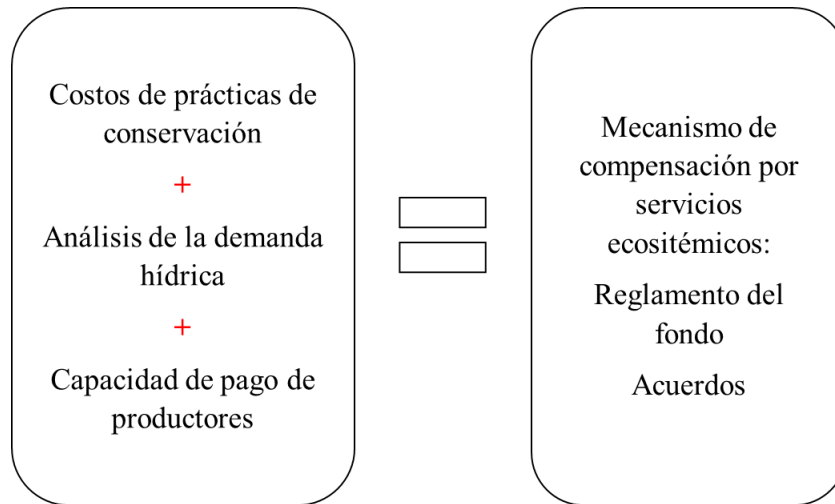


Figura 3. Diagrama de mecanismo de compensación por servicios ecosistémico

**Costos de prácticas de conservación.** La implementación de dichas prácticas implica un costo, éstos están basados en la mano de obra requerida para la construcción y su mantenimiento, los cuales fueron obtenidos según la guía técnica de conservación de suelos y agua (PASOLAC, 2000) y fueron actualizados para su costo actual.

**Caracterización del sistema productivo de los agricultores.** El instrumento para realizar el diagnóstico socioeconómico fue una encuesta, la cual estuvo dirigida a los socios y encargados de las parcelas bajo riego; con el propósito de conocer el contexto social y económico de los miembros de la empresa asociativa Crucita de Oriente. En la encuesta se determinó: sistema de riego que utilizan, prácticas de conservación de suelos en las parcelas, disposición adecuada los residuos inorgánicos, cultivos en producción y su rendimiento, el porcentaje de venta y de consumo de la producción. El ingreso por ciclo productivo bajo riego se determinó con la Ecuación 3:

$$\text{Ingreso por ciclo productivo bajo riego} = \text{Precio de venta} - \text{Costos de producción} \quad [3]$$

**Mecanismo de compensación por servicio ecosistémico hídrico.**

Para determinar el MCSE de provisión de agua en la microcuenca La Chorrera se analizaron cuatro escenarios considerando el costo de implementación de las prácticas de conservación por año y el total de pago por año para cada una de las opciones. Como segundo paso se desarrolló el proceso de implementación basado en: requerimiento hídrico de los cultivos, capacidad de pago de los agricultores, administración del fondo verde y los costos de implementación de las prácticas de conservación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Caracterización biofísica La Chorrera.

La microcuenca La Chorrera posee un área de 353.5 ha. Los usos y cobertura de ésta son: agricultura tradicional, café con sombra, café sin sombra, bosque latifoliado, conífera y mixto; entre otros usos (Figura 4).

**Climatología del sitio de estudio.** La cuenca posee una temperatura media anual de 19.7 °C y presentó precipitaciones de 2,385 mm, durante el año 2018, estos datos fueron obtenidos por la estación ubicada en Cumes, en la página web del Centro de Información Climática para el Occidente de Honduras (CICOH). El municipio posee una temperatura media anual de 23.39 °C y presentó precipitaciones de 651.2 mm, durante el año 2018, según datos de la estación ubicada en el municipio (CICOH).

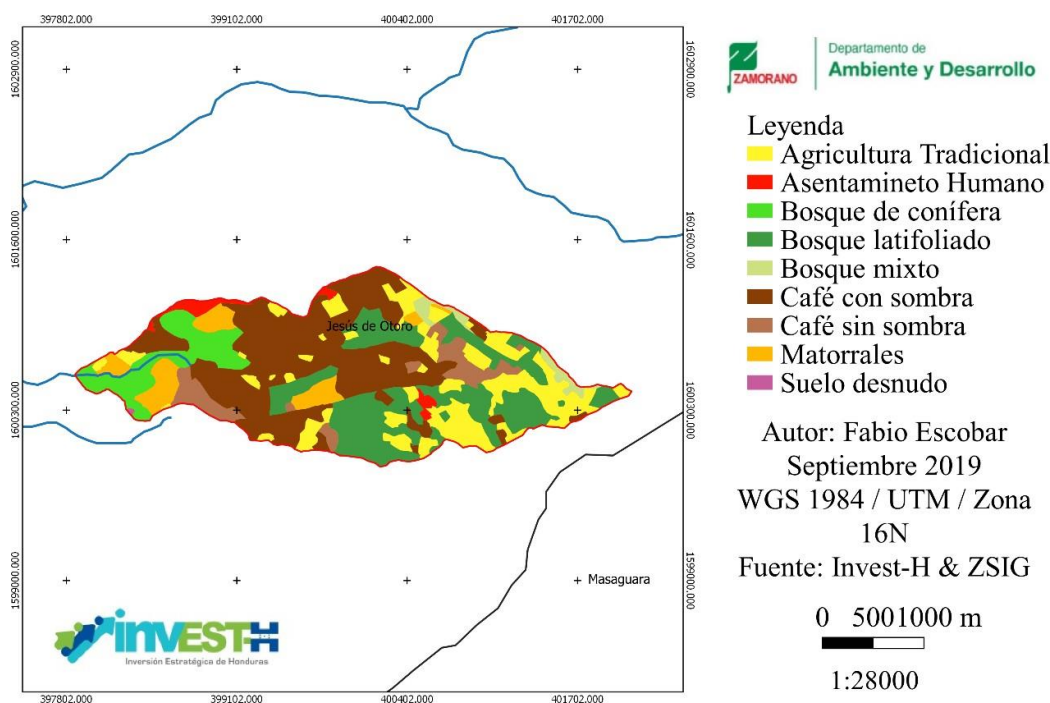


Figura 4. Mapa de uso y cobertura de la microcuenca la Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

### Usos y coberturas.

Se determinó que los usos y coberturas en la microcuenca son café (con sombra y sin sombra) 40.5%, bosque (latifoliado, mixto y conífera) 33%, agricultura 18.3%, matorrales 6.3% y asentamientos humanos con tan solo un 1.9% (Cuadro 2). Esta descripción permite determinar que la cuenca La Chorrera tiene un 59.8% de intervención por uso agrícola. Estos usos y coberturas se encuentran a una altura entre 906 y 1,578 msnm.

Cuadro 2. Uso y cobertura de la microcuenca La Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

Categoría de uso de suelo	Superficie (ha)	Cobertura (%)
Bosque latifoliado	79.54	22.5
Bosque mixto	6.90	2.0
Bosque conífera	30.14	8.5
Agricultura tradicional	64.70	18.3
Café con sombra	120.78	34.2
Café sin sombra	22.14	6.3
Suelo desnudo	0.207	0.1
Matorrales	22.21	6.3
Asentamiento humano	6.70	1.9
Total	353.31	100.0

**Agricultura tradicional.** El 51% de la agricultura se encuentra en una pendiente de 31-50%, otro 20% se encuentra en pendientes mayores a 50%, en la cual no se implementan obras de conservación o técnicas agrícolas que reduzcan la contaminación. En las parcelas de producción se cultivan granos básicos (maíz, frijoles) en su mayoría, pero también se siembran hortalizas.

**Asentamientos humanos.** En la cuenca existen asentamientos humanos discontinuos. El 60% de la población está ubicada en pendientes de 13 - 30%. Las personas que habitan en dichas pendientes son de escasos recursos y se dedican a la agricultura de subsistencia. En su mayoría los pobladores no cuentan con servicios básicos, ni manejo de aguas residuales, convirtiéndose en foco de contaminación para las fuentes de agua cercanas.

**Bosque latifoliado.** Este bosque no representa especies nativas de alto valor comercial. El 81% de bosque se encuentra entre las pendientes de 13 a más de 50%. Se logró identificar una gran variedad de especies como: guama, tatascan, encino, roble, liquidámbar, guarumo, indio desnudo, nance de montaña. Éste bosque puede verse amenazado por el avance de la frontera agrícola y la caficultura extensiva. Las zonas que están cubiertas de bosque latifoliado están siendo preservadas debido a que se encuentran aledañas a la quebrada.

**Bosque conífero.** Respecto a la cobertura total de la cuenca es una de las menos representativas. Se encontraron tres especies de pinos (*P. oocarpa*, *P. maximinoi* y *P. tecunumani*). Los pinos que se encuentran en el área son en su mayoría adultos. Actualmente los árboles no se ven afectados por tala, sin embargo, si la frontera agrícola se sigue expandiendo esta cobertura se puede verse afectada por tala ilegal.

**Bosque mixto.** Es una interacción entre el bosque latifoliado y conífero, se encuentra en la parte más alta de la cuenca. En esta interacción predomina la hoja ancha sobre el pino.

**Café con sombra.** Este uso es el predominante respecto al área total de la cuenca. Con la presencia de fincas de gran escala dentro de la zona de recarga. El 71% del total del café con sombra está ubicado en pendientes de 31 hasta 50%. Existen fincas que tienen sistemas de producción idóneos para conservación.

**Café sin sombra.** En comparación al café con sombra, el área de cobertura sin sombra es mucho menor. El 77% del café sin sombra se encuentra entre las pendientes de 13 a más de 50%. Estos sistemas no cuentan con prácticas para detener la degradación de suelo y erosión. El café es sembrado a favor de la pendiente y no poseen prácticas de conservación. Los productos químicos utilizados en las fincas se conducen directamente a las fuentes de agua a causa de la lixiviación.

#### **Implementación de prácticas agropecuarias de conservación de suelos y agua.**

Gran parte del área de agricultura convencional se encuentra en pendientes fuertes de 30 – 50%, incluso mayor a ésta, por este motivo se consideró oportuno proponer la implementación de dos prácticas: barreras vivas y acequias, las cuales debido a las condiciones de pendiente se deben colocar a poca distancia entre ellas. La barrera viva seleccionada fue la *Chrysopogon zizanioidesvaleriana* (Valeriana) por su alto rango de crecimiento a diferentes alturas y la resistencia a sequías o fuertes precipitaciones. Esta práctica se complementó con la creación de acequias, la finalidad de estas es desviar el agua de precipitación, que el suelo no es capaz de filtrar y con esto reducir el arrastre de sedimentos y la erosión hídrica en la zona.

La otra cobertura de interés para desarrollar obras de conservación de suelos fue el café sin sombra. Los árboles que proporcionan sombra son importantes para proteger el suelo de la erosión y permite incrementar la infiltración del agua de lluvia, por medio de la materia orgánica que depositan en el sistema. Estos también logran retener el suelo gracias a las raíces profundas que cruzan horizontes de deslizamiento, obteniendo con esto una reducción de la erosión por deslizamiento del suelo (Barrantes, 2013). La especie escogida fue: *Leucaena leucocephala*, con un arreglo de 8 × 8, y 154 árboles por hectárea.

Los costos de implementación de estas prácticas (Cuadro 3) incluyen el pago a los trabajadores, el cual es de HNL 150/día, este dato fue obtenido por medio de consultas a los agricultores de zona. También incluye la compra de las semillas de valeriana (2,572/ha) y las plántulas maderables (HNL 8 c/u) (PASOLAC, 2000). También se incluye la realización de las curvas a nivel, las zanjas, el sembrado de la semilla y el trasplante de

la plántula maderable. Estas actividades tienen un monto de USD 28,171.3 a largo de los cinco años en los que se desarrolle la implementación.

Anteriormente, se evaluaron los costos de la implementación, pero también se tomaron en cuenta los costos de mantenimiento de las prácticas de conservación, los cuales comenzaron a partir del año 2. Estos costos consisten en las podas de las barreras vivas, los árboles maderables y corregir el zanjeo en caso de alguna falla, el monto total es de USD 9,985.

Cuadro 3. Costo de implementación y mantenimiento durante cinco años de las prácticas de conservación de suelos y agua en la microcuenca la Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

Uso	Área	Pendiente	Obra de conservación	Costo de implementación		Costo de mantenimiento	
				Metro lineal	USD	Metro Lineal	USD
AT	45.93	30 - 50%	Acequias	12,860	3,084	12,860	1,028
			Barreras vivas	12,860	1,543	12,860	643
	18.76	13 - 30%	Barreras vivas	4,127	495.26	4,127	206
CSS	22	12 - 50%	Agroforestería	8 × 8	512	8 × 8	120
Total					5,634.26		1,997

AT: Agricultura tradicional

CSS: Café sin sombra

(PASOLAC, 2000)

### **Demanda hídrica de los agricultores.**

El sistema de riego que poseen los agricultores de la empresa asociativa es por goteo. Todo es abastecido por el reservorio ubicado en la zona media de la microcuenca. El agua que cruza por las tuberías de riego, cuenta con un sistema de auto-compensación, lo que permite que el flujo de agua a largo de toda la tubería de riego sea constante. La frecuencia de riego utilizada por los agricultores es empírica. Durante el mes de agosto fueron realizados los aforos, en el cual ocurrieron una cantidad considerable de precipitaciones, estas lluvias tuvieron un efecto sobre la frecuencia de riego con la que trabajaron los agricultores. Lo anterior permitió confirmar la importancia de la cosechadora para garantizar la cantidad de agua necesaria para los cultivos en períodos de canículas prolongadas debido al cambio climático.

El aforo demostró que el caudal que llega a cada parcela es muy similar, el cual promedia 7.6 L/min y la cantidad total de milímetros es de 1,597/ciclo de cultivo. Como se muestra en el Cuadro 4, seis de los agricultores regaron dos horas todos los días, asumiendo que dichos cultivos necesitan agua todos los días. Un grupo de cuatro agricultores aplicó riego en frecuencias de tres horas, en días alternos. Cinco agricultores aplicaron riego en frecuencias de dos horas, día de por medio, con la idea de no saturar a la planta de agua y tres agricultores aplicaron riego en frecuencias de 1 hora y media, todos los días.



Cuadro 4. Aforos del sistema de riego de los 24 agricultores de la asociación.

Agricultor	Cultivo actual (bajo riego)	Área bajo riego (Ha)	Aforo (L/Min)	Frecuencia de Riego (Horas)/año	mm/área
1	Plátano	0.28	7.50	600	96
2	Maíz	0.28	8.50	244	44
3	Maíz, frijol	0.28	7.89	180	30
4	Maíz	0.40	7.30	64	7
5	Maíz	0.28	7.50	244	39
6	Maíz, plátano	0.28	7.50	440	71
7	Maíz, malanga	0.56	7.89	900	76
8	Maíz, plátano	0.56	7.89	1,220	103
9	Maíz	0.28	7.30	132	21
10	Maíz, plátano	0.56	7.30	900	70
11	Plátano	0.28	7.50	600	96
12	Maíz, plátano	0.56	7.50	660	53
13	Plátano, maíz	0.84	8.50	1200	73
14	Plátano, maíz	0.68	7.50	600	40
15	Maíz, plátano	0.28	7.50	660	106
16	Maíz	0.28	7.30	120	19
17	Plátano	0.28	7.50	600	96
18	Maíz	0.28	7.89	240	41
19	Maíz, frijol	0.28	7.50	180	29
20	Plátano	0.56	7.30	450	35
21	Maíz, plátano	0.84	7.50	900	48
22	Maíz	0.28	7.60	120	20
23	Maíz, plátano	0.28	7.50	1,200	193
24	Maíz, plátano	0.28	7.40	1,200	190
Total		9.76	7.60		1,597

Todos los agricultores pertenecientes a la Empresa Asociativa Crucita de Oriente tienen riego por goteo y realizan agricultura convencional, es decir, ninguno maneja prácticas de conservación de suelos. Con los datos obtenidos en los aforos se pudo comparar la cantidad de agua que aplican los agricultores en sus parcelas y la necesidad de riego. Lo aplicado son 1,597 mm/ciclo y la necesidad de riego por medio del ETc es de 2,151 mm/ciclo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Demanda hídrica por hectárea de los cultivos de malanga, plátano y maíz.

Cultivo	Demanda Hídrica						
	Kc / Estadio			ETp / Estadio			ETc (mm)
	Inicial	Medio	Final	Inicial	Medio	Final	Total
Maíz	0.35	1.14	0.6	170	210	190	413
Plátano	0.55	1.10	0.8	260	480	400	925
Malanga	0.40	1.15	0.8	280	380	330	813
						Total	2,151

(Carpio, Escalante, & Mariscal, 2015; Castaño, Aristizábal, & Gonzalez, 2011 y López, Ramirez, & Inzunza, 2017).

### Caracterización del sistema productivo de los agricultores.

Los cultivos producidos en las parcelas, son maíz y plátano. A través del instrumento se logró registrar la información de la producción de las 9.76 ha la cual totaliza 19,724 Kg de maíz y 22,600 Kg de plátano.

La utilidad calculada del área total bajo riego es de USD 4,773.18, este dato se obtuvo de los ingresos por la venta menos el consumo humano y los costos de producción (Cuadro 6) (Carpio, Escalante, & Mariscal, 2015; Castaño, Aristizábal, & Gonzalez, 2011 y López, Ramirez, & Inzunza, 2017).

Cuadro 6. Rendimiento e ingreso de los agricultores asociados a la cosechadora.

Cultivo	Rendimiento (kg)	Venta (USD)	Consumo (USD)	Costos de producción (USD)	Ingreso (USD)
Maíz	19,724.00	5,883.64	3,022.51	1,193.91	1,667.22
Plátano	22,600.00	4,991.58	385.62	1,500.70	3,105.96
Total					4,773.18

### Propuesta para el mecanismo de compensación por servicio ecosistémico.

Se plantearon cuatro escenarios para determinar la mejor de las opciones para implementar un MCSE, que permita la sostenibilidad de los sistemas productivos priorizados en la micro cuenca La Chorrera. De los cuatro escenarios el menos factible resulta el amortizar la cosechadora considerando una inversión inicial de USD 800,000. La depreciación de la obra, a 20 años resulta en una alta carga financiera para el grupo de agricultores.

En la actualidad los socios de la empresa asociativa determinaron pagar USD 1.21 al mes como tarifa por el servicio de agua para riego, y si adicionalmente se considera el pago de la amortización de la cosechadora deberán agregar USD 142/mes más USD 14/mes (10% de la depreciación) como contribución al fondo ambiental.

De los escenarios descritos (Cuadro 7) la opción que considera aportar el 20% de las utilidades de los agricultores al fondo ambiental permite implementar las obras de conservación de suelos en las áreas priorizadas en la microcuenca La Chorrera, en un período de cinco años (Cuadro 3 y 6). Es un monto alto para el tipo de socio en la empresa asociativa, pero es el escenario mas factible para lograr la implementación de las obras.

Cuadro 7. Escenarios para la implementación de un mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos en la microcuenca la Chorrea, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

<b>Escenario</b>	<b>USD Práctica de conservación / año</b>	<b>USD Total pago / año</b>
Amortización de la cosechadora	7,631.26	4,100.00
Sistema de FAO	7,631.26	2,928.00
20% de la utilidad agricultores	7,631.26	1,621.52
Igulación de la tarifa actual	7,631.26	281.50

Para establecer la propuesta del mecanismo de compensación (Figura 5) se consideraron las necesidades de los demandantes y los oferentes de la microcuenca La Chorrera. Para los demandantes la principal necesidad es el uso del recurso hídrico y para los oferentes el uso del suelo de la microcuenca como tal. El mecanismo consiste en la implementación de prácticas de conservación de suelos en las zonas donde existe agricultura convencional y café sin sombra. Los agricultores de la parte alta de la cuenca serán compensados por la empresa asociativa de agricultores Crucita de Oriente.

La empresa asociativa debe implementar un fondo verde, se propone alimentar el mismo con la contribución individual equivalente al 20% de las utilidades de los socios. De esta manera se busca suplir sosteniblemente las necesidades de agua para riego de la asociación y mejorar los sistemas de producción agrícola de los pobladores de la parte alta de la cuenca.

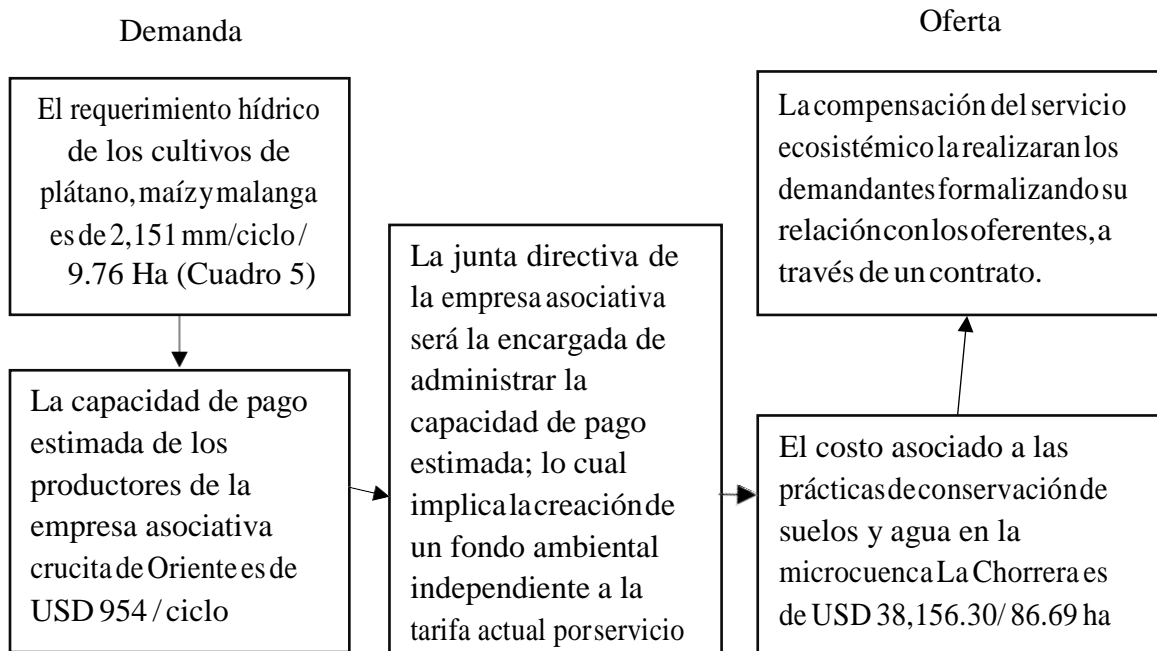


Figura 5. Proceso de implementación para el mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos en la microcuenca La Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras.

## 4. CONCLUSIONES

- Los dos principales usos para iniciar el proceso de implementación de prácticas de conservación de suelos en la microcuenca La Chorrera, Jesús de Otoro, Intibucá son la agricultura tradicional y el café sin sombra, el monto estimado para la implementación y el manejo de las actividades es de USD 38,156.30, estos costos incluyen la planificación, creación y mantenimiento de dichas prácticas.
- La demanda del recurso hídrico de los cultivos que los agricultores producen en la actualidad, fue de 2,151 mm durante todo del ciclo de producción, cabe recalcar que durante este ciclo existió presencia de precipitaciones en la zona, lo cual le permite al reservorio obtener agua simultáneamente a la que pierde por el sistema de riego.
- Se definió un mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos, basado en el costo de la implementación de las prácticas de conservación, el cual será pagado con el 20% de las utilidades de los agricultores que es de USD 954/ciclo de cultivo; equivalente a USD 39.75 ciclo de cultivo por agricultor.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar una evaluación, a mediano plazo para identificar la implementación de las prácticas recomendadas a los agricultores, en las áreas de cultivos anuales y perennes en la parte alta de la microcuenca.
- Llevar a cabo un proceso participativo para lograr la implementación del mecanismo de compensación del servicio ecosistémico del servicio de provisión de agua para riego de los agricultores de la empresa asociativa Crucita de Oriente.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alvarado, M. (2006). Elementos claves para el diseño e implementación de un pago por el servicio ecosistémico de protección del recurso hídrico de Valle de Ángeles, Honduras. Tesis de posgrado, CATIE, Economía Ambiental, Turrialba, pp 36-38.
- Barrantes, A. (2013). Guía técnica SAF. Implementación de sistemas forestales con árboles maderables. Costa Rica, pp 19. Obtenido de: [http://www.biopasos.com/biblioteca/guia\\_sistemas\\_agroforestales.pdf](http://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf).
- Calvo-Solano, D., Quesada-Hernández, L., Hidalgo, H., & Gotlieb, Y. (2018). Revisión bibliográfica. Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco, pp 696-702.
- Carmenza, M., Saldarriega, G. d., & Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda hídrica. conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial, pp 178-182.
- Carpio, C., Escalante, J., & Mariscal, I. (2015, febrero). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno, pp 53.
- Castaño, Á., Aristizábal, M., & Gonzalez, H. (2011). Requerimientos hídricos del plátano dominico hartón en la región santágueda, palestina, caldas, pp 63.
- Centro de Información Climática para el Occidente de Honduras. (2019). Datos mensuales de precipitación en las cumbres y Jesús de Otoro. Proyecto GEMA, Honduras.
- Cruz, O. (2013). Manual para el cultivo del maíz en Honduras. Tegucigalpa: DICTA.
- COP 21.(2015). Conferencia de naciones unidas sobre cambio climático. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-paris/default.aspx>.
- Food and Agriculture Organization (2005). Manejo de suelos y agua. Tecnologías y metodologías validadas para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras, pp 12-13.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (mayo de 2016). Ahora lo urgente: impacto de la sequía en las niñas, niños y adolescentes del corredor seco de Honduras, pp 5.
- Food and Agriculture Organization. (2016). Corredor Seco América Central. Informe de Situación. OCHA. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-br092s.pdf>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). Evapotranspiración de cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, pp 97-98. ISSN 0254-5293. <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>.
- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzamorra, B., & Aguayo, M. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de regulación hídrica ante escenarios de conservación de

- vegetación nativa y expansión de plantaciones forestales en el centro-sur de Chile, pp 278.
- León, J., Hernández, B., Melgar, P., Vogel, A., Bueso, D., & Morales, E. (2014). Programa Bosques y Agua/GIZ. Plan Trifinio, pp 16-19.
- López, R., Ramirez, M., & Inzunza, M. (2017). Productividad del agua en el cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* ) con riego por aspersion en Tabasco, Mexico. Puebla.
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. (2000). Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua, pp 4-6.
- Primary Industries and Regional Development. (20 de septiembre de 2016). Departamento de Industria Primaria y Desarrollo Regional. Obtenido de Agricultura y Alimentación - Medición de la entrega de los sistemas de riego por goteo.: <https://www.agric.wa.gov.au/strawberries/measuring-delivery-drip-irrigation-systems>
- Retamal, F. (2006). Valoración económica de la oferta del servicio ecosistémico hídrico para consumo humano en el municipio de Copán Ruinas, Honduras. CATIE, Turrialba.
- Tablas, H. (2018). Términos de referencia. Elaboración de Instrumentos técnicos, legales, ambientales y administrativos para fortalecer la gestión local, generando así gobernanza hídrica en la zona de influencia de las cosechas de agua en el corredor seco.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2006). La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos. (Fraga, Ed.) Un análisis de estudios de caso en América Latina, pp 25.
- Romero, T. (2009). Cartografía y caracterización de ecosistemas de la subcuenca del río cumes, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras, pp 7-8.



## 7. ANEXO

**Anexo 1.** Entrevista semiestructurada dirigida a los socios y encargados de las parcelas bajo riego de la Empresa Asociativa Crucita de Oriente.

### Aspectos generales

Nombre del entrevistado \_\_\_\_\_ No. Identidad \_\_\_\_\_

Lugar donde vive \_\_\_\_\_

### Agricultura:

Tipo de riego empleado: por aspersion \_\_\_\_\_ Manguera \_\_\_\_\_ goteo \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

Tipo de cultivo	Especie	Variedad
Anterior		
Actual (con riego)		
A desarrollar		

Cuál es el manejo de desechos sólidos en la parcela

Tipo de desecho solido	Tipo de manejo	No hay manejo
Orgánico		
Inorgánico		
Peligroso		

Practican técnicas de conservación de suelos: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Practican rotación de cultivos: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Usan la cantidad necesaria de agua: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

### Agroquímicos

Herbicidas: \_\_\_\_\_

Abonos: \_\_\_\_\_

Fungicidas: \_\_\_\_\_

Insecticidas: \_\_\_\_\_

Lleva algún registro o control:

\_\_\_\_\_

### Ciclos de producción

¿Cuántos ciclos de cultivo realiza en el año? Primera \_\_\_\_\_ Postrera \_\_\_\_\_ Secano \_\_\_\_\_

¿Primera que cultivo? \_\_\_\_\_

¿Postrera que cultiva? \_\_\_\_\_

¿Secano que cultiva? \_\_\_\_\_

Con riego (usando agua de los reservorios). ¿Qué cultiva? \_\_\_\_\_ ¿Vende de la cosecha? ¿%? \_\_\_\_\_

Cultivo	Época de siembra	Área cultivada (Mz), Tareas	Rendimiento por Mz o tarea	% que vende y donde lo vende

Si la plática es amena se puede preguntar sobre el manejo de cada cultivo: fertilización (orgánica-inorgánica), cantidades que aplica, uso de agroquímicos o no, rendimientos.

Donde vende la cosecha y precios de venta del año 2018 para cada uno de los productos

¿Cuál es la potencialidad? O que podría sembrar en la época de riego \_\_\_\_\_

¿Cuál es la limitante para hacerlo o lo hará próximamente?

### Mecanismo de Compensación por Servicio Ecosistémico

¿Es usted usuario del sistema de riego? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Pagan por el agua de riego? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Cuánto pagan? \_\_\_\_\_ Lps/mes \_\_\_\_\_ Lps/año

Si la respuesta es no, indagar porque no pagan y si existe anuencia de parte de las personas a realizar un pago por el sistema de captación de agua, un pago por la protección o acciones de compensación por la protección. Preguntar de cuanto sería un pago adecuado al servicio recibido o que acciones (tiempo de trabajo) podría ofrecer

¿Está constituida legalmente? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Cuándo fue constituido? \_\_\_\_\_