



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

**Viabilidad financiera para la implementación de un plan de
conservación del recurso hídrico en el Bosque Modelo Pichanaki,
Perú**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el
Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de**

***MAGISTER SCIENTIAE* en**

Economía, Desarrollo y Cambio Climático

Por

María Rosa Ugaz La Rosa

**Turrialba, Costa Rica
2018**

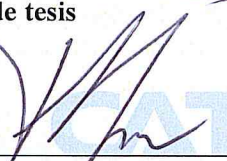
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO
Y CAMBIO CLIMÁTICO**

FIRMANTES:



Róger Madrigal, Ph.D.
Director de tesis



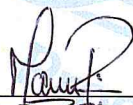
Francisco Alpízar, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Fernando Carrera, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



María Rosa Ugaz La Rosa
Candidata

Dedicatoria

A mis padres, Judith y Manuel, gracias por guiar siempre mi camino.

A mis hermanos, en especial a Mili, por siempre estar presente en cada momento.

A mis tíos Alfredo y Carlos, por ser como unos padres para mí. Gracias por confiar en mí.

A mis suegros, por el cariño que siempre nos dan y nos reciben con una gran sonrisa en su casa.

A mi esposo Héctor, por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional. Gracias por la dicha de tenerte como compañero de vida.

A Nua Micaela, mi hija, quien me acompañó en todo el proceso de la tesis y me dio la fuerza para seguir adelante.

A mis amigas y amigos Lu, Lau, Isis, Carlos, Jesua, Naty, Sebastian, Isa, Khami, Marce, Flory, Danhy, Mayren, Thalia, Julia, Erika y Yerill que formaron parte de mi familia y siempre estuvieron pendientes de nuestro bienestar.

A mí por la perseverancia y esfuerzo en este largo proceso.

Agradecimientos

A mi director de tesis, Róger Madrigal, por el conocimiento compartido y por la paciencia que me tuvo durante este proceso de tesis.

Al miembro de comité, Francisco Alpízar, por las sugerencias que me dio para mejorar mi tesis.

Al miembro de comité, Fernando Carrera, por las sugerencias brindadas, el apoyo y palabras de aliento.

Al Fondo Henry Wallace por otorgarme la beca que permitió culminar mis estudios de maestría.

A la Red Iberoamericana de Bosques Modelos, el Bosque Modelo Pichanaki, FONDECYT y la UNALM dentro del marco del proyecto “Estrategias y mecanismos para la gobernanza de los recursos naturales en el Bosque Modelo Pichanaki, selva central del Perú. Gracias por haberme dado la oportunidad de trabajar con ustedes.

Al Ing. José Cornejo y Steffany Bashi, quienes se preocuparon de que todo saliera bien en cada salida de campo y que Micaela y yo estuviéramos bien.

A Giovanni González, Ney Ríos, Thalia Turren y Danhy Fuentes, por el apoyo en las dudas que se me presentaron durante este proceso.

A la señora Lucy del Centro Poblado Santa Rosa, por preocuparse siempre por mí y mi bebé y por sus deliciosos panes.

INDICE GENERAL

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. | REVISIÓN DE LITERATURA | 2 |
| 3. | DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5 |
| 3.1. | Ubicación del área de estudio..... | 5 |
| 3.2. | Características relevantes del área de estudio..... | 6 |
| 4. | METODOLOGÍA..... | 8 |
| 4.1. | Identificación de las áreas prioritarias del recurso hídrico | 8 |
| 4.2.1 | Estimación de rentabilidades asociada a prácticas orientadas a la conservación de bosque y mejora de prácticas agrícolas..... | 13 |
| 4.2.2 | Identificación de posibles mecanismos de financiamiento..... | 16 |
| 4.2.3 | Propuesta de un plan operativo..... | 16 |
| 4.2. | Descripción socioeconómica de los resultados de la encuesta | 17 |
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 20 |
| 5.1. | Identificación de las áreas prioritarias del recurso hídrico | 20 |
| 5.2. | Estimación de la rentabilidad asociada a las prácticas orientadas a la conservación de bosque y mejora de prácticas agrícolas..... | 27 |
| 5.3. | Identificación de posibles mecanismos de financiamiento | 32 |
| 5.4. | Propuesta de un plan operativo del plan de conservación del recurso hídrico .. | 37 |
| 6. | CONCLUSIONES | 41 |

Índice de cuadros

| | |
|---|-----------|
| Cuadro 1. Cobertura de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 10 |
| Cuadro 2. Tipos de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 10 |
| Cuadro 3. Rango de pendientes establecidas en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 11 |
| Cuadro 4. Estaciones meteorológicas consideradas para la obtención de la información climática de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 12 |
| Cuadro 5. Niveles de erosión de suelos considerados para la evaluación de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 12 |
| Cuadro 6. Niveles de producción de agua considerados para la priorización de áreas a intervenir en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 13 |
| Cuadro 7. Lista de instituciones entrevistadas en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 16 |
| Cuadro 8. Grupos focales realizados en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 17 |
| Cuadro 9. Caracterización socioeconómica de la población de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 18 |
| Cuadro 10. Uso de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 20 |
| Cuadro 11. Balance hídrico de la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 23 |
| Cuadro 12. Balance hídrico de la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 24 |
| Cuadro 13. Áreas priorizadas según tipo de cobertura en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 26 |
| Cuadro 14. Costos y beneficios de producción de café en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 27 |
| Cuadro 15. Costos y beneficios de producción de café en la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 28 |
| Cuadro 16. Costo de oportunidad del bosque por hectárea en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 28 |
| Cuadro 17. Costo de oportunidad del total del bosque en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 28 |
| Cuadro 18. Costo de instalación de la masa forestal para el establecimiento de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 29 |
| Cuadro 19. Producción de madera de <i>Pinus patula ssp. Tecunumanii</i> en sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 30 |
| Cuadro 20. Ingresos por la venta de postes y madera rolliza de pino en sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 30 |
| Cuadro 21. Monto a compensar por hectárea por la implementación de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 31 |
| Cuadro 22. Análisis de sensibilidad para el escenario de conservación del bosque en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 32 |

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 23. Análisis de sensibilidad para la implementación de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 32 |
| Cuadro 24. Disposición a pagar de los abonados de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 34 |
| Cuadro 25. Financiamiento por microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 34 |
| Cuadro 26. Costos parciales iniciales para la instalación de sistemas agroforestales en la microcuena Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 35 |
| Cuadro 27. Costos parciales iniciales en SAF en la microcuena Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 36 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Ubicación del área de estudio en las microcuencas de Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 6 |
| Figura 2. Modelación de SWAT | 9 |
| Figura 3. Tipos de fuentes de agua (%) en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 18 |
| Figura 4. Tenencia de la tierra en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 19 |
| Figura 5. Disposición de los encuestados (%) a participarn en el plan de conservación en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 19 |
| Figura 6. Mapa de cobertura del suelo de la microcuena Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 21 |
| Figura 7. Mapa de cobertura del suelo de la microcuena Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 22 |
| Figura 8. Almacenamiento de agua en la microcuena de Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 23 |
| Figura 9. Almacenamiento de agua en la microcuena Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 24 |
| Figura 10. Producción promedio multianual por URH en la microcuena Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 25 |
| Figura 11. Producción promedio multianual por URH en la microcuena Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 26 |
| Figura 12. Escenarios de conservación de bosque en la microcuena Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 36 |
| Figura 13. Escenarios de conservación de bosque en la microcuena Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 37 |
| Figura 14. Organización interna comunal para trabajar el pago por servicios ecosistémicos en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 38 |
| Figura 15. Propuesta de plan operativo del plan de conservación para la implementación del pago por servicios ecosistémicos en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú | 40 |

Lista de acrónimos, abreviaturas y unidades

| | |
|------------------|--|
| ABMPKI | Asociación Bosque Modelo Pichanaki |
| Aquafondo | Fondo de Agua para Lima y Callao |
| BMPKI | Bosque Modelo Pichanaki |
| °C | Grados Celsius |
| FIDA | Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola |
| Fonafifo | Fondo Nacional de Financiamiento Forestal |
| Ha | Hectáreas |
| INEI | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| INIA | Instituto Nacional de Innovación Agraria |
| JASS | Junta Administradora de Servicios de Saneamiento |
| MEA | Evaluación de los ecosistemas del milenio |
| MINAM | Ministerio de Ambiente |
| MRSE | Mecanismo de retribución de servicios ecosistémicos |
| msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| PSE | Pago por servicios ecosistémicos |
| RIABM | Red Iberoamericana de Bosques Modelo |
| SAF | Sistemas agroforestales |
| SEH | Servicios ecosistémicos hídricos |
| Senamhi | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú |
| Sunass | Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento |
| SWAT | Soil and Water Assessment Tool |
| URH | Unidades de respuesta hidrológica |
| USD | Dólares americanos |

RESUMEN

En este documento se presenta los resultados de la investigación realizada en la microcuenca Huachiriki y Autiki, ubicada en el Bosque Modelo Pichanaki, con el objetivo de determinar la viabilidad financiera de un plan de conservación de aprovisionamiento de agua de dichas microcuencas bajo el marco de la Ley N°30215, Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos.

Se priorizó áreas a través de SWAT, simulando el balance hídrico e identificando las unidades de respuesta hidrológica (URH). En la microcuenca Huachiriki se identificaron 388 URH prioritarias que abarcan 756 ha en el área agrícola y 127 URH con un área de 699 ha bajo cubierta boscosa. En la microcuenca Autiki se identificaron 37 URH en 338 ha de área agrícola y 21 en 628 ha de bosque.

Bajo un escenario de conservación de bosque, se realizó el cálculo de costo de oportunidad anual del bosque obteniendo USD79 por hectárea en la microcuenca Huachiriki y USD63 por hectárea en Autiki; considerando el área prioritaria total, el monto de compensación asciende a USD55 221 y USD39 564, respectivamente. En un escenario de mejora de prácticas agrícolas con sistemas agroforestales de *Pinus patula ssp. tecunumanii* y café, solo es necesario compensar durante los primeros cuatro años que implican costos para el productor. Los años posteriores se obtienen beneficios por la venta de postes, semillas y madera. Los montos compensación totales ascienden a USD1 035 633 en Huachiriki y USD463 299 en Autiki. Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad en ambos escenarios para ver cómo influye la variación en +-1% de la tasa de descuento en el valor presente neto (VPN) calculado.

Se identificó como fuente de financiamiento a la Municipalidad Distrital de Pichanaki con un fondo de USD240 000 asignado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor); además se planteó un caso hipotético de contribuciones de los abonados de agua de la parte baja de las microcuencas, calculando un VPN de USD67 953 en Huachiriki y USD47 231 en Autiki. Es decir, el monto máximo de fondos que se podrían recolectar al sumar todas las fuentes de financiamiento sería USD187 953 en Huachiriki y USD267 231 en Autiki. Con base en los fondos disponibles se propone escenarios de conservación para intervenir de manera gradual. Los demás costos podrían ser cubiertos por otras fuentes a través de fondos concursables como los que otorga el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).

Finalmente, se propone un plan operativo para la buena ejecución del plan de conservación, considerando como oferentes del servicio ecosistémico hídrico (SEH) a los productores de café que se encuentran en la parte alta de las microcuencas y como demandantes a la Municipalidad Distrital de Pichanaki y los pobladores de la parte baja de las microcuencas. Además, se propone como operadores y monitores del acuerdo al Bosque Modelo Pichanaki, que actualmente tiene presencia en la zona y que podría lograr una gestión óptima del agua con el fin de lograr un enfoque integral de conservación del recurso.

Palabras claves: pago por servicios ecosistémicos (PSE), costo de oportunidad, modelo SWAT

ABSTRACT

This document shows the results of the thesis research in Huachiriki and Autiki micro basin in Pichanaki Model Forest. The objective was to determine the finance viability of the provision water conservation plan under the Ecosystem Service Retribution Mechanism Law N°30215.

The selected areas were prioritized through the SWAT software, simulating the hydric balance and identifying the Hydrological Response Units (HRU). In the Huachiriki micro basin, 338 priority HRU's were identified, covering 756 Has in agricultural area, and 127 HRU within 699 Has in the forest area. In the Autiki micro basin, 37 HRU were identified in 338 hectares of agricultural areas and 21 HRU in 628 hectares of forest.

Under a forest conservation scenario, the annual forest opportunity cost was USD79 per hectare in the Huachiriki micro basin and USD63 per hectare in the Autiki micro basin. Considering the total priority area, the compensation amount is USD55 221 and USD39 564, respectively. In an improvement scenario of agricultural practices with agroforestry system of *Pinus patula ssp. tecunumanii* and coffee, it was shown the necessity to compensate for the first four years that implies costs for the producer. Benefits for the sale of poles, seeds and wood are obtained in the subsequent years. The total compensation is USD1 035 633 in the Huachiriki micro basin and USD463 299 in the Autiki micro basin. Additionally, a sensitivity analysis was carried out in both scenarios to see how the variation in $\pm 1\%$ of the discount rate in the calculated NPV influenced.

The District Municipality of Pichanaki was identified as a funding source, with a fund of USD240 000 assigned by SERFOR. In addition, a hypothetical case of contributions from water subscribers of the lower part of the micro basins was proposed, calculating a NPV of USD67 953 in the Huachiriki micro- basin and USD47 231 in the Autiki micro basin. In other words, the maximum amount of funds that could be collected by adding all sources would be of USD187 953 in the Huachiriki micro basin and USD267 231 in the Autiki micro basin. Based on the available funds, conservation scenarios are proposed to intervene gradually. The other costs could be covered by other sources through competitive funds such as those granted by the International Fund for Agricultural Development (IFAD).

Finally, an operational plan for an optimal execution of the conservation plan is proposed, considering the coffee producers as suppliers of the Ecosystem Services (ES), who are located in the upper part of the micro basins, and the Pichanaki Municipality and the population of the lower micro basins as applicants of the ES. In addition, Pichanaki Model Forest is proposed as operators and monitors of the agreement, which is currently present in the area and could achieve an optimal water management in order to achieve an integral approach for the resource conservation.

Key words: payment for ecosystem services (PES), opportunity cost, SWAT model

1. INTRODUCCIÓN

Perú cuenta con importantes recursos hídricos. En total, tiene 106 cuencas hidrográficas que se ubican en tres vertientes: Atlántico, que generan el 97% de los recursos hídricos; Pacífico, el 1,8% y Titicaca, que abastece el 0,5% de agua. La Amazonía peruana cuenta con 44 cuencas que se encuentran en la vertiente atlántica y alimentan las aguas del río Amazonas (MINAM 2015); sin embargo, la mayoría de los ríos se encuentran contaminados a causa del vertimiento descontrolado de desechos y sustancias nocivas como resultado de las actividades de consumo humano, industriales, extractivas y uso agrícola (CEPAL 2000). En Pichanaki, las microcuencas han sufrido cambios drásticos en los usos del suelo, donde la cobertura natural ha sido reemplazada por cultivos más rentables para los productores, como el café sin sombra, sumado a malas prácticas agrícolas que afectan las fuentes de agua (Municipalidad Distrital de Pichanaki 2015).

El servicio ecosistémico de aprovisionamiento (Smith *et al.* 2006), pocas veces es considerado en la toma de decisiones ambientales de manera óptima, debido a que no es identificado y cuantificado por falta de un mercado que permita evaluar acciones alternativas (Farley 2008). Incorporarlo como parte de la toma de decisiones, mejora la elección en aspectos ambientales y a su vez, el bienestar de la sociedad (Russell *et al.* 2011). Una forma de minimizar esta problemática sería mantener la cobertura de suelo forestal o implementar sistemas agroforestales (SAF), que brindan servicios ambientales como la conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar los cursos de agua (Beer *et al.* 2003).

La intervención propuesta incluye pagos a los dueños de la tierra para mantener y/o aumentar la cobertura del suelo. En algunos casos podría considerarse que los pagos serían condicionales además al cambio en aquellas prácticas agrícolas que son consideradas nocivas para la calidad de las fuentes de agua.

Esta investigación se realizó en el Bosque Modelo Pichanaki, el cual abarca las microcuencas de Huachiriki y Autiki, pertenecientes a la cuenca del río Perené y son fuentes de agua para consumo humano y actividades agrícolas de la población del distrito de Pichanaki (ABMPKI 2015). El estudio se encuentra bajo el marco de la línea estratégica de valoración de los servicios ecosistémicos y recursos naturales del Bosque Modelo Pichanaki y la Ley N° 30215-MINAM, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE), promulgada por el Ministerio del Ambiente del Perú. esta ley surge teniendo como precedente los programas de pago por servicios ecosistémicos (PSE), cuya finalidad es generar incentivos mediante acuerdos voluntarios entre oferentes y demandantes de servicios ecosistémicos (SE), así como generar una plataforma de gobernanza para monitorear los acuerdos realizados entre las partes del programa (MINAM 2016). Además, se plantea empoderar a los propietarios de tierras con el fin de mejorar las prácticas que se realizan para mantener la provisión de los SE (Grima *et al.* 2016), y

promover una mejora en la toma de decisiones de los sectores competentes encargados de velar por el aprovisionamiento de agua para la población en cuanto a calidad y cantidad (Nelson *et al.* 2009).

El objetivo de este estudio es determinar la viabilidad financiera para la implementación de un plan de conservación, para lo cual se realizó un análisis biofísico a través del balance hídrico y la identificación de las principales URH que tienen mayor producción de agua y aportan al caudal de los ríos Huachiriki y Autiki y un análisis socioeconómico donde se estimó la rentabilidad de la producción de café, con el fin de evaluar los costos de la implementación de varios escenarios de conservación. Además, se identificó posibles mecanismos de financiamiento para cubrir las inversiones requeridas en el plan de conservación. Finalmente se proponen los principales componentes del marco operativo del plan de conservación con la identificación de los oferentes y demandantes del SE y al Bosque Modelo Pichanaki como encargado del monitoreo y seguimiento de los acuerdos establecidos para la implementación de incentivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Los servicios ecosistémicos hídricos (SEH) generan una interrelación entre el ser humano y el medio ambiente. Servicios como el aprovisionamiento de agua para consumo, producción hidroenergética, industria e irrigación son importantes para diseñar políticas ambientales que generen un beneficio mutuo (Brauman *et al.* 2007). De esta manera, se puede evitar la degradación de los servicios, la generación de altos costos para la sociedad y un mayor riesgo para las generaciones futuras que no podrían acceder a ellos (MEA 2005).

Sin embargo, existe poca caracterización biofísica y económica a escala local y regional que permitan la toma de decisiones en el sector público y privado; por ejemplo, mejorar el aprovisionamiento de agua en cuencas donde predomina la actividad productiva agrícola es un objetivo político importante en muchas regiones del mundo, pero es complejo de realizar (Pennington *et al.* 2017). En ese sentido, existen estudios que parten de la delimitación y priorización de áreas que proveen servicios ecosistémicos y que a su vez están enlazadas con la optimización de la relación costo-beneficio (Razola *et al.* 2006).

Un método eficaz que ayuda a estudiar áreas referente a SEH es el balance hídrico, ya que en muchas regiones la disponibilidad de agua depende de la capacidad de captación del recurso de una determinada cuenca, subcuenca o microcuenca para estimar y determinar el comportamiento hidrológico y los flujos de agua (Santillan *et al.* 2013). Estos dependen de las características fisiográficas y de las variaciones climáticas, tanto en espacio y tiempo (Thattai *et al.* 2003), como de los cambios de uso de suelo, disminución de la cobertura arbórea y aumento de escorrentía superficial, entre otros, que a mediano o largo plazo generan una disminución en el suministro de agua (GWP 2017).

Bajo este contexto, autores como Santillan *et al.* (2013), Escurra *et al.* (2013), Bautista-Ávalos *et al.* (2014) y Zhixiang *et al.* (2015), entre otros, han realizado estudios sobre balance hídrico mediante Soil and Water Assessment Tool (SWAT), determinando la disponibilidad del recurso hídrico en cuencas y el riesgo de déficit de agua. En el caso de Perú, se identificaron a través de balance hídrico y las unidades de respuesta hidrológicas (URH) que incorporan más agua al caudal en la cuenca del río Cañete; por ende, estas áreas son fundamentales para proponer medidas de conservación del recurso hídrico (CIAT 2013).

Por otro lado, Fan y Shibata (2014) realizaron un estudio en la cuenca de Teshio, Japón, con el uso de SWAT para investigar los cambios dinámicos en la priorización de la conservación del servicio ecosistémico de provisión hídrica según los rendimientos de agua simulados en los meses de febrero, abril y octubre. Los resultados muestran que un análisis hidrológico y económico por separado brindan diferentes valores, lo cual no permite ver su potencialidad en zonas determinadas; por lo tanto, una combinación de ambos aspectos mejora la implementación de planes de conservación. Así también Proaño *et al.* (2006), utilizaron el balance hídrico en la subcuenca del río Ambato con el fin de analizar los efectos de las diversas prácticas de uso de suelo en la producción de agua.

Dada la importancia del servicio de provisión de las cuencas, demostrar un valor en términos económicos es esencial para comprender las consecuencias de cambio de uso en un territorio determinado, lo cual puede ser útil para lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales (Sukhdev *et al.* 2014). Además, combinar el análisis con datos biofísicos puede ayudar a estimar costos de las zonas que se quieren conservar, realizando mejoras en sus prácticas agrícolas (Quintero *et al.* 2009), que incluyan el costo de provisión de agua (Kaplowitz *et al.* 2012), el cual puede definirse como el costo financiero de adquirir o reponer el SE (Naidoo *et al.* 2006; Chan *et al.* 2011).

Se pueden plantear escenarios de conservación con distintas metodologías. Una de ellas es el costo de oportunidad a través del cálculo del valor presente neto (VPN), la cual fue utilizada por Machado *et al.* (2016) en la cuenca Feijão, Brasil para estimar los recursos financieros necesarios para compensar a los propietarios que estuvieran dispuestos a convertir sus áreas de producción en zonas de conservación.

Por su parte, Gobbi (2000) realizó un análisis de rentabilidades en El Salvador a través del VPN para la inversión en diferentes sistemas de producción de café, considerando agricultura tradicional y café con sombra en altura. Los resultados indican una mayor rentabilidad en los sistemas de café con sombra, además de generar mayores beneficios en la provisión de servicios hídricos; sin embargo, la inversión de capital es mayor en comparación con los otros sistemas.

Bajo ese contexto, existen instituciones que promueven la cooperación y adopción local de inversión en SEH a través de un contexto regulatorio y de incentivos (Vogl *et al.* 2017).

Algunos ejemplos son la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (Comisión Europea 2000), la Ley N° 9433 de 1997 de Brasil donde se establece la política nacional de recursos hídricos y la Ley N° 30215 (Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos) de Perú, que promueve mecanismos de pagos de conservación para los contribuyentes (oferentes), realizados por los retribuyentes (demandantes). Una de las principales características es que existe el principio de condicionalidad o pago condicionado al cumplimiento de obligaciones de los productores para el aprovisionamiento del SE, además de la existencia de entidades encargadas del monitoreo y vigilancia de los acuerdos establecidos para la conservación del recurso hídrico (MINAM 2016). Al crear un mercado de servicios ecosistémicos mediante un PSE, se pueden generar mayores ingresos que las formas de producción más extensivas o destructivas (Pagiola *et al.* 2005).

En los esquemas de PSE, a nivel mundial se sugiere que hay por lo menos tres condiciones básicas para que este mecanismo pueda funcionar: condiciones económicas, legales/institucionales y de información (Wunder *et al.* 2009).

Por ejemplo, en Perú, a través de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass) y el Ministerio de Ambiente (Minam), se planteó un esquema de compensación a los dueños de tierras de la parte alta de las microcuencas Rumiayacu y Mishquiyacu donde el 61% del territorio está conformado por bosque natural y el resto por actividades agrícolas de café y pastos permanentes. Estas microcuencas son fuentes de agua que abastecen a la población de Moyobamba; sin embargo, la tasa anual de deforestación asciende a 4,2% (Quintero *et al.* 2009), lo cual genera tierras agrícolas con prácticas poco sostenibles. A través de este programa de pagos, los usuarios están dispuestos a pagar 0,3 USD/mes por vivienda, monto incluido en el recibo de servicio de agua (Renner 2010).

Costa Rica es uno de los países pioneros en implementar este tipo de programas; a través de su ley forestal N° 7575 se compensa a los propietarios de tierras por los servicios ecosistémicos que brindan, como la protección de los recursos hídricos para uso en zonas urbanas, rurales o para producir energía eléctrica. Los recursos financieros provienen principalmente de impuestos a los consumidores de gasolina, empresas privadas y fuentes internacionales. Estos fondos son administrados por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo) (Pagiola 2008).

Otro ejemplo es el PSE implementado en Colombia, el cual brinda incentivos económicos y no económicos para motivar a los agricultores a implementar sistemas silvopastoriles y conservar los bosques actuales, con el objetivo de conservar la cuenca del río Guacha. El programa cubre en especial los insumos para la implementación de los sistemas silvopastoriles y una compensación económica por realizar estas prácticas. Además de los resultados de conservación de la cuenca a nivel local, se generaron mayores oportunidades de aprendizaje y el fortalecimiento en la toma de decisiones dirigido a los productores y los responsables del proyecto (Hayes *et al.* 2015).

Por su parte Raes *et al.* (2014), identificaron tres mecanismos para financiar la conservación de servicios ecosistémicos alrededor del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador: un programa de eco etiquetado en café; uno de conservación de tierras, fomentado por el estado y un fondo de agua regional (Foragua) que invierte en conservación de tierras. Para el cálculo del costo – efectividad se consideró costos estimados y su distribución entre los diferentes actores. Se concluyó que el fondo de agua es el mecanismo más eficiente de conservación, pero es el más costoso por la compra de tierras que se realiza, lo que puede perjudicar el bienestar de algunos propietarios. Por lo tanto, debe existir una combinación entre estos programas que garanticen la conservación y el bienestar de los pobladores involucrados.

También en Perú se realizó una iniciativa para la implementación de MRSE del servicio hídrico, donde a través de un mecanismo financiero denominado Aquafondo, se generan incentivos para las poblaciones de las partes altas de la cuenca del río Rímac con el fin de proteger y asegurar el aprovisionamiento del servicio hídrico. Los incentivos están orientados a la tenencia de la tierra, como los derechos de propiedad (Engel *et al.* 2008) y la mejora de prácticas del uso de la tierra (Stern y Echevarría 2013).

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación del área de estudio

Las microcuencas de Huachiriki y Autiki se ubican en la Selva Central del Perú, en el distrito de Pichanaki, provincia Chanchamayo, departamento Junín, que se encuentran bajo la jurisdicción del Bosque Modelo Pichanaki (Figura 1).

Mapa de Ubicación General de Microcuencas: Autiki y Huachiriki, Pichanaki, Perú

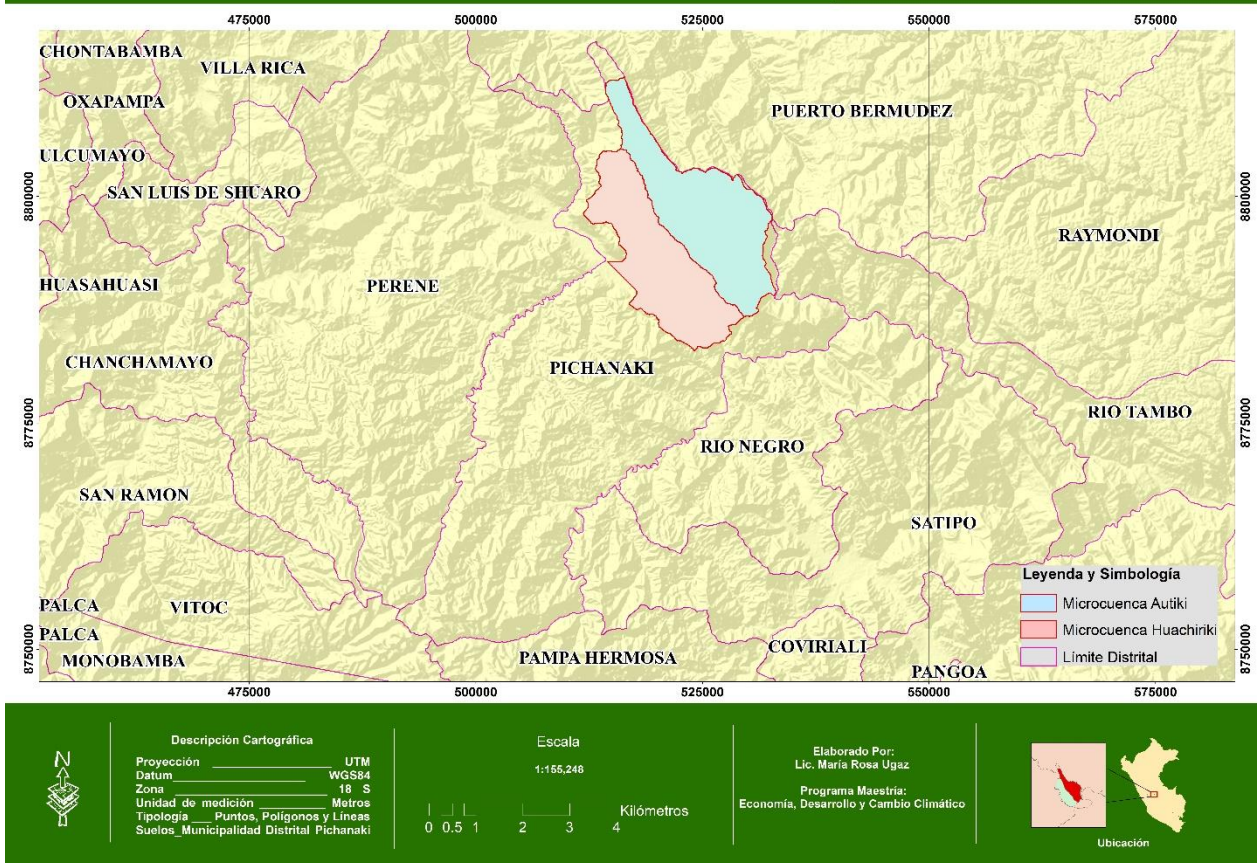


Figura 1. Ubicación del área de estudio en las microcuencas de Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

3.2. Características relevantes del área de estudio

Las microcuencas de Huachiriki y Autiki están ubicadas al norte del distrito de Pichanaki, cuentan con una extensión de 9860 ha y 9360 ha, respectivamente y se encuentran cercanas a la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección San Matías San Carlos. La altitud varía entre 475 msnm y 2043 msnm. El río Huachiriki tiene tres principales tributarios que desembocan en el río Perené, teniendo un caudal de 9,6 m³/s en época de lluvia y de 4 m³/s en estiaje. El río Autiki cuenta con cinco tributarios principales que también desembocan en el río Perené; el caudal promedio es de 30 m³/s en época de lluvia y 10 m³/s en estiaje (Municipalidad Distrital de Pichanaki y Consorcio Ipoki 2013).

La temperatura promedio anual es de 25°C y la precipitación fluvial varía de acuerdo a los pisos altitudinales y época del año; el promedio en los últimos 10 años es de 1675 mm anuales (Municipalidad Distrital de Pichanaki 2015).

Estas microcuencas proveen agua a la población para diferentes usos: consumo de agua en poblaciones rurales en la parte media y baja de las microcuencas, irrigación para actividades agrícolas, uso de agua para beneficio de café y actividades recreacionales. A

pesar del valor hidrológico de las microcuencas, han sido degradadas a causa de factores como la deforestación y el crecimiento poblacional (Municipalidad Distrital de Pichanaki y Consorcio Ipoki 2013).

Al 2013, la población total que habitaba en toda la superficie de las microcuencas de Huachiriki y Autiki era de 2379 y 5156, respectivamente (Municipalidad Distrital de Pichanaki y Consorcio Ipoki 2013), cifras que representan un crecimiento poblacional de 17% respecto al censo realizado en el 2007 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Este crecimiento ha generado una presión de las áreas rurales con respecto a la capacidad de uso mayor. El principal uso era la actividad forestal; sin embargo, según la Municipalidad Distrital de Pichanaki (2014), la tasa de deforestación a nivel de distrito asciende a 70%; la causa principal es la actividad agrícola de café, jengibre y cítricos, donde los productores realizan prácticas inadecuadas como la quema, no realizan tratamiento de aguas mieles y utilizan agroquímicos en exceso, los cuales son causantes de contaminación de las aguas de las microcuencas (Municipalidad Distrital de Pichanaki 2013). Además, estudios realizados por la DISA (2016), registran que no existe un tratamiento de las aguas destinadas a consumo humano.

4. METODOLOGÍA

Los objetivos que tiene el plan de conservación a través de un programa de PSE como mecanismo de retribución de SE están orientados específicamente a escenarios de conservación y/o mejora de las prácticas agrícolas en las áreas prioritarias de provisión de agua de las microcuencas Huachiriki y Autiki.

4.1. Identificación de las áreas prioritarias del recurso hídrico

Se estimó el balance hídrico de las microcuencas y se identificaron las principales URH con mayor producción de agua. Este balance se realizó a través del *software* SWAT con los datos hidrológicos obtenidos de cuatro estaciones meteorológicas: Puerto Ocopa, Satipo, Perené y Pichanaki¹. El modelo realiza el balance entre la entrada, salida y almacenamiento de agua en las microcuencas, además permite simular la generación de escurrimiento y sedimentos en las microcuencas y el efecto que tienen las prácticas agrícolas sobre la calidad y cantidad de dichas fuentes de agua. (Kraemer *et al.* 2011).

La ecuación de balance hídrico utilizada por SWAT es:

$$SW_t = SW + \Sigma (R_i - Q_i - ET_i - ET_i - P_i - QR_i)$$

Donde:

- SW_t = Cantidad final de agua en el suelo (mm)
- SW = Cantidad inicial de agua en el suelo (mm)
- T = Tiempo en días
- R_i = Cantidad de lluvia caída en el periodo de análisis (mm)
- Q_i = Cantidad de escorrentía (mm)
- ET_i = Evapotranspiración (mm)
- P_i = Percolación (mm)
- QR_i = Flujo de retorno (mm)

¹ <https://globalweather.tamu.edu/>

La modelación de SWAT se da en los siguientes pasos (Figura 2):

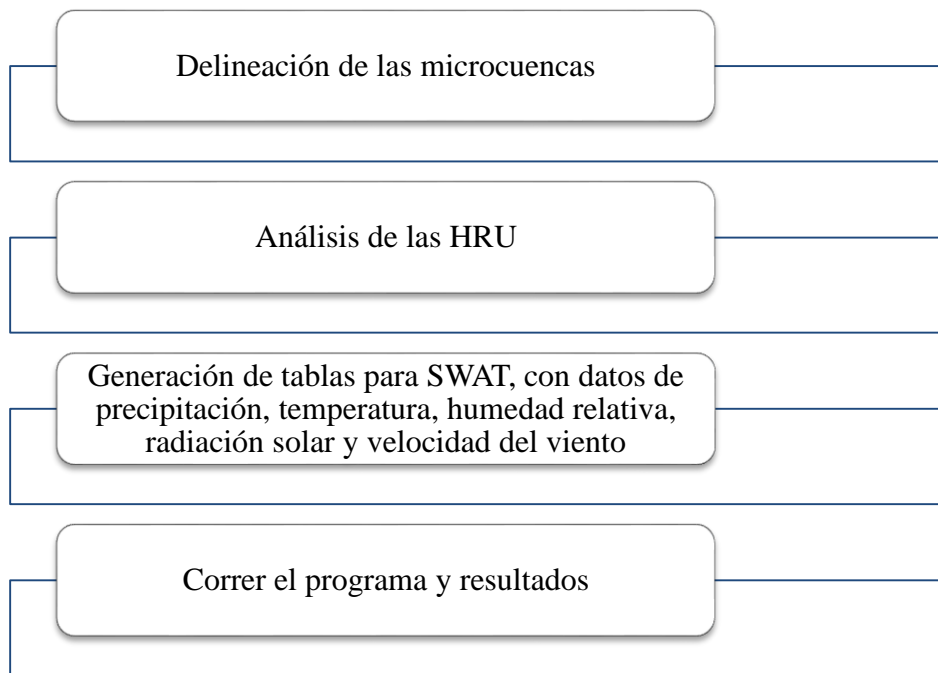


Figura 2. Modelación de SWAT

SWAT utiliza datos distribuidos espacialmente en topografía, clima, suelo y uso de suelo (Douglas-Makin *et al.* 2010). La modelación se realizó con la interface ARCSWAT en el programa ArcGis 10.2. La información espacial requirió realizar un proceso de re-proyección en el sistema de referencia UTM Zona 18S WGS 1984.

La delineación de las microcuencas se realizó con base en información topográfica proveniente de un modelo de elevación digital (DEM) con resolución de pixel de 50 m x 50 m, la cual se obtuvo de la Municipalidad Distrital de Pichanaki y Consorcio Ipoki (2013). A partir del DEM, se realizó la definición de flujo a través de *Flow Direction and accumulation*; luego se definió la red de drenaje y los puntos de unión entre flujos para definir la salida de las microcuencas.

Las unidades de respuesta hidrológica (URH) son posibles combinaciones de suelo, uso/cobertura y pendiente que producen un impacto sobre la cantidad y calidad de agua de las microcuencas. La delimitación de las microcuencas se dio a partir de los puntos de salida (*output*) definidos por el programa o por el usuario (Neitsch *et al.* 2011).

La cobertura de suelo fue obtenida por información cartográfica de Serfor del año 2015, a escala 1:50 000. Dicha información fue adaptada al formato requerido por SWAT, generándose 5 categorías de cobertura de suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cobertura de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Cobertura de suelo | Código SWAT | Descripción |
|---------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Agricultura | AGRL | Tierras agrícolas generales |
| Bosque mixto | FRST | Bosques mixtos |
| Lagunas, lagos y cochas | WATR | Agua |
| Bosques | WETF | Humedales - bosques |
| Vegetación de isla | WETN | Humedales y no bosques |

La información de suelo fue proporcionada por la Municipalidad Distrital de Pichanaki (2013) en una escala de 1:50 000; se identificó 20 tipos de suelo (Cuadro 2), los cuales fueron adaptados al formato solicitado por SWAT (Arnold *et al.* 2012).

Cuadro 2. Tipos de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Tipo de suelo | Subgrupo | Código |
|----------------------|----------------------|---------------|
| Alto Belén | LITIC UDORTHENTS | Ab |
| Aguajal | TYPYC UDIFLUVENTS | Ag |
| Alto Shori | TYPYC UDORTHENTS | As |
| Boca Huatziriki | OXYAQUIC DYSTRUDEPTS | Bh |
| Chinchaysuyo | DYSTRIC EUTRUDEPTS | Ch |
| Copal | DYSTRIC EUTRUDEPTS | Co |
| Cristo Rey | DYSTRIC EUTRUDEPTS | Cr |
| Esperanza | TYPYC DYSTRUDEPTS | Es |
| Huantinini | TYPYC EUTRUDEPTS | Hu |
| Masoquiari | TYPYC EUTRUDEPTS | Ma |
| Nuevo Imperial | TYPYC UDORTHENTS | Ni |
| Pampa Alegre | TYPYC UDORTHENTS | Pa |

| | | |
|-------------------|----------------------|----|
| Pampa Camona | TYPYC DYSTRUDEPTS | Pc |
| Perene | OXYAQUIC UDIFLUVENTS | Pe |
| Quimari | TYPYC EUTRUDEPTS | Qu |
| San José | DYSTRIC EUTRUDEPTS | Sj |
| San Miguel | TYPYC EUTRUDEPTS | Sm |
| San Pabsalo | TYPYC DYSTRUDEPTS | Sp |
| Ungarani | TYPYC EUTRUDEPTS | Un |
| Villa Alejandrina | TYPYC DYSTRUDEPTS | Va |

La definición de pendientes (Cuadro 3) fue establecida según los rangos de la FAO (2009)

Cuadro 3. Rango de pendientes establecidas en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| % | Descripción |
|----------|-----------------------------------|
| 0-5 | Plano a ligeramente inclinado |
| 5-15 | Inclinado a fuertemente inclinado |
| 15-30 | Moderadamente escarpado |
| 30-60 | Escarpado |
| 60 a más | Muy escarpado |

Para las tablas de entrada de SWAT se utilizó como insumo información climática de cuatro estaciones meteorológicas (Cuadro 4) para un periodo de 15 años (2000-2014)², obteniéndose datos de precipitaciones diarias, temperatura máxima y mínima diaria, temperatura promedio diaria, evapotranspiración, humedad relativa y radiación solar (Arnold *et al.* 2012).

² <https://globalweather.tamu.edu/> y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Cuadro 4. Estaciones meteorológicas consideradas para la obtención de la información climática de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Estación | Latitud | Longitud | Elevación |
|--------------|----------|----------|-----------|
| Puerto Ocopa | -10.7719 | -74.6875 | 895 |
| Perené | -10.7719 | -75.0000 | 658 |
| Satipo | -11.0841 | 74.6875 | 802 |
| Pichanaki | -11.0841 | 75.0000 | 1537 |

Los niveles de erosión (Cuadro 5), están definidos en función a parámetros de precipitación, suelo y cobertura vegetal recomendados por la FFTC (1995) y (FAO *et al.* 1981).

Cuadro 5. Niveles de erosión de suelos considerados para la evaluación de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Nivel de erosión | Rango (T/ha/año) | Descripción |
|------------------|------------------|---|
| Ligera | Menor a 10 | La superficie del suelo carece de cualquier evidencia marcada de erosión. Permeabilidad del suelo alta, cubierta vegetativa en buenas condiciones. No hay señal de ningún movimiento de tierra a larga distancia. La pérdida de suelo superior es inferior al 25% y a 10 t/ha/año |
| Moderada | 10-50 | Zanjas de 30 a 100 cm de ancho y de 15 a 30 cm de profundidad. El contenido de erosión de grava en el suelo es inferior al 20%. La pérdida de suelo de 25 a 50% y de 10 – 50 t/ha/año. |
| Severa | 50-200 | Zanjas que exceden los 100 cm de ancho y profundidad de 30 cm en forma de U o V, o ambas. Gravas entre el 20-40%. Pérdida de suelo mayor a 50% y de 50 a 200 t/ha/año. |
| Muy severa | Mayor a 200 | Pérdida total de suelo o incluso existe material rocoso. Presencia de grava mayor al 40%. Pérdida de suelo mayor a 200 t/ha/año |

Con base a la modelación hidrológica se identificó las principales URH que tienen mayor producción de agua a través de una clasificación natural generada por ArcGis

(CIAT 2013), con el fin de priorizar las áreas a intervenir en el plan de conservación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de producción de agua considerados para la priorización de áreas a intervenir en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Producción de agua (mm/ año) | Nivel de producción de agua |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0 – 401,29 | Bajo |
| 401,30 – 818,00 | Medio |
| 818,10- 913,91 | Alto |
| 913,92 – 1070,68 | Muy alto |

Cabe mencionar que no se realizó calibración debido a que no existe información continua de aforo de caudales. Sin embargo, al considerar todas las variables meteorológicas (precipitación, evapotranspiración, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento), no es necesario considerar la calibración, pues la simulación de SWAT es bastante útil para cuencas no instrumentadas o que no cuentan con información histórica de aforo de caudales (Arnold *et al.* 1998; Ortiz Rivera *et al.* 2010).

4.2.1 Estimación de rentabilidades asociada a prácticas orientadas a la conservación de bosque y mejora de prácticas agrícolas

Bajo el supuesto de mantener los usos de suelos que actualmente proveen de SEH para consumo humano a la población de la parte baja de las microcuencas de Huachiriki y Autiki, se realizó la estimación del monto a pagar a los productores de café que se encuentran en la parte alta de las microcuencas, analizando dos escenarios: conservación de bosque y mejora de las prácticas agrícolas existentes.

Conservación de bosque

Para la estimación de los costos asociados a la conservación de los bosques se utilizó el método de costo de oportunidad del bosque existente respecto al cultivo de café, actividad más rentable y viable en la zona.

Se realizó el cálculo de la rentabilidad del cultivo de café que representa la cantidad de dinero que el productor dejaría de percibir por conservar el bosque (Börner *et al.* 2009). La rentabilidad es calculada teniendo en cuenta los ingresos brutos, considerados como el producto del precio del café por kilogramo en la última campaña del año 2016 por el rendimiento promedio, menos los costos promedio de producción diferenciados por siembra: actividades de limpieza (preparación de terreno y la compra de plántones de café); mantenimiento (cuantificado como una tarea por año); cosecha (considerando actividades

como el despulpado, fermentado, lavado y secado del café) y comercialización (considera el costo para transportar el café hasta el punto de venta, ya sea la cooperativa a la que pertenecen los productores u otros intermediarios).

Considerando que en la zona de bosque no existen plantaciones de café, el costo de oportunidad considera un proyecto de inversión en el que se considera un horizonte de tiempo de 15 años y que genera productividad a partir del tercer año de instalado el cafetal. Posteriormente se calcula el valor presente neto (VPN) con un flujo de 15 años (SCAN 2011) y una tasa de descuento real de 4% (MEF)³. El valor resultante servirá como base para estimar un pago anual donde el valor presente sea igual a lo que los productores obtendrían por la producción de café.

Mejora de prácticas agrícolas

Se consideran los costos promedio de implementar la mejora en las prácticas agrícolas de café; es decir, el cambio de producir café tradicional a café con sombra. Se realizó una búsqueda de información secundaria y entrevistas a actores claves que fue complementada a través de una encuesta que identificó como la práctica más adecuada a los sistemas agroforestales (SAF) con *Pinus patula ssp. tecunumanii* (INIA 2013).

El cálculo de la densidad inicial forestal para plantaciones en cuadrado o rectángulo se realizó con la siguiente fórmula (FONAM 2007):

$$\text{Número de plantas} = \frac{10000 * H}{D * L}$$

Donde:

H: número de hectáreas

L: distancia en metros entre líneas

D: distancia en metros entre plantas.

Se realizó un análisis de costos de cambios en las prácticas agrícolas, que determinó la ganancia neta a causa de este cambio mediante la implementación de sistemas agroforestales (Boardman *et al.* 2001). Bajo el supuesto de que el cambio en la producción y la rentabilidad de café es igual a cero o no representan diferencias significativas (Cerdeña *et al.* 2015), solo se consideran los costos de inversión por la instalación y mantenimiento del pino. Los datos fueron obtenidos a través de un estudio experimental realizado por INIA (2013). Para el cálculo de la rentabilidad de pino se utilizó el VPN (Baca 2010) con un horizonte de tiempo de 30 años, periodo máximo de vida del pino y una tasa de descuento nominal del 11%.

Para el cálculo del VPN se utilizó la fórmula siguiente:

³ Tasa de descuento real para inversiones privadas, según el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) de Perú.

$$VPN = \sum_{j=0}^n (I_j - C_j) / (1 + i)^n \quad (2)$$

Donde:

I_j: ingresos del periodo j (\$)

C_j: costos del periodo j (\$)

i: tasa de descuento (%)

j: periodo de ingresos o costos (años)

n: horizonte de tiempo (años)

Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad, con una variación de +- 1% de las tasas de descuento en cada escenario de conservación, con la finalidad de ver su influencia sobre el valor económico percibido del proyecto y su papel determinante para decidir sobre la aplicación del plan a lo largo de los años (Boardman *et al.* 2001).

Recolección de datos

Se aplicó una encuesta socioeconómica a los productores de café presentes en la parte alta de las microcuencas de Huachiriki y Autiki, con la finalidad principal de recolectar la rentabilidad de la actividad.

La selección de la muestra se realizó a través de un muestreo aleatorio simple con reemplazo (Di Rienzo *et al.* 2008). Preliminarmente se contó con el listado de los productores de café del Centro Poblado de San Miguel de Autiki, pertenecientes a la parte alta de la microcuenca Autiki y los productores de los centros poblados de unión Santa Rosa y 28 de Julio, ubicados en la parte alta de la microcuenca de Huachiriki. Posteriormente, se realizó una selección al azar de los productores a encuestar en sus domicilios. La población total es de 560 productores, obteniéndose una muestra de 80. Se consideró un margen de error de 10% y un nivel de confianza del 95%.

El formato de la encuesta estuvo dividido en cinco secciones. La Sección A estuvo conformada por información socioeconómica, donde se identificaron las principales características sociodemográficas de la población; la Sección B, por la disponibilidad y uso de agua, con el fin de obtener datos sobre el acceso al recurso y el tipo de uso que le dan; la Sección C, permitió obtener información sobre las actividades económicas, donde se detalla el tipo de actividad que realizan y aspectos sobre derechos de propiedad; la Sección D, contempló la obtención de información sobre producción y uso de la tierra, donde se detallan los ingresos y costos asociados a la principal actividad económica; y la Sección E, detalló información sobre protección de suelo y uso de agua, e indica si el productor realiza o no alguna práctica asociada a la protección de estos recursos.

4.2.2 Identificación de posibles mecanismos de financiamiento

Está basada en información primaria a través de entrevistas semi-estructuradas a los principales actores sociales que están relacionados con la gestión del recurso hídrico, que fue complementada con fuentes secundarias para identificar las fuentes de financiamiento locales y externas. Finalmente, se establecieron las posibles fuentes de financiamiento y se compararon con los montos a compensar en cada escenario con el fin de validar la viabilidad financiera de la implementación del plan de conservación.

4.2.3 Propuesta de un plan operativo

La propuesta operativa del plan de conservación se encuentra bajo el esquema general de la Ley N° 30215, Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE) de Perú, la cual identifica a los principales participantes de un acuerdo para la conservación de servicios ecosistémicos. Adicionalmente, se propone la implementación de una plataforma de monitores generado por un convenio entre una entidad gubernamental local y una organización sin fines de lucro, que a su vez será un espacio de intercambio con otras instituciones que puedan brindar asesoría técnica para la buena gestión de los acuerdos.

Recolección de datos

La identificación de las principales fuentes de financiamiento y la propuesta de un plan operativo del plan de conservación se realizó a través de datos obtenidos mediante entrevistas semi-estructuradas y grupos focales. Las entrevistas se realizaron a través de la metodología bola de nieve, que tiene como fin identificar a un actor clave que pueda sugerir a otros y posteriormente, los mismos puedan remitir a otros actores. El muestreo finaliza cuando los nombres de los actores remitidos se repitan o que su información no provea nuevos aportes (Geilfus 2002). En total se realizaron veintitrés entrevistas a los principales actores de instituciones de Pichanaki como el Municipio, ONG, cooperativas de café y sedes del Gobierno Central que están relacionadas con temas de agricultura, agua y bosques (Cuadro 7). Para mayor detalle ver Anexo 1.

Cuadro 7. Lista de instituciones entrevistadas en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Instituciones | |
|---|--|
| Asociación Central de la Comunidad Nativa de Pichanaki ACECONAP | Gobernación de Pichanaki |
| Asociación de Apicultores Abejas Pichanaki | Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-Pichanaki) |
| Autoridad Local del Agua Perené | Institución Educativa Santiago Antunez de Mayolo - Pichanaki |
| Bosque de Protección Pui Pui | Junta Directiva de San Miguel de Autiki |
| Bosque de Protección San Matías San Carlos | Municipalidad Distrital de Pichanaki |

| | |
|---|---|
| Cooperativa Agraria Cafetalera Selva Alta | ONG ENVOL - VERT |
| Cooperativa Agraria de Mujeres Productivas de Café-Pichanaki | ONG SEPAR |
| Cooperativa Agraria Tahuantinsuyo | Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA-Pichanaki) |
| Electrocentro - Pichanaki | Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR-Pichanaki) |
| Empresa Prestadora de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (EPS-Selva Central) | Unidad de Vigilancia Ambiental-Hospital de Pichanaki |

El formato de entrevista estuvo conformado por cinco secciones, relacionados a información general del entrevistado, conocimiento de las principales actividades del productor, la importancia de los principales recursos naturales que identifican en el distrito, información general sobre el estado de derechos de propiedad y las percepciones sobre los posibles interventores dentro de un marco operativo en un plan de conservación del recurso hídrico.

La selección de los participantes de los grupos focales estuvo en función a los actores claves identificados durante el trabajo de campo. En total se realizaron tres grupos focales (Cuadro 8); mayores detalles se muestran en el Anexo 2.

Cuadro 8. Grupos focales realizados en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| N° | Lugar | Total de participantes | Instituciones |
|----|---|------------------------|---|
| 1 | Local de cooperativa ACPC-Pichanaki | 6 | Directorio del Bosque Modelo Pichanaki |
| 2 | Local comunal de C.P Unión Santa Rosa | 9 | Autoridades y pobladores del C.P Unión Santa Rosa y C.P 28 de Julio |
| 3 | Local comunal de C.P San Miguel de Autiki | 9 | Autoridades y pobladores del C.P San Miguel de Autiki |

Los grupos focales se realizaron con una guía donde se fomentó el trabajo en conjunto de los participantes para la identificación de los principales recursos que existen en su comunidad, mediante un mapa de recursos y un diagrama de fuentes de agua. Además de la identificación de la problemática existente del recurso agua, las posibles soluciones e interventores (Geilfus 2002).

4.2. Descripción socioeconómica de los resultados de la encuesta

El 93% de las personas encuestadas en la microcuenca Autiki fueron hombres y 7% mujeres. La edad promedio es de 43 años, la mitad cuenta con nivel de estudios primarios y solo el 25% culminó sus estudios secundarios. En la microcuenca Huachiriki, el 73% de

los entrevistados fueron hombres y 27% mujeres. Al igual que en la otra zona, la edad promedio fue de 43 años. En cuanto al nivel educativo, el 25 % cuenta con nivel primario y 18% con nivel secundario, porcentajes menores a los que se presentan en Autiki. Respecto a las actividades económicas, el total de encuestados se dedica a la agricultura en café (Cuadro 9).

Cuadro 9. Caracterización socioeconómica de la población de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Variable | Microcuenca | |
|--|-------------|------------|
| | Autiki | Huachiriki |
| Total de hombres encuestados (%) | 93 | 73 |
| Edad promedio | 43 | 43 |
| Nivel educativo primaria (%) | 48 | 25 |
| Nivel educativo secundaria (%) | 25 | 18 |
| Actividad principal: Agricultura en café (%) | 100 | 100 |

La gran mayoría de los encuestados cuentan con fuentes de agua dentro de sus propiedades, principalmente con ojos de agua, que se encuentran cercanos o dentro de sus cultivos de café (Figura 3).

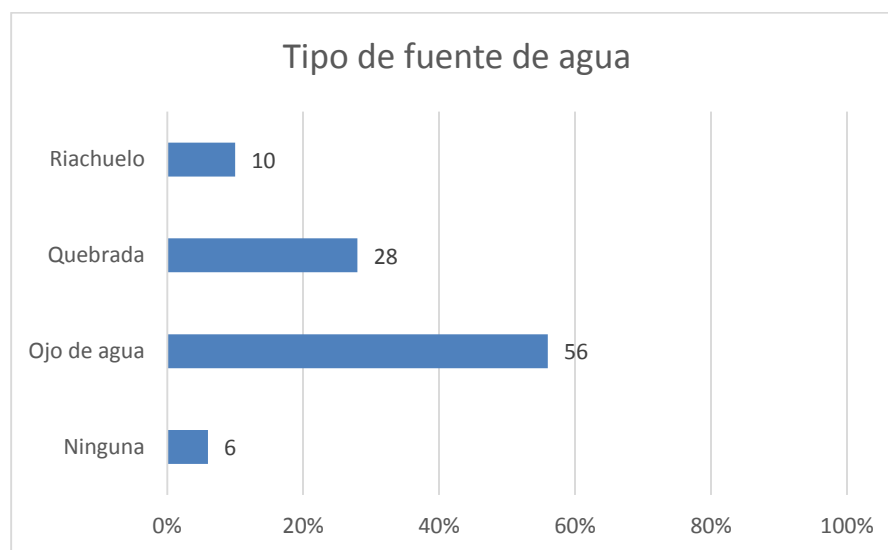


Figura 3. Tipos de fuentes de agua (%) en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

En cuanto a los derechos de propiedad, el 50% de los productores cuentan con título otorgado por el Ministerio de Agricultura (Minagri), más del 40% tienen constancia de posesión que fue adquirido a través de un contrato de compra y venta y menos del 10% menciona que no cuenta con ninguna constancia de propiedad (Figura 4).

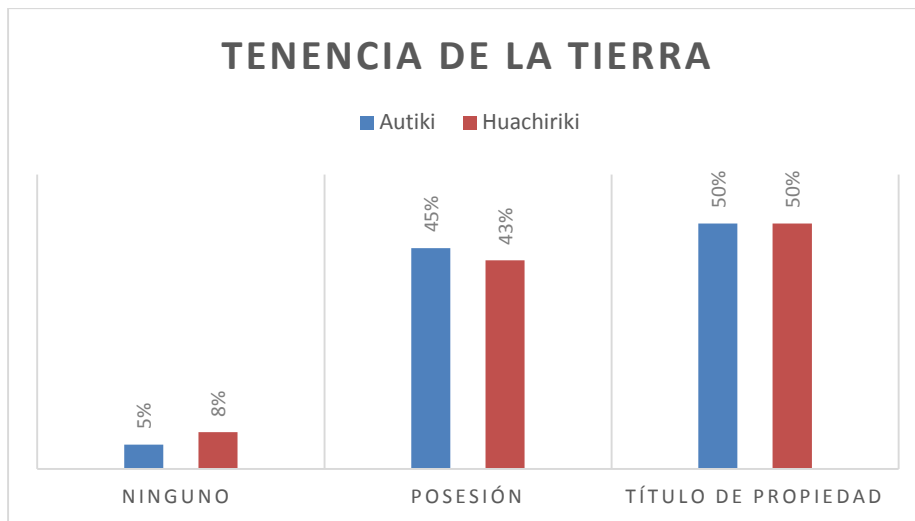


Figura 4. Tenencia de la tierra en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Además, a través de la encuesta se obtuvo información sobre la disposición de los agricultores en participar de un programa de conservación. Según los resultados obtenidos, aproximadamente el 90% de los agricultores se encuentran dispuestos a conservar los bosques naturales existentes o a implementar sistemas agroforestales dentro de sus parcelas de café (Figura 5).

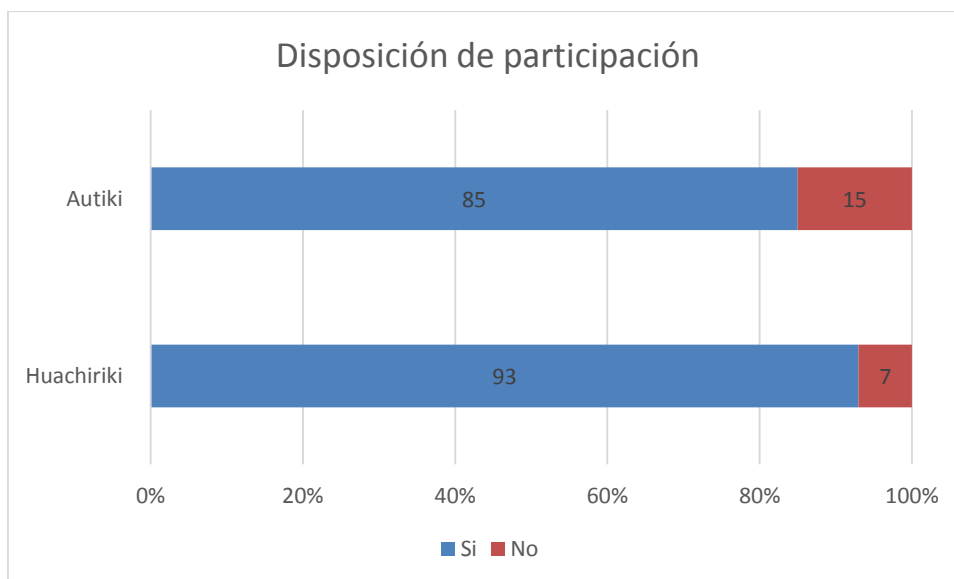


Figura 5. Disposición de los encuestados (%) a participarn en el plan de conservación en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Identificación de las áreas prioritarias del recurso hídrico

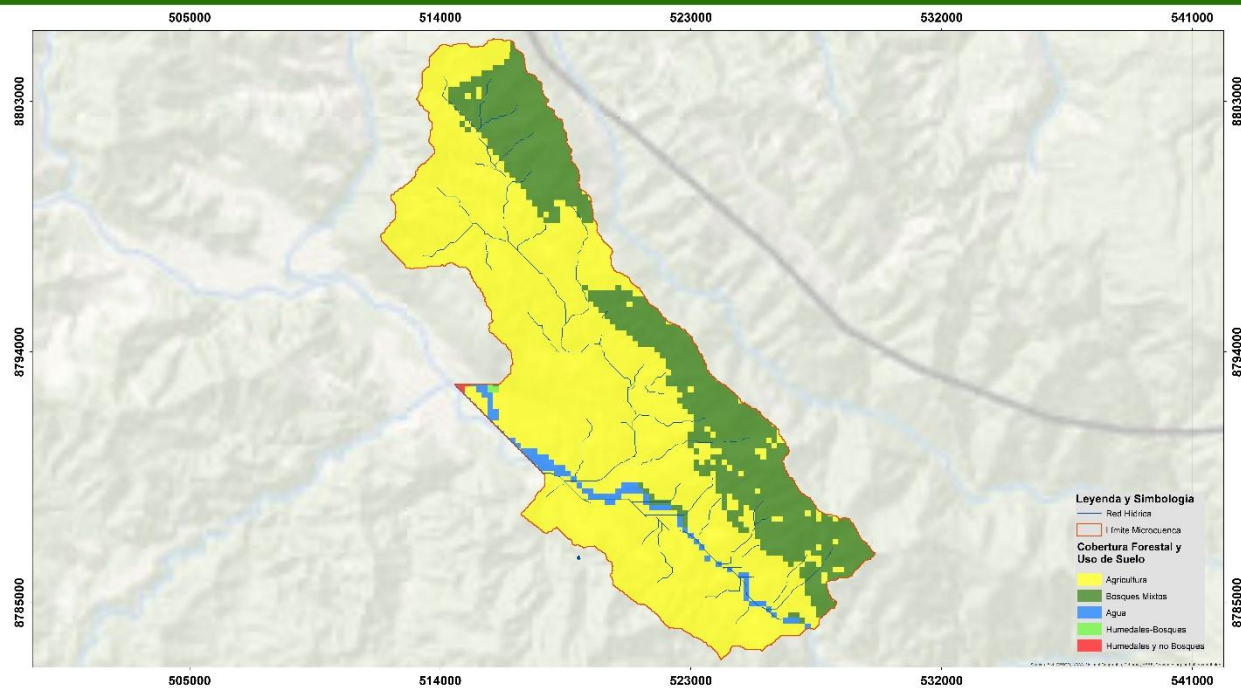
Con base en la información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Pichanaki (2013) y adaptada al formato de SWAT, se obtuvo datos de uso de suelos (Cuadro 10), según los cuales en la microcuenca Huachiriki el 71% se encuentra bajo actividades agrícolas, el 27% está cubierto por bosques mixtos y el 2% son cuerpos de agua (Figura 6). En la microcuenca Autiki, el 32% del área total se encuentra bajo cultivos agrícolas, el 67% está cubierto por bosques mixtos y el 1% corresponde a cuerpos de agua (Figura 7).

En las partes altas de ambas microcuencas predomina el cultivo de café sin sombra. Esta actividad ha generado el aumento de la deforestación indiscriminada y un mal uso de prácticas agrícolas que afectan las fuentes de agua existentes (González y Ruiz s.f). Dentro de algunas prácticas inadecuadas, identificadas en la encuesta socioeconómica, se tiene que el 67% de los productores mencionan que no realizan un tratamiento de aguas mieles y arrojan los desechos a los ríos.

Cuadro 10. Uso de suelo en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Uso de suelo | Microcuenca Autiki | | Microcuenca Huachiriki | |
|------------------------|-----------------------|-----|---------------------------|-----|
| | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| Agricultura (AGRL) | 3012 | 32 | 6969 | 71 |
| Bosque Mixto (FRST) | 6299 | 67 | 2667 | 27 |
| Cuerpos de agua (WATR) | 49 | 1 | 212 | 2 |
| Total | 9360 | 100 | 9860 | 100 |

Mapa de Cobertura Forestal y Uso de Suelo Microcuenca de Huachiriki, Pichanaki, Perú



| | | | |
|---|--|---|---|
|  Descripción Cartográfica Proyección: UTM Datum: WGS84 Zona: 18 S Unidad de medición: Metros Tipología: Puntos, Polígonos y Líneas Mapa Base: Hojas Cartográficas WGS84 | Escala 1:50,000  0 0.5 1 2 3 4 Kilómetros | Elaborado por: Lic. María Rosa Ugaz Programa Maestría: Economía, Desarrollo y Cambio Climático |  Ubicación |
|---|--|---|---|

Figura 6. Mapa de cobertura del suelo de la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Mapa de Cobertura Forestal y Uso de Suelo Microcuenca de Autiki, Pichanaki, Perú

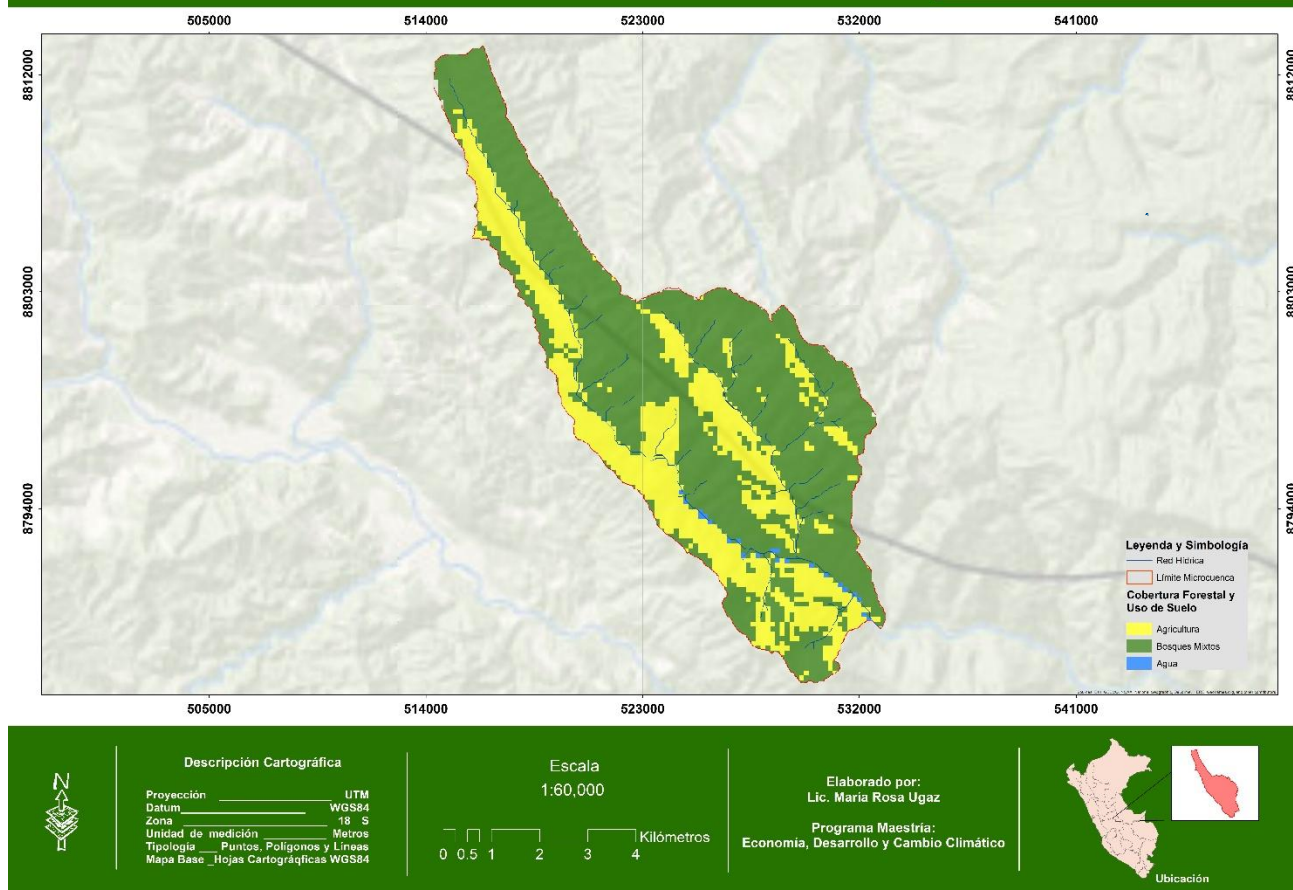


Figura 7. Mapa de cobertura del suelo de la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Los suelos que predominan en Huachiriki son de tipo Huantinini pertenecientes al subgrupo Typyc Eutrudepts, con características arcillosas y pendientes del 8% al 50% y Boca Huatziriki, subgrupo Oxyaquic Dystrudepts, familia francosa fina, con pendientes del 8% al 15%. En Autiki, los suelos predominantes son Quimari, subgrupo Typyc Eutrudepts, familia arcillosa con pendientes del 4% al 50% y Huantinini, subgrupo Typyc Eutrudepts, familia arcillosa con pendientes del 8% al 50%.

El balance hídrico simulado por SWAT para el periodo 2000-2014 presenta resultados promedio mensuales multianual para las dos microcuencas (Arnold *et al.* 2012). En Autiki, existe un déficit de agua en los meses mayo, junio y julio; es decir, la precipitación pluvial fue inferior a la evapotranspiración (Bautista-Ávalos *et al.* 2014) (Figura 8).

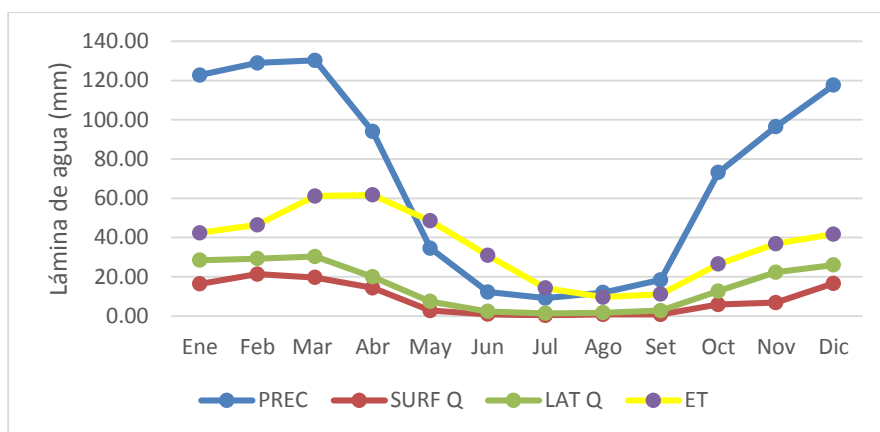


Figura 8. Almacenamiento de agua en la microcuenca de Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

También es importante mencionar que el agua de entrada está definida por la precipitación (mm) que ingresa a las microcuencas; el agua de salida la conforman la escorrentía superficial, flujo lateral y la evapotranspiración (Arnold *et al.* 2012). En la microcuenca Autiki del total de agua de entrada (850 mm), el 46% se convierte en caudal que contribuye al río que lleva el mismo nombre. La erosión hídrica tiene valores más altos en los meses de enero, febrero y marzo con 8, 9 y 8 t/ha respectivamente, los cuales representan niveles de erosión ligera (FFTC 1995) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Balance hídrico de la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Mes | Agua de entrada | | Agua de salida | | | WATER YIELD (mm) | SED YIELD (T/Ha) | PET (mm) |
|--------------|-----------------|-------------|----------------|------------|------------|------------------|------------------|----------|
| | PCP (mm) | SURF Q (mm) | LAT Q (mm) | ET (mm) | | | | |
| | | | | | | | | |
| 1 | 123 | 16 | 28 | 42 | 55 | 8 | 110 | |
| 2 | 129 | 21 | 29 | 46 | 63 | 9 | 104 | |
| 3 | 130 | 20 | 30 | 61 | 67 | 8 | 122 | |
| 4 | 94 | 14 | 20 | 62 | 52 | 5 | 129 | |
| 5 | 35 | 3 | 7 | 49 | 25 | 1 | 132 | |
| 6 | 12 | 1 | 2 | 31 | 12 | 0 | 135 | |
| 7 | 9 | 0 | 1 | 14 | 6 | 0 | 154 | |
| 8 | 12 | 1 | 2 | 10 | 4 | 0 | 173 | |
| 9 | 18 | 1 | 3 | 11 | 5 | 0 | 172 | |
| 10 | 73 | 6 | 13 | 27 | 21 | 2 | 150 | |
| 11 | 97 | 7 | 22 | 37 | 33 | 2 | 124 | |
| 12 | 118 | 17 | 26 | 42 | 49 | 6 | 103 | |
| Total | 850 | 107 | 185 | 431 | 393 | 44 | 1607 | |

PCP = Precipitación, SURF Q = Escorrentía superficial, LATQ = Flujo lateral, ET = Evapotranspiración, Water Yield = Producción de agua, SED YIELD = Erosión hídrica, PET= Evapotranspiración potencial

En la microcuenca Huachiriki no existió almacenamiento de agua en los meses de junio y julio; es decir, la evapotranspiración es superior a la precipitación pluvial (Bautista-Ávalos *et al.* 2014) (Figura 9).

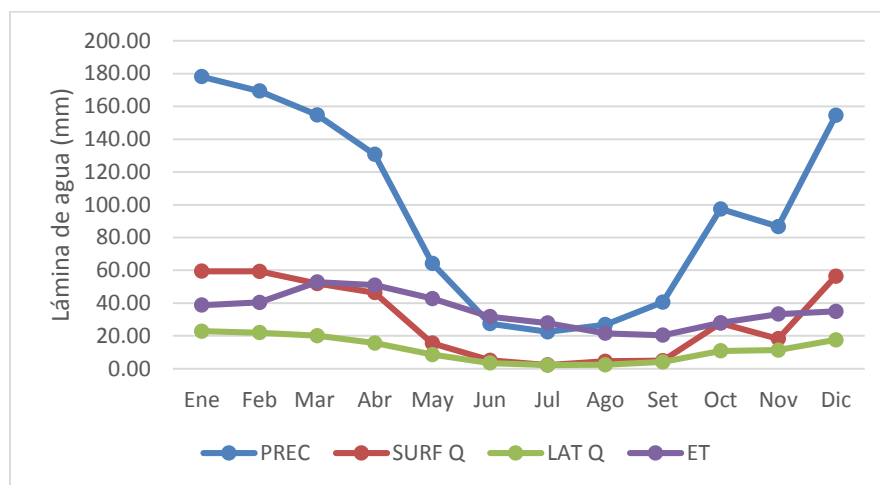


Figura 9. Almacenamiento de agua en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Asimismo, del total de agua de entrada, el 61% se convierten en caudal que contribuye al río Huachiriki (Cuadro 12). La erosión hídrica presenta mayor nivel en los meses de enero, febrero y marzo con 20, 21 y 19 t/ha, respectivamente, lo cual representa un nivel de erosión moderada (FFTC 1995), y evidencia que las prácticas agrícolas tradicionales ocasionan impactos negativos respecto a la conservación del suelo (Derpsch 2006).

Cuadro 12. Balance hídrico de la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Mes | Agua de entrada | Agua de salida | | | WATER YIELD (mm) | SEDIMENT YIELD (T/Ha) | PET (mm) |
|-----|--------------------|----------------|-------|------|------------------|-----------------------|----------|
| | Precipitación (mm) | SURF Q | LAT Q | ET | | | |
| | | (mm) | (mm) | (mm) | | | |
| 1 | 178 | 59 | 23 | 39 | 105 | 20 | 111 |
| 2 | 169 | 59 | 22 | 40 | 109 | 21 | 105 |
| 3 | 155 | 52 | 20 | 53 | 106 | 19 | 123 |
| 4 | 131 | 46 | 16 | 51 | 94 | 15 | 130 |
| 5 | 64 | 16 | 9 | 43 | 52 | 6 | 136 |
| 6 | 27 | 5 | 3 | 32 | 27 | 2 | 139 |
| 7 | 22 | 2 | 2 | 28 | 14 | 1 | 157 |
| 8 | 27 | 5 | 2 | 22 | 10 | 2 | 177 |
| 9 | 41 | 5 | 4 | 20 | 11 | 3 | 173 |
| 10 | 97 | 28 | 11 | 28 | 44 | 8 | 153 |
| 11 | 87 | 18 | 11 | 33 | 40 | 5 | 125 |
| 12 | 154 | 56 | 18 | 35 | 89 | 15 | 105 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Total | 1153 | 352 | 141 | 423 | 700 | 118 | 1634 |
|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|

PCP = Precipitación, SURF Q = Escorrentía superficial, LATQ = Flujo lateral, ET = Evapotranspiración, Water Yield = Producción de agua, SED YIELD = Erosión hídrica, PET= Evapotranspiración potencial

Entre los procesos hidrológicos que presentan las microcuencas, la producción de agua es el de mayor interés debido a la existencia de una relación directa con las actividades productivas (Silva 2004). En Huachiriki se identificaron 2724 URH, de las cuales 388 son prioritarias en las zonas de cultivo de café y abarcan un área total de 756 ha y 127 URH prioritarias dentro de la cobertura de bosques que tienen un área de 699 ha. Estas áreas cuentan con la mayor producción promedio de agua que aporta al caudal y oscila entre 775 mm- 1070 mm y son consideradas como de muy alta prioridad (Figura 10).

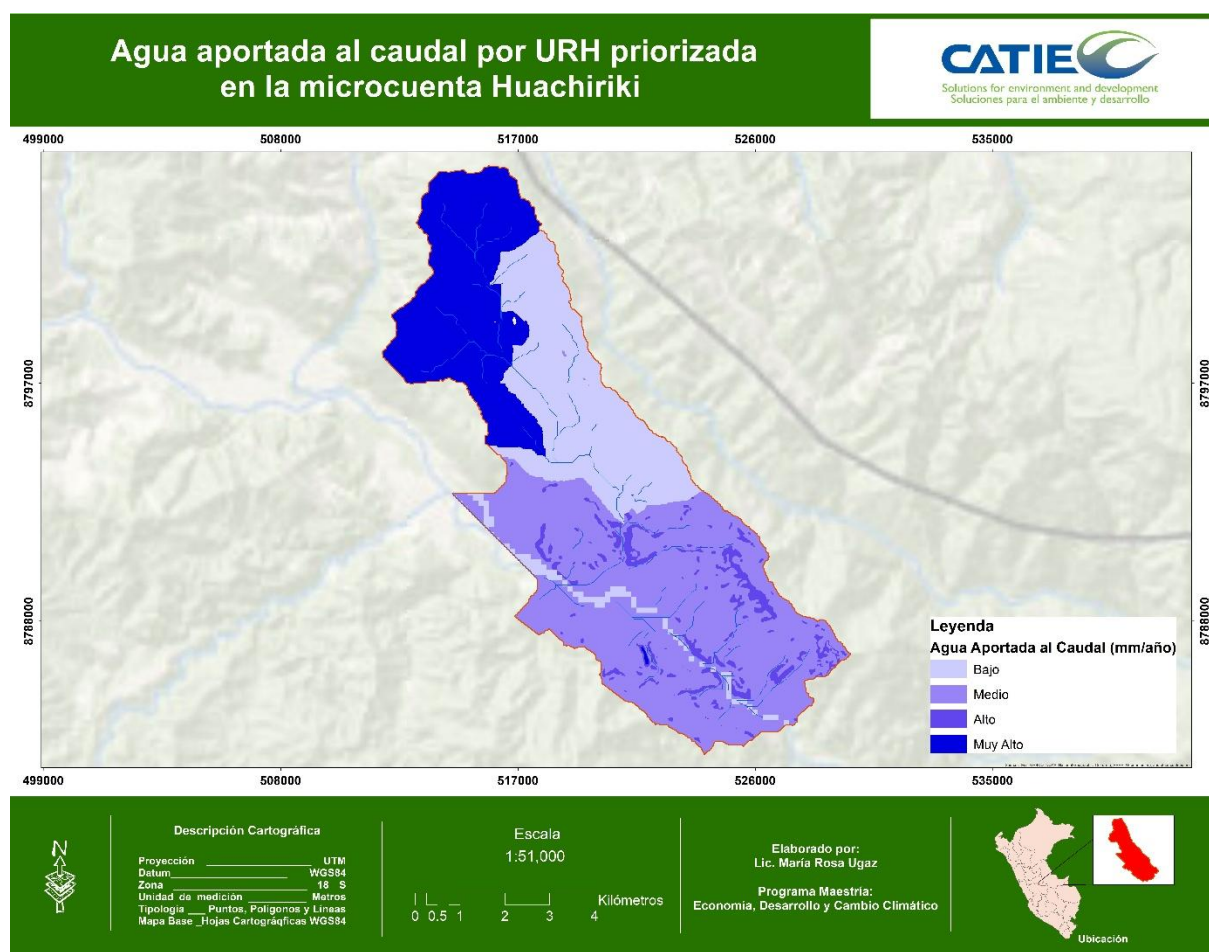


Figura 10. Producción promedio multianual por URH en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

En la microcuenca Autiki, de las 3487 URH identificadas, se priorizaron 37 URH que abarcan 338 ha de cultivos de café y 21 con 628 ha de bosque. Estas áreas, consideradas de alta prioridad, tienen un aporte promedio anual al caudal entre 1000 mm-1500 mm (Figura 11). Los resultados encontrados en ambas microcuencas coinciden con un estudio realizado

en la cuenca del río Cañete CIAT (2013), donde las 30 URH priorizadas aportan en promedio al caudal entre 1111mm-1707 mm por año.

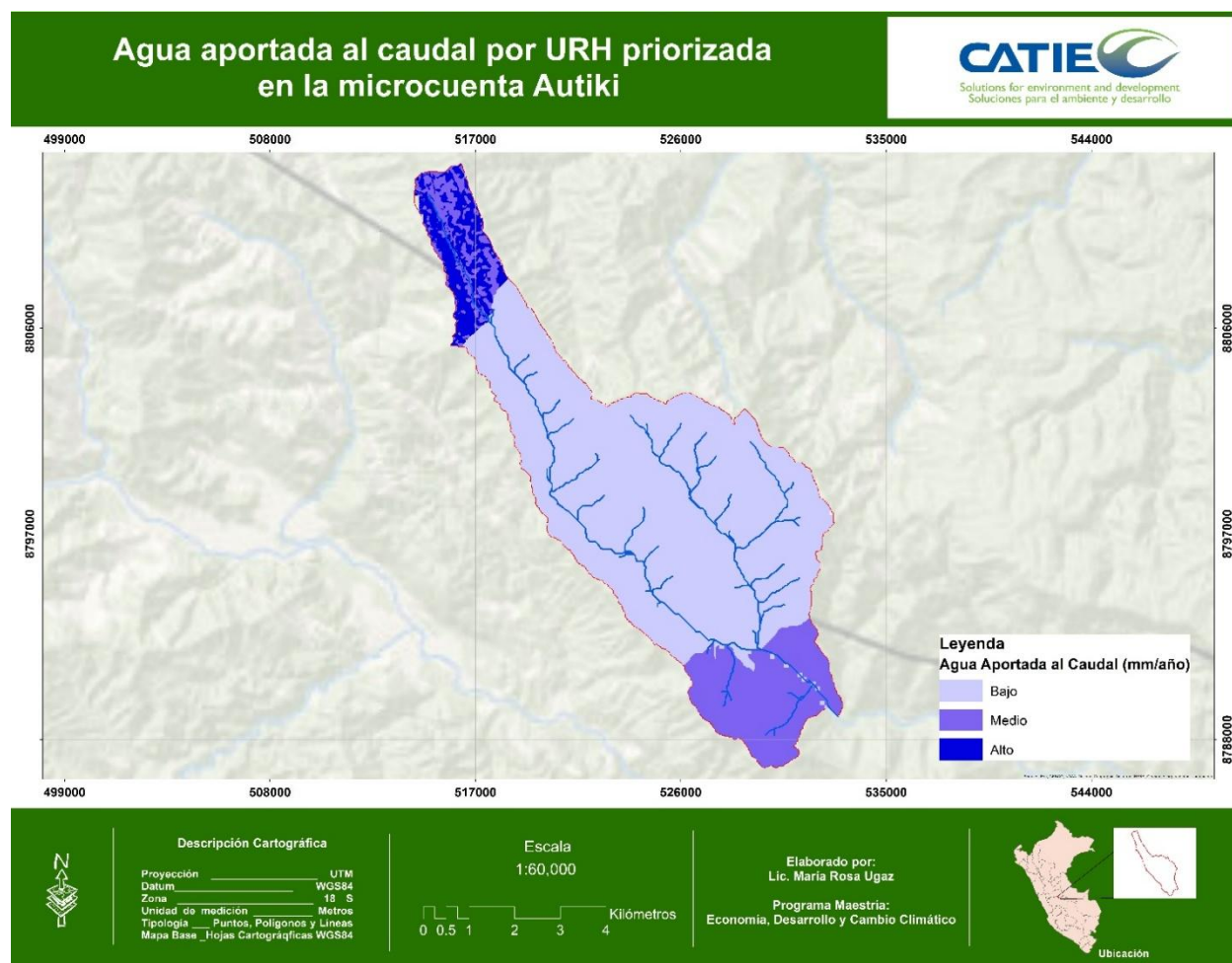


Figura 11. Producción promedio multianual por URH en la microcuenta Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Por lo tanto, en la microcuenta Huachiriki, del área total se identificó 756 ha que se deben priorizar en la zona de café, orientándolas a una mejora de prácticas agrícolas y 699 ha en la zona de bosque, orientadas a ser conservadas. En la microcuenta Autiki se priorizaron 338 ha de cultivos de café para la introducción de sistemas agroforestales y 628 ha de bosque para ser conservadas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Áreas priorizadas según tipo de cobertura en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Microcuencas | Área total (ha) | Áreas priorizadas por tipo de cobertura (ha) | |
|--------------|-----------------|--|--------|
| | | Agricultura (Café) | Bosque |
| Huachiriki | 9860 | 756 | 699 |
| Autiki | 9360 | 338 | 628 |

5.2. Estimación de la rentabilidad asociada a las prácticas orientadas a la conservación de bosque y mejora de prácticas agrícolas

Conservación de bosque

Los costos de producción de café consideran un costo por hectárea inicial de siembra; a partir del segundo año hay costos de mantenimiento anual y luego del tercer año se incurren en costos de cosecha y comercialización (López - García *et al.* 2016).

En la microcuenca Huachiriki, el costo de siembra es de USD524, el de mantenimiento de USD457; los costos de cosecha de USD584 y los de comercialización de USD100. En la microcuenca Autiki, los costos de siembra, mantenimiento, cosecha y comercialización fueron de USD453, USD438, USD471 y USD107, respectivamente. La sumatoria de estos resultados se asemejan a los encontrados por Lyngbaek *et al.* (2001), donde el costo promedio de la caficultura convencional es de USD1403 por hectárea.

Respecto al precio de venta promedio, en ambas microcuencas el producto fue vendido a la cooperativa o acopiador a 1,80 USD/kg. El rendimiento promedio de la última campaña agrícola (2016) fue de 800 kg/ha en Huachiriki y 698 kg/ha en Autiki. Estos valores son similares a lo encontrado por Quintero *et al.* (2009) en la microcuenca Mischciyacu, Perú, donde el rendimiento promedio es de 800 kg/ha. Los ingresos fueron de USD1407 en Huachiriki y de USD1247 en Autiki. Con los datos de costos de producción por hectárea de café e ingresos de venta se estimaron los beneficios netos, obteniéndose un valor positivo desde el año 4 de producción, el cual asciende a USD265 en Huachiriki y USD232 en Autiki (cuadros 14 y 15).

Cuadro 14. Costos y beneficios de producción de café en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Etapa de producción de café | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6... | ... Año 15 |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|
| Siembra | 524 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mantenimiento por año | 0 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 |
| Cosecha | 0 | 0 | 0 | 584 | 584 | 584 | 584 |
| Comercialización | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Total de costos | 524 | 457 | 457 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 |
| Beneficios netos | -524 | -457 | -457 | 265 | 265 | 265 | 265 |

Tipo de cambio: USD 1 = S/.3.36 al cierre del año 2016

Cuadro 15. Costos y beneficios de producción de café en la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Etapas de producción de café | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6... | ... Año 15 |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|
| Siembra | 453 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mantenimiento por año | 0 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 |
| Cosecha | 0 | 0 | 0 | 471 | 471 | 471 | 471 |
| Comercialización | 0 | 0 | 0 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| Total de costos | 453 | 438 | 438 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 |
| Beneficios netos | -453 | -438 | -438 | 232 | 232 | 232 | 232 |

Tipo de cambio: USD 1 = S/3.36 al cierre del año 2016

El cálculo del VPN de la producción cafetalera en Huachiriki y Autiki fue de USD878 y USD703, respectivamente. Estos montos equivalen a un pago anual por hectárea de USD31 y USD20 en cada microcuenca, y representan una estimación del costo de oportunidad del bosque (cuadro 16 y 17 y Anexo 3).

Cuadro 16. Costo de oportunidad del bosque por hectárea en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Descripción | Microcuenca Huachiriki | Microcuenca Autiki |
|--|-------------------------------|---------------------------|
| Costo de oportunidad anual (USD/ha) | 79 | 63 |

El costo total de intervención se calculó con base en las áreas identificadas en la etapa de priorización de áreas.

Cuadro 17. Costo de oportunidad del total del bosque en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Costo de oportunidad anual (USD/ha) | Microcuenca Huachiriki | | Microcuenca Autiki | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|--|------------------------|--------------------------|
| | Área total (ha) | Costo total anual | Costo de oportunidad anual (USD/ha) | Área total (ha) | Costo total anual |
| 79 | 699 | 55 221 | 63 | 628 | 39 564 |

Mejora de prácticas agrícolas

Los resultados de las encuestas muestran que el 78% de los contribuyentes del SEH se encuentran más interesados en la instalación de sistemas agroforestales en sus fincas que en obras físicas o barreras muertas.

La especie forestal recomendada por INIA (2013), es *Pinus patula ssp. tecunumanii*, utilizada en un estudio experimental en zonas con características similares al área de estudio. Esta especie tiene un crecimiento rápido y alto valor económico; además cuenta con micorrizas que permite la fijación de nutrientes que benefician el cultivo de café; disminuye la erosión y aumenta la capacidad de infiltración, recuperando manantiales de la zona de estudio (SUNASS 2015). Lo anterior coincide con Llorens y Domingo (2007) quienes destacan la capacidad de intercepción de lluvias de las especies forestales, en especial de *Pinus*, además que propicia la disminución de erosión y mejora la productividad en áreas donde existen problemas de baja fertilidad y exceso o humedad de los suelos (Tscharrntke *et al.* 2011).

Bajo este contexto, la implementación de sistemas agroforestales con café y pino implica una inversión inicial para la instalación de la masa forestal que abarca costos por la compra de plántones de pino, preparación de terreno, labores de siembra, entre otros; el mantenimiento del primer año, por su parte, asciende a USD95 para un total de USD881 por hectárea (INIA 2013) (Cuadro 18).

Cuadro 18. Costo de instalación de la masa forestal para el establecimiento de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Descripción | Instalación forestal | |
|---|-------------------------------------|-----------------------|
| | Mano de obra + insumos (USD /Ha) | |
| | Microcuenca Huachiriki | Microcuenca Autiki |
| Compra de plántones | 250 | 250 |
| Preparación de terreno | 286 | 286 |
| Estaqueo, hoyación, traslado de plántones, plantación y control fitosanitario | 250 | 250 |
| Primer año de mantenimiento | 95 | 95 |
| Total | 881 | 881 |

Considerando una plantación inicial de 1111 árboles/ha, a una distancia de 3m x 3m y un 95% de sobrevivencia, se deben realizar raleos del 25% en el quinto año (264 árboles) y del 30% en el año décimo quinto (237 árboles) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Producción de madera de *Pinus patula ssp. Tecunumanii* en sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Densidad inicial (árboles/ha) | Tasa de sobrevivencia | Raleos | |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | | Año 5 | Año 15 |
| 1111 | 95% | 25% (264 árboles) | 30% (237 árboles) |

Fuente: INIA (2013)

Los productos del primer raleo se utilizarían para la venta de postes de madera y los del año 15 para la venta de madera. Los ingresos provenientes de ambos montos ascienden a USD2750 y USD14 798, respectivamente (Cuadro 20 y Anexo 3).

Otro ingreso que se genera es por la venta de semillas a partir del año 12, con una producción de 750 g, se obtienen USD268 hasta el año 14; la producción se reduce a 525g a partir del año 15 lo que equivale USD188 hasta el año 30 (Cuadro 20).

Cuadro 20. Ingresos por la venta de postes y madera rolliza de pino en sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Descripción | N | Precio unitario (USD) | Total |
|--|-----------|-----------------------------|---------|
| Postes de madera en año 6 (unidad) | 264 | 10 | 2750 |
| Madera de pino de 30 cm x 20 m en año 15 (pies tablares) | 99 443 | 0 | 14 798 |
| Madera de pino en año 30 (pies tablares) | 1 280 918 | 0 | 190 613 |
| Semillas (kg/año) años del 12 al 14 | 1 | 357 | 268 |
| Semillas (kg/año) años 15 al 30 | 1 | 357 | 188 |

*1 m³ de madera rolliza = 220 pies tablares de madera

El VPN asciende a USD10 702 por hectárea (Anexo 4). Estos valores son cercanos al indicado por Restrepo (2010), quien calculó la rentabilidad de pino en Colombia, obteniendo un VPN de USD11 850 por hectárea .

La instalación de sistemas agroforestales será un beneficio adicional para el productor; sin embargo, los productores no cuentan con fondos para la inversión inicial que representan un costo elevado. Por lo tanto, se pretende generar incentivos que cubran las pérdidas de los cuatro primeros años, que representa un VPN de USD1370 por hectárea (Cuadro 21).

Cuadro 21. Monto a compensar por hectárea por la implementación de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Actividades | Inversión | Año1 | Año 2 | Año3 | Año 4 |
|---------------------------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Plantones (1111/ha) | 250 | | | | |
| Preparación terreno | 286 | | | | |
| Estaqueo | 71 | | 234 | | |
| Hoyación | 71 | | | | |
| Plantación | 48 | | | | |
| Control fitosanitario | 24 | | | | |
| Mantenimiento 2 veces al año | 95 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| Traslado de plantones | 36 | | 190 | | |
| Total de costos de instalación | 881 | 95 | 520 | 95 | 95 |
| VPN | | | 1370 | | |

El costo total de la intervención es de USD1 035 633 en Huachiriki (756 ha) y USD463 299 en Autiki (338 ha). Sin embargo, la implementación en el plan de conservación será gradual, en función a los montos disponibles de financiamiento.

Si bien el flujo de capital que se requiere para implementar esta práctica es elevado, existen beneficios adicionales por la venta de postes, semillas y madera. Por lo tanto, el cálculo de la rentabilidad brinda un estimado en la inversión que se requiere para evitar la degradación actual del suelo y la afectación en la calidad de agua; de esta manera se pueden identificar fondos para el plan de conservación (Pagiola *et al.* 2004).

Análisis de sensibilidad

Conservación de bosque

Ante una tasa de descuento real del 5% (variación de +1%), en la microcuenca Huachiriki el VPN del café disminuye a USD720 y el costo de oportunidad del bosque disminuye a USD69 por hectárea. Considerando una tasa de descuento real de 3% (variación en -1%), el VPN del café aumenta a USD1055 y el costo de oportunidad aumenta a USD88 (Cuadro 22).

Del mismo modo, en la microcuenca Autiki las variaciones en el VPN son inversamente proporcionales ante un cambio de la tasa de descuento (Cuadro 22).

Cuadro 22. Análisis de sensibilidad para el escenario de conservación del bosque en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Tasa de descuento real (%) | Microcuenca Huachiriki | | Microcuenca Autiki | |
|----------------------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | VPN (USD) | COP (USD/ha/año) | VPN (USD) | COP (USD/ha/año) |
| 3 | 1,055 | 88 | 857 | 57 |
| 4 | 878 | 79 | 703 | 63 |
| 5 | 720 | 69 | 567 | 38 |

Mejora de prácticas agrícolas

En ambas microcuencas, al disminuir la tasa de descuento nominal a 10% el VPN de la implementación del sistema agroforestal aumenta a USD13 701 por hectárea y, considerando una tasa de descuento del 12%, el VPN disminuye a USD 8391 por hectárea (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de sensibilidad para la implementación de sistemas agroforestales en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Tasa de descuento nominal (%) | VPN (USD) | |
|-------------------------------|------------------------|--------------------|
| | Microcuenca Huachiriki | Microcuenca Autiki |
| 10 | 13 701 | 13 701 |
| 11 | 10 702 | 10 702 |
| 12 | 8391 | 8391 |

5.3. Identificación de posibles mecanismos de financiamiento

En las entrevistas realizadas se obtuvo que el 29% de las personas refirieron a la Municipalidad Distrital de Pichanaki como una de las principales entidades estatales que podrían brindar financiamiento para proyectos de conservación, un 25% mencionó a las ONG presentes en la zona tales como ENVOL-VERT, SEPAR y PRODESA. Otras de las entidades estatales mencionadas fue SERFOR que actualmente fomenta proyectos de reforestación con plantaciones forestales exóticas como pino y eucalipto. Estas respuestas fueron corroboradas con la información obtenida en los grupos focales.

- Inversiones públicas y directas

El Minam plantea una línea de intervención estratégica denominada Fábricas de Agua, que tiene como fin generar un fondo concursable para la conservación de los servicios ecosistémicos hídricos que permite el desarrollo de las actividades económicas⁴.

⁴ <http://www.minam.gob.pe/economia-y-financiamiento-ambiental/fabricas-de-agua/>

- **Crédito agrícola de Agrobanco**

Entidad financiera estatal que brinda créditos a personas naturales o jurídicas con la finalidad de financiar el capital de trabajo para actividades agropecuarias o comercialización de la producción, con un nivel de endeudamiento de hasta USD30 000.

Para el sostenimiento de la actividad agropecuaria, el banco financia hasta el 70% del costo de producción y el pago de la deuda se realiza cuando se inicia la comercialización del producto. Para créditos de comercialización, el banco financia hasta un monto máximo del costo de comercialización y para inversión agropecuaria se financia hasta el 60% de la inversión. El pago de la deuda se realiza de acuerdo a los flujos del proyecto hasta un plazo de cuatro años.

- **Conglomerado de Proyectos del Programa de Desarrollo Forestal Sostenible, Inclusivo y competitivo de la Amazonia Peruana (Serfor- Caf)**

Proyectos formulados y presentados por los gobiernos locales para el cofinanciamiento de hasta 80% del valor total solicitado. Dentro de los tipos de proyectos que son aceptados a través de este programa existe la recuperación o protección de cuencas y/o ecosistemas degradados con el objetivo de realizar acciones para rescatar, rehabilitar y/o recuperar cuencas hidrográficas, bosques y microcuencas que hayan sufrido cambios de uso y/o alteraciones por la actividad antrópica⁵. Bajo este contexto, mediante RD. N° 026-2017 – SERFOR/DE del 31 de enero de 2017 se designó al Municipio del distrito de Pichanaki el monto de hasta USD240 000⁶.

- **Contribuciones de usuarios de la parte baja de las microcuencas**

Aún sin tener un estudio de demanda y disponibilidad de pago a los oferentes, se plantea un escenario hipotético de contribuciones de los usuarios de agua para consumo humano en la parte baja de ambas microcuencas⁷, que permite analizar una fuente potencial de financiamiento. En estudios similares llevados a cabo en otros lugares se indica que los usuarios realizan contribuciones a través de empresas, como por ejemplo, en Costa Rica, donde la contribución de los usuarios se realiza a través de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia Pagiola (2008), o en Perú, donde las contribuciones (USD0,30 por mes) se dan a través del recibo de agua a cargo de la Empresa Prestadora de Servicios de Moyobamba (Renner 2010).

Los abonados en la microcuenca Huachiriki se estima en 2400 y en Autiki en 5200. En el caso hipotético de que estuvieran dispuestos a pagar USD0,50 al mes, representaría un VPN de USD67 953 y USD 147 231 respectivamente; estos fondos formarían parte de los pagos a los proveedores del SE durante cinco años (Cuadro 24).

⁵ <http://www.serfor.gob.pe/cuidando-el-bosque/prodefap/fondo-concursable-conglomerado-de-proyectos-prodefap>

⁶ <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-transferencias-financieras-a-favor-del-gobierno-reg-resolucion-no-026-2017-serforde-1481164-2/>

⁷ Municipalidad Distrital de Pichanaki. 2015. Plan de Desarrollo Concertado 2016 -2025 (En línea). Pichanaki. Consultado 06 set. 2016.

Cuadro 24. Disposición a pagar de los abonados de las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Microcuenca | N° de abonados | Monto de pago (mensual) | VPN (USD/año) | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------------|----------------|-------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Huachiriki | 2400 | 0.5 | 67,953 | 15 264 | 15 264 | 15 264 | 15 264 | 15 264 |
| Autiki | 5200 | | 147,231 | 33 072 | 33 072 | 33 072 | 33 072 | 33 072 |

Mecanismos de financiamiento de fuentes externas

FIDA, es una agencia especializada de las Naciones Unidas en otorgar préstamos a los países en desarrollo con el fin de reducir la pobreza. Actualmente el Ministerio de Ambiente de Perú (Minam) realiza el proyecto “Conservación y uso sostenible de los ecosistemas alto andinos (Sierra y Selva Alta) del Perú” a través del pago por servicios ambientales para el alivio de la pobreza rural y la inclusión social, que tiene como objetivo transferir incentivos monetarios a grupos de familias rurales organizadas para que de manera competitiva mejoren el uso de sus recursos naturales y conserven bosque, bofedales de cuencas altas. Para obtener este tipo de financiamiento, los interesados deben participar de un concurso público (MINAM 2017).

De las fuentes mencionadas, se considera que la más viable es el presupuesto con el que cuenta la Municipalidad de Pichanaki (USD 240 000), ya que está orientado a proyectos de protección de las microcuencas del distrito que incluyen PSE, sumado a la posibilidad de recaudar fondos a través de los abonados de la parte baja. El monto de financiamiento asciende a USD187 953 en Huachiriki y USD267 231 en Autiki (Cuadro 25).

Cuadro 25. Financiamiento por microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Microcuenca | Fuente de financiamiento | | |
|-------------|--------------------------|----------|---------|
| | Municipio | Abonados | Total |
| Huachiriki | 120 000 | 67 953 | 187 953 |
| Autiki | 120 000 | 147 231 | 267 231 |

Con base a la información anterior se realizó una comparación entre las fuentes de financiamiento y lo que se requiere en cada escenario de conservación propuesto para determinar la viabilidad financiera de los mismos.

En ambas microcuencas se plantea priorizar áreas para implementar sistemas agroforestales bajo un esquema de PSE con pagos condicionados. Los SAF es una actividad rentable para el productor según los resultados del VPN. En ese sentido no podría justificarse la necesidad de un pago que compense los costos de la provisión de las externalidades expresadas en términos de los diversos servicios ambientales de interés. Pese a esto, se podría flexibilizar esta posición al considerar que quizás las inversiones propuestas no se realizarán del todo, a pesar de ser rentables privadamente, debido a la ausencia de capital de los productores para invertir en las mismas. De hecho, la inversión y gastos hasta

el año cinco son elevados y no pueden ser cubiertos por los productores directamente; en ese sentido, se propone⁸ cubrir la mitad de los costos iniciales de la instalación del sistema agroforestal e incentivar a los productores a través de capacitaciones orientadas a mantener la vegetación natural en zonas riparias o realizar un buen manejo de sus aguas mieles, las cuales pueden servir para la producción de abonos orgánicos lo que permitiría reducir los costos de fertilización de las plantas de café al 50% (Tirabanti 2016).

En la microcuenca Huachiriki se propone implementar 200 ha de SAF, considerando que el PSE cubriría la mitad de los gastos requeridos durante los primeros cinco años. El VPN asciende a USD137 010 (Cuadro 26).

Cuadro 26. Costos parciales iniciales para la instalación de sistemas agroforestales en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Área (ha) | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------|----------------|---------------|---|---------------|---------------|
| | Inversión | Mantenimiento | Estaqueo/mantenimiento y traslado de plántones | Mantenimiento | Mantenimiento |
| 200 | 88 095 | 9524 | 51 956 | 9524 | 9524 |
| VPN | 137 010 | | | | |

El monto restante del fondo disponible es de USD50 943 que se puede emplear en el escenario de conservación de bosque.

Según la tasa de descuento considerada, el rango de pago por hectárea anual que se podría realizar se encuentra entre USD69 y USD88. Con el fondo disponible de USD187 953, en Huachiriki a una tasa de descuento real de 4% se obtiene un costo de oportunidad de USD79 que abarcan 80 ha de bosque a priorizar. Sin embargo, al disminuir la tasa de descuento al 3% el COP aumenta a USD88 y cubre 68 ha. Y, en caso de aumentar la tasa al 5%, el costo de oportunidad se reduce a USD69, pero abarca 95 ha (Figura 12). Estos valores oscilan en lo que establece Fonafifo (USD64/ha/año) en la modalidad de protección de bosque en Costa Rica (Pagiola 2008).

⁸ Esta propuesta podría modificarse a partir de una negociación directa con los productores en caso de que se implemente el proyecto.

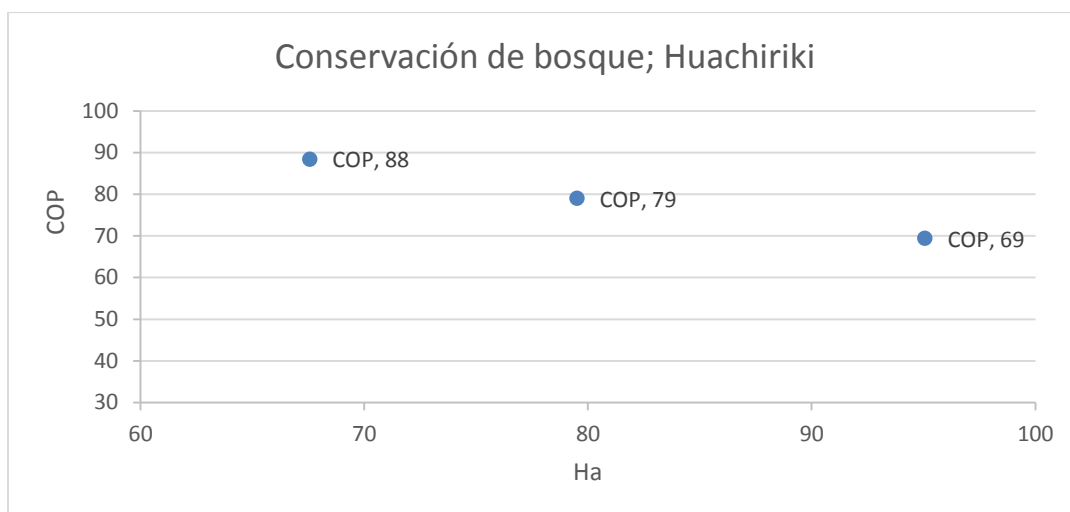


Figura 12. Escenarios de conservación de bosque en la microcuenca Huachiriki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

En la microcuenca Autiki, el área de SAF es de 300 ha, monto que requiere un VPN de USD197 037 en el periodo de los primeros cinco años (Cuadro 27).

Cuadro 27. Costos parciales iniciales en SAF en la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Área (ha) | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|------------|----------------|---------------|--|---------------|---------------|
| | Inversión | Mantenimiento | Estaqueo/mantenimiento y traslado de plántones | Mantenimiento | Mantenimiento |
| 300 | 132 143 | 14 286 | 77 934 | 14 286 | 14 286 |
| VPN | 197 037 | | | | |

En un escenario de conservación, se considera que a una tasa de descuento de 4% el COP es de USD63 el cual cubre 142 ha; al disminuir la tasa al 3% el COP es de USD57 y abarca 148 ha. Y, al aumentar la tasa de descuento al 5%, el COP disminuye a USD38 y considera un área de 252 ha de bosque priorizadas (Figura 13). Estos valores han sido calculados con el monto restante del fondo disponible para esta microcuenca (USD 70194).

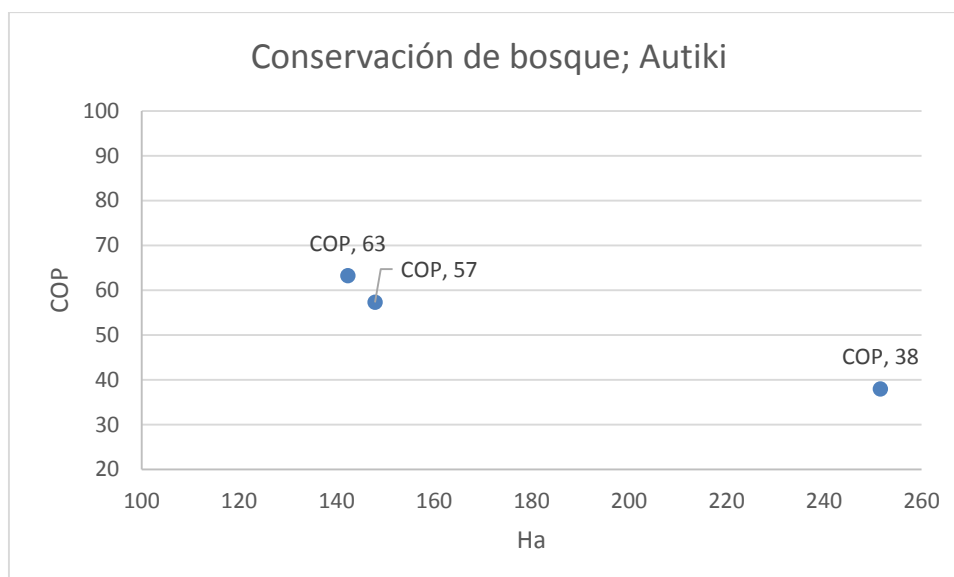


Figura 13. Escenarios de conservación de bosque en la microcuenca Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Teniendo en cuenta los escenarios anteriores, las áreas iniciales propuestas están ajustadas a los fondos disponibles identificados. El total de áreas prioritarias serán cubiertas conforme se accedan a otras fuentes de financiamiento, como se ha indicado en el estudio de Del Castillo (2008), donde se analizó cuatro escenarios de PSE de los cuales solo dos se pueden cubrir con el financiamiento obtenido a través de una tasa por uso de agua.

Si bien el monto que proviene del municipio no es suficiente para la implementación total del plan de conservación, los fondos pueden aumentar conforme se evidencie la efectividad de las intervenciones (Naidoo *et al.* 2006). Por ejemplo, existen organismos como el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola que asignó USD5 345 545 para que sean ejecutados en cinco años durante la implementación de PSE en Cañete y Jequetepeque, Perú (MINAM 2017); otra posibilidad es implementar incentivos no económicos a través de capacitaciones a los productores en temas relacionados al establecimiento de SAF.

5.4. Propuesta de un plan operativo del plan de conservación del recurso hídrico

Con base en la información obtenida tanto en la parte biofísica y socioeconómica de las microcuencas en estudio, se propone un plan operativo bajo el esquema de un PSE a través de pagos públicos y, eventualmente, aportaciones de abonados, con el fin de presentar una articulación entre el sector público, organizaciones sociales y la población.

Requisitos para formar parte del PSE

- Para que los oferentes del SE puedan formar parte del PSE deben estar registrados según lo que estipula la Ley N°30215⁹ en el Ministerio del Ambiente (Minam), para lo que se requiere la georreferenciación de las áreas que serán parte del proyecto y el acuerdo

⁹ Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos

firmado por las partes; de esta manera el PSE será avalado por el Minam para el apoyo en la búsqueda de financiamientos futuros.

- Las áreas prioritarias que formarán parte del programa de PSE serán definidas por el Bosque Modelo Pichanaki (BMPKI), entidad propuesta para el manejo de los fondos de financiamiento.
- Los oferentes del SE deben tener constancia de posesión o título de propiedad.
- La Municipalidad Distrital de Pichanaki, como parte de los demandantes del SE, deben contar con el financiamiento para implementar el programa y los pobladores de la parte baja de las microcuencas deben estar dispuestos a realizar pagos mensuales para el pago a los oferentes.

Organización interna para la implementación de un PSE

La organización interna de los oferentes del SE debe ser sólida y transparente para que el plan de conservación se pueda implementar a largo plazo. Por ejemplo, los centros poblados de San Miguel de Autiki, Unión Santa Rosa y 28 de Julio tienen sus juntas directivas y son reconocidas por su población al momento de la toma de decisiones. Del lado de los demandantes del SE, también es importante evaluar cómo se encuentra la organización interna para trabajar adecuadamente con los productores.

Comités de trabajo

Teniendo en cuenta que las juntas directivas de los centros poblados tienen diferentes temas en los que trabajan, se sugiere delegar a un líder del proyecto y grupo de trabajo (reconocidos por la comunidad) para reportar las actividades realizadas a las juntas directivas. Este comité debe tener conocimiento de lo que es un PSE, lo que puede requerir capacitaciones previas, que pueden estar a cargo de ONG u otras organizaciones con presencia en la zona. Para este caso se propone al BMPKI, quien ya viene trabajando en la zona y cuenta con personal calificado en temas de conservación y mejora de prácticas agrícolas. A continuación, se propone un esquema de organización comunal para trabajar dentro del PSE (Figura 14).



Figura 14. Organización interna comunal para trabajar el pago por servicios ecosistémicos en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

Contrato

El contrato que formalice el PSE debe especificar el servicio ecosistémico de interés, el pago acordado, el plazo del contrato y la responsabilidad de cada parte. Es importante mencionar que para que el contrato sea válido debe existir voluntariedad entre las partes.

El plazo de contrato es de diez años, con posibilidad de renovación, como se ha dado en Costa Rica, donde dos compañías privadas que otorgan financiamiento para PSE han renovado los contratos iniciales de cinco años al ver que el programa es efectivo (Pagiola 2008). El pago a los oferentes será anual por cada hectárea conservada o con implementación del SAF.

En cuanto a las obligaciones de las partes, los oferentes del SE tienen como obligación implementar mejora de prácticas agrícolas a través de SAF o conservación de bosque. Los demandantes del SE deben realizar los pagos estipulados en el contrato correspondiente a los beneficiarios con el fin de garantizar el aprovisionamiento de agua.

Administración de las fuentes de financiamiento

Si bien, la ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos no establece una entidad encargada de administrar los fondos de financiamiento, como se da en el caso de Costa Rica a través de Fonafifo (Pagiola 2008), se propone al BMPKI para que ejerza este rol, ya que tiene presencia en la zona de estudio y además de contar con el personal calificado para negociar con los usuarios de agua sobre las posibles contribuciones por el servicio de aprovisionamiento de agua que reciben de parte de los oferentes del SE. Los montos recaudados pueden darse a través de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), quienes son los encargados de realizar los cobros por el suministro de agua y luego transferirlos al BMPKI.

Plataforma para monitoreo de acuerdos

Dada la existencia de un contrato, se sugiere la participación de personal calificado para realizar monitoreos periódicos en las parcelas de los productores con el fin de verificar los acuerdos establecidos y que los recursos invertidos se utilicen de manera eficiente; en este caso se propone al BMPKI debido a que tienen presencia en la zona de estudio; al mismo tiempo se crea un espacio donde se puede involucrar a otras entidades vinculadas al tema. El monitoreo se realizará mediante actividades como visitas del personal del BMPKI, complementadas con herramientas de monitoreo espacial como SIG, de tal forma que se garantice un buen manejo de la información de los contratos realizados del PSE.

A continuación, se presenta un esquema general del plan operativo del PSE como parte de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (Figura 15).

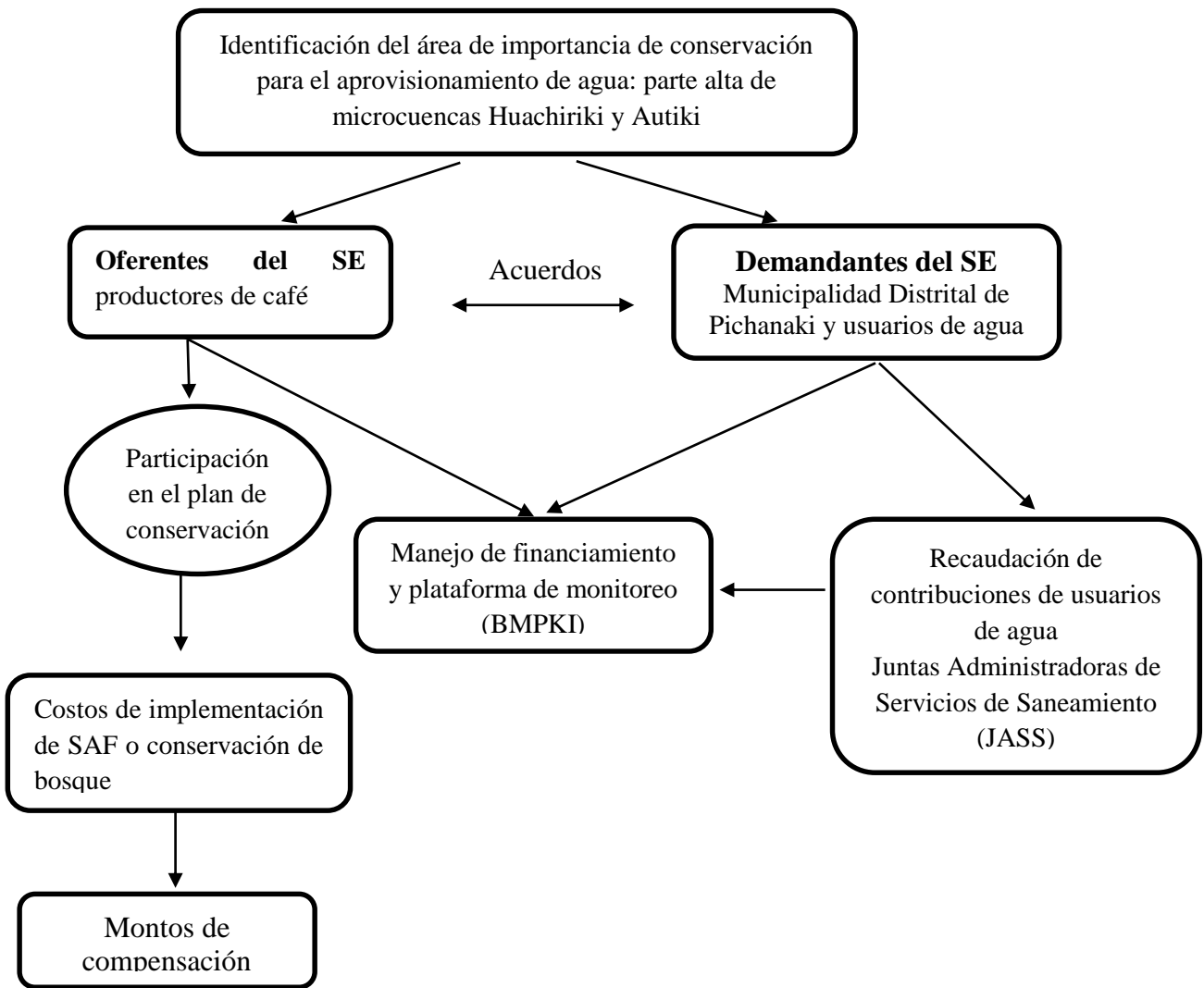


Figura 15. Propuesta de plan operativo del plan de conservación para la implementación del pago por servicios ecosistémicos en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

6. CONCLUSIONES

Considerando los fondos disponibles de financiamiento se determinó que en ambas microcuencas se debe priorizar la implementación de sistemas agroforestales, que, si bien es una actividad rentable para los productores, requiere una inversión inicial elevada, la cual puede ser pagada a través de pagos condicionados. Los recursos económicos que resten serán empleados para el escenario de conservación.

En la priorización de áreas se utilizó el *software* SWAT, simulando el balance hídrico y la identificación de las unidades de respuesta hidrológica (URH). Las áreas identificadas sirven como punto de partida para ubicarse espacialmente en la implementación de un PSE enfocado en la provisión de agua.

Para la implementación de un PSE se plantearon dos escenarios: conservación de bosque y establecimiento de sistemas agroforestales. La adopción de estas medidas implica un costo para el productor de café. En el escenario de conservación se realizó el cálculo de costo de oportunidad. El costo de oportunidad de bosque en la microcuenca Huachiriki es de USD79 de USD63 en la microcuenca Autiki. En un escenario de mejora de las prácticas agrícolas a través de sistemas agroforestales de *Pinus patula ssp. Tecunumanii* y café se estimó un costo actual para el productor de USD1370 por hectárea, actividad que es rentable; sin embargo, los cinco primeros años implican un costo alto de implementación; por lo tanto, se propone realizar pagos parciales a través de pagos condicionados orientados a la conservación de la vegetación natural y la mejora en el tratamiento de aguas mieles.

Las posibles fuentes de financiamiento identificadas provienen de diversas organizaciones tanto locales como externas. La más factible es el fondo obtenido de la Municipalidad Distrital de Pichanaki con un monto de USD240 000; además se planteó un caso hipotético donde el abonado de la parte baja de ambas microcuencas estaría dispuesto a pagar USD0,50 al mes. Por lo tanto, los montos máximos de los fondos a recaudar son de USD187 953 para la microcuenca Huachiriki y de USD267 231 para Autiki. Estos montos no cubren la totalidad de las áreas prioritarias, por lo que se propone intervenir gradualmente según los fondos disponibles. Posteriormente se podrían obtener otras fuentes de financiamiento conforme se vaya generando evidencia de la efectividad del PSE.

La implementación del plan de conservación de aprovisionamiento de agua podría implicar un aspecto importante para la mejora del bienestar de los productores de café, quienes percibirán un beneficio adicional por conservar bosque o mejorar sus prácticas agrícolas.

LITERATURA CONSULTADA

- ABMPKI, (Asociación Bosque Modelo Pichanaki) 2015. Plan Estratégico del Bosque Modelo Pichanaki 2015-2018 (En línea). Pichanaki, Perú, Consultado 06 set. 2016
- Arnold, J; Srinivasan, R; Muttiah, R; Williams, J. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development (En línea). Journal of the American Water Resources Association 34((1)):73-89. Consultado 28 feb,2018 doi DOI: 10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x
- Arnold, J; Kiniry, J; Srinivasa, R; Williams, J; Haney, E; Neitsch, S. 2012. Soil & Water Assesment Tool Input/Output Documentation (En línea). Texas, Estados Unidos, Consultado 20 set.2017. Disponible en <http://swat.tamu.edu/media/69296/SWAT-IO-Documentation-2012.pdf>
- Baca, G. 2010. Evaluación de Proyectos (En línea). Roig, P; Zapata, M (eds.). México, McGraw Hill. 318 p. p. Consultado 02 oct. 2017. Disponible en <https://leonelmartinez.files.wordpress.com/2015/01/1-gabriel-baca-urbina-evaluacion-de-proyectos-6ta-edicion-2010.pdf>
- Bautista-Ávalos, D; Cruz - Cardenas, G; Moncayo - Estrada, R; Silva, J; Estrada - Godoy, F. 2014. Aplicación de Modelo SWAT para evaluar la contaminación por fuentes difusas en la Subcuenca del Lago de Chapala, México (En línea). Revista Internacional de Contaminación Ambiental 30((3)):263-274. Consultado 01 oct. 2017 Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n3/v30n3a3.pdf>
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jimenez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales (En línea). Agroforestería en las Américas 10(37):80-87. Consultado 10 jul. 2018 Disponible en https://www.researchgate.net/publication/228916276_Servicios_ambientales_de_los_sistemas_agroforestales
- Boardman, A; Greenberg, D; Vining, A; Weimer, D. 2001. Cost-benefit analysis: concepts and practice (En línea). Inc., PH (ed.). Estados Unidos 526 p. Consultado 02 set.2017.
- Börner, J; Mburu, J; Guthiga, P; Wambua, S. 2009. Assesing opprotunity costs of conservation: Ingredients for protected area management in the Kakamega Forest, Western Kenya (En línea). Forest Policy and Economics 11((2009):459-467. Consultado 05 may.2018 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934109000562> doi <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.05.004>
- Brauman, K; Daily, G; Duarte, T; Mooney, H. 2007. The Nature an Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services (en línea). Environment Resources 6((32)):1-32. Consultado 27 oct.2016 Disponible en http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/library/functions/water/doc/Brauman_2007.pdf
- CEPAL, (Comisión Económica para América Latina). 2000. Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú (En línea). Emanuel, CE, J (ed.). Perú 56 p. Consultado 05 oct. 2016. Disponible en <http://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inpe00200.pdf>
- Cerda, R; Alline, C; Krolczyk, L; Mathiot, C; Clément, E; Harvey, CA; Aubert, JN; Tixier, P; Gary, C; Avelino, J. 2015. Ecosytem services provided by coffee agroecosystems across a range topo-climatic conditions and management strategies (En línea). In 5th International Symposium for farming systems design 2015, Montpellier, Francia). Cerda, R (ed.) Ecosytem services provided by coffee agroecosystems across a range topo-climatic conditions and management strategies Montpellier, Francia,

- Consultado 20 mar.2018. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/297689810>
- Chan, KMA; Hoshizaki, L; Klinkenberg, B. 2011. Ecosystem Services in Conservation Planning: Targeted Benefits vs. Co- Benefits or Costs? PLoS One 6((9)):1-14. Consultado 21 feb.2018 doi doi:10.1371/journal.pone.0024378
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical 2013. Aplicación del Modelo Hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) a la Cuenca del Río Cañete (en línea). Uribe, N
Quintero, M
Valencia, J ed. Colombia, Consultado 31 may.2017. Disponible en ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/users/jvalencia/Modelo_SWAT_Ca%C3%B1ete/Segundo%20Informe_SWAT%202013.pdf
- Comisión Europea. 2000. La Directiva Marco de la Unión Europea Consultado 12 feb.2018.
- Del Castillo, C. 2008. Escenarios económicos para el manejo de la oferta del servicio ecosistémico de provisión y regulación del recurso hídrico para consumo humano en la Subcuenca alta superior del Río Pasto, Colombia (En línea). Tesis Magister Scientiae Pasto, Colombia, CATIE. Consultado 20 abr. 2018. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4959/Escenarios_economicos.pdf;jsessionid=A21AC313B853212A9494B8F957CC2A54?sequence=1
- Derpsch, R. 2006. Entender el proceso de erosión y de la infiltración de agua en el suelo (En línea). Argentina Consultado 24 oct.2017. Disponible en https://www.academia.edu/26761871/Entender_El_Proceso_De_La_Erosi%C3%B3n_y_De_La_Infiltraci%C3%B3n_De_Agua_en_El_Suelo?auto=download
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Gonzalez, L; Tablada, E; Díaz, M; Robledo, C; Balzarini, M. 2008. Estadística para las Ciencias Agropecuarias Séptima ed. Di Rienzo, J; Casanoves, F (eds.). Argentina. Consultado 20 ene. 2017.
- DISA, (Dirección de Salud Pichanaki). 2016. Centros poblados priorizados con intalación de agua potable Pichanaki, Perú Consultado 02 ener.2108.
- Douglas-Makin, K; Srinivasan, R; Arnold, J. 2010. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model: Current Developments and Applications (En línea). American Society of Agricultural and Biological Engineers 53((5)):1423-1431. Consultado 01 oct. 2017 Disponible en <http://swat.tamu.edu/media/87820/douglas-mankin-et-al-2010-transasabe-article.pdf>
- Engel, S; Pagiola, S; Wunder, S. 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues (En línea). Ecological Economics 2008((65)):663-674. Consultado 02 oct. 2017 Disponible en doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.011
- Escurra, J; Vazquez, V; Cestti, R; De Nys, E; Srinivasa, R. 2013 Climate change impact on countrywide water balance in Bolivia (en línea). Regional Environmental Change 14((2)):727-742. Consultado 16 may. 2017 Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-013-0534-3>
- Fan, M; Shibata, H. 2014. Spatial and Temporal Analysis of Hydrological Provision Ecosystem Services for Watershed Conservation Planning of Water Resources (En línea). 28:3619-3636. Consultado 27 nov. 2017 Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0691-2>
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); PNUMA, (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente); UNESCO, (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 1981. Metodología

- provisional para la evaluación de la degradación de los suelos Roma, Italia, Consultado 12 dic.2017.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. Guía para la descripción de suelos (En línea). Roma, Italia Consultado 29 ago. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Farley, J. 2008. The Role of Prices in Conserving Critical Natural Capital (En línea). Conservation Biology 22((6)):1399-1408. Consultado 06 ago.2017 Disponible en <http://www.jstor.org/stable/20183551>
- FFTC, (Food & Fertilizer Technology Center) 1995. Soil Conservation Handbook (En línea). Taiwan Consultado 03 oct. 2017. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABX373.pdf
- FONAM, (Fondo Nacional del Ambiente Perú) 2007. Guía práctica para la instalación y manejo de plantaciones forestales FONAM (ed.) Perú Consultado 31 ene. 2018.
- Galarza, E. 2010 La economía de los recursos naturales (En línea). 2 ed. ed. Pacífico, Ud (ed.). Lima, PE, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico 264 p. (Centro de investigación). Consultado 20 set. 2016.
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación (En línea). Costa Rica, IICA. Consultado 28 jul.2017. Disponible en <http://ejoventut.gencat.cat/permalink/aac2bb0c-2a0c-11e4-bcfe-005056924a59>
- Gobbi, J. 2000. Is biodiversity -friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador (En línea). Ecological Economics 33((2000)):267-281 Consultado 18 oct. 2017 Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00147-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00147-0)
- González, M; Ruiz, R. s.f. Deforestación de Bosques Tropicales en los Valles de Chanchamayo y Perene (En línea). Revista Forestal del Perú 13((2)):1-8. Consultado 01 oct.2017 Disponible en [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol13_no2_86_\(18\)/vol13_no2_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol13_no2_86_(18)/vol13_no2_art4.pdf)
- Grima, N; Singh, S; Smetschka, B; Ringhofer, L. 2016. Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies (En línea). Ecosystem Services 17:24-32 Consultado 15 nov.2016 Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300607>
- GWP, (Global Water Partnership). 2017. Situación de los recursos hídricos de Centroamérica. Tegucigalpa, Honduras, 100 p. Consultado 18 feb. 2018. Disponible en http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf
- Hayes, T; Furtinho, F; Cárdenas, L; Crespo, P; McHugh, S; Salmerón, D. 2015. Can Conservation Contracts Co-exist with Change? Payment for Ecosystem Services in the Context of Adaptive Decision- Making and Sustainability (En línea). Environmental Management 55:69-85. Consultado 13 nov.2016 Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s00267-014-0380-1>
- Hoffmann, I. 2004. Access to land and water in Zamfara Reserve. A case of estudy for the management of common property resources in pastoral areas of West Africa (En línea). Human ecology 32((1)):80-105. Consultado 04 nov.2016 Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023/B:HUEC.0000015212.80585.f9>

- INIA, (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2013. Crecimiento y productividad maderera de las plantaciones forestales de especies y procedencias del género *Pinus* de 30 años en la selva alta del Perú. Perú, Consultado 30 ago.2017.
- Kaplowitz, M; Lupi, F; Arreola, O. 2012. Local Markets for Payments for Environmental Services: Can Small Rural Communities Self- Finance Watershed Protection? *Water Resources Management* 2012((26)):3689-3704. Consultado 22 feb. 2018 doi DOI 10.1007/s11269-012-0097-y
- Kolstad, C. 2001 *Economía Ambiental* C.V., OUPMSAd (ed.). México Oxford University Press México S.A. de C.V. 458 p. Consultado 15 oct. 2016.
- Kraemer, F; Chagas, C; Vázquez, G; Palacín, E; Santana, O; Castiglioni, M; Massobrio, M. 2011. Aplicación del Modelo Hidrológico - SWAT- en una Microcuenca agrícola de la Pampa Ondulada (en línea). *Ciencia del Suelo* 29((1)):75-82. Consultado 09 may.2017 Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000100008
- Llorens, P; Domingo, F. 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe *Journal of Hydrology* 335((1-2)):37-54. Consultado 20 ene.2018 doi <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.10.032>
- López - García, FJ; Escamilla-Prado, E; Zamarripa-Colmenero, A; Cruz-Castillo, JG. 2016. Producción y calidad en variedades de café (*coffea arabica* L.) (En línea). *REVISTA fitotécnica mexicana* 39((3)):297-304. Consultado 25 may. 2018 Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000300297&lng=es&nrm=iso
- Lyngbaek, AE; Muschler, RG; Sinclair, FL. 2001. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica (En línea). *Agroforestry Systems* 53 205-213. Consultado 11 dic.2017 Disponible en <https://doi.org/10.1023/A:1013332722014>
- Machado, F; Mattedi, A; Dupas, F; Silva, L; Vergard, F. 2016. Estimating the opportunity costs of environmental conservation in the Feijao River Watershed (Sao Carlos -SP, Brazil) (En línea). *Brazilian Journal of Biology* 76((1)):28-35. Consultado 17 ago.2017 Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.08614>
- MEA, (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio) 2005. Informe de Evaluación de los Ecosistemas (en línea). Consultado 01 set.2016. Disponible en <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>.
- MINAGRI, (Ministerio de Agricultura y Riego). 2009. Reglamento de Clasificación de Tierras por su capacidad de Uso Mayor (En línea). Lima, PE, Consultado 27 set.2016. Disponible en <https://www.senace.gob.pe/download/senacenormativa/NAT-3-7-01-DS-017-2009-AG.pdf>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). 2015. Manual de Valoración del Patrimonio Natural (En línea). MINAM (ed.). Lima, Perú, Consultado 05 set. 2016. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/MANUAL-VALORACION-C3%93N-14-10-15-OK.pdf>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). 2016. Reglamento de la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (En línea). Lima, Perú Consultado 28 jun.2017. Disponible en <http://busquedas.elperuano.com.pe/download/url/aprueban-reglamento-de-la-ley-n-30215-ley-de-mecanismos-de-decreto-supremo-n-009-2016-minam-1407244-4>
- MINAM, MdA. 2017. Proyecto MERESE - FIDA, Cañete y Jequetepeque (En línea). Lima, Perú, Consultado 02 may.2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/economia-y->

[financiamiento-ambiental/2017/10/31/proyecto-merese-fida-del-ministerio-del-ambiente-financia-9-subproyectos-de-conservacion-y-uso-sostenible-de-ecosistemas-altoandinos-en-jequetepeque-v-canete/](#)

- Municipalidad Distrital de Pichanaki. 2013. Estudio de suelo semidetallado con fines de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor en el distrito Pichanaki - Chanchamayo- Junín Perú, Consultado 06 jun.2017.
- Municipalidad Distrital de Pichanaki; Consorcio Ipoki. 2013. Estudio de delimitación de Cuencas y determinación de su potencial hidrológico del Distrito de Pichanaki en Pichanaki, Perú (En línea). Pichanaki, Perú, Consultado 26 jun.2017.
- Municipalidad Distrital de Pichanaki. 2014. Plan Estratégico Institucional. Pichanaki, Perú, Consultado 03 ene. 2018.
- Municipalidad Distrital de Pichanaki. 2015. Plan de Desarrollo Concertado 2016 -2025 (En línea). Pichanaki. Consultado 06 set. 2016.
- Naidoo, R; Balmford, A; Ferraro, P; Ricketts, T; Rouget, M. 2006. Integrating economic costs into conservation planning (En línea). Trends in Ecology and Evolution 21((12)):681-700. Consultado 03 set. 2017 Disponible en DOI: 10.1016/j.tree.2006.10.003
- Neitsch, S; Arnold, J; Kiniry, J; Williams, J. 2011. Soil & Water Assesment Tool, Theoretical documentation (En línea). 2011, Consultado 01 oct. 2017. Disponible en <http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
- Nelson, E; Mendoza, G; Regetz, J; Polasky, S; Tallis, H; Cameron, D; Chan, K; Daily, G; Goldstein, J; Kareiva, P; Lonsdorf, E; Naidoo, R; Ricketts, T; Shaw, M. 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales (En línea). Frontiers in Ecology and the Environment 7((1)):4-11. Consultado 26 oct.2016 Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/080023/full>
- Ortiz Rivera, A; Mendoza Cantú, M; Bravo Espinosa, M. 2010. Implementación del modelo hidrológico SWAT: Modelación y simulación multitemporal de la variación de escorrentía en la cuenca del lago Cuitzeo Distrito Federal, México (Instituto Nacional de Ecología). Consultado 30 ene.2018. Disponible en http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_cc_aortiz.pdf
- Osorio, J; Correa, F. 2004. Valoración económica de costos ambientales (en línea). Semestre económico 7(13):159-193. Consultado 18 oct.2016 Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013657006>
- Pagiola, S; Ritter, K; Bishop, J. 2004. Assesing the economic value of ecosystem conservation (En línea). The Word Bank Environment Department Consultado 27 set.2017. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.4617&rep=rep1&type=pdf>
- Pagiola, S; Arcenas, A; Platais, G. 2005. Can Payments for Environmental Services Help Reduce Poverty? An Exploration of the Issues and the Evidence to Date from Latin America (En línea). World Development 33((2)):237-253. Consultado 06 set.2017 Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.07.011>
- Pagiola, S. 2008. Payments for environmental services in Cosa Rica (En línea). Ecological Economics 65:712-724. Consultado 15 nov.2016 Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907004235> doi <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.033>
- Pennington, D; Dalzell, B; Nelson, E; Mulla, D; Taff, S; Hawthorne, P; Polasky, S. 2017. Cost-effective Land Use Planning: Optimizing Land Use and Land Management Patterns

- to Maximize Social Benefits (En línea). *Ecological Economics* 137((2017)):75-90. Consultado 04 nov.2017 Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.024>
- Proaño, M; Gavilanes, C; Valenzuela, P; Cisneros, C. 2006. Aplicación del modelo SWAT en la subcuenca del río Ambato. . Proyecto Regional Cuencas Andinas (CONDESAN-REDCAPA-GTZ) ed. RANDI, CR (ed.) Quito, Ecuador 42 p. Consultado 26 feb.2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/10568/21921>
- Quintero, M; Wunder, S; Estrada, R. 2009. For services rendered? Modeling hydrology and livelihoods in Andean payments for environmental services schemes (En línea). *Forest Ecology and Management* 258 1871-1880. Consultado 21 jun.2017 Disponible en doi:10.1016/j.foreco.2009.04.032
- Raes, L; Aguirre, N; D'Haese, M; Van Huylenbroeck, G. 2014. Analysis of the cost-effectiveness for ecosystem service provision and rural income generation: a comparison of three different programs in Southern Ecuador (En línea). *Environment, Development and Sustainability* (16)(3):471-498. Consultado 31 jul.2017 Disponible en DOI 10.1007/s10668-013-9489-2
- Razola, I; Rey Benagas, J; De La Montaña, E; Cayuela, L. 2006. Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad (en línea). *Ecosistemas* 15((2)):34-41. Consultado 28 nov.2016 Disponible en <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/183/180>
- Renner, I. 2010. Compensation Scheme for upstream farmers in municipal area, Peru (En línea). PE, Consultado 15 nov.2016. Disponible en <http://img.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/01/Compensation-scheme-for-upstream-farmers-in-municipal-protected-area-Peru.pdf>.
- Restrepo, H. 2010. Estimación del rendimiento forestal con información espacialmente explícita y análisis financiero de plantaciones forestales en Colombia (En línea). Tesis Magister Scientiae. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín 101 p. Consultado 07 may 2018. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/48699/1/15534142.2010.pdf>
- Russell, M; Rogers, J; Jordan, S; Dantin, D; Harvey, J; Nestlerode, J; Alvarez, F. 2011. Priorization of Ecosystem Services Research: Tampa Bay Demonstration Project (En línea). *Journal of Coastal Conservation* 15((4)):647-658. Consultado 13 nov.2016 Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s11852-011-0158-z>
- Santillan, E; Dávila-Vasquez, G; De Anda, J; Díaz, J. 2013. Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del Río Cazonas, Veracruz, México (en línea). *Ambiente y Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 8((3)):104-117. Consultado 08 may.2017 Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92829234009>
- SCAN, (Sustainable Commodity Assistance Network). 2011. Rehabilitación de cafetales: Bases para la transición hacia una caficultura empresarial y sostenible Café, JNd (ed.) Perú, 106 p. Consultado 04 may.2018. Disponible en <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/Guia-rehabilitacion-cafetales-tecnica.pdf>
- Silva, O. 2004. El modelo SWAT en una cuenca pequeña de altas pendientes: simulación de la producción de agua (En línea). *Agronomía Tropical* 54((3)):275-291. Consultado 07 abr.2018 Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000300002
- Smith, M; De Groot, D; Perrot-Maitre, D; Bergkamp, G. 2006. Pay- Establishing payments for watersheds services (En línea). IUCN (ed.). Gland, Switzerland. 103 p. Consultado

<http://mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/5381.pdf>

- Stern, M; Echevarría, M. 2013. Mecanismos de retribución por servicios hídricos para la cuenca del Río Rímac (En línea). Washington,DC, Forest Trends. Consultado 02 ago.2017. Disponible en http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_4358.pdf
- Sukhdev, P; Wittmer, H; Miller, D. 2014. La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB):desafíos y respuestas (en línea). Oxford Oxford University Press. Consultado 15 oct.2016. Disponible en http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2015/02/Teeb-espanol-2015-final_3.pdf
- SUNASS, (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). 2015. Diagnóstico hídrico rápido (En línea). Lima, Perú Consultado 02 set.2017. Disponible en http://www.sunass.gob.pe/doc/ConversatorioInfra2015/dia3/25_Diagnostico%20hidrico%20basico%20v%20catalogo%20de%20intervenciones,%20Luis%20Acosta.pdf
- Thattai, D; Kjerve, B; Heyman, W. 2003. Hidrometeorology and variability of water discharge and sediment load in the Inner Gulf of Honduras, Western Caribbean (en línea). Journal of Hidrometereology 4:985-995. Consultado 08 may.2017 Disponible en [http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541\(2003\)004<0985:HAVOWD>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1525-7541(2003)004<0985:HAVOWD>2.0.CO;2)
- Tirabanti, J. 2016. La nueva caficultura en acción: Los Sistemas Agroforestales Multiestrato como enfoque para la producción sostenible del café en ecosistemas frágiles Prácticas, S (ed.) Lima, Perú, 1-16 p. No. 6. Consultado 02. jul. 2018. Disponible en <http://www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/1424581/4276660>
- Tscharntke, T; Clough, Y; Bhagwat, S; Buchori, D; Faust, H; Hertel, D; Hölscher, D; Juhbandt, J; Kessler, M; Perfecto, I; Scherber, C; Schroth, G; Veldkamp, E; Wanger, T. 2011. Multifunctional shade- tree management in tropical agroforestry landscape - a review (En línea). Journal of Applied Ecology 48:619-629. Consultado 09 oct.2017 Disponible en doi/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x/epdf
- USAID, (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) 2012. Incentivos Económicos para la Conservación - Un Marco Conceptual (En línea). Moreno-Sánchez, R (ed.). Lima, PE, Consultado 01 oct. 2016. Disponible en http://www.amazonia-andina.org/sites/default/files/marco_conceptual_ie_0.pdf
- Veeman, TS; Politylo, J. 2003. The role of institutions and policy in enhancing sustainable development and conserving natural capital (En línea). Environment Development and Sustainability 5:317-322. Consultado 01 nov.2016 Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1025720911995>
- Vogl, A; Goldstein, J; Daily, G; Vira, B; Bremer, L; Mc Donald, R; Shemie, D; Tellman, B; Cassin, J. 2017. Mainstreaming investments in watershed services to enhance water security: Barriers and opportunities (En línea). Environmental Science and Policy 75:19-27. Consultado 12 feb. 2018 doi <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.007>
- Wunder, S; Börner, J; Rüginitz, M; Pereira, L. 2009. Pagamentos por Servicios Ambientais: Perspectivas para a Amazonia Legal (En línea). Ambiente, MdM (ed.). Brasília, Brasil (10). Consultado 04.abr 2018. Disponible en http://www.mma.gov.br/estruturas/168/ publicacao/168_publicacao17062009123349.pdf
- Zhixiang, L; Zongbing, Z; Honglang, X; Chunmiao, Z; Zhenliang, Y; Weihua, W. 2015. Comprehensive hidrologic calibration of SWAT and water balance analysis in mountainous watersheds in northwest China (En línea). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 70((82)):76-85. Consultado 02 nov.2017 Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.11.003>

ANEXOS

Anexo 1. Lista de actores entrevistados de Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| Nº | Nombre | Cargo | Institución | Fecha de entrevista |
|----|--|---|---|---------------------|
| 1 | Jhony Apolinario Caso | Gerente de Desarrollo Económico | Municipalidad Distrital de Pichanaki | 02/01/2017 |
| 2 | Luis Alberto Huaroc Alvarez | Sub - Gerencia de Gestión Ambiental | Municipalidad Distrital de Pichanaki | 02/01/2017 |
| 3 | Axel Boyon /Coline Sovran | Voluntarios | ONG ENVOL - VERT | 02/02/2017 |
| 4 | Cristian Dávalos Pérez | Administrador | EPS - Selva Central | 02/02/2017 |
| 5 | Maybe Sinacay Tomás | Sub Gerencia de Desarrollo de Comunidades Nativas | Municipalidad Distrital de Pichanaki | 02/08/2017 |
| 6 | Genaro Yarupaitan | Coordinador | Bosque de Protección San Matías San Carlos | 02/08/2017 |
| 7 | Ana María Ramírez Escalante /Edelmira Casallo Gallardo | Presidenta /Secretaria | Cooperativa Agraria de Mujeres Productivas de Café - Pichanaki | 02/09/2017 |
| 8 | William Arturo Ordoñez Chipana | Responsable | Electrocentro - Pichanaki | 02/09/2017 |
| 9 | Marino Velázquez Casihue | Gerente General | Cooperativa Agraria Cafetalera Selva Alta | 02/09/2017 |
| 10 | Mauro Puente /Giovanni Chacopiari Paredes | Ex Presidente /Presidente | Asociación Central de la Comunidad Nativa de Pichanaki ACECONAP | 03/14/2017 |
| 11 | Gaspar Idelzo | Coordinador de Unidad Operativa | INIA - Pichanaki | 03/15/2017 |
| 12 | Leslie Carbajal Pinedo | Administradora | Cooperativa Agraria Tahuantinsuyo | 03/17/2017 |
| 13 | Jeremías Alca | Presidente | Asociación de Apicultores Abejas Pichanaki | 03/19/2017 |
| 14 | Violeta Baquerizo | Gobernadora | Gobernación de Pichanaki | 03/21/2017 |

| | | | | |
|----|------------------------------|---------------------------------------|--|------------|
| 15 | Ana Melva Zambrano Yaringaño | Jefa | Bosque de Protección Pui Pui | 03/27/2017 |
| 16 | Juan Pablo Esquen Perales | Jefe | Autoridad Local del Agua Perené | 03/27/2017 |
| 17 | Clay Nathews Ramírez | Responsable | SERFOR Pichanaki | 03/31/2017 |
| 18 | Héctor Riveros | Responsable | SENASA Pichanaki | 03/31/2017 |
| 19 | Walter Arroyo | Responsable | ONG SEPAR | 04/05/2017 |
| 20 | Marciano Barra | Responsable de Programa Forestal Inia | INIA - Pichanaki | 04/11/2017 |
| 21 | Víctor Leguía | Fiscal | Junta Directiva de San Miguel de Autiki | 04/16/2017 |
| 22 | Ana Margot Mandujano | Directora Encargada | Institución Educativa Santiago Antunez de Mayolo - Pichanaki | 04/19/2017 |
| 23 | Noe Colonio | Encargado | Unidad de Vigilancia Ambiental- Hospital de Pichanaki | 04/19/2017 |

Anexo 2. Lista de participantes de grupos focales realizados en las microcuencas Huachiriki y Autiki, Pichanaki, Chanchamayo, Perú

| N° | Participantes | Institución/localidad | Cargo | Lugar | Fecha |
|----|---------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------------|------------|
| 1 | José Manuel Cornejo | BMPKI | Presidente | Local de cooperativa ACPC - Pichanaki | 07/02/2017 |
| 2 | Rubén Gutarra | BMPKI | Vicepresidente | | |
| 3 | Omar Buendía | BMPKI | Gerente | | |
| 4 | María Bashi | BMPKI | Equipo técnico | | |
| 5 | Angelina Vilcapoma | Boca del Ipoki | Segunda suplente | | |
| 6 | Jorge Nieva | BMPKI | Fiscal | | |

| N° | Participantes | Localidad | Cargo | Lugar | Fecha |
|----|----------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------|
| 1 | Marcos Espinoza Rojas | C.P Unión Santa Rosa | Agente municipal | Local comunal de C.P Unión Santa Rosa | 09/04/2017 |
| 2 | Sixto Reyes Savaleta | C.P Unión Santa Rosa | Poblador | | |
| 3 | José Cortez Terrones | C.P Unión Santa Rosa | Presidente de comité forestal | | |
| 4 | Marcelino Paredes Mauricio | C.P Unión Santa Rosa | Poblador | | |
| 5 | Felicita Ticlla Villanueva | C.P Unión Santa Rosa | Pobladora | | |
| 6 | Simón Pure Gutiérrez | C.P 28 de Julio | Presidente de comité forestal | | |
| 7 | Marcela Llacsá Sotomayor | C.P 28 de Julio | Pobladora | | |
| 8 | Julio Medina Briones | C.P 28 de Julio | Poblador | | |
| 9 | Walter Reyes | C.P 28 de Julio | Vicepresidente de la multisectorial | | |

| N° | Participantes | Localidad | Cargo | Lugar | Fecha |
|----|---------------------------|--------------------------|------------------------|---|------------|
| 1 | Saúl Calderón | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | Local Comunal de C.P San Miguel de Autiki | 16/04/2017 |
| 2 | Lorenzo Medina Salazar | C.P San Miguel de Autiki | Tesorero | | |
| 3 | Víctor Leguía Cárdenas | C.P San Miguel de Autiki | Fiscal de Agua potable | | |
| 4 | Saúl Medina | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |
| 5 | Marcelino Sierra Guizado | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |
| 6 | Venecio Bendezú Pillaca | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |
| 7 | Sixto Leguía Barrial | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |
| 8 | Roberto Chinchay Huaman | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |
| 9 | Cristobal Chinchay Huaman | C.P San Miguel de Autiki | Poblador | | |

Anexo 3. Cálculo del valor presente neto (VPN) de la producción de café por hectárea
Microcuenca Huachiriki

| Horizonte de tiempo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Rendimiento (Kg/ha) | 0 | 0 | 0 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 | 799 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 | 1407 |
| Costo de siembra (USD/Ha) | 524 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Costo de mantenimiento (USD/Ha/año) | 0 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 | 457 |
| Costo de cosecha (USD/Ha) | 0 | 0 | 0 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 |
| Costo de comercializacion | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sub total de costos | 524 | 457 | 457 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 | 1142 |
| Beneficios netos USD | -524 | -457 | -457 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 | 265 |
| Valor presente del proyecto USD | \$878 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
| Pagos anuales (USD) | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 |
| VPN | \$878 | | | | | | | | | | | | | | |

Microcuenca Autiki

| Horizonte de tiempo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Rendimiento (Kg/ha) | | | | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 |
| Ingresos | | | | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 | 1247 |
| Costo de siembra (USD/Ha) | 453 | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de mantenimiento (USD/Ha/año) | | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 | 438 |
| Costo de cosecha (USD/Ha) | | | | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 | 471 |
| Costo de comercializacion | | | | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| Sub total de costos | 453 | 438 | 438 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 | 1016 |
| Beneficios netos USD | -453 | -438 | -438 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 | 232 |
| Valor presente del proyecto USD | \$703 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
| Pagos anuales (USD) | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 | 63 |
| VPN | \$703 | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 4. Cálculo del valor presente neto de la producción de *Pinus patula ssp. tecunumanii*

| Horizonte de tiempo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |
|--------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-----------|
| Costos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plantones (1111 x 0.7) | 250.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación terreno (24J x 40) | 285.71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estaqueo (6J x 40) | 71.43 | | 233.84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hoyación (6J x 40) | 71.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plantación (4J x 40) | 47.62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Control fitosanitario (2J x 40) | 23.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mantenimiento 2 veces x año | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Traslado de plantones | 35.71 | | 190.48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sub total de costos de pino | 880.95 | 95.24 | 519.56 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 95.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ingresos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Venta de postes de madera | | | | | | 2750.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Venta madera de pino | | | | | | | | | | | | | | | | 14798.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | 190612.86 |
| Venta de semillas | | | | | | | | | | | | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | |
| Sub total de ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2750.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 14985.595 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 190800.36 | |
| Beneficios netos de pino US\$ | -880.95 | -95.24 | -519.56 | -95.24 | -95.24 | 2654.7619 | -95.2381 | -95.2381 | -95.2381 | -95.2381 | -95.2381 | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 267.86 | 14985.595 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 187.50 | 190800.36 | | |
| VAN | \$10,701.62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |