



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Valoración económica de los beneficios del servicio ecosistémico
regulación hídrica para una propuesta de pago por servicio ecosistémico
hídrico en la cuenca del río Jequetepeque, Perú

por

Alfredo Hernán Portilla Claudio

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

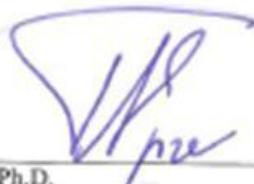
Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental

Turrialba, Costa Rica, 2011

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 del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN SOCIOECONOMÍA AMBIENTAL

FIRMANTES:



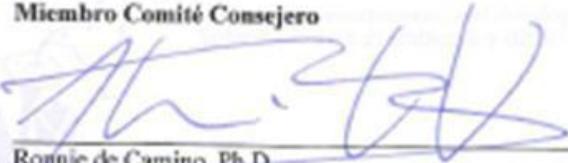
Francisco Alpizar, Ph.D.
Consejero Principal



Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Miembro Comité Consejero



Juan Robalino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Ronnie de Camino, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado, a.i.



Alfredo Hernán Portilla Claudio
Candidato

DEDICATORIA

A Hilda y Zacarías; Zoila (†) y Jacinto (†) mis abuelos amigos.

A Olinda y Alfredo (†) mis padres que me formaron con disciplina y pragmatismo.

A Cecilia mi amiga, compañera y esposa de toda mi vida.

A Miranda mi hija, fruto de nuestro amor y esperanza por un mundo mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero Francisco Alpizar por su comprensión, consejos y permanente apoyo.

A Francisco Jiménez y Juan Robalino por sus valiosos y oportunos comentarios.

Al proyecto CESAHI por facilitar el desarrollo de la investigación en la cuenca alta del Jequetepeque.

A la Organización Internacional de Maderas Tropicales por el apoyo financiero y confianza depositada.

Al CATIE por ser una gran escuela de formación académica, profesional y humanística.

Y a Dios que sin su ayuda no hubiera podido hacer este trabajo.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de Lima el 6 de enero de 1972. Se graduó en la Facultad de Ciencias Biológicas de las Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el año 1996.

Inició sus prácticas pre-profesionales estudiando las propiedades antihelmínticas de proteínas vegetales en el gusano de la papa. Luego, participó en la amplificación de regiones de ADN humano asociados a enfermedades genéticas y en el bandeo de cromosomas humanos y de bivalvos de importancia comercial. Por último, trabajó en el área de reproducción y fertilización asistida investigando las propiedades anti-conceptivas de plantas andino amazónicas.

Profesionalmente, se involucró con el Smithsonian Institute en un proyecto de monitoreo y conservación de diversidad biológica en la amazonia húmeda tropical estudiando la morfología de gametos masculinos de anfibios y reptiles. Luego es investigador asociado del Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural en Lima.

En el año 2000 realiza la Maestría en Gestión Ambiental en la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima y trabaja en el sector privado y gubernamental en temas de conservación de áreas protegidas, financiamiento ambiental, gestión y economía al desarrollo sostenible.

En el año 2008 ingresa a la Maestría de Socioeconomía Ambiental del CATIE con la finalidad de ampliar sus conocimientos y perfeccionar su experiencia profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.2 Preguntas de investigación.....	2
2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 De ecosistemas a servicios ecosistémicos.....	4
2.2 Servicios ecosistémicos de cuencas hidrográficas.....	8
2.3 Embalse de regulación hídrica Gallito Ciego.....	12
2.4 Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos.....	15
2.4.1 <i>Análisis costo beneficio</i>	15
2.4.2 <i>Cambios en la productividad</i>	15
2.4.3 <i>Costo de oportunidad</i>	16
2.5 Pago por servicios ecosistémicos.....	16
2.6 Fondos ambientales y pago por servicios ecosistémicos en cuencas.....	17
3 METODOLOGÍA.....	19
3.1 Ubicación y descripción del área de estudio.....	19
3.2 Identificación y caracterización de potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas.....	21
3.2.1 <i>Identificación de áreas prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico</i> 21	

3.2.1.1	Niveles de análisis.....	21
3.2.1.2	Identificación y selección de áreas prioritarias a nivel de las microcuencas Ahijadero, Ayambla y La Succha.....	24
3.2.2	<i>Caracterización de potenciales proveedores del servicio ecosistémico.....</i>	27
3.3	Determinación de costos asociados al cambio de uso del suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica.....	28
3.3.1	<i>Intervenciones y prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico</i> 28	
3.3.2	<i>Costos de las intervenciones y prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico.....</i>	29
3.3.2.1	En áreas prioritarias de intervención (microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha).....	30
3.3.2.2	En áreas no prioritarias de intervención (microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha).....	31
3.4	Estimación del monto de compensación por el cambio del uso del suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica.....	32
3.4.1	<i>En áreas prioritarias de intervención de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.....</i>	32
3.4.2	<i>En áreas no prioritarias de intervención de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.....</i>	33
3.5	Estimación de pérdidas económicas en el sector agrario y energía por colmatación del embalse Gallito Ciego.....	34
3.5.1	<i>Gallito Ciego y su proceso de colmatación.....</i>	34
3.5.2	<i>Caracterización de grupos afectados por colmatación del embalse.....</i>	35
3.5.3	<i>Escenarios ingresos, costos y pérdidas económicas por colmatación del embalse</i> 35	
3.5.3.1	Escenarios ingresos, costos y pérdidas por colmatación para agricultura	36
3.5.3.2	Escenarios ingresos, costos y pérdidas por colmatación para energía	36
3.6	Elaboración del marco financiero para la implementación de sistema de pago por servicios ecosistémico de regulación hídrica.....	36
3.6.1	<i>Propuesta de marco financiero.....</i>	36
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37

4.1	Descripción de potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas.....	37
4.1.1	<i>Áreas prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico.....</i>	37
4.1.1.1	En microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha	37
4.1.1.2	En subcuenca Contumaza.....	41
4.1.1.3	En cuenca Jequetepeque	42
4.1.2	<i>Potenciales proveedores del servicio del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas.....</i>	44
4.1.2.1	Tenencia del suelo	45
4.1.2.2	Uso del suelo	47
4.1.2.3	Diversificación de cultivos.....	49
4.1.2.4	Rendimientos productivos	54
4.1.2.5	Ingresos económicos	55
4.2	Costos asociados al cambio del uso del suelo que favorece la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica.....	59
4.2.1	<i>Intervenciones alternativas y el índice de valor de uso del suelo</i>	59
4.2.2	<i>Costos de las prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico ..</i>	62
4.2.2.1	En las áreas no estables y prioritarias de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.....	62
4.2.2.1.1	Costo de instalación y mantenimiento de las intervenciones propuestas	62
4.2.2.1.2	Costo de oportunidad de la producción	63
4.2.2.1.3	Costo de oportunidad del trabajo.....	64
4.2.2.1.4	Costos totales del cambio de uso de la tierra.....	64
4.2.2.2	En las áreas no estables y no prioritarias de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha	65
4.3	Monto de compensación por el cambio del uso del suelo que favorece la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica	71
4.3.1	<i>Compensación para áreas no estables prioritarias en Ayambla, Ahijadera y La Succha</i>	71
4.3.2	<i>Compensación para áreas no estables y no prioritarias en Ayambla, Ahijadero y La Succha.....</i>	72

4.4	Pérdidas económicas en el sector agrario y energía por colmatación del embalse Gallito Ciego.....	75
4.4.1	<i>Gallito Ciego y su proceso de colmatación</i>	75
4.4.1.1	Diseño del embalse.....	75
4.4.1.2	Escorrentías	77
4.4.1.3	Colmatación.....	78
4.4.2	<i>Descripción de los grupos afectados</i>	82
4.4.2.1	Del sector agrario	83
4.4.2.1.1	Uso del suelo	84
4.4.2.1.2	Tenencia del suelo	86
4.4.2.1.3	Rendimientos productivos.....	86
4.4.2.1.4	Gestión de los recursos hídricos.....	88
4.4.2.2	Del sector energía.....	90
4.4.2.2.1	Operador de la central hidroeléctrica	90
4.4.3	<i>Ingresos, costos y pérdidas económicas por colmatación del embalse Gallito Ciego</i> 92	
4.4.3.1	Del sector agrario	92
4.4.3.2	Del sector energía.....	99
4.4.3.3	Resumen de pérdidas de los sectores agricultura y energía	101
4.5	Marco financiero para la implementación del esquema de pago por servicio ecosistémico hídrico	102
4.5.1	<i>Marco financiero</i>	103
4.5.1.1	En microcuencas.....	103
4.5.1.2	En subcuenca del Contumaza.....	104
4.5.1.3	En cuenca del Jequetepeque	105
4.5.1.4	Resumen de los costos del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos a diferentes niveles	105
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
6	LITERATURA CITADA	109

Portilla, A.2011. Valoración económica de los beneficios del servicio ecosistémico regulación hídrica para una propuesta de pago por servicio ecosistémico hídrico en la cuenca del Jequetepeque, Perú. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 113 p.

Palabras clave: Pago por servicios ecosistémicos, costo de oportunidad, cambio en la productividad, regulación hídrica.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la cuenca del río Jequetepeque, ubicada en la costa y sierra Norte del Perú. Con fines de regulación hídrica se construyó el embalse Gallito Ciego quien permite la irrigación de 32.000 hectáreas y la generación eléctrica de 38,15 MW a favor de la población local. Sin embargo, a pesar de los beneficios generados se está produciendo la degradación del servicio ecosistémico regulación hídrica en la cuenca alta del río.

Con la finalidad de establecer un mecanismo de pago por servicios ecosistémicos se valoró económicamente el efecto, en términos de generación de electricidad y actividad agrícola la degradación del servicio ecosistémico en zonas donde el conflicto de uso del suelo genera sedimentos al embalse Gallito Ciego.

La valoración económica se realizó a partir de la cuantificación de los costos de inversión y mantenimiento del cambio de uso del suelo, así como de los costos de inversión y mantenimiento de prácticas de conservación de agua y suelo que favorecen el mantenimiento del servicio ecosistémico de regulación hídrica. El procedimiento implicó la selección de áreas críticas de intervención a nivel local y regional con un sistema de información geográfica, además se caracterizaron a los productores que viven en éstas áreas. Las estimaciones económicas se hicieron para 10 años en todos los casos.

El resultado del escenario de pérdidas económicas agrícolas y energéticas justifica realizar la implementación del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos en los tres niveles de análisis. Es conveniente que los actores de la infraestructura energética aporten una parte de sus beneficios económicos para disminuir la degradación del servicio ecosistémico hídrico.

Portilla, A. 2011. Economic valuation of ecosystem service benefits for a proposed water regulation of ecosystem service payment for water in the basin of Jequetepeque, Peru. Thesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 113 p.

Key words: Payment for ecosystem services, opportunity cost, productivity change, water regulation

SUMMARY

The research was conducted in Jequetepeque River Basin, located on the north coast and highlands of Peru. For purposes of water regulation dam was built Gallito Ciego who allows the irrigation of 32,000 hectares and 38.15 MW power generations for local people. However, despite the benefits being produced ecosystem service degradation water regulation in the upper river basin.

In order to establish a mechanism of payment for ecosystem services assessed the effect economically, in terms of electricity generation and agricultural ecosystem service degradation in areas where land use conflict generates Gallito Ciego reservoir sediments to.

The economic assessment was based on the quantification of investment and maintenance costs of changing land use and investment costs and maintenance of water conservation practices and soil that favor the maintenance of ecosystem services regulation water. The procedure involved the selection of critical areas of intervention at local and regional geographic information system also is characterized producers living in these areas. Economic estimates were made for 10 years in all cases.

The result of the economic scenario of agricultural and energy losses warranted the implementation of payment mechanisms for ecosystem services at all three levels of analysis. It is desirable that the actors in the energy infrastructure provide a portion of their profits to decrease the water ecosystem service degradation.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Relación de bienes y servicios ecosistémicos.....	6
Cuadro 2. Principales bienes y servicios relacionadas al agua y suministrados por los ecosistemas en una cuenca hidrográfica.....	10
Cuadro 3. Características de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha....	22
Cuadro 4. Reclasificación de los tipos de uso del suelo en las microcuencas.....	25
Cuadro 5. Clasificación de pendientes en las microcuencas.....	25
Cuadro 6. Criterio para definir áreas prioritarias de intervención para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en las microcuencas.....	26
Cuadro 7. Costos totales por el cambio de uso del suelo.....	32
Cuadro 8. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico en las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.....	39
Cuadro 9. Áreas prioritarias a nivel de microcuencas para la implementación del mecanismo de pago por servicio ecosistémico de regulación hídrica.....	40
Cuadro 10. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en la subcuenca Contumaza.....	42
Cuadro 11. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en la cuenca Jequetepeque.....	44
Cuadro 12. Ubicación de los potenciales proveedores del servicio ecosistémico.....	45
Cuadro 13. Régimen de tenencia de la tierra en microcuencas (promedio en ha).....	45
Cuadro 14. Porcentajes del régimen de tenencia por microcuencas.....	46
Cuadro 15. Porcentaje de uso del suelo en microcuencas (superficie promedio de unidad productiva).....	47
Cuadro 16. Características productivas agrícolas en las microcuencas.....	48
Cuadro 17. Características productivas en las microcuencas.....	49
Cuadro 18. Estadística descriptiva de las variables dependientes.....	50
Cuadro 19. Resultados del modelo logit en las microcuencas.....	51
Cuadro 20. Resultados de los efectos marginales del modelo logit.....	52
Cuadro 21. Rendimientos productivos en las microcuencas (kg/ha-año) para riego	54

secano.....	
Cuadro 22. Rendimientos productivos en las microcuencas (kg/ha-año) para riego por gravedad.....	54
Cuadro 23. Rendimientos económico del trigo en riego seco (n=42).....	55
Cuadro 24. Rendimientos económico del trigo en riego por gravedad (n=7).....	56
Cuadro 25. Rendimientos económico del maíz en riego seco (n=6).....	56
Cuadro 26. Rendimientos económico del maíz en riego por gravedad (n=2).....	56
Cuadro 27. Rendimientos económico de la papa en riego seco (n=3).....	57
Cuadro 28. Rendimientos económico de la papa en riego por gravedad (n=2).....	57
Cuadro 29. Rendimientos económicos con y sin diversificación de cultivos.....	58
Cuadro 30. Usos y prácticas de conservación de suelo y agua para las microcuencas en el índice de valor de uso del suelo.....	59
Cuadro 31. Costos de instalación y mantenimiento según intervenciones (US\$/ha).....	63
Cuadro 32. Costos totales del cambio del uso de la tierra según intervenciones (US\$/ha-año).....	65
Cuadro 33. Costos de instalación y mantenimiento por prácticas de conservación (US\$/ha-año).....	71
Cuadro 34. Costos de oportunidad total anual del cambio de uso del suelo en no estables prioritarias (US\$/ha-año).....	72
Cuadro 35. Compensaciones por adopción y mantenimiento de las prácticas e intervenciones en áreas no estables no prioritarias en las microcuencas Ayambra, Ahijadero y La Succha.....	73
Cuadro 36. Volumen de escorrentías promedio plurianual de Jequetepeque en Gallito Ciego (1942/43 a 2005/06).....	78
Cuadro 37. Registro de volúmenes del embalse Gallito Ciego.....	79
Cuadro 38. Volúmenes perdidos del embalse Gallito Ciego.....	79
Cuadro 39. Tasas de colmatación promedio del embalse Gallito Ciego.....	79
Cuadro 40. Escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego.....	82
Cuadro 41. Detalles de las comisiones de riego.....	83
Cuadro 42. Tenencia de la tierra en el valle del Jequetepeque.....	86
Cuadro 43. Volúmenes máximos de almacenamiento de recursos hídricos.....	91

Cuadro 44. Valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de la producción del arroz a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).....	98
Cuadro 45. Valor actual neto de las pérdidas en la rentabilidad del arroz a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).....	99
Cuadro 46. Ingresos en US\$ por la venta de energía.....	99
Cuadro 47. Valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de la producción de energía a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).....	101
Cuadro 48. Valor actual neto de las pérdidas a los sectores agricultura y energía a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).....	101
Cuadro 49. Detalle de los escenarios a evaluar.....	102
Cuadro 50. Resultados en las microcuencas del escenario optimista.....	103
Cuadro 51. Resultados en las microcuencas del escenario moderado.....	104
Cuadro 52. Resultados en la subcuenca Contumaza del escenario optimista.....	104
Cuadro 53. Resultados en la subcuenca Contumaza del escenario moderado.....	105
Cuadro 54. Valor actual neto de implementación del PSE a diferentes niveles de análisis.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales funciones y servicios de una cuenca característica.....	9
Figura 2. Perfil de la presa Gallito Ciego.....	13
Figura 3. Ubicación de la cuenca Jequetepeque.....	19
Figura 4. Ubicación de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.....	22
Figura 5. Ubicación de la subcuenca Contumaza y la cuenca Jequetepeque.....	23
Figura 6. Flujograma de la priorización de áreas de intervención.....	26
Figura 7. Flujograma de la compensación por el cambio de uso del suelo y prácticas de conservación de agua y suelo.....	34
Figura 8. Ubicación de las áreas seleccionadas en Ayambla, Ahijadero y La Succha.....	38
Figura 9. Ubicación de las áreas no estables prioritarias en Ayambla, Ahijadero y La Succha.....	40
Figura 10. Ubicación de las áreas prioritarias en subcuenca Contumaza.....	41
Figura 11. Ubicación de áreas no estables en la cuenca Jequetepeque.....	43
Figura 12. Comparación del costo y pago por adopción (US\$/ha) según categorías de alternativas.....	74
Figura 13. Comparación del costo y pago por mantenimiento (US\$/ha) según categorías de alternativas.....	75
Figura 14. Reducción en de los volúmenes inactivo, útil y total del embalse.....	80
Figura 15. Tasas de sedimentación según volúmenes del embalse.....	81
Figura 16. Áreas de influencia agrícola del embalse Gallito Ciego.....	84
Figura 17. Superficie cultivada de arroz, maíz y superficie total cultivada en el valle Jequetepeque (1988-2007).....	88
Figura 18. Aportes hídricos del Jequetepeque versus demanda de agua agrícola (1990-2008).....	93

Figura 19. Aportes hídricos del Jequetepeque (1991-2008).....	94
Figura 20. Comparación de aportes hídricos anuales antes y después del Fenómeno El Niño.....	94
Figura 21. Superficie de siembra en Jequetepeque (1950-2010).....	95
Figura 22. Superficie de maíz y arroz en Jequetepeque (1991-2008).....	96
Figura 23. Rendimiento del arroz en Jequetepeque (1950-2010).....	96
Figura 24. Valores brutos de producción del arroz en Jequetepeque (1950-2010).....	97
Figura 25. Pérdidas en el valor bruto de la producción del arroz por diferentes escenarios de colmatación den embalse Gallito Ciego.....	98
Figura 26. Pérdidas en el valor bruto de la producción de energía hidroeléctrica por diferentes escenarios de colmatación den embalse Gallito Ciego.....	100

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

CDB: Convención sobre la Diversidad Biológica
CESAH: Compensación Equitativa por Servicios Ambientales Hidrológicos
COES: Comité de Operaciones Eléctricas
ENAH: Encuesta Nacional de Hogares
GEF: The Global Environmental Fund
ha: hectáreas
INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú)
INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú)
kg: kilogramo
MEA: Millennium Ecosystem Assessment
mm: milímetros
MMC: millones de metros cúbicos
msnm: metros sobre el nivel del mar
MW: megawatt
MW/h: megawatt hora
OSINERG: Organismo Supervisor de la Inversión Eléctrica (Perú)
PEJEZA: Proyecto Especial Jequetepeque Zaña
SE: servicio ecosistémico
TEEB: The economics of Ecosystems and biodiversity
US \$: dólares americanos

1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural renovable; sin embargo, su renovación no responde, como otros recursos, a su multiplicación a partir de magnitudes iniciales, sino que se trata de un recurso natural circulante, dependiente de un ciclo de cambios de estados y de sitio, condicionado por circunstancias climáticas, geológicas y paisajísticas (Goitia 1995).

Debido a la dinámica del agua, la estimación del agua almacenada en la tierra es complicada. Según Shiklomanov (1998), la cantidad de agua sobre la superficie de la tierra es 1.386 millones de km³. Sin embargo, el 97,5% de ésta cantidad es agua salada y 2,5% es agua dulce. Una gran cantidad del agua dulce (68,7%) se encuentra en forma de hielo permanente en las regiones polares y montañosas (glaciares). El 30,1% se encuentra como aguas subterráneas, 0,8% en el permafrost¹ y solamente 0,4% como agua superficial y atmosférica² (UN WATER 2006).

La construcción de embalses es una alternativa utilizada por las sociedades para garantizar el abastecimiento regular y oportuno del agua. El embalse almacena el agua del período de lluvia para distribuirlo según los requerimientos de uso agrícola, energético o poblacional. Por ejemplo, el agua almacenada por el proyecto hidroeléctrico Arenal (Guanacaste, Costa Rica) genera 157 MW y amplía la superficie agrícola a 1.200 ha (Roquet y Durocher 2006). Otra función del embalse es el control de inundaciones porque retiene el agua de las crecidas y la utiliza con fines productivos (Goitia 1995 y Shiklomanov 1998).

Desde el año 2003, el consorcio WWF-CARE-IIED³ propicia encuentros entre agricultores de las microcuencas Ayambra, Ahijadero y La Succha con usuarios del agua del valle regulado del Jequetepeque y la empresa SNV Power (responsable de la concesión de la central hidroeléctrica Gallito Ciego). De esta manera, se inicia un trabajo conjunto para resolver la problemática del recurso hídrico en la cuenca del río Jequetepeque.

¹ Es el suelo que se encuentra en el punto o por debajo del punto de congelación del agua durante dos o más años.

² Distribución del agua superficial y atmosférica: 67,4% en lagos y lagunas, 12,2% como humedad del suelo, 9,5% en la atmósfera, 1,6% en ríos, 8,5% en otros humedales y 0,8% en la plantas y animales (UN WATER 2006)

³ Proyecto: Compensaciones equitativas por servicios ambientales hidrológicos.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Valorar económicamente el efecto, en términos generación de electricidad y actividad agrícola, de la degradación del servicio ecosistémico regulación y producción hídrica en zonas donde el conflicto de uso del suelo genera sedimentos al embalse Gallito Ciego, con miras a determinar un marco de financiamiento potencial para un esquema de pago por servicio ecosistémico hídrico.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar socioeconómicamente a los potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.
- Determinar los costos asociados al cambio de uso de suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.
- Estimar monto de compensación a los potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.
- Estimar las pérdidas económicas del sector agrícola y energético sobre diferentes escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego.
- Proponer un marco financiero que respete el sistema institucional vigente y busque la viabilidad de un esquema de pago del servicio ecosistémico hídrico en la cuenca del Jequetepeque.

1.2 Preguntas de investigación

- ¿Existen limitaciones socioeconómicas y restricciones físico-ambientales sobre la población de las microcuencas que imposibilitan el cambio de uso del suelo y la aplicación de prácticas de conservación de agua y suelo que favorezcan la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica?
- ¿Los costos asociados al cambio de uso del suelo y la aplicación de prácticas de conservación de agua y suelo que favorecen el suministro del servicio ecosistémico

regulación hídrica están determinados por la principal actividad económica en las microcuencas?

- ¿Las compensaciones por el cambio de uso del suelo y la aplicación de prácticas de conservación de suelo y agua son diferenciadas según el grado de contribución a la provisión del servicio ecosistémico?
- ¿Son las pérdidas económicas del sector agrícola superiores en comparación con las pérdidas del sector energético?
- ¿La metodología empleada para el marco financiero permite escalar las compensaciones económicas para la implementación del mecanismo pago por servicio ecosistémico?
- ¿Es financieramente conveniente que los actores de la infraestructura de riego y energética aporten una parte de sus beneficios económicos para disminuir la degradación del servicio ecosistémico hídrico a través de un esquema de pago por servicios ecosistémico hídrico?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 De ecosistemas a servicios ecosistémicos

Un ecosistema se define como la combinación de una comunidad natural (diversidad biológica), las interacciones entre ellas y con su medio físico (Begon et al. 1997). La diversidad biológica o biodiversidad, es “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (CBD 1992).

La biodiversidad, no es por sí misma un servicio ecosistémico⁴, pero asegura su provisión o suministro (MEA 2005, Ranganathan et al. 2008). La biodiversidad permite el funcionamiento de los ecosistemas de tal forma que éstos desarrollen sus procesos funcionales. Las funciones ecológicas son todos aquellos aspectos de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas con capacidad de generar servicios que satisfagan necesidades humanas de forma directa o indirecta (de Groot, 1992, citado por Gómez y de Groot 2007).

Para que los beneficios potenciales de las funciones de los ecosistemas se conviertan en beneficios reales para la sociedad debe existir una valoración antropocéntrica de ellos (uso o disfrute de beneficios). Luego de ésta valoración, los beneficios de las funciones de los ecosistemas pueden catalogarse como servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, en un bosque sin tala, la función de producción de madera podrá estar presente, mientras que el servicio de abastecimiento de madera sólo se dará en el momento en que la madera de dicho bosque sea objeto de explotación (Gómez y de Groot 2007).

Los servicios ecosistémicos (SE) son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas y de los cuales dependen (MEA 2005)⁵. Estos beneficios pueden ser directos en el

⁴ No es apropiado emplear como sinónimo de servicios ecosistémicos el término servicios ambientales porque no sería consistente con la Evaluación Ecosistémica del Milenio (MEA 2005) y por prestarse a confusiones con términos de la Organización Mundial del Comercio (Retamal et al. 2008).

⁵ Definiciones previas de servicios ecosistémicos a la MEA se encuentran Daily (1997) quien los define como beneficios de la naturaleza hacia los hogares, comunidades y economías en un intento de ilustrar la conexión entre ecología y bienestar humano; además de Groot et al. (2002) quien los define como la capacidad de los componentes y procesos naturales para proveer bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente.

caso de los relacionados con consumo, o indirectos a través de la influencia en los procesos de los ecosistemas que son esenciales para la vida (Díaz y Dufffy 2006). El bienestar de todos los pueblos del mundo está fuertemente relacionado con los servicios de los ecosistemas y depende directamente de ellos (TEEB 2008).

Según MEA⁶ (2005) se proponen cuatro grandes grupos para clasificar los SE:

- a) De aprovisionamiento: bienes producidos y/o proporcionados por los ecosistemas como alimentos, combustibles, madera, fibras, medicinas naturales y otros.
- b) De regulación: servicios derivados de la regulación de los procesos ecosistémicos como la calidad del aire, regulación del clima, regulación hídrica, control de erosión, mitigación de riesgos, regulación de las enfermedades, control biológico y la polinización.
- c) Culturales: beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como la diversidad cultural, los valores religiosos y espirituales, conocimiento (tradicional y formal), inspiración, valores estéticos, relaciones sociales, sentido de lugar, valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.
- d) De apoyo: servicios necesarios para producir todos los otros servicios, incluida la producción primaria, la formación del suelo, la producción de oxígeno, retención de suelo, ciclaje de nutrientes entre otros.

A continuación se resume y compara las definiciones de bienes y servicios ecosistémicos propuestos por Daily (1997) y de Groot et al. (2002)(Cuadro 1).

⁶ La MEA es el reporte internacional oficial para elevar la conciencia y la comprensión de la dependencia de la sociedad en los ecosistemas, y además es punto de referencia para la investigación sobre servicios de los ecosistemas (Brauman et al. 2007).

Cuadro 1. Relación de bienes y servicios ecosistémicos.

Daily (1997)	de Groot (2002)
- Purificación del agua y aire	<u>Servicios de regulación</u>
- Dispersión de semillas	- Conservación de un clima favorable
- Ciclaje y movimiento de nutrientes	- Conservación de la buena calidad del aire
- Mitigación de avalanchas e inundaciones	- Prevención de enfermedades
- Generación y preservación de suelos y renovación de su fertilidad	- Prevención y mitigación de inundaciones y avalanchas, irrigación natural
- Descontaminación y degradación e residuos (basura)	- Mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua para consumo
- Polinización de cultivos y vegetación natural	- Conservación o restauración de la productividad natural de los suelos
- Control de la mayoría de potenciales plagas	- Control y disposición de basuras
- Provisión de belleza escénica y estimulación intelectual	- Amortiguación y filtrado de sustancias contaminantes
- Estabilización parcial del clima	- Polinización de plantas útiles
- Protección de los rayos ultravioletas del sol	<u>Servicios de hábitat</u>
- Regulación de eventos extremos del clima y sus impactos	- Provisión de hábitat para especies útiles o potencialmente útiles (animales y vegetales)
- Mantenimiento de la biodiversidad	<u>Servicios de producción</u>
	- Producción de alimentos, maderas y otros bienes
	- Material genético para mejoramiento
	- Polinización
	<u>Servicios de información</u>
	- Belleza escénica
	- Información para la ciencia y la educación

Fuente: Elaboración propia

Según Boyd y Banzhaf (2007), los servicios ecosistémicos son componentes de la naturaleza que son directamente disfrutados, consumidos o usados para producir bienestar humano. Sin embargo, no se ha conseguido uniformizar el concepto así como su cuantificación.

Los servicios ecosistémicos son directamente disfrutados, consumidos o usados porque son productos finales de la naturaleza; diferenciándolos de los beneficios de la naturaleza que no siempre son consumidos. Los bienes económicos finales son directamente disfrutados, consumidos o usados por los hogares y el consumidor. Por ejemplo, el producto final de la

polinización es la entrega de polen viable en cada temporada y no el proceso de traslado y entrega.

Respecto a su naturaleza, los servicios ecosistémicos son componentes de la naturaleza porque son elementos o características ecológicas propias de los ecosistemas, no son sólo funciones o procesos. Los componentes de los ecosistemas incluyen recursos como la superficie de agua, océanos, tipos de vegetación, población de especies. Las funciones y procesos de los ecosistemas son las interacciones biológicas, químicas y físicas entre los componentes del ecosistema. Las funciones y procesos no son productos finales, ellos son intermedios (subproductos) de la producción de los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, a menudo el reciclamiento de nutrientes es llamado SE cuando, en realidad, se trata de procesos y funciones ecológicas de la naturaleza (subproductos o productos intermedios del ecosistema) (Boyd y Banzhaf 2007).

Además, los servicios ecosistémicos deberían ser mensurables en cuanto a precio y cantidad. Es decir, son posibles de asignarles un precio por cada unidad de SE proveído. La construcción de una función dosis respuesta es importante para un esquema de pago por servicios ecosistémicos porque busca determinar la forma en el cuál un determinado uso del suelo o cambio en el mismo (dosis) se traduce en una determinada cantidad de servicios hídricos (respuesta) (Alpizar y Madrigal 2005).

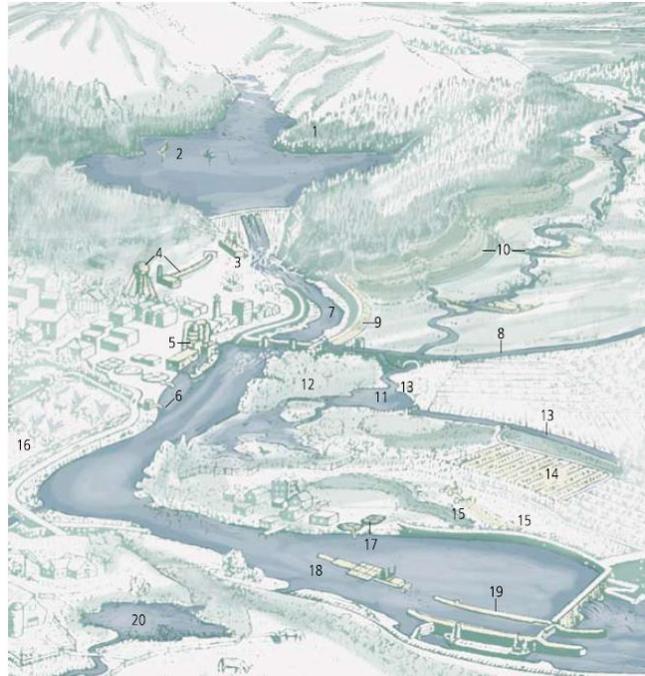
Cuando las actividades humanas impactan sobre los servicios ecosistémicos es posible asignarle un valor económico a su beneficio o su pérdida económica. Por ejemplo, a pesar que la severidad de la degradación de los suelos está pobremente documentada, algunas estimaciones mundiales de la pérdida neta de suelos varían entre los 24 mil millones de toneladas métricas por año (Brown 1984, citado por Daily et al. 1997) hasta los hasta los 75 mil millones de toneladas métricas (Pimentel et al. 1995). Los costos directos de la erosión del suelo estimada a partir de los costos de reemplazo de agua y nutrientes agrícolas, a nivel mundial, ascienden a US \$ 250 mil millones por año (Pimentel et al. 1995).

Los servicios de los ecosistemas (conservación de la biodiversidad, secuestro de carbono, protección de cuencas y la belleza natural) normalmente no pueden ser comprados y vendidos en un mercado (Landell-Mills y Porrás 2002) porque son externos y ajenos a ellos. La razón principal de ser elementos sin mercado es su naturaleza económica de externalidad positiva o bien público. Una externalidad positiva es un beneficio sin compensación

económica, es un beneficio no incluido en las transacciones del mercado y, en consecuencia, las actividades económicas pueden degradarlos llegando al extremo de perderlos por completo (Holmes et al. 2004).

2.2 Servicios ecosistémicos de cuencas hidrográficas

Los servicios de las cuencas hidrográficas son los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas de la cuenca (Bergkamp y Smith 2006, Brauman et al. 2007). Los ecosistemas de las cuencas hidrográficas no solamente almacenan biodiversidad animal y vegetal sino que también suministra bienes y servicios para el bienestar de la población (Figura 1). El agua que discurre en la cuenca es, posiblemente, el beneficio más importante por su carácter multipropósito y por tratarse de un bien no sustituible; literalmente a ella se encuentran vinculadas desde actividades económicas hasta medios de vida sostenibles y su transferencia proviene desde la cuenca alta hacia la zona baja de la cuenca.



Fuente: Bergkamp y Smith 2006

Figura 1. Principales funciones y servicios de una cuenca característica.

Leyenda

- | | |
|--|---|
| 1. Bosques, control de sedimentación | 11. Regulación de la cuenca para riego |
| 2. Recreación (natación, pesca, campamento) | 12. Refugio de vida silvestre |
| 3. Estación hidroeléctrica | 13. Canales de riego de bajo nivel |
| 4. Suministro municipal de agua | 14. Riego por gravedad |
| 5. Planta de tratamiento de residuos urbanos e industriales | 15. Labranza en contornos |
| 6. Bomba para igualar embalses de riego | 16. Riego por aspersión |
| 7. Derivación para reservorio y laguna | 17. Planta de tratamiento de agua comunal |
| 8. Canales de riego de alto nivel | 18. Navegación: barcos, remolques |
| 9. Diques de protección contra inundaciones | 19. Regulación del reservorio |
| 10. Control de erosión: construcción de terrazas en contorno y restauración de humedales | 20. Granja de piscicultura |

Ejemplos de bienes y servicios relacionados al agua y suministrados por los ecosistemas en las cuencas hidrográficas son presentados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Principales bienes y servicios relacionadas al agua y suministrados por los ecosistemas en una cuenca hidrográfica.

<u>Servicios de provisión</u>	<u>Servicios de regulación</u>
Servicios focalizados en el suministro de alimentos y otros productos no de alimentación:	Servicios relacionados a la regulación de flujos y reducción de riesgos asociados a crecidas o inundaciones:
<ul style="list-style-type: none"> - Suministro de agua - Cultivos y producción de frutas - Producción ganadera - Producción pesquera - Suministro de materiales para construcción y leña - Medicinas - Generación hidroeléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación del ciclo hidrológico (escorrentía superficial, infiltración en el suelo, recarga de acuíferos, mantenimiento de caudal base) - Mitigación de riesgos naturales (prevención de inundaciones, reducción de máximas avenidas, trasvase de masas, reducción de deslizamientos) - Protección del suelo y control de erosión y sedimentos - Control de la calidad de aguas subterráneas
<u>Servicios de soporte</u>	<u>Servicios culturales y de distracción</u>
Servicios suministrados para tolerar a los hábitats y el funcionamiento del ecosistema	Servicios relacionados a la recreación y distracción
<ul style="list-style-type: none"> - Hábitat natural - Régimen necesario para mantener el hábitat y sus usos aguas abajo 	<ul style="list-style-type: none"> - Recreación acuática - Belleza paisajística - identidad y herencia cultural - Inspiración artística y cultural

Fuente: Bergkamp y Smith 2006

En general, modificar la composición y proporción de los ecosistemas naturales variará el suministro de servicios ecosistémicos y, en consecuencia, provocará modificaciones en el patrón de beneficios recibidos por la población y agentes económicos (Gottfried 1992, Bruijnzee 2004, Vanacker et al. 2005, Bergkamp y Smith 2006).

En cuencas intervenidas, los ecosistemas también son modificados, perdidos o degradados por actividades socioeconómicas y afectan la capacidad de la cuenca hidrográfica en suministrar servicios ecosistémicos en diferentes escalas temporales⁷. Sin embargo, el estado del arte del conocimiento de la hidrología de los ecosistemas andinos es pobre (Bustamante 2008).

⁷ Cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en la cuenca hidrográfica afectan el flujo de servicios ecosistémicos a lo largo de los años (Viglizzo y Frank 2006, Lant et al. 2005).

En los casos, en que el bosque natural de la cabecera de cuenca es sustituido por otros usos del suelo, con frecuencia, pastos y cultivos, se generan cambios considerables en el régimen hidrológico de las cuencas de alta montaña. Estos es esencialmente resultado del cambio en las propiedades hidro-físicas del suelo (Tobón 2010) y de cambios en la dirección y magnitud de los flujos de agua hacia los ríos y las quebradas. Entre los principales problemas causados por el cambio en el uso del suelo, pueden mencionarse: erosión, deslizamientos de tierras, inundaciones, contaminación, degradación del régimen hidrológico y escasez de agua. Stadtmüller (1987) hace especial énfasis en el cambio de cobertura de los suelos, en el sentido de que el riesgo de erosión se incrementa cuando hay condiciones climáticas, topográficas y edáficas desfavorables. La deforestación de bosques andinos puede producir diferentes tipos de impactos además de los hidrológicos (Tobón 2010).

En consecuencia, remover o modificar los ecosistemas naturales con propósitos de producción agrícola y aplicación de nuevas tecnologías de producción agrícola han tenido impactos sobre los ciclos biogeoquímicos y los ecosistemas naturales. En los últimos 50 años, se incrementó sustancialmente la degradación de los servicios de los ecosistemas a excepción de los servicios generados por la agricultura y ganadería (MEA 2005), pudiendo ser denominados como ecosistemas agrícolas o ecosistemas ganaderos.

Los ecosistemas agrícolas optimizan algunos servicios de provisión como alimentos, fibras y combustible; tales servicios dependen de una variedad de servicios de regulación y soporte como fertilidad del suelo y polinización gran (Dale y Polasky 2007). Boyd y Banzhaf (2007) listan los servicios de los ecosistemas suministrados por tierras agrícolas y sus beneficios hacia la humanidad. La provisión de los servicios por tierras agrícolas está afectada por los mercados (Kroeger y Casey 2007) y su distribución espacial puede ser modificada a través de incentivos económicos como bonos de agregación o cooperación para gestionar el suministro de servicios de los ecosistemas con enfoque de paisaje (Parkhurst y Shogren 2007, Goldman et al. 2007).

En la cuenca, la cantidad, calidad y oportunidad del agua suministrada es modificada por la topografía, geología, tipo de suelo, cobertura vegetal, uso de la tierra y otras actividades humanas. Así, la capacidad para suministrar servicios depende de las características bióticas y abióticas de la combinación de ecosistemas en la cuenca hidrográfica. Diferentes ecosistemas en la cuenca (bosques, pastos, etc.) proporcionan diferentes combinaciones de servicios, en

diferentes cantidades y en diferentes momentos del año (Bergkamp y Smith 2006). Además, es importante recordar que la mayoría de las funciones y procesos en los ecosistemas de la cuenca hidrográfica están relacionados entre sí

2.3 Embalse de regulación hídrica Gallito Ciego

Se recurre a embalses de regulación para alcanzar un adecuado aprovechamiento hidráulico. El objeto de las represas es regular el caudal del río, mediante la creación de un lago artificial que proporciona un volumen de almacenamiento, obteniendo así el agua, en la cantidad y oportunidad requerida para su uso en un proyecto (Rocha 2004).

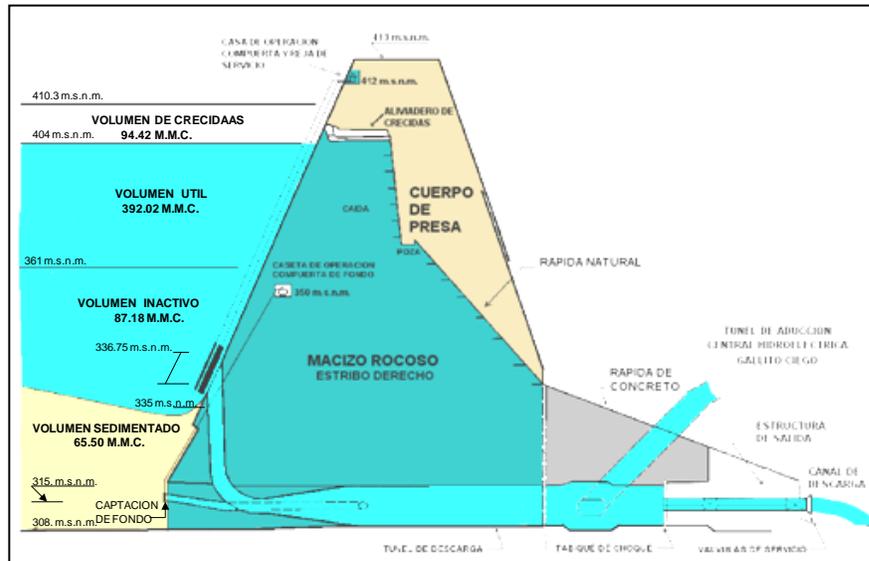
Sin embargo, cuando se construye una presa en el lecho de un río, éste actúa como una trampa de sedimentos, y una parte de los sólidos transportados por la corriente queda retenida en el embalse, disminuyendo así el volumen de almacenamiento. Por tal razón, se considera en el diseño del embalse un volumen de embalse adicional al requerido para satisfacer las necesidades del proyecto, y que sirve para el depósito de los sólidos depositados en el embalse. A este volumen adicional se le conoce generalmente con el nombre de Volumen Muerto (por sedimentación) (Rocha 1983).

La sedimentación⁸ que ocurre aguas arriba de una presa es un fenómeno inevitable. Al elevarse artificialmente los tirantes (calados) del río y aumentar considerablemente la sección, la velocidad de la corriente disminuye.

Mientras lo que se está llenando de sedimentos en el lugar previsto, al ritmo esperado, la sedimentación es sólo un fenómeno normal de hidráulica fluvial. Pero cuando la sedimentación es muy intensa y excede lo previsto estamos frente a un caso de colmatación acelerada. Ahora ya no se trata de un problema de hidráulica fluvial, sino de un problema que afecta al proyecto mismo, no sólo en su economía, sino en su razón de ser. En otras palabras, cada metro cúbico de sedimentos depositados fuera del lugar previsto representa un metro cúbico menos de volumen de regulación y, en algunos casos, varios metros cúbicos menos de volumen regulado (Rocha 1983).

⁸ No existe una terminología uniforme para describir los fenómenos sedimentológicos. Para el caso específico de la sedimentación de embalses existen varios términos: colmatación, azolvamiento, atarquinamiento (Rocha 1983).

En la Figura 2 se observa el perfil de la presa Gallito Ciego y será utilizado para definir los elementos característicos de un embalse. La terminología a utilizar corresponde a la Comisión Internacional de Grandes Presas⁹.



Fuente: Opema

Figura 2. Perfil de la presa Gallito Ciego.

- Embalse: lago o estanque artificial en el que se puede almacenar gran cantidad de agua.
- Reservorio de regulación: es un embalse que se opera con niveles variables a fin de almacenar o soltar agua, según el caso.
- Volumen útil: es el volumen del reservorio que está disponible para su uso en generación de energía, irrigación, control de avenidas u otro propósito. No incluye el volumen de agua durante el tránsito de una avenida y que está por encima de la cresta del aliviadero. El volumen útil es el volumen total menos el volumen inactivo y el volumen muerto. (En Gallito Ciego es 392,02 MMC)
- Volumen inactivo: es el volumen del reservorio medido desde su punto más bajo del conducto de descarga y el nivel mínimo de operación. (En Gallito Ciego es 87,18 MMC)

⁹ Pagina web: <http://www.icold-cigb.net/>

- Volumen muerto: es el volumen ubicado por debajo del punto más bajo de descarga que exista. (En Gallito Ciego es por lo menos 65,50 MMC y ya se encuentra con sedimentos)
- Volumen de control de avenidas: es la parte del volumen útil usada específicamente para ese fin.
- Volumen de sobre-elevación en crecidas: volumen comprendido entre el nivel normal de operación y el nivel máximo de crecidas. Este volumen sólo es ocupado durante la avenida y luego debe descargar libremente por el aliviadero. (En Gallito Ciego es 94,42 MMC)

Rocha (1983) distingue el volumen muerto definido a partir de conceptos hidráulicos (quinta viñeta) del volumen muerto definido a partir de conceptos sedimentológicos¹⁰ (volumen reservado dentro del embalse para la deposición de los sedimentos). Estimar la cantidad de sedimentos futuros y la cantidad de sedimentos retenidos por el embalse son factores claves para determinar el volumen muerto sedimentológico.

El material sólido es transportado por los ríos en dos modalidades: suspensión y fondo (o arrastre). No existe una proporción definida entre ambas modalidades de transporte. El material en suspensión está constituido por partículas más finas y se hallan distribuidas en toda la sección transversal del embalse. El material de fondo está constituido por las partículas de mayor tamaño que ruedan o se deslizan siempre en contacto con el fondo. La suma de ambas modalidades de transporte constituye el gasto sólido total y es relevante para la sedimentación del embalse.

Finalmente, entre los numerosos factores que afectan la eficiencia de retención de sedimentos pueden mencionarse a (Rocha 1983):

- a) Régimen de operación del embalse
- b) Existencia de sistemas de purga en la presa
- c) Magnitud del aporte sólido
- d) Tamaño y forma del embalse

¹⁰ El volumen muerto sedimentológico no corresponde a un valor que tenga significado físico en la curva altura-volumen del embalse

- e) Posibilidades de formación de corriente de densidad
- f) Régimen hidrológico (avenidas y sequias a lo largo de la vida del embalse)

2.4 Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos

Según Pagiola et al. (2004), la valoración económica es una herramienta que permite comparar beneficios y costos producto de una determinada acción, midiéndolos y evaluándolos mediante un denominador común (unidades monetarias).

Los métodos de valoración económica ambiental son un apoyo para la asignación de valores económicos (precios) a bienes y servicios provistos por el ambiente y los recursos naturales no negociables en los mercados. Los métodos de valoraciones económica pueden ser clasificados en dos grandes grupos: el primer grupo de métodos de preferencias reveladas – basados en información de mercado – y el segundo grupo de métodos de preferencias enunciadas – basados en información extraída a través de encuestas (Alpizar 2005). La presente investigación desarrollará tres metodologías del primer grupo que a continuación son detalladas:

2.4.1 Análisis costo beneficio

Según Boardman (2001) es una herramienta para el estudio y evaluación de políticas, proyectos o regulaciones con base en las consecuencias que tienen dichas actividades para la sociedad.

El análisis costo beneficio es un método de valoración económica del ambiente. El análisis permite resumir información sobre costos y beneficios de manera que sirvan para la toma de decisiones dentro del horizonte de planificación. Para estimar éstos costos y beneficios se hace uso de los métodos de valoración económica¹¹.

2.4.2 Cambios en la productividad

Según Baltodano (2005) la provisión del servicio ambiental podría requerir cambios en la tecnología de producción y la combinación de insumos que pueden resultar en cambios en

¹¹ Alpizar, F. comunicación personal.

la productividad. Estos cambios se pueden valorar usando precios de mercado para los insumos y el producto final y darnos una medida de los costos incurridos en la producción del servicio ambiental (Freeman 1993). Establecer los cambios en la productividad es relevante para determinar el monto a pagar a los oferentes y precisar los beneficios de los demandantes del SE.

2.4.3 Costo de oportunidad

Método que cuantifica los costos del mejor uso alternativo dejado de hacer con el recurso (suelo, agua, madera etc.). La actividad alternativa rechazada es más rentable y compite (rival) con la alternativa en evaluación. El beneficio no percibido (ingreso) es una referencia indirecta de valor económico incurrido por el proveedor al brindar el servicio que no tiene precio de mercado (referencia de potenciales beneficios).

2.5 Pago por servicios ecosistémicos

En general, el pago por servicios ambientales es un tema que ha venido ganando terreno entre los líderes políticos y ambientalistas alrededor del mundo (Retamal 2006). Una cuenca hidrográfica es un conjunto de sistemas complejos y dinámicos que generan múltiples interacciones (bienes y servicios) a distintas escalas y desde un punto de vista económico, pueden ser catalogadas como recursos comunes debido a las bajas probabilidades de exclusión y alta rivalidad en el consumo (Madrigal y Alpizar 2008). Por ello, es necesario realizar esfuerzos de acción colectiva para reducir los posibles conflictos y reducir costos.

Un esquema de pago por servicios ecosistémicos hídricos representa un arreglo institucional que ofrece una alternativa para la conservación y protección de zonas prioritarias para el abastecimiento de agua, y a la vez, permite disminuir la presión sobre el escaso presupuesto de los municipios que desean invertir en la gestión integral del recurso hídrico (Cisneros et al. 2006). El esquema de pago por servicios ecosistémicos hídricos procura internalizar en la población el costo económico de la prestación de servicios ecosistémicos y estimular la participación del propietario de la tierra en las áreas prioritarias por medio de una compensación económica proveniente de los usuarios de dichos servicios (Cisneros et al. 2006). Los esquemas de pago por servicios ecosistémicos no son mercancías que se compran y venden en el mercado; el mercado debe crearse.

Un esquema de pago por servicios ecosistémicos hídricos es una alternativa para la provisión de servicios ecosistémicos hídricos. El problema radica en que si los incentivos ofrecidos bajo estos arreglos de mercado no están en función de la contribución marginal de los usos del suelo para la oferta hídrica, se cometen dos tipos de errores: la falta de precisión en la internalización de las externalidades y una baja efectividad del esquema en términos de costo-beneficio. El primero de estos problemas provoca injusticia en términos de los pagos, ya que el oferente que más contribuye con la provisión de agua (por unidad de área) no necesariamente recibe un pago más alto, y por otro lado, también perjudica el envío de señales claras a los productores acerca de los cambios o tipos de uso del suelo que son más deseables en términos de servicios ambientales. El segundo problema condiciona la escala temporal y espacial del esquema, ya que una mayor efectividad en los pagos podría ampliar el horizonte temporal e incluir una mayor cantidad de área dentro del esquema (Alpizar y Madrigal 2005). Adicionalmente, este problema incide también en la credibilidad del proyecto, ya que los beneficiarios esperan que sus pagos produzcan la mayor cantidad de beneficios posibles.

2.6 Fondos ambientales y pago por servicios ecosistémicos en cuencas

Según GEF (1999) los fondos ambientales “no son simples mecanismos financieros, deben ser vistos como instituciones que tienen diferentes roles que adoptar adicionalmente a la canalización de fondos. Esto incluye roles como actores clave en el desarrollo de estrategias nacionales de conservación, como expertos técnicos que pueden trabajar con agencias públicas y privadas a fin de desarrollar aproximaciones gerenciales ágiles y eficaces y, en algunos países, como capacitadores y gestantes de un grupo emergente de organizaciones no gubernamentales que están siendo involucradas en la conservación de la biodiversidad”.

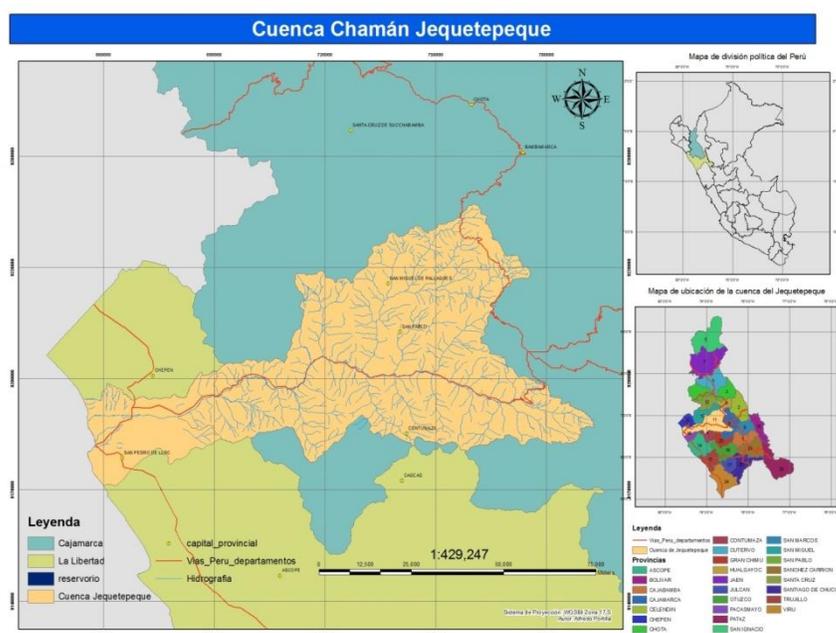
Cisneros (2005) dimensionó un fondo ambiental de US \$ 15.383/año para la implementación de un esquema de pago por servicios ecosistémicos hídricos de consumo humano en Copán Ruinas (Honduras) a partir de la disponibilidad de pago de los usuarios del servicio de agua potable (~US \$ 1,08). Se asume que el fondo recibirá aportes adicionales de instituciones locales, nacionales e internacionales; la captación de dichos recursos estaría a cargo de la entidad que se haga cargo del proyecto de esquema de pago por servicios ecosistémicos hídricos.

Sin embargo, la creación de capacidades y generación de condiciones de credibilidad para el financiamiento de actividades favorables a la provisión del servicio ecosistémico hídrico es tan importante como los recursos económicos del fondo ambiental porque facilita el proceso político de cobrar la tarifa hídrica en los recibos durante su etapa inicial. Por ejemplo, el proyecto Focuencias II facilita un capital semilla a los Comités de Cuenca de Copán Ruinas para crear capacidades locales de manejo del esquema de pago por servicios ecosistémicos y generar credibilidad durante la administración y ejecución del fondo ambiental (Madrigal y Alpizar 2008).

3 METODOLOGÍA

3.1 Ubicación y descripción del área de estudio

La cuenca del río Jequetepeque está ubicada en la costa Norte del Perú (coordenadas 7°6' a 7°30'S y 78°30' a 79° 40'O). Presenta un área de drenaje de 4.372,5 km² (Figura 3).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Ubicación de la cuenca Jequetepeque.

Políticamente, la cuenca se ubica en las provincias de Pacasmayo y Chepén de la región La Libertad y las provincias Contumaza, San Pablo y San Miguel de la región Cajamarca. El rango altitudinal está entre los 0 a 4188 msnm mientras que su precipitación entre los 0 a 1300 mm/año (INRENA 2005).

La temperatura promedio anual en la cuenca alta es 6 °C, con un rango de precipitación entre 600 a 1300 mm/año. En la cuenca media, la temperatura promedio anual es 25 °C con rango de precipitación entre 140 a 570 mm/año. En la cuenca baja, la temperatura promedio anual supera los 30 °C, con una precipitación menor a 100 mm/año (en ausencia de el Fenómeno El Niño¹²) (Gonzáles 2007).

¹²Durante los tres últimos Fenómenos El Niño (1971/72, 1982/83 y 19/98) el promedio anual de precipitación se incrementa entre 9,4 a 258,8 mm en la cuenca baja y 564 a 506 mm en la cuenca alta (INRENA 2005).

El área de influencia del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña (PEJEZA¹³) abarca las regiones de regiones de La Libertad, Lambayeque y Cajamarca. La infraestructura hidráulica principal de riego se encuentra en La Libertad mientras que la represa y central hidroeléctrica en Cajamarca.

Actualmente, el área de influencia de PEJEZA¹⁴ en primera fase comprende toda la superficie del valle Jequetepeque equivalente a 42.700 ha, desagregadas de la siguiente manera: 36.000 ha en el valle viejo que cuentan con agricultura ya instalada desde hace tiempo (obras de mejoramiento de los sistemas de riego y drenaje se desarrollan), 5.960 ha de tierras eriazas a ser incorporadas al riego para producción agrícola en el valle viejo (privatizadas a una empresa de agro exportación en el año 2000) y 740 ha de tierras eriazas en la zona de intervale de Jequetepeque-Zaña y que aún no han sido localizadas.

Antes de la construcción del embalse Gallito Ciego la agricultura por riego en el valle Jequetepeque dependía, plenamente, del caudal muy variable del río. Los aportes hídricos son muy variables en cantidad (volumen) y disponibilidad de agua (meses de avenidas). El primer estudio de factibilidad del proyecto Jequetepeque-Zaña se inició en 1967 con el objetivo principal de asegurar prioritariamente el riego, en cantidades suficientes y distribución oportuna, para las tierras que contaban con agricultura establecida en el valle Jequetepeque, así como el mejoramiento de riego de las tierras productivas del valle Zaña, y la incorporación al riego de tierras eriazas en ambos valles. Adicionalmente, al proyecto de riego se analizó también el aprovechamiento hidroenergético generado a partir de la derivación de los recursos hídricos comprometidos o embalsados. El diseño de origen del PEJEZA presenta las siguientes tres fases:

Primera etapa, incluye la construcción de la represa Gallito Ciego y formación de su embalse con aproximadamente 400 millones de m³ en volumen útil (obra concluida en 1987), el mejoramiento de los sistemas de riego en los valles Jequetepeque y Zaña, y la incorporación de tierras eriazas a la agricultura en la zona de intervale Jequetepeque-Zaña.

Segunda etapa, considera el mejoramiento de los sistemas de riego y drenaje así como la incorporación de más tierras eriazas a la agricultura en el valle Zaña.

¹³ Aproximadamente, 67.500 Ha como área de riego de las cuales 48.000 Ha se ubican en La Libertad, 18.000 Ha en Lambayeque (toda el área de riego del valle Zaña) y 1.500 Ha en Cajamarca (sectores de riego Pay pay, Ventanillas y Tolón).

¹⁴ Originalmente el proyecto abarcaba las 36.000 Ha en el valle viejo de Jequetepeque, 5.000 Ha de tierras eriazas incorporadas a la agricultura dentro del valle viejo y 1.700 Ha de tierras eriazas incorporadas a la agricultura fuera del valle viejo.

La tercera etapa, destinada al aprovechamiento del potencial hidroenergético derivado de la obra de regulación hídrica construida en la primera fase y la construcción de las centrales hidroeléctricas Gallito Ciego y San Juan.

La implementación de las tres fases no ha seguido la secuencia prevista porque el proyecto hidroenergético se realizó durante la primera fase del proyecto agrícola. La primera fase puede darse por concluida en el año 2000, al privatizarse 5.760 ha de tierras eriazas en el valle Jequetepeque (después de 13 años de haberse concluido la construcción de la represa). Además del embalse, represa y central hidroeléctrica se construyó la infraestructura hidráulica mayor (presa derivadora, bocatomas, canales, drenes, diques) y cada año se realizan operaciones de mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura hidráulica. Obras hidráulicas menores y medianas (infraestructura de conducción y distribución con dispositivos de control y reparto) no se desarrollaron con el mismo ritmo que las obras mayores provocando una baja eficiencia de riego y enormes pérdidas de agua que provocan el empantanamiento y salinización de tierras agrícolas. El costo total de las inversiones para el desarrollo de la primera etapa del proyecto Jequetepeque-Zaña asciende a US\$ 529.371.880. Respecto a la segunda fase, el PEJEZA elaboró el estudio de pre-factibilidad del proyecto en II fase y se espera su aprobación como proyecto de inversión pública.

3.2 Identificación y caracterización de potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas

3.2.1 Identificación de áreas prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico

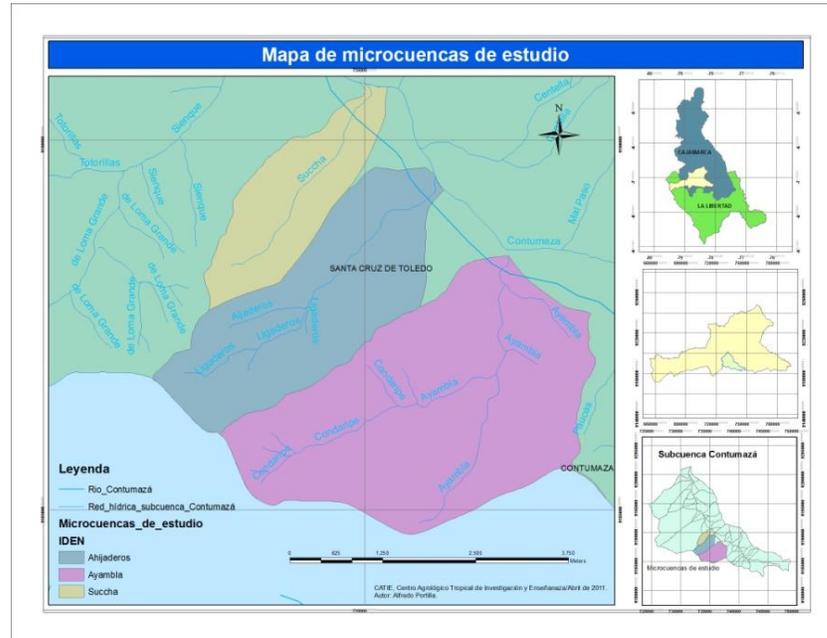
A continuación se presenta el marco metodológico desarrollado para determinar las áreas prioritarias de intervención para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en los diferentes niveles definidos para la presente investigación.

3.2.1.1 Niveles de análisis

Las microcuencas¹⁵ en estudio son Ayambla, Ahijadero y La Succha, pertenecen al distrito Santa Cruz de Toledo (Provincia de Contumaza) y se ubican en la región de Cajamarca

¹⁵ El área de trabajo representa el 0,47% de la superficie de la cuenca del Jequetepeque.

(región noroccidental del Perú). El trío de microcuencas pertenecen a la subcuenca Contumaza (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Ubicación de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.

El Cuadro 3 resume las características básicas de las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.

Cuadro 3. Características de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.

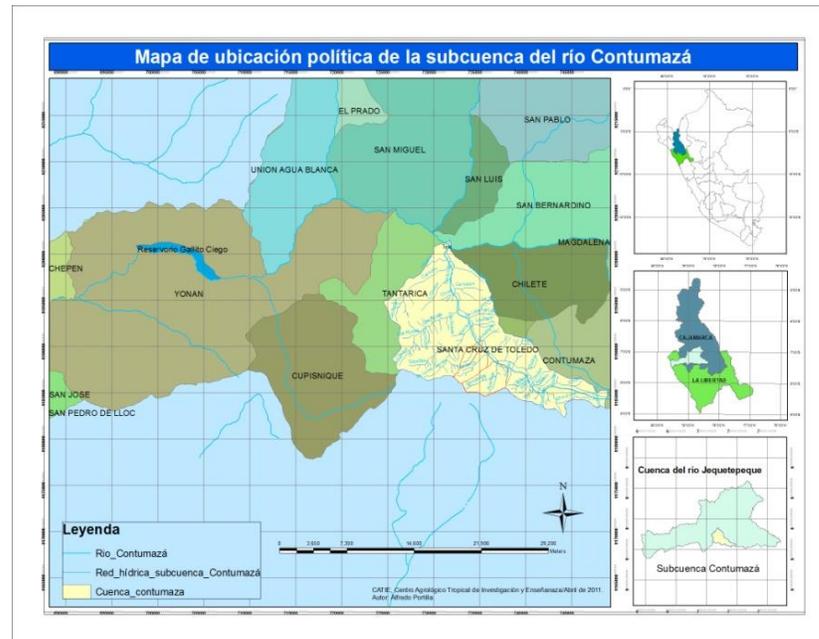
Variables de caracterización	Ayambla	Ahijadero	La Succha
Superficie (ha)	1.111,95	626,66	308,48
Rango altitudinal (msnm)	2268 a 3121	2185 a 3357	2164 a 2919
Rango pendiente (%)	3 a 70	4 a 75	4 a 70
Textura suelo	franco arenosos y franco arcillosos	franco arenosos	franco arenosos
Suelos superficiales	Si	Si	Si
Cobertura vegetal	Escasa	Escasa	Escasa
Erosión	Leve a severa	Leve a severa	Leve a severa
Materia orgánica	Escasa	Escasa	Escasa

Fuente: Cerna et al. 2007

La característica más relevante en el trío de microcuencas y en asociación con la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica se tiene que todas poseen suelos

superficiales con escasa materia orgánica y cobertura vegetal provocando una intensidad de erosión de leve a severa en suelos franco arenoso y franco arcilloso.

Las microcuencas Ayambra, Ahijadero y La Succha forman parte de la subcuenca del Contumaza, compuesta por 30 microcuencas¹⁶ y 25 intercuenas¹⁷ (quebradas), siendo su área de drenaje 18.636,51 ha (Figura 5).



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Ubicación de la subcuenca Contumaza y la cuenca Jequetepeque

El área de drenaje de la cuenca Jequetepeque es 437.200,50 ha y se compone de 25 subcuencas, una ellas es la subcuenca Contumaza (PEJEZA 2004). Los recursos hídricos de la cuenca del Jequetepeque son regulados por el reservorio Gallito Ciego, quien almacena y distribuye oportunamente las demandas de agua con fines agrícolas y energéticos desde 1988. Las características de físicas de la cuenca del Jequetepeque son:

- Bajo Jequetepeque; desde el litoral hasta la estación Ventanillas, formado por taludes y planicies desérticas, con el río Jequetepeque como único lecho fluvial (0-225 m.s.n.m.); esencialmente utilizado en la agricultura con riego intenso.
- Medio Jequetepeque, desde estación Ventanillas hasta Quindén, formado por los espolones andinos áridos y semi-áridos con el río Jequetepeque (225 a 600

¹⁶ Superficie promedio 530,02 Ha; superficie agregada 15.900,66 Ha.

¹⁷ Superficie promedio 100,85 Ha; superficie agregada 2.735,85 Ha.

m.s.n.m.), ríos temporales Chausis, Pallac y numerosas quebradas secas de corto recorrido (225-1.800 m.s.n.m.); en el cual se desarrolla un escaso uso agrícola bajo riego.

- Alto Jequetepeque, desde Quindén hasta la divisoria, formado por el macizo de la Cordillera Occidental con climas desde semiárido hasta pluviales y periglaciales, con numerosos ríos continuos, riachuelos, y lagunas (600-4.183,4 m.s.n.m.); dedicado principalmente a usos agropecuarios intensos en secano complementando con riego.

En resumen, son tres los niveles de análisis en la investigación microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha; subcuenca del Contumaza y la cuenca del Jequetepeque.

3.2.1.2 Identificación y selección de áreas prioritarias a nivel de las microcuencas Ahijadero, Ayambla y La Succha

Se utilizó el programa programa ArcGIS 3.3 como herramienta para generar mapas de áreas prioritarias de intervención en las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha. El procedimiento fue el siguiente:

- a) Reclasificación de los tipos de uso actual del suelo

Los diferentes tipos del uso actual del suelo en las microcuencas de la investigación fueron reclasificados en tres categorías (bosque, vegetación estable y cultivo). La vegetación estable corresponde a pastos naturales bajo pastoreo. La reclasificación (Cuadro 4) pretenden simplificar la compleja realidad del servicio ecosistémico regulación hídrica en un contexto de cuenca intervenida por actividades productivas agrícolas manteniendo una actitud precautoria ante la incertidumbre de una función dosis-respuesta conocida.

Cuadro 4. Reclasificación de los tipos de uso del suelo en las microcuencas.

Tipos de uso del suelo (original)	Tipos de uso del suelo (reclasificado)
<u>Terrenos con bosque</u>	
- Sum (vegetación nativa)	Bosque
<u>Terrenos con cultivo existente</u>	
- Cebada	Cultivo
- Cultivo diverso (papa, yuca, alverja, frijol)	Cultivo
- Trigo	Cultivo
<u>Terreno con pasto natural</u>	
- Pasto natural bajo pastoreo	Vegetación estable
<u>Terreno sin uso y/o productivo</u>	
- Barbecho	Cultivo
- Sin uso	Cultivo
<u>Terreno urbano y/o instalación</u>	
- Camino	Camino
- Centro poblado	Centro poblado

Fuente: Elaboración propia

b) Clasificación de las pendientes

A partir de las curvas de nivel se elaboró el mapa de pendientes con la siguiente clasificación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de pendientes en las microcuencas.

Rango de pendiente	Clasificación de pendiente
Entre 0 a 15°	Ligera
Entre 15 a 30°	Moderada
Superior a 30°	Fuerte

Fuente: Elaboración propia

c) Procedimiento metodológico para selección de áreas estables, moderadamente estables y no estables

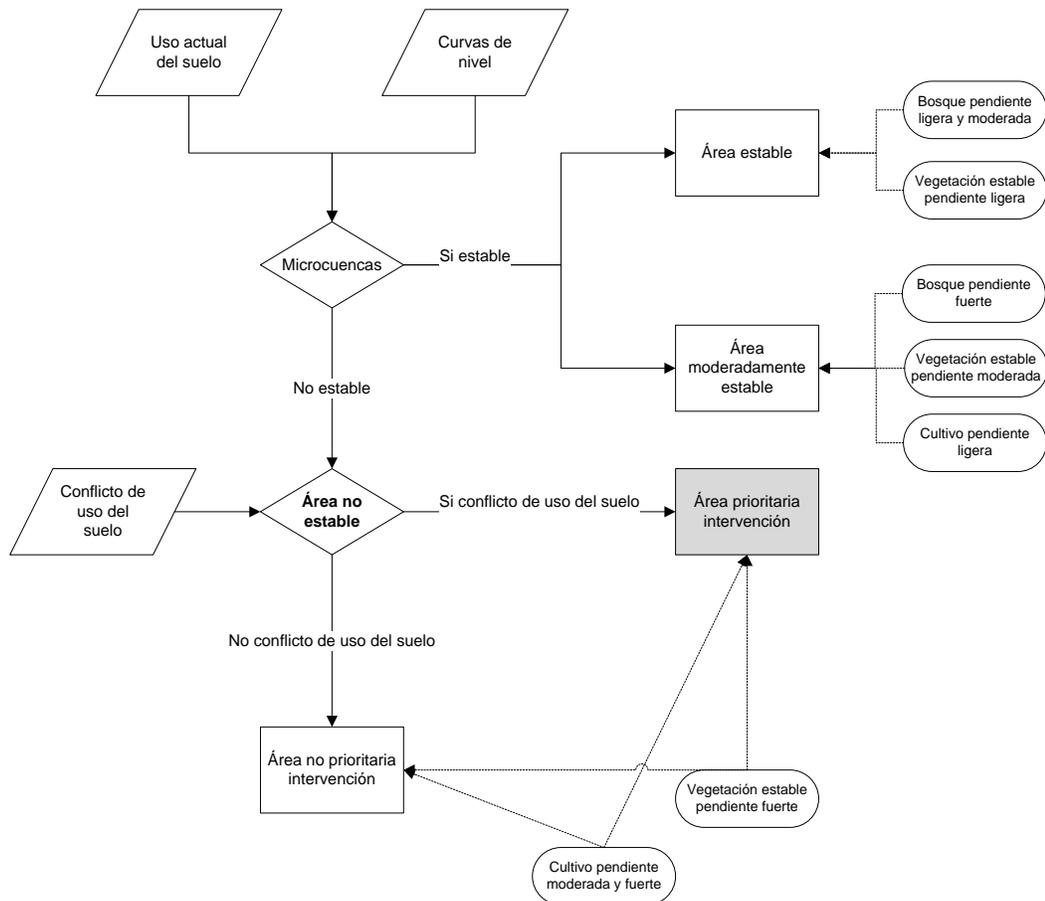
Empleando el programa ArcGIS 3.3 se elaboraron los mapas de áreas estables, moderadamente estables y no estables a partir de la intersección de las bases de datos de reclasificación de los tipos de uso actual del suelo y clasificación de pendientes. Luego se construyeron los criterios de selección de áreas prioritarias (Cuadro 6).

Cuadro 6. Criterio para definir áreas prioritarias de intervención para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en las microcuencas.

Combinación	Tipos de áreas provisión del servicio ecosistémico
Bosque y pendiente ligera Bosque y pendiente moderada Vegetación estable y pendiente ligera	Área estable
Bosque y pendiente fuerte Vegetación estable y pendiente moderada Cultivo y pendiente ligera	Área moderadamente estable
Vegetación estable y pendiente fuerte Cultivo y pendiente moderada Cultivo y pendiente fuerte	Área no estable

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el flujograma que resumen el procedimiento indicado(Figura 6).



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Flujograma de la priorización de áreas de intervención.

d) Procedimiento metodológico para selección de áreas no estables prioritarias

Empleando el programa ArcGIS 3.3 se elaboraron los mapas de áreas no estables prioritarias y no prioritarias a partir de la intersección de la base de datos áreas no estables y conflictos de uso del suelo. Luego se construyeron los criterios para clasificar áreas no estables prioritarias (con sobreexplotación del recurso suelo) y áreas no estables y no prioritarias (sin sobreexplotación del recurso suelo).

e) Elaboración de mapas

Se elaboró un mapa de áreas prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico en el conjunto de microcuencas a partir de los criterios listados.

f) Análisis de resultados

El análisis de la situación del servicio ecosistémico se realizó a partir de los mapas generados para el trío de microcuencas.

Finalmente, se repitió el procedimiento para el nivel de subcuenca Contumaza.

3.2.2 Caracterización de potenciales proveedores del servicio ecosistémico

En términos generales, la cuenca del Jequetepeque esta compartida entre las regiones La Libertad (cuenca baja) y Cajamarca (cuenca media y alta). Los niveles de pobreza en cuenca baja son 47% (pobreza¹⁸) y 18% (extrema pobreza¹⁹); muy por debajo a los reportados para Cajamarca (pobreza 64% y pobreza extrema 29%). Además, la brecha de la pobreza es inferior en la cuenca baja (17%) en comparación con la cuenca alta (23%) (ENAH0 2006).

El análisis socioeconómico de potenciales proveedores del servicio ecosistémico se efectuó partiendo de la información levantada en campo por parte del Proyecto CESA0 en el año 2007. Es importante mencionar que dicha información no tuvo un tratamiento específico de valoración económica.

La unidad de análisis de la encuesta lo constituyen las familias productoras de las microcuencas (total 332 familias). La información utilizada es de fuente primaria, obtenida mediante una encuesta aplicada sobre 210 familias. Previamente, se aplicaron grupos focales y entrevistas con informantes claves.

¹⁸ Aproximadamente, a uno de cada dos el gasto per cápita no le alcanza para cubrir el valor de la canasta básica de consumo.

¹⁹ Cuando la capacidad de gasto ni siquiera alcanza al valor de una canasta básica de alimentos.

De esta manera, se busca caracterizar a los potenciales proveedores del SE que tienen a su cargo las áreas prioritarias para la provisión del SE a nivel de análisis microcuencas. Además, de examinar las variables que conducen la toma de decisiones respecto al uso del suelo de los productores.

3.3 Determinación de costos asociados al cambio de uso del suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica

A continuación, se presenta primero, las intervenciones alternativas de cambio de uso del suelo y las prácticas de conservación de agua y suelo. Ambas ayudarían a mejorar la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en las zonas a intervenir. Luego se presenta el marco metodológico para determinar los costos totales por las intervenciones de cambio de uso del suelo y prácticas de conservación de agua y suelo.

El marco metodológico de costos varía si la propuesta a realizar es un cambio de uso del suelo o si es una incorporar prácticas de conservación de agua y suelo.

Según el procedimiento descrito en 3.2.1.2 se generan áreas prioritarias y no prioritarias. La acción para el primer caso es el cambio de uso del suelo y para el segundo caso es incorporar prácticas de conservación de agua y suelo e promover algunos cambios de uso del suelo.

3.3.1 Intervenciones y prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico

El proyecto CESA (Compensación Equitativa por Servicios Ambientales Hidrológicos) de CARE, WWF e IIED definió las futuras intervenciones alternativas²⁰ de cambio de uso del suelo, así mismo, identificó las actuales prácticas de conservación de agua y suelo que los pobladores emplean. Las intervenciones representan mejores usos futuro de la tierra y los potenciales proveedores se encuentran dispuestos a adoptarlas en el marco de un mecanismo de pago por servicio ecosistémico.

²⁰ Intervenciones originales de CESA: agricultura con agroforestería, agroforestería con surcos en contorno, agroforestería con terrazas, silvopastura con siembra nueva, silvopastura con repoblamiento, reforestación y protección de bosques

Luego se decidió utilizar y modificar el índice de uso del suelo²¹ formulado por el proyecto GEF Silvopastoril (Alpizar y Madrigal 2005) para elaborar una escala de las mejores contribuciones a la provisión del servicio ecosistémico por cada alternativa de uso del suelo propuesta. Los valores encontrados por el índice de valor de uso del suelo son utilizados al momento de calcular el monto de compensación del servicio ecosistémico en áreas no prioritarias.

La propuesta modificada del índice del valor de uso del suelo fue presentada y discutida en un taller con el equipo técnico del proyecto (Cajamarca²²) y luego validada en una reunión con expertos (Lima). Ello con el propósito de reducir la incertidumbre en la construcción de la función dosis-respuesta y buscar consenso y participación de los agentes involucrados en el contexto del proyecto CESA. H.

En el índice del valor de uso del suelo se califica con un puntaje máximo de 1 a aquellas prácticas que el equipo técnico y el investigador presumen como favorables a la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica. Se asignaron valores cercanos a 0 para usos del suelo con presunción de escasos atributos para la provisión del servicio ecosistémico. Es pertinente precisar que faltan datos para construir una función dosis respuesta que muestre, de manera indiscutible, cómo las intervenciones de cambio de uso del suelo reducen la generación de sedimentos.

3.3.2 Costos de las intervenciones y prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico

En las áreas prioritarias se requiere un cambio de uso del suelo, debido a que son localidades cuyo suministro de servicio ecosistémico regulación hídrica está ausente o marcadamente deprimido.

En las áreas no prioritarias se propone la incorporación de prácticas de conservación de suelo y agua o la implementación de algunas intervenciones alternativas definidas por el proyecto CESA. H.

²¹ Durante una reunión de expertos se recomendó renombrar el “índice de uso del suelo” por “índice del valor de uso del suelo” para evitar hacer referencia al índice que clasifica los usos inadecuado o adecuado de la tierra (índice del uso del suelo).

²² En este taller se incorporaron nuevas especificaciones a las intervenciones propuestas por el proyecto, así como, se mejoraron las definiciones de cada uso del suelo de la intervención.

El procedimiento para determinar los costos según áreas prioritarias o no prioritarias es diferente. En las áreas prioritarias se determina el costo total a partir de los costos de instalación, mantenimiento, oportunidad productiva y laboral. En las áreas no prioritarias se determina el costo de instalación y mantenimiento de las prácticas de conservación de agua y suelo y el costo de instalación y mantenimiento de las intervenciones seleccionadas.

3.3.2.1 En áreas prioritarias de intervención (microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha)

La valoración económica del cambio de uso del suelo que favorece la provisión del servicio ecosistémico utiliza los métodos cambios en la productividad y costo de oportunidad. Se elige el cambio del uso del suelo porque en tales áreas la provisión del servicio ecosistémico está fuertemente deprimida o suprimida.

El uso actual del suelo más común en las microcuencas es agricultura (trigo, cebada y papa) y ganadería (ganado vacuno). Cuando la agricultura se instala en terrenos de fuerte y moderada pendiente, sin cobertura vegetal y, que además, se ubican en tierras con conflicto de uso (tierras no aptos para agricultura) o cuando los pastos se localizan en terrenos de pendiente fuerte y que además poseen conflictos de uso; nos enfrentamos, en ambos casos, a áreas prioritaria para realizar un cambio de uso del suelo. En dichas superficies no hay condiciones que favorezcan la provisión del servicio ecosistémico y se desea reponer o recuperarlas a través del cambio de uso del suelo seleccionados (silvopastura con siembra nueva y reforestación en macizo).

La estructura de costos para la valoración económica por el cambio de uso del suelo es (Baltodano 2005 y Retamal 2006):

- Costo de instalación. Sumatoria de todos los costos incurridos (insumos, herramientas, mano de obra) para el establecimiento de cada uso de suelo propuesto. Existe solamente para el primer año de cada intervención.
- Costo de mantenimiento²³. Costo anual de insumos y mano de obra destinado a preservar y conservar cada nuevo uso del suelo. Existe a partir del segundo año de cada intervención.

²³ Se asumió un período de evaluación para cada nuevo uso del suelo de 10 años.

- Costo de oportunidad de producción²⁴. Se estimó a partir de las ganancias agrícolas para el principal cultivo común al conjunto de las tres microcuencas (trigo). El productor renunciaría a esta ganancia al aceptar implementar los nuevos usos del suelo en su terreno.
- Costo de oportunidad del trabajo. La ganancia obtenida por el agricultor al ofrecer su mano de obra en otros terrenos agrícolas (jornada laboral) representa su costo de oportunidad laboral. Este valor es sustraído del costo total por el cambio de uso del suelo (costo inversión inicial, costo de mantenimiento y costo oportunidad de producción).

Finalmente, los costos promedio estimados a nivel de microcuencas son empleados para los niveles de análisis subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

3.3.2.2 En áreas no prioritarias de intervención (microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha)

Actualmente, algunos usos del suelo en las microcuencas favorecerían la provisión del servicio ecosistémico ya sea porque se tratan de sistemas agroforestales o silvopasturas o porque incorporan prácticas de conservación de agua y suelo (surcos en contorno o terrazas).

Los actuales usos productivos del suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico y que no genera sobreexplotación del recurso suelo no deberían ser sustituidos por razones sociales (evitar reacciones desfavorables al proyecto CESA). Tales usos del suelo deberían ser incentivados por el mecanismo de pago por servicio ecosistémico porque identifica los usos y prácticas correctas y estimula su mantenimiento o reproducción por medio de una compensación económica.

El índice de uso del suelo además de ordenar y valorar los usos que favorecen la provisión del servicio ecosistémico afecta al monto de compensación al otorgar más recursos a aquellos productores que mayores contribuciones incrementales hagan a la provisión del servicio ecosistémico.

El índice de uso del suelo toca o afecta el juego de decisiones del productor porque inserta a su economía rural ingresos adicionales por decidir un determinado comportamiento

²⁴ Se empleó un análisis costo-beneficio de los actuales sistemas agrícolas en el conjunto de microcuencas a partir de información primaria del proyecto CESA.

ambiental (aquel que favorezca la provisión de un servicio ecosistémico). En consecuencia, la decisión de cuáles intervenciones o prácticas implementa o incorpora en sus unidades productivas reside en el dueño de la tierra.

Los costos de instalación y mantenimiento para las prácticas de conservación de agua y suelo así como de algunas intervenciones de cambio de uso del suelo son estimados a partir de la información proporcionada por el equipo técnico de CESAH.

Es importante anotar que en estas áreas los productores no existe el costo de oportunidad de producción ni el costo de oportunidad laboral porque su actividad económica no será interrumpida por un cambio de uso del suelo. Sin embargo, es probable que se produzcan cambios positivos o negativos en sus rendimientos productivos que no son considerados en la investigación por la incertidumbre que recae sobre tal variable.

Finalmente, a nivel de subcuenca del Contumaza los costos promedios estimados a nivel de microcuencas son empleados para los niveles de análisis subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

3.4 Estimación del monto de compensación por el cambio del uso del suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica

Los montos de compensación por la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica desde el lado de los oferentes del servicio ecosistémico se desarrollan a continuación. En las áreas no estables prioritarias se estimó el costo de oportunidad anual obtenido partir del valor actual neto de un par de proyectos de inversión con un horizonte de tiempo de 10 años. Para las áreas no estables y no prioritarias se aplicó el índice modificado del uso del suelo para determinar los pagos por adopción y mantenimiento.

3.4.1 En áreas prioritarias de intervención de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha

Una vez obtenidos los costos de instalación y mantenimiento del cambio de uso del suelo, así como, los costos de oportunidad de la producción, oportunidad laboral se procedió a estimar los costos totales de instalación y mantenimiento de las intervenciones alternativas seleccionadas (silvopastura nueva y reforestación en macizo). Los costos totales son obtenidos al sumar los costos ya indicados considerando la regla de signos que aparece en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Costos totales por el cambio de uso del suelo.

Costos en primer año	Costos en segundo y enésimo año
Costo de instalación (+)	Costo de mantenimiento (+)
Costo de oportunidad de producción (+)	Costo de oportunidad de producción (+)
Costo oportunidad del trabajo (-)	Costo oportunidad del trabajo (-)
Costos totales en primer año	Costos totales en segundo y enésimo año

Fuente: Elaboración propia

Luego de calcular los costos totales de instalación y mantenimiento para reforestación en macizo y silvopastura con siembra nueva se generaron sus respectivos proyectos de inversión con un horizonte de tiempo de 10 años. Al flujo de caja obtenido de cada proyecto de inversión se estimó su valor actual neto (tasa de descuento 10%) que dividido entre el horizonte temporal nos arrojó el costo de oportunidad anual de cada cambio de uso del suelo.

El monto de compensación anual de cada cambio de uso del suelo es su respectivo costo de oportunidad anual obtenido. Este monto de compensación es un valor mínimo de compensación.

Los montos de compensación estimados a nivel de microcuencas son empleados para los niveles de análisis subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

3.4.2 En áreas no prioritarias de intervención de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha

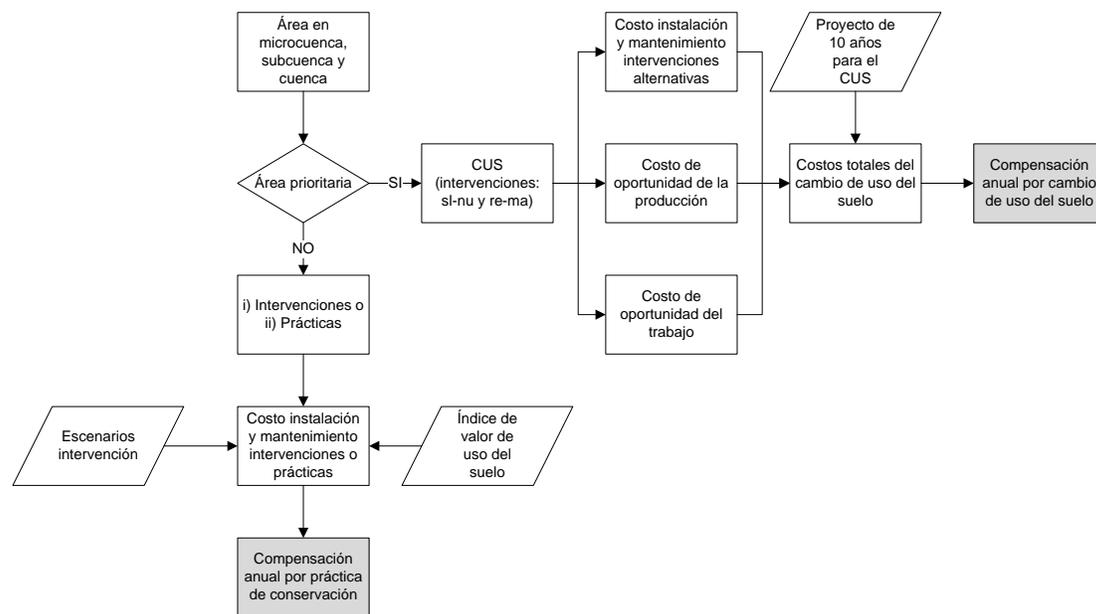
Según el índice del valor de uso del suelo hay cuatro categorías de valores de uso del suelo (agricultura convencional, agroforestería, silvopastura, plantaciones y bosque). Cada categoría representa los diferentes usos del suelo (intervenciones para el proyecto CESA) y a su vez incorpora un juego distinto de prácticas de conservación de agua y suelo favorables a la provisión del servicio ecosistémico.

A partir del índice del valor de uso del suelo se estimaron los costos de adopción y mantenimiento de las prácticas o intervenciones a realizar sobre la unidad productiva. Para estimar los costos de adopción y mantenimiento se utilizaron los costos de instalación y mantenimiento de cada práctica o intervención.

Una vez estimados los costos de adopción y mantenimiento de las prácticas de conservación y las intervenciones alternativas, se procedió a relacionarlo con la importancia que tiene cada una de ellas sobre la provisión del ser servicio ecosistémico. Se sumaron los

costos de cada categoría del suelo y se dividieron por el puntaje total de importancia en la provisión del servicio ecosistémico de la misma categoría. Con ello, se obtuvo el precio por punto para cada categoría. El valor del punto se multiplicó por la contribución de cada subcategoría de uso del suelo, obteniéndose el monto de compensación por ese uso del suelo. La misma operación rige para calcular los montos de compensación para mantener las prácticas.

La Figura 7 resume el procedimiento seguido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Flujograma de la compensación por el cambio de uso del suelo y prácticas de conservación de agua y suelo.

Finalmente, a nivel de subcuenca del Contumaza los costos promedios estimados a nivel de microcuencas son empleados para los niveles de análisis subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

3.5 Estimación de pérdidas económicas en el sector agrario y energía por colmatación del embalse Gallito Ciego

3.5.1 Gallito Ciego y su proceso de colmatación

A partir de información secundaria proporcionada por el Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña, la Junta de usuarios del distrito de riego regulado Jequetepeque, el

proyecto CESAHA y la empresa SNV Power se procedió a caracterizar el proceso de colmatación de la represa Gallito Ciego.

Para analizar el proceso de colmatación del embalse Gallito Ciego se empleó información estadística, proveniente de los estudios topográficos batimétricos del embalse de 1993 y 1999, y de su balance sedimentario para el período de 1993/94 a 1998/99. Fue así como se generaron los escenarios de colmatación del embalse.

3.5.2 Caracterización de grupos afectados por colmatación del embalse

La finalidad de esta actividad es identificar y caracterizar a los agentes económicos (potenciales demandantes) que reciben los beneficios del servicio ecosistémico regulación hídrica. Los cambios en la provisión del servicio ecosistémico afectará directamente a los demandantes porque son usuarios directos del recurso hídrico del servicio ecosistémico.

Para la caracterización socioeconómica de los potenciales demandantes (agrícola y energético) del servicio ecosistémico se utilizó información secundaria estadística del INEI (Instituto Nacional de Información Estadística e Informática), MINAG (Ministerio de Agricultura), JUDRRJ (Junta de usuarios del distrito de riego regulado Jequetepeque), proyecto CESAHA, empresa SNV Power (administradora de la central hidroeléctrica) y PEJEZA (Proyecto especial Jequetepeque Zaña).

La identificación cartográfica de los agentes de los sectores agrarios y energía se realizó mediante el análisis espacial empleando el programa ArcGIS 3.3. La información para generar el mapa usuarios de agua agrícola fue recopilada del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña y del Instituto Nacional de Recursos Naturales.

3.5.3 Escenarios ingresos, costos y pérdidas económicas por colmatación del embalse

A partir de la información estadística secundaria del sector agrario se analizaron los ingresos, costos y pérdidas económicas antes y después del funcionamiento Gallito Ciego. Para el sector energía, se generaron a partir de escenarios de colmatación para analizar los ingresos, costos y pérdidas económicas.

3.5.3.1 Escenarios ingresos, costos y pérdidas por colmatación para agricultura

Las pérdidas agrícolas se obtienen a partir de la reducción del valor bruto de producción en diferentes escenarios de colmatación del embalse, y comparando la agricultura antes y después de las operaciones del embalse Gallito Ciego.

3.5.3.2 Escenarios ingresos, costos y pérdidas por colmatación para energía

Las pérdidas del sector energía se obtienen a partir de la reducción del valor bruto de la producción de energía hidroeléctrica ante diferentes escenarios de colmatación. Los escenarios de colmatación son construidos empleando información hidrometeorológica del río Jequetepeque e información estadística de la superficie de siembra de arroz en el valle.

3.6 Elaboración del marco financiero para la implementación de sistema de pago por servicios ecosistémico de regulación hídrica

3.6.1 Propuesta de marco financiero

Se procedió a escalar los requerimientos financieros a nivel de subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque a partir de los resultados a nivel de microcuencas. Para ello se elaboraron dos escenarios de intervención para el escalamiento (optimista y moderado).

El escenario optimista prevé una intervención tipo reforestación en macizo sobre la totalidad de las áreas no estables prioritarias (microcuencas y subcuenca), la implementación de prácticas de conservación de agua y suelo tipo terrazas en la totalidad de las áreas no estables no prioritarias (microcuencas y subcuenca) e implementación de prácticas de conservación de agua y suelo tipo terrazas en la totalidad de las áreas moderadamente estables (cuenca).

El escenario moderado prevé una intervención tipo reforestación en macizo sobre la mitad del área no estable prioritaria y en la otra mitad la intervención sería silvopastura con siembra nueva (microcuencas y subcuenca), la implementación de prácticas de conservación de agua y suelo tipo terrazas sobre la mitad del área no estable no prioritaria y en la otra mitad surcos en contorno (microcuencas y subcuenca) e implementación de surcos en contorno y terrazas en cada mitad del área moderadamente estables (cuenca).

Para cada escenario se elaboró el respectivo proyecto de inversión con un plazo de 10 años; luego se estimó el valor actual neto a una tasa de descuento del 10%.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas

4.1.1 Áreas prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico

A continuación se presentan los resultados de la identificación y selección de áreas estables, moderadamente estables y no estables para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica. Dichas áreas son identificadas al interceptar la información cartográfica de uso actual de la tierra (bosques, vegetación estable y cultivos) con diferentes tipos de pendientes (ligera, moderada y fuerte). Un tercer criterio se incorpora para terminar de priorizar las áreas no estables, identificando sólo aquellas áreas donde el recurso tierra tiene la condición de sobreexplotado o de sobreuso (mapa de conflictos de uso).

Nuevamente, el tercer criterio permite clasificar el grado de explotación del recurso suelo (usos adecuado, subutilizado²⁵ y sobreexplotado²⁶) y priorizar las áreas no estables en tal condición de aprovechamiento.

4.1.1.1 En microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha

El agua es uno de los principales factores de la erosión del suelo, especialmente si ellos presentan pendientes muy pronunciadas o poseen un suelo insuficientemente protegido con una adecuada cubierta vegetal. A los fenómenos naturales se agrega la acción antrópica, que por lo general facilita los procesos erosivos, como ocurre cuando convierte bosques para áreas agrícolas (Sánchez 2003).

Luego de combinar la base de datos de la reclasificación del uso actual del suelo junto con la base de datos de pendientes en las tres microcuencas se generó un mapa consolidado de las microcuencas que facilita la ubicación y selección de sus áreas estables, moderadamente estables y no estables para la provisión del servicio ecosistémico.

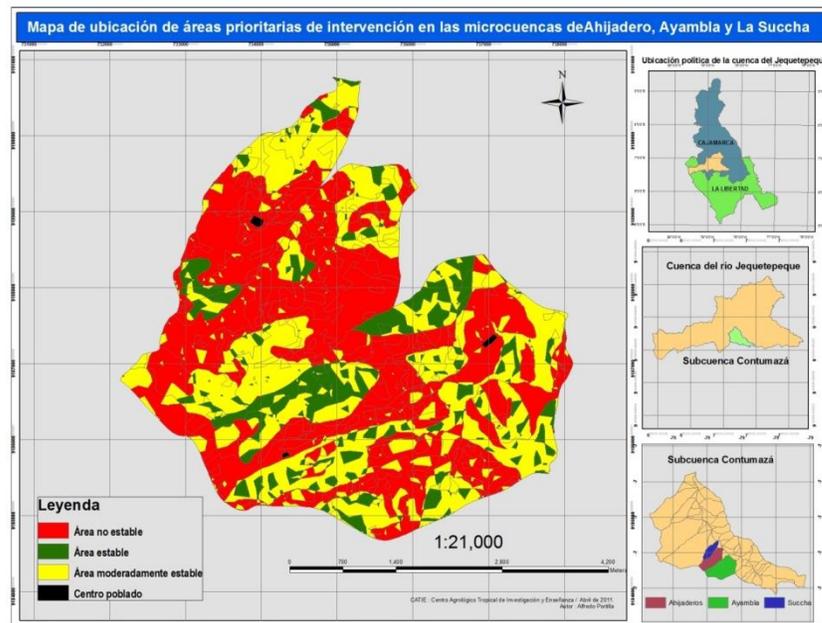
La definición en áreas estables y no estables surgida a partir de la reclasificación de pendientes y el uso actual del suelo en las microcuencas, es una primera identificación y

²⁵ Cuando las áreas estables, moderadamente estables y no estables tienen un uso adecuado o subutilizado estamos frente a áreas no priorizadas.

²⁶ Un área estable, moderadamente estable y no estable es priorizada para implementar el mecanismo de pago por servicio ecosistémico cuando su recurso tierra tiene la condición de sobreexplotado.

selección de superficies con diferentes grados de importancia para la implementación del pago por servicio ecosistémico.

Las áreas no estables (zonas de cultivo en pendiente fuerte a moderada y zonas de pastos en pendiente fuerte) son de alta importancia para la implementación del pago por servicio ecosistémico. Es decir, se tratan de áreas que generan sedimentos por degradación del servicio de regulación hídrica. El mapa de áreas estables, moderadamente estables y no estables se muestra en la Figura 8.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Ubicación de las áreas seleccionadas en Ayambla, Ahijadero y La Succha.

Las áreas en color rojo de la Figura 8 muestran las áreas no estables para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica. Ellas se concentran en la parte media de las microcuencas La Succha y Ayambla; en cambio, para Ayambla se aprecian más dispersas. En las tres microcuencas, las áreas no estables siempre se encuentran bordeando el cauce principal del río; esta proximidad facilitaría la transferencia de sedimentos aguas abajo, al reducirse la distancia hacia el cuerpo colector y transportador de sedimentos rumbo al embalse Gallito Ciego.

En el Cuadro 8 se resume la distribución de áreas estables, moderadamente estables y no estables para las microcuencas; entre paréntesis se consignan sus porcentajes.

Cuadro 8. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico en las microcuencas Ayambla, Ahijadero, La Succha.

Áreas	Ayambla	Ahijadero	La Succha
No estables (ha)	482,53 (43,4%)	373,54 (59,6%)	172,25 (55,8%)
Moderadamente estables (ha)	430,95 (38,8%)	215,67 (34,4%)	107,13 (34,7%)
Estables (ha)	196,44 (17,7%)	37,45 (6,0%)	27,29 (8,8%)
Otros ²⁷ (ha)	2,03 (0,0%)	0,00 (0,0%)	1,81 (0,6%)
Total	1.111,95	626,66	308,48

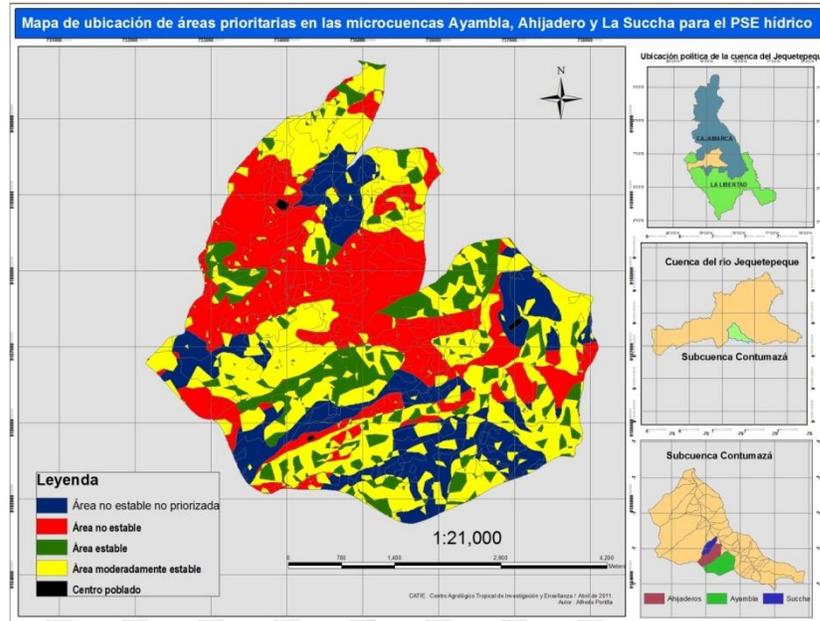
Fuente: Elaboración propia

Las microcuencas de Ahijadero y La Succha poseen áreas no estables por encima del 50% de su superficie. Sin embargo, la superficie de área no estable en Ayambla es inferior, probablemente al ser una microcuenca de mayor superficie.

Con la finalidad de ser más específicos en la priorización de áreas no estables se sobrepuso el mapa de microcuencas anterior (Figura 8) con el mapa de conflictos de uso del suelo²⁸. El resultado arrojó áreas no estables en zonas de uso adecuado y zonas subexplotadas; ello se explica porque se utilizó un mapa conflictos de uso a una escala distinta al de las microcuencas (escala disponible a nivel de subcuenca). Sin embargo, es la mejor aproximación disponible para priorizar áreas no estables e implementar el mecanismo de pago por servicio ecosistémico de regulación hídrica. El mapa de áreas prioritarias no estables se muestra en la Figura 9 y sus respectivas superficies en el Cuadro 9.

²⁷ Hace referencia a los centros poblados y caminos

²⁸ Mapa constuido a partir de la combinación de las bases de datos de Capacidad de Uso Mayor del Suelo y Uso Actual del Suelo. El mapa de conflictos de uso del suelo nos informa sobre los usos del suelo inadecuados o muy inadecuados (sobre explotación) así como los usos del suelo subutilizado o muy subutilizado (sub explotación).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Ubicación de las áreas no estables prioritarias en Ayambla, Ahijadero y La Succha.

Cuadro 9. Áreas prioritarias a nivel de microcuencas para la implementación del mecanismo de pago por servicio ecosistémico de regulación hídrica.

Áreas	Ayambla	Ahijadero	La Succha
No estables prioritarias (ha)	204,34 (18,4%)	286,94 (45,8%)	146,82 (47,6%)
No estables y no prioritarias (ha)	278,19 (25,1%)	86,60 (13,8%)	25,43 (8,3%)
Moderadamente estable (ha)	430,95 (38,8%)	215,67 (34,4%)	107,13 (34,7%)
Estable (ha)	196,44 (17,7%)	37,45 (6,0%)	27,29 (8,8%)
Otros (ha)	2,03 (0,0%)	0,00 (0,0%)	1,81 (0,6%)
Total	1.111,95	626,66	308,48

Fuente: Elaboración propia

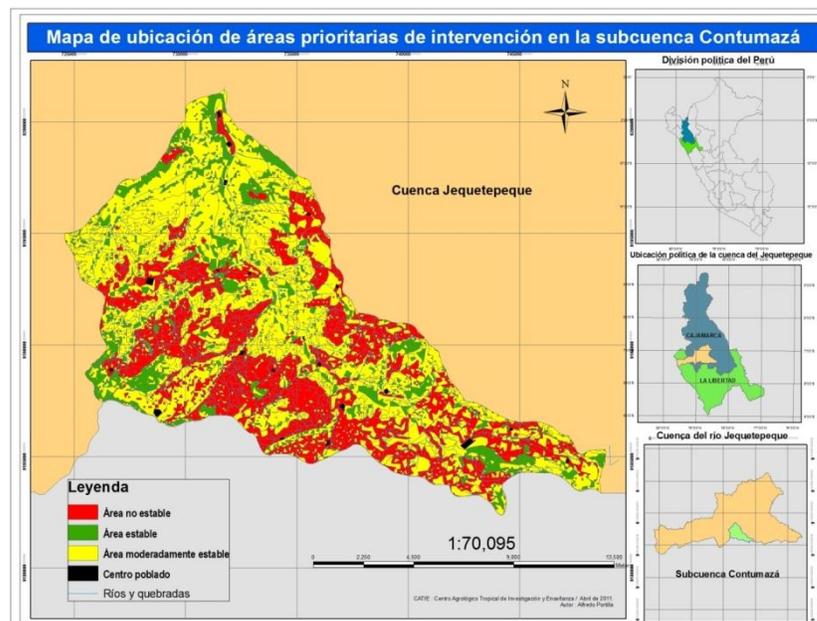
La superficie de áreas no estables prioritarias asciende a 638,10 ha lo que representa un 31% de la superficie agregada de las microcuencas. Mientras que las áreas no estables y no prioritarias alcanza los 390,22 ha (19% de superficie de microcuencas).

En este nivel, las áreas no estables prioritarias representan áreas que requieren atención pronta para comenzar a recuperar el servicio ecosistémico de regulación hídrica al tratarse de superficies agrícolas en terrenos no aptos para tal actividad (capacidad natural del terreno es forestal con pendientes pronunciadas). La propuesta implica hacer un cambio de uso del suelo hacia la reforestación en macizo o silvopastura con siembra nueva.

Mientras las áreas no estables y no prioritarias son unidades adecuadamente utilizadas porque se ubican sobre terrenos cuyas capacidades de uso permiten tal aprovechamiento a pesar de tratarse de actividades agrícolas sobre terrenos de pendiente moderada y fuerte. La propuesta de cambio estaría guiada por la implementación de las intervenciones y prácticas de conservación de suelo y agua.

4.1.1.2 En subcuenca Contumaza

Con la finalidad de escalar y dimensionar el volumen del fondo ambiental del Pago por Servicio Ecosistémico Hídrico se repitió el procedimiento a nivel de subcuenca (combinación de bases de datos de pendiente, uso actual del suelo y conflicto de uso). El mapa de áreas prioritarias para la subcuenca Contumaza se aprecia en la Figura 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Ubicación de las áreas prioritarias en subcuenca Contumaza.

Las áreas en color rojo muestran las áreas no estables prioritarias para la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica, ellas no se concentran ni bordean el caucel principal

del río, en cambio se localizan sobre las laderas. En el Cuadro 10 se resume la distribución de áreas prioritarias para la subcuenca del Contumaza y entre paréntesis se consignan sus porcentajes.

Cuadro 10. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en la subcuenca Contumaza.

Áreas	Contumaza
No estables prioritarias (ha)	3.288,99 (17,7%)
No estables y no prioritarias (ha)	2.816,46 (15,1%)
Moderadamente estables (ha)	9.955,30 (53,4%)
Estables (ha)	2.504,67 (13,4%)
Otros (ha)	71,75 (0,4%)
Total	18.637,17

Fuente: Elaboración propia

La superficie de áreas no estables prioritarias asciende a 3.288,99 ha lo que representa un 17,7% de la superficie de la subcuenca. El porcentaje de intervención es inferior en comparación con las microcuencas.

4.1.1.3 En cuenca Jequetepeque

Como los principales demandantes del servicio ecosistémico (centros urbanos medianos, agricultores comerciales y empresa de generación de energía) se ubican en la cuenca baja y media de Jequetepeque se escalo nuevamente hacia el nivel de cuenca. Sin embargo, a este nivel, debido a la ausencia de la capa de conflicto de uso, no fue posible identificar las áreas prioritarias dentro de las áreas no estables en la cuenca (Figura 11).



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Ubicación de áreas no estables en la cuenca Jequetepeque.

En este caso, las áreas no estables no se localizan en las proximidades del río principal. La cuenca alta se subdivide en dos, una con dirección al nor-este y la segunda con dirección sur-este. La sección al nor-este presenta en su cabecera mayores áreas estables para la provisión del servicio ecosistémico en comparación con la sección al sur-este. Un emblemático proyecto de reforestación²⁹ iniciado en la década de los años 70 y financiado por Cooperación Belga se ubica sobre el sector que muestra mayores áreas estables.

En el Cuadro 11 se resume la distribución de áreas no estables, moderadamente estables y estables para la cuenca del Jequetepeque y entre paréntesis se consignan sus porcentajes.

²⁹ Especies forestales utilizadas en reforestación de Granja Porcon *Eucaliptus globulus* y *Pinusradiata*

Cuadro 11. Distribución de distintos tipos de áreas de provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica en la cuenca Jequetepeque.

Áreas	Jequetepeque
No estables (ha)	48.563,16 (11,1%)
Moderadamente estables (ha)	205.057,49 (47,0%)
Estables (ha)	176.981,63 (40,6%)
Otros (ha)	5.426,30 (1,2%)
Total	436.028,58

Fuente: Elaboración propia

La superficie de áreas no estables asciende a 48.563,16 ha lo que representa un 11,1% de la superficie de la cuenca. El porcentaje de intervención es inferior en comparación con las microcuencas y subcuenca.

4.1.2 Potenciales proveedores del servicio del servicio ecosistémico regulación hídrica en microcuencas

Para caracterizar a los proveedores del servicio ecosistémico se utilizó información primaria levantada a través de una encuesta por el proyecto CESA (Medrano 2007). La unidad de análisis de la encuesta lo constituye las familias productoras de las microcuencas (tamaño de muestra 210 familias en las tres microcuencas). Los proveedores están distribuidos en nueve caseríos (49% Ayambla, 35% Ahijadero y 16% La Succha) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Ubicación de los potenciales proveedores del servicio ecosistémico.

Microcuenca	Distrito	Caserío	Numero familias
Ayambla	Santa Cruz de Toledo	Ayambla	56
	Guzmango	Congadipe	20
	Guzmango	Amanchaloc	38
	Guzmango	Verdugal	13
	Guzmango	Cruz Grande	36
Ahijadero	Santa Cruz de Toledo	Los Higos	61
	Guzmango	Ahijadero	56
La Succha	Guzmango	Succha	46
	Santa Cruz de Toledo	Cabuyal	6

Fuente: INEI. Censo 2005

La edad promedio de los proveedores es 47 años. Con respecto al género, sólo el 17% de las pequeñas unidades productivas están dirigidas por mujeres. El nivel educativo es el siguiente 10% son analfabetos, 83% tiene algún nivel de educación primaria y solamente 7% secundaria (Medrano 2007).

Según Medrano (2007) alrededor del 98% se dedica a la agricultura, 72% al aprovechamiento pecuario y 52% a la utilización forestal. Existen productores que combinan en su unidad productiva por lo menos dos explotaciones, siendo la más recurrente la agricultura y ganadería (en 70% de las unidades productivas). Por último, aproximadamente un 30% de los encuestados sale de su caserío alguna vez del año a emplearse en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque como jornaleros.

4.1.2.1 Tenencia del suelo

En el (Cuadro 13) se muestra la superficie promedio de cada unidad agrícola productiva según el tipo de tenencia de la tierra a nivel general y detallado por microcuencas.

Cuadro 13. Régimen de tenencia de la tierra en microcuencas (promedio en ha).

Microcuenca	Tipos de tenencia				Promedio
	Propia	Alquilada	Cedida	Al partir	
Ayambla	1,79	0,32	0,09	0,11	2,30
Ahijadero	1,39	0,07	0,02	0,00	1,48
La Succha	1,27	0,00	0,00	0,00	1,35
Promedio	1,57	0,18	0,06	0,05	1,87

Fuente: Medrano 2007

Según Medrano (2007) los productores de las tres microcuencas usufructuaron en la última campaña alrededor de 1,87 ha (promedio). A nivel desagregado, los productores que mayor dominio tenían sobre las tierras explotadas fueron los de la microcuenca de Ayambla (2,30 ha), seguidos por los de Ahijadero (1,48 ha) y con un menor derecho los de La Succha (1,35 ha).

La superficie de las unidades productivas propias es superior a las unidades productivas alquiladas, cedidas o al partir. Solamente un 3% de ellas están debidamente inscritas en Registros Públicos (97% de la titularidad de parcelas proviene de certificados de posesión, herencia y contratos de compra-venta). El mercado de tierras esta pobremente desarrollado (17% de la propiedad deviene de un contrato de compra-venta) que contrasta con el 53% que se deriva vía herencia (Medrano 2007).

Otra característica a resaltar es el pequeño tamaño de las unidades agrícolas, el 84% de los proveedores poseen unidades productivas menores a 1 ha; 9% con superficie de unidades agrícolas entre 1,1 a 2 ha y solamente 7% con superficies por encima de las 2 ha (trío de microcuencas).

El porcentaje de la superficie de tierras propias aprovechadas en las tres microcuencas es 72,5%, 10,9% esta alquilada, 7,3% prestada o cedida a terceros, 9,3% al partir. El análisis de nivel de cada microcuenca se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Porcentajes del régimen de tenencia por microcuencas.

	Propia	Alquilada	Prestada	Al partir
Ayambla	64,7	15,8	9,8	9,8
Ahijadero	81,0	7,6	2,5	8,9
La Succha	82,9	0,0	8,6	8,6
Promedio	72,5	10,9	7,3	9,3

Fuente: Encuesta 2007

En Ayambla, el porcentaje de tenencia propia de la tierra es inferior al promedio del trío de microcuencas ello porque sus promedios de alquilada, prestada y al partir son superiores al promedio de las microcuencas. Además, en La Succha no se alquila tierras para la producción agrícola.

En las microcuencas cada proveedor del servicio ecosistémico posee 2,6 parcelas. En Ayambla la parcelación es ligeramente superior (2,9 parcelas/proveedor) a diferencia de

Ahijadero y La Succha con parcelaciones inferiores al promedio de las microcuencas (2,4 parcelas/productor en Ahijadero y 2,3 parcelas/proveedor en La Succha) (Medrano 2007).

4.1.2.2 Uso del suelo

La superficie promedio de la unidad agrícola productiva a las tres microcuencas es 1,87 ha/parcela. En Ayambra dicha superficie es superior (2,30 ha/parcela) y menor en Ahijadero y La Succha (1,48 y 1,35, respectivamente). La superficie de las unidades agrícolas en las microcuencas de estudio no es dispersa con valores máximos de 3,5 ha y mínimos de 0,05 ha.

Según Medrano (2007) la cedula de cultivo esta compuestos por cultivos de “pan llevar” como trigo, maíz, cebada, haba, papa, entre otros. Además, el cultivo con mayor superficie de siembra es trigo (43,8%), seguido por maíz (19,4%) y alverja (15,3%) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de uso del suelo en microcuencas (superficie promedio de unidad productiva).

Microcuencas	Trigo	Maíz	Alverja	Cebada	Haba	Papa	Alfalfa	Otros
Ayambra	41,6%	19,0%	16,3%	5,4%	2,7%	6,8%	3,6%	3,3%
	(1,05)	(0,18)	(0,19)	(0,04)	(0,03)	(0,04)	(0,03)	
Ahijadero	41,0%	20,1%	14,6%	4,2%	6,3%	9,7%	1,4%	2,8%
	(0,57)	(0,13)	(0,11)	(0,03)	(0,05)	(0,06)	(0,01)	
La Succha	60,4%	18,9%	13,2%	5,7%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%
	(0,75)	(0,13)	(0,09)	(0,05)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	
Total	43,8%	19,4%	15,3%	5,0%	3,8%	6,9%	2,4%	3,3%
	(0,82)	(0,15)	(0,14)	(0,04)	(0,03)	(0,05)	(0,02)	

Fuente: Medrano 2007

La Succha es una microcuenca con predominio de trigo y ausencia de siembra de papa, haba y alfalfa. En Ahijadero predomina ligeramente el cultivo de papa en comparación con Ayambra. En cambio, en Ayambra predomina la alfalfa en comparación con Ahijadero. El trigo es el principal cultivo en las tres microcuencas; además, el maíz, cebada y alverja son cultivos con porcentajes muy uniformes a las tres microcuencas.

Dentro de la actividad agrícola, el trigo es el cultivo de mayor superficie de siembra (172,05 ha) seguido por maíz (31,72 ha) y alverja (38,83 ha); mientras que un 45% de los productores agrícolas cultivan trigo, 19% cultivan maíz y 15% cultivan alverja. La superficie promedio de siembra del trigo es 0,82 ha, 0,15 ha para el maíz y 0,14 ha para la alverja. A

continuación se presenta la lista completa de cultivos, y superficie promedio de las unidades agrícolas para las microcuencas de estudio (Cuadro 16).

Cuadro 16. Características productivas agrícolas en las microcuencas.

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Promedio de unidad productiva (ha)
Trigo	172,05	0,82
Maíz	31,73	0,15
Alverja	30,83	0,15
Cebada	8,12	0,04
Haba	6,15	0,03
Frejol	1,50	0,01
Papa	9,05	0,05
Alfalfa	4,50	0,02
Ajo	2,50	0,01
Lenteja	1,13	0,01
Camote	0,25	0,01
Hortalizas	0,25	0,01

Fuente: Elaboración propia

En La Succha se concentra el 18% de los productores de trigo, seguido por Ahijadero (32%) y Ayambla (50%). La concentración de productores de papa en Ayambla es 56% y Ahijadero 44%. Para el maíz la concentración de productores es 52% (Ayambla), 36% (Ahijadero) y 12% (La Succha).

Se resaltan los cultivos de trigo, maíz y papa porque un 35% de los entrevistados realizan prácticas productivas a un solo cultivo (trigo o maíz o papa). Mientras que un 65% prefieren sistemas productivos agrícolas tipo policultivo. En el Cuadro 17 se presentan las características productivas en Ayambla, Ahijadero y La Succha.

Cuadro 17. Características productivas en las microcuencas.

VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN	Ayambla	Ahijadero	La Succha
Sistemas de labranza	Movilización excesiva de suelo	Movilización excesiva de suelo	Movilización excesiva de suelo
Actuales prácticas de conservación en pocas familias	Terrazas de formación lenta, surcos en contorno, cerros vivos	Terrazas de formación lenta	Terrazas de formación lenta
Sistemas hidráulicos agrícolas (canales o embalse pequeños)	No se reporta	No se reporta	No se reporta
Fuente agua de uso agrícola	Precipitación	Precipitación	Precipitación
Tipo de agricultura	Secano	Secano	Secano
Superficie de pastos naturales	Con disponibilidad	Escasa	Escasa
Superficie de pastos cultivados	Escaso	No existe	No existe
Bosques nativos	En fragmentos y dispersos	En fragmentos y dispersos	En fragmentos y dispersos

Fuente: Cerna et al. 2007

Las unidades productivas en las microcuencas, independientemente si se ubican en áreas prioritarias o no, predomina un sistema de labranza que provoca un movimiento excesivo de tierras. No obstante, algunos productores agrícolas implementan prácticas de conservación de agua y suelo (cerros vivos, surcos en contorno y terrazas de formación lenta) (Cerna et al. 2007). Los beneficios de las prácticas conservacionistas pueden ser insuficientes al considerar que los actuales sistemas de labranza movilizan una excesiva cantidad de suelo, es escasa la superficie de pastos cultivados o naturales y la superficie de bosque es fragmentada y dispersa.

4.1.2.3 Diversificación de cultivos

La diversificación de cultivos en los proveedores se produce en el 65% de los proveedores del servicio ecosistémico³⁰. Esta diversificación de cultivos suele producirse en la región andina con mucha frecuencia y responde a la necesidad de provisión variada de alimentos en condiciones de agricultura de subsistencia, zonas alejadas al mercado, poblaciones en condiciones de extrema pobreza, entre otros factores.

³⁰ 35% de proveedores manejan únicamente un cultivo, 40% dos cultivos, 19% tres cultivos, 4% cuatro cultivos, 2% manejan cinco y seis cultivos a la vez (promedio para las microcuencas)

Si la estrategia para reducir el riesgo de pérdidas es la diversificación de cultivos en cada productor ¿cómo alcanzarla si el productor carece de una fuente constante de agua?, ¿cómo atender los diferentes planes de riego de cada cultivo? El 72% de las unidades productivas dependen del agua de lluvia para regar (tierras de secano) y solamente en un 26% de las parcelas agrícolas el sistema de riego es por gravedad o 2% dependen del agua de pozo (subterránea). La incertidumbre y dependencia del agua de lluvia es marcada y no existen obras hidráulicas de almacenamiento temporal de agua.

Se empleo un modelo logit para encontrar las variables que podrían explicar la diversificación de cultivos (policultivo) en los agricultores de las microcuencas. La variable independiente del modelo es diversificación de cultivo (1 cuando diversifica y 0 cuando no diversifica) mientras que las variables independientes o explicativas fueron las siguientes:

- a) superficie de siembra (área cultivada por el productor),
- b) proporción de la producción destinada a la venta,
- c) tipo de riego (gravedad, secano³¹ y pozo),
- d) régimen de tenencia de la tierra (título de propiedad inscrito en registros públicos, título en trámite en registros públicos, certificado de posesión, sin título de propiedad y herencia),
- e) Recibir asistencia en organización, y
- f) ubicación en microcuencas (Ayambla, Ahijadero, La Succha)

Las estadísticas descriptivas de las variables seleccionadas se muestran a continuación(Cuadro 18).

Cuadro 18. Estadística descriptiva de las variables dependientes.

VARIABLES	PROMEDIO	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÁXIMO	MÍNIMO
Superficie sembrada (ha)	1,3	1,0	0,9	5,8	0,1
Producción vendida/ producción total	0,2	0,2	0,2	0,9	0,0

Fuente: Elaboración propia

Un 34% de los entrevistados se localizan en la microcuenca Ahijadero, en La Succha un 16% y 50% en Ayambla. El riego por secano es el tipo de riego más frecuente 81% de los entrevistados, seguido por el riego por gravedad (18%) y pozo (1%). Respecto al régimen de

³¹ Cuando el agua de riego proviene de las lluvias.

tenencia mayormente los entrevistados no poseen registros de propiedad de sus tierras (3%), un 39% poseen certificados de posesión y 48% manifiestan que la titularidad sobre la tierra es por herencia; además, 6% no poseen ningún título de propiedad.

Luego de correr el modelo logit los resultados se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Resultados del modelo logit en las microcuencas.

Diversificación de cultivos	Coefficiente	p > z
Superficie sembrada	1,852	0,000
Producción vendida/ producción total	-1,817	0,076
La Succha	-1,143	0,067
Ahijadero	0,341	0,503
Riego por gravedad	1,223	0,001
Riego seco	0,831	0,001
Certificado posesión tierra	0,800	0,006
Recibir asistencia en organización	-1,273	0,067
Constante	-3,137	0,000

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de resultados indican que las probabilidades de diversificar los cultivos se incrementan (sistema productivo agrícola de policultivo) con la superficie agrícola sembrada (a mayor superficie de siembra mayores probabilidades de diversificar sus cultivos); similar comportamiento se reporta para las variables microcuena Ahijadero, riego por gravedad y seco, y si poseen certificado de posesión sobre la tierra. Las variables independientes proporción de la producción destinada a la venta (proxy al excedente del productor), recibir asistencia técnica en organización y la microcuena La Succha disminuyen la probabilidad de diversificación de cultivos.

Las variables La Succha, Ahijadero, proporción de la producción destinada a la venta, y recibir asistencia técnica en organización son relevantes al modelo y por tal razón son retenidas a pesar de presentar una significancia estadística mayor al 5%.

En su conjunto, las variables seleccionadas son estadísticamente significativas, es decir, las variables elegidas, en conjunto, permiten explicar la variable endógena diversificación de cultivos para el productor agrícola de las microcuencas del área de estudio. El Cuadro 20 presenta los resultados del análisis de efectos marginales.

Cuadro 20. Resultados de los efectos marginales del modelo logit.

Diversificación de cultivos	dy/dx	p > z
Superficie sembrada	0,205	0,000
Producción vendida/ producción total	-0,201	0,075
La Succha	-0,167	0,144
Ahijadero	0,036	0,489
Riego por gravedad	0,135	0,001
Riego seco	0,092	0,002
Certificado posesión tierra	0,088	0,003
Recibir asistencia en organización	-0,199	0,154

Fuente: Elaboración propia

Ahora procederemos a interpretar el resultado de los efectos marginales de las variables seleccionadas.

Su interpretación es la siguiente: cuánto es el incremento en la probabilidad de diversificación de cultivos cuando la variable independiente (superficie de siembra, proporción de la producción destinada a la venta) se incrementa en una unidad. La interpretación es diferente si la variable explicativa es dummy; por ejemplo, cuánto se incrementa la probabilidad de diversificar los cultivos si el productor se localiza en la microcuenca La Succha con respecto a la microcuenca Ayambla (línea base).

El coeficiente del efecto marginal de superficie sembrada es 0,205; es decir la probabilidad de diversificar cultivos aumentará en 21% si la superficie sembrada de cada agricultor se incrementa en una hectárea (a mayor superficie de siembra mayor probabilidad optar por un sistema agrícola productivo tipo policultivo) siendo la variable estadísticamente significativa ($p < 0,05$). A pesar que ésta variable tiene una elevada contribución a la probabilidad de diversificación de cultivos es conveniente recordar que los productores cuentan con unidades productivas pequeñas por las restricciones físico-ambientales de las microcuencas. En las microcuencas, éste efecto marginal se encuentra restringido, seriamente, por las restricciones físico-ambientales siendo muy difícil incrementos unitarios sobre la superficie de las unidades productivas.

El efecto marginal del riego por gravedad es 0,135; es decir la probabilidad de diversificar cultivos se incrementa en 14% cuando el sistema de riego es por gravedad respecto al riego con agua de pozo. La variable es estadísticamente significativa.

Para el riego tipo seco el efecto marginal es 0,092 lo que significa que las probabilidades de diversificación de cultivos se incrementan en 10% cuando el sistema de riego es seco respecto al sistema de agua de pozo. La variable es estadísticamente significativa. A pesar que el riego tipo seco es más frecuente con respecto al riego por gravedad sus contribuciones para incrementar las probabilidades de diversificación de cultivos son menores en comparación con el riego por gravedad.

Respecto al régimen de tenencia de la tierra, el efecto marginal es 0,088; es decir que las probabilidades de diversificación de cultivos se incrementan en 9% por cada unidad productiva que el titular obtenga su certificado de posesión (la variable es estadísticamente significativa). Un 39% de las parcelas agrícolas productivas se encuentra bajo la condición posesionadas, es decir no existe un régimen de tenencia debidamente inscrito en registros públicos (sólo un 6% de las parcelas se encuentran con títulos debidamente registrados o en proceso de inscripción).

La tenencia formal de la tierra, a través de los títulos de propiedad, no es una característica frecuente en las microcuencas. Cuando existe titularidad formal sobre la tierra se identifica al propietario de la misma como la persona responsable en implementar los cambios de uso del suelo o prácticas de conservación de agua y suelo. Durante la aplicación del pago por servicios ecosistémicos es muy importante la identificación ofertantes y demandantes, ambas partes asumen compromisos contractuales que son sujeto de monitoreo y evaluación que retroalimenta al mecanismo de pago. La ausencia de derechos formales sobre la tenencia de la tierra pone en riesgo la viabilidad del mecanismo y se convierte en un problema de fondo a reducir, y porque no, superar antes de la aplicación del mecanismo.

La probabilidad de diversificar los cultivos disminuirá en 20% si la proporción de la producción destinada a la venta se incrementa en una unidad. Es decir, cuando se produzca el incremento de una unidad en la proporción de la producción destinada al mercado la probabilidad de diversificar cultivos disminuye en 20%. La variable no es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) pero es relevante al modelo.

Las condiciones de agricultura de subsistencia de los productores agrícolas en las microcuencas de estudio son responsables que sólo una pequeña proporción de la producción se destine al mercado. No se esperaría que la proporción de la producción destinada a la venta sufra incrementos fuertes debido a las actuales condiciones socioeconómicas de las microcuencas a pesar del efecto marginal reportado.

Si el productor se encuentra en la microcuenca Ahijadero, su probabilidad de diversificar se incrementa en 4% en comparación con la microcuenca Ayambra. Es decir, si el productor se encuentra en Ahijadero tiene una probabilidad de seleccionar un sistema productivo agrícola tipo policultivo en comparación con Ayambra. La variable no es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) pero es relevante al modelo.

En cambio si el productor se encuentra en la microcuenca La Succha, su probabilidad de diversificar se reduce en 17% en comparación con Ayambra. Es decir, si el productor se encuentra en La Succha tiene una probabilidad de seleccionar un sistema productivo agrícola tipo monocultivo en comparación con Ayambra. La variable no es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) pero es relevante al modelo.

En resumen, el modelo seleccionado presenta un porcentaje de clasificar correctamente la diversificación de cultivos del 85%.

Finalmente, el modelo seleccionado que explica el comportamiento de la variable dependiente diversificación de cultivos como sistema productivo agrícola a partir de las variables explicativas detalladas, permite entender porque un productor típico a las microcuencas de estudio decide optar por un sistema agrícola diversificado. Podría resumirse de la siguiente manera: elijo un sistema policultivo porque trabajaré en una tierra que es casi mía y la aprovecho, porque tengo limitaciones de acceso a un sistema de riego tecnificado (o porque no tengo condiciones instaladas mínimas de riego), porque mis superficies de siembra son pequeñas y porque mi proporción de producción destinada al mercado es pequeña.

4.1.2.4 Rendimientos productivos

Los estadísticos para el rendimiento de los principales cultivos en las microcuencas según el riego seco se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Rendimientos productivos en las microcuencas (kg/ha-año) para riego seco.

Variabes	Trigo	Maíz	Alverja	Papa	Cebada	Haba	Alfalfa
Promedio	879,11	358,99	543,74	8.770,10	863,88	876,56	1.253,33
n	102	45	34	17	14	12	3
DE	507,40	502,18	336,81	6.066,64	477,97	802,17	2.032,27
Max	2.760,00	2.600,00	1.840,00	23.000,00	1.840,00	2.300,00	3.600,00
Min	115,00	11,50	69,00	1.200,00	230,00	92,00	80,00

Fuente: Elaboración propia

Mientras que los estadísticos para el rendimiento de los principales cultivos en las microcuencas según el riego por gravedad se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Rendimientos productivos en las microcuencas (kg/ha-año) para riego por gravedad.

Variables	Trigo	Maíz	Alverja	Papa	Cebada	Haba	Alfalfa
Promedio	825,59	221,50	449,65	8.280,00	s.d.	235,75	s.d.
n	35	7	10	2	s.d.	2	s.d.
DE	439,06	148,35	227,40	9.107,54	s.d.	73,19	s.d.
Max	1.725,00	460,00	920,00	14.720,00	s.d.	287,50	s.d.
Min	103,50	69,00	57,50	1.840,00	s.d.	184,00	s.d.

s.d.: sin datos

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó una prueba t-student a los rendimientos de los cultivos trigo, maíz y alverja para verificar si hay o no diferencias significativas entre ellos según el tipo de riego (gravedad versus seco). Existen diferencias estadísticamente significativas para los rendimientos productivos de maíz y alverja, más no así para los rendimientos de trigo ($p < 0,05$). Es decir, los rendimientos del trigo no están afectados por el tipo de riego.

Los estadísticos del rendimiento son muy variables principalmente para papa, alfalfa, trigo, maíz y haba. Tomando en cuenta que la agricultura es la principal actividad económica en las microcuencas, ella será muy relevante al determinar la rentabilidad económica; análisis particulares podrían necesitarse en el futuro.

Para la valoración económica se utilizó el promedio del rendimiento del trigo a las tres microcuencas. Inicialmente, se evaluó considerar los rendimientos de maíz y papa. Sin embargo, se determinó que el maíz al ser un cultivo de subsistencia presenta rendimientos promedio económicos negativos, y la papa no sería representativa del trío de microcuencas porque no es sembrada en La Succha.

4.1.2.5 Ingresos económicos

Los siguientes cálculos se realizaron a partir de la base de datos de la encuesta del proyecto CESA. En las tres microcuencas, el trigo contribuyó con 75,9% a los ingresos de los productores agrícolas que sólo siembran tal cultivo. Otras fuentes de ingresos son subproductos agrícolas (19,2%), forestal (3,8%) y frutales (1,1%).

Para el caso de productores que siembran únicamente maíz la distribución de las fuentes del ingreso es 56,5% (agrícola), 28,8% (subproductos agrícolas), 11,6% (forestal) y 3,1% (frutal). Para el caso de productores de papa, la totalidad de sus ingresos provienen de dicho cultivo.

Los estadísticos del rendimiento económico anual para agricultores que sembraron únicamente trigo, en terrenos con sistemas de riego tipo secano, se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Rendimientos económico del trigo en riego secano (n=42).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	139,4	112,2	27,2	28,0
DE	137,8	109,1	85,7	77,4
Max	657,1	458,6	198,6	212,9
Min	0,0	0,7	-286,8	-143,4

Fuente: Encuesta 2007

Los estadísticos del rendimiento económico anual para agricultores que sembraron únicamente trigo en terrenos con sistemas de riego por gravedad se muestran en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Rendimientos económico del trigo en riego por gravedad (n=7).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	160,2	86,1	74,1	67,2
DE	231,3	74,6	157,2	106,4
Max	678,6	251,8	426,8	284,5
Min	25,0	37,1	-12,1	-24,3

Fuente: Encuesta 2007

Al realizar un prueba t-student se reporta que existen diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos económicos del cultivo trigo regado por gravedad que por secano ($p > 0,05$). Los mayores rendimientos económicos del trigo se producen en el sistema de riego por gravedad (67,2 US\$/ha-año).

Similar análisis se realizó para el cultivo maíz y los resultados de estadística descriptiva para riego por secano se muestran en el Cuadro 25 y para riego por gravedad en el Cuadro 26.

Cuadro 25. Rendimientos económico del maíz en riego seco (n=6).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	23,1	52,5	-29,4	-45,7
DE	21,2	38,7	34,3	42,2
Max	53,6	122,1	1,8	0,0
Min	0,0	12,5	-93,6	-124,8

Fuente: Encuesta 2007

Cuadro 26. Rendimientos económico del maíz en riego por gravedad (n=2).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	23,1	4,4	18,8	17,5
DE	21,7	6,2	27,9	29,8
Max	38,6	8,8	38,6	38,6
Min	7,9	0,0	-0,9	-3,6

Fuente: Encuesta 2007

La rentabilidad es negativa cuando el sistema de riego es tipo seco, es decir cuando depende del agua de lluvia en comparación si fuese un sistema por gravedad. Sin embargo, al tener una muestra muy pequeña se requieren de mayores estudios. La rentabilidad económica del maíz combinando ambos sistemas de riego es negativa (-29,9 US\$/ha-año).

Los estadísticos del cultivo papa arrojan ganancias en ambos tipos de riego, los resultados se muestran en los Cuadros 27 y 28.

Cuadro 27. Rendimientos económico de la papa en riego seco (n=3).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	294,0	191,8	102,3	204,5
DE	161,6	139,3	193,9	387,8
Max	464,3	346,4	311,4	622,9
Min	142,9	76,1	-71,4	-142,9

Fuente: Encuesta 2007

Cuadro 28. Rendimientos económico de la papa en riego por gravedad (n=2).

Variables	Ingresos (US\$)	Costos (US\$)	Ganancia (US\$)	Rendimiento económico (US\$/ha-año)
Promedio	119,6	61,3	58,4	241,6
DE	93,4	3,3	90,2	349,3
Max	185,7	63,6	122,1	488,6
Min	53,6	58,9	-5,4	-5,4

Fuente: Encuesta 2007

Las mayores ganancias se obtienen con el sistema de riego por gravedad.

En resumen, hay ganancias para trigo para ambos sistemas de riego (cultivo común en las tres microcuencas). Para el maíz hay pérdidas cuando el sistema de riego es de secano, caso contrario hay ganancias. En el caso de la papa se obtuvieron ganancias para ambos tipos de riego, pero se trata de un cultivo solamente ubicado en La Succha.

Otro análisis realizado fue el referido a las rentabilidades económicas de los productores que diversifican o no diversifican. Los resultados de la estadística descriptiva se muestran en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Rendimientos económicos con y sin diversificación de cultivos.

Variables	Con diversificación de cultivos (US\$/ha-año)	Sin diversificación de cultivos (US\$/ha-año)
Promedio	85,2	30,2
n	135	67
DE	126,1	168,3
Max	919,1	905,7
Min	-152,9	-535,7

Fuente: Encuesta 2007

Los resultados indican que el promedio del rendimiento económico con diversificación de cultivos es superior al promedio del rendimiento sin diversificación de cultivos para las tres microcuencas. Se aplicó una prueba t-student a los rendimientos pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

4.2 Costos asociados al cambio del uso del suelo que favorece la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica

A continuación se describen las intervenciones alternativas de cambio de uso del suelo propuestas por el proyecto CESAHS y las prácticas de conservación de agua y suelo, actualmente, empleadas por algunos productores de las microcuencas.

Luego, se detalla el procedimiento para la estimación de los costos totales por las intervenciones de cambio de uso del suelo seleccionadas (en áreas no estables y prioritarias) y el procedimiento para la aplicación del índice de uso del suelo en las prácticas de conservación de agua y suelo y algunas intervenciones de cambio de uso del suelo (en áreas no estables no prioritarias).

4.2.1 Intervenciones alternativas y el índice de valor de uso del suelo

Como se indica en la metodología, luego de definir las prácticas de conservación de agua y suelo a implementarse y así cambiar el uso de suelo, se procedió a modificar el índice de valor de uso del suelo propuesto por Alpizar y Madrigal (2005).

En el Cuadro 30 se presenta el índice de valor de uso del suelo modificado y acondicionado para la realidad de las tres microcuencas y aproximado a la cuenca Jequetepeque. Revisión de literatura y consulta con profesionales en manejo de cuencas permitió ampliar y precisar la descripción de las intervenciones previstas.

Cuadro 30. Usos y prácticas de conservación de suelo y agua para las microcuencas en el índice de valor de uso del suelo.

Categoría	Uso del suelo	Descripción	Valor del IVUS
Agricultura convencional	Cultivos anuales (prácticas tradicionales)	Manejo tradicional de los cultivos, con uso de agroquímicos, sin obras físicas y sin prácticas culturales de conservación de suelo y agua	0,0
	Cultivos anuales (prácticas tradicionales con abonos orgánicos, sin obras físicas de conservación)	Manejo tradicional de los cultivos, con uso de abonos orgánicos, sin obras físicas y sin prácticas culturales de conservación de suelo y agua	0,2
	Cultivos anuales	Manejo tradicional de los cultivos, con uso de	0,3

	(prácticas tradicionales con obras físicas de conservación)	agroquímicos, con obras físicas y sin prácticas culturales de conservación de suelo y agua	
	Cultivos anuales con obras físicas y prácticas sostenibles al ambiente	Manejo tradicional de los cultivos, con uso de abonos orgánicos, con obras físicas y con prácticas culturales de conservación de suelo y agua	0,6
Agroforestería	Agricultura con agroforestería (AG-AF)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas agroforestales: linderos, hileras 2. Prácticas culturales: incorporación de abonos (gallinaza, guano de islas, compost), incorporación de rastrojos, rotación de cultivos, cultivos asociados, labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego tecnificado, riego por gravedad 4. Prácticas de obras físicas: acequias de desviación (en cabecera de parcela) 	0,5
	Agroforestería con surcos en contorno (AF-SC)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas agroforestales: linderos, hileras 2. Prácticas culturales: incorporación de abonos (gallinaza, guano de islas, compost), incorporación de rastrojos, rotación de cultivos, cultivos asociados, surcos en contorno, labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego tecnificado, riego por gravedad 4. Prácticas de obras físicas: acequias de desviación 	0,6
	Agroforestería con terrazas (AF-TE)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas agroforestales: linderos, hileras, barreras vivas 2. Prácticas culturales: incorporación de abonos (gallinaza, guano de islas, compost), incorporación de rastrojos, rotación de cultivos, cultivos asociados, labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego tecnificado, riego por gravedad 4. Prácticas de obras físicas: terrazas de formación lento con muro de piedra, terrazas de formación lenta con talud de tierra, acequias de desviación 	0,8

Silvopasturas	Silvopastura con siembra nueva (SL-NU)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas agroforestales: linderos, hileras 2. Prácticas culturales: incorporación de abonos (gallinaza, guano de islas, compost), labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego tecnificado, riego por gravedad 4. Prácticas de obras físicas: acequias de desviación 	0,7
	Silvopastura con repoblamiento (SL-RE)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas agroforestales: linderos, hileras 2. Prácticas culturales: abonamiento, rotación de pastoreo, labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego por gravedad 4. Prácticas de obras físicas: zanjas de infiltración 	0,9
Bosques y plantaciones	Reforestación en macizo (RE-MA)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas forestales: sistema de plantación (tres bolillos) 2. Prácticas culturales: incorporación de abonos (gallinaza), labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario, raleos) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego por gravedad 	0,6
	Protección de bosques naturales (PR-BQ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prácticas forestales: repoblamiento con especies nativas 2. Prácticas culturales: protección (cercado de áreas), labores forestales (deshierbo, abonamiento, podas, control fitosanitario, raleo) 3. Prácticas de manejo y uso de agua: riego por gravedad 	1,0

Fuente: Adaptación propia a partir de Alpizar y Madrigal 2005

La descripción de los usos del suelo a implementar es amplia y no restrictiva a unas prácticas específicas, es decir no define las especies vegetales a implantar, sean ellas especies arbustivas o arbóreas.

Con la aplicación de éste índice, se busca incentivar la contribución marginal de los usos del suelo para ofertar y provisionar el servicio ecosistémico (asumiendo que existe una relación dosis respuesta). Por ello, el índice de valor del uso del suelo servirá de guía para el

pago por servicio ecosistémico y garantizará mayores “premios” o pagos para aquellos proveedores que generen más servicios ecosistémicos (pagos justos y eficientes).

Si se incorporan prácticas sostenibles en las actividades productivas no sólo se puede generar un incremento en la provisión del servicio ecosistémico, sino también un aumento en la rentabilidad del productor. Dado que algunas de ellas mejoran la productividad y reducen los costos (Retamal 2006).

4.2.2 Costos de las prácticas que favorecen la provisión del servicio ecosistémico

Los costos de las intervenciones de cambio de uso del suelo y de las prácticas de conservación de agua y suelo que favorecen la provisión del servicio ecosistémico se desarrollan a continuación.

Para las estimaciones de costos en áreas no estables prioritarias se estimó el costo total de instalación y el costo total de mantenimiento más los costos de oportunidad de la producción y laboral.

Para las estimaciones de costos en las áreas no estables no prioritarias se estimó los costos de instalación y mantenimiento de las prácticas de conservación de agua y suelo así como los costos de instalación y mantenimiento de algunas intervenciones de cambio de uso del suelo que no impidan al productor mantener el aprovechamiento productivo de sus tierras.

4.2.2.1 En las áreas no estables y prioritarias de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha

El costo total del cambio de uso del suelo está compuesto por la sumatoria del costo de instalación y mantenimiento de las intervenciones seleccionadas, el costo de oportunidad de la producción y el costo de oportunidad del trabajo. Existen dos tipos de costos totales de cambio de uso del suelo, uno por instalación y el otro por mantenimiento.

4.2.2.1.1 Costo de instalación y mantenimiento de las intervenciones propuestas

Los costos de las intervenciones propuesta por CESAHA se muestra en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Costos de instalación y mantenimiento según intervenciones (US\$/ha).

Intervenciones	Costos instalación	Costos mantenimiento
Agricultura con agroforestería (AG-AF)	285,7	57,1
Agroforestería con surco en contorno (AF-SC)	679,3	66,1
Agroforestería con terraza (AF-TE)	703,6	89,3
Silvopastura con siembra nueva (SL-NU)	371,4	78,6
Silvopastura con repoblamiento (SL-RE)	121,4	23,2
Reforestación en macizo (RE-MA)	741,1	166,1
Protección bosques naturales (PR-BQ)	482,7	107,1

Fuente: Elaboración propia

Las intervenciones indicadas reemplazarán, de manera paulatina y razonable, los actuales usos agrícolas del suelo ya que no contribuyen al aprovisionamiento de la oferta de agua y a la retención de sedimentos. Las intervenciones seleccionadas para el cambio de uso del suelo en las áreas no estables y prioritarias son reforestación en macizo y silvopastura con siembra nueva.

4.2.2.1.2 Costo de oportunidad de la producción

El costo de oportunidad de producción para las tres microcuencas es la ganancia promedio del cultivo trigo en un año. El productor que decida implementar alguna de las intervenciones del proyecto también acepta dejar de percibir dicha ganancia debido al cambio de uso de suelo.

El costo de oportunidad de la producción de trigo se estimó según la siguiente expresión:

$\sum [(ingresos/ha-año) - (costos/ha-año)] =$ ganancia promedio del trigo en microcuencas para el sistema de riego gravedad.

$$\sum [(145,6) - (78,4)] = 67,2$$

$$\text{Ganancia promedio del trigo en microcuencas} = 67,2 \text{ US\$/ha-año}$$

El costo de oportunidad de la producción del maíz es negativo. Es decir, los productores no obtuvieron ganancias sino pérdidas por sembrar dicho cultivo. El costo de oportunidad de la papa es positivo; sin embargo, la papa no se siembra en La Succha.

El costo de oportunidad promedio a las tres microcuencas (trigo) se utiliza durante la valoración económica para determinar los costos totales del cambio de uso de la tierra.

4.2.2.1.3 Costo de oportunidad del trabajo

Se toma en cuenta el criterio de Baltodano (2005) en donde se define al costo de oportunidad laboral como los ingresos potenciales del productor al dejar de trabajar su tierra por decidir la intervención de reforestación en macizo o conservación del bosque (en caso de haber sido seleccionada ésta intervención). En las otras intervenciones el productor puede mantener la producción o por lo menos parte de ella, en consecuencia no se considera un costo de oportunidad. Se utilizó el precio de la jornada laboral en la zona, que asciende a US\$ 3,6/día multiplicado por la cantidad de días hábiles en el año (260 días). El costo de oportunidad laboral a utilizar en la valoración económica ascienda a 936 US\$/año.

El valor del costo de oportunidad laboral se restó del costo de oportunidad de producción porque es una ganancia que tiene el productor y de no hacerlo se doblaría el monto a pagar. Se asume que se requiere un mínimo de 5 personas para atender una hectárea de trigo al año (costo de oportunidad laboral para reforestación en macizo es 187,2 US\$/ha-año).

4.2.2.1.4 Costos totales del cambio de uso de la tierra

En las tres microcuencas se identificaron y clasificaron las categorías de áreas estables, áreas moderadamente estables y áreas no estables. Esta clasificación surgió luego de unir las capas de reclasificación del uso actual del suelo (cultivos, vegetación estable y bosque) con pendientes (ligera, moderada y fuerte). Solamente para las áreas no estables superpuso la capa de conflicto de uso del suelo con la finalidad de identificar y seleccionar las áreas prioritarias de intervención. La capa conflicto de uso del suelo evalúa el grado de explotación del recurso suelo.

Son áreas no estables y prioritarias aquellas superficies agrícolas ubicadas en terrenos con pendiente moderada (15° a 30°) a fuerte (> 30°) y con suelos sobreexplotados (suelos no aptos para la agricultura). En las microcuencas de Ayambla, Ahijadero y La Succha suman 638,10 ha.

En las áreas no estables y prioritarias se propone realizar un cambio de uso del suelo (silvopastura con siembra nueva o reforestación en macizo).

Una vez estimados los costos de instalación y mantenimiento de las diferentes intervenciones que favorecen a la provisión del servicio ecosistémico, además de los costos de oportunidad productiva y laboral se procedió a estimar los costos totales del cambio de uso de la tierra desde un escenario actual (agricultura tradicional) hacia las intervenciones

seleccionadas (silvopastura con siembra nueva o reforestación en macizo). El Cuadro 32 muestra los resultados de todas las intervenciones.

Cuadro 32. Costos totales del cambio del uso de la tierra según intervenciones (US\$/ha-año).

Costo intervención	AG-AF	AF-SC	AF-TE	SL-NU	SL-RE	RE-MA	PR-BQ
C, instalación	285,7	679,3	703,6	371,4	121,4	741,1	482,7
C, mantenimiento	57,1	66,1	89,3	78,6	23,2	166,1	107,1
C, op, producción	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,2	67,2
C, op, laboral	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-187,2	0,0
Año 1	285,7	679,3	703,6	371,4	121,4	621,1	549,9
Año 2	57,1	66,1	89,3	78,6	23,2	46,1	174,3

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

AG-AF: Agricultura con agroforestería

AF-SC: Agroforestería con surcos en contorno

AG-TE: Agroforestería con terrazas

SL-NU: Silvopastura con siembra nueva

SL-RE: Silvopastura con repoblamiento

RE-MA: Reforestación en macizo

4.2.2.2 En las áreas no estables y no prioritarias de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha

Como ya fue indicado las áreas no estables y no prioritarias aparecen luego de unir la capa de conflictos de uso con la capa de áreas no estables (unión de las capas reclasificación del uso actual del suelo con la capa de pendiente).

Son áreas no estables y no prioritarias a aquellas superficies agrícolas en terrenos con pendiente moderada (15° a 30°) a fuerte (> 30°) y con suelos aptos para la agricultura. En las microcuencas de Ayambla, Ahijadero y La Succha suman 390,22 ha.

Las áreas no estables y no prioritarias requieren de la incorporación de prácticas de conservación de agua y suelo (surcos en contorno o terrazas) o de intervenciones que permitan mantener la producción agrícola de la unidad productiva (sistemas agroforestales o silvopasturas).

Proponer las medidas indicadas para las áreas no estables y no prioritarias implica reconocer que si bien algunos usos actuales del suelo no favorecen la provisión del servicio ecosistémico, se están desarrollando en tierras cuya capacidad de uso mayor les permite mantener. En consecuencia, surgen las siguientes preguntas ¿es posible desincentivar la actual

implementación de prácticas productivas que no favorecen la provisión del servicio ecosistémico?, ¿cómo influenciar al productor agrícola para que seleccione las prácticas que favorezcan la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica?, ¿cómo volver más atractivo a los sistemas agroforestales o silvopastoriles en comparación con los actuales sistemas productivos agrícolas?

Existen limitaciones para responder las preguntas propuestas si tomamos en cuenta que no se cuenta con una función dosis respuesta que vincule, cuantitativamente, los diferentes usos de la tierra con la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica.

El índice de uso del suelo propuesto por Alpizar y Madrigal (2005) es una herramienta inicial para dar respuestas, parciales, a las preguntas propuestas y sirve de soporte para la presente investigación, ordenando los usos del suelo según su contribución a la provisión del servicio ecosistémico. Se modificó y acondicionó el índice de uso del suelo a las condiciones de la zona de estudio.

A través del índice modificado se reconoce que existen usos productivos del suelo que favorecen el suministro del servicio ecosistémico, y entre los usos productivos algunos contribuyen más que otros a la provisión del servicio ecosistémico (silvopasturas versus agroforestería). Es decir, los ecosistemas intervenidos y productivos pueden ser susceptibles de ser incorporados al mecanismo de pago por servicios ecosistémicos y el monto de compensación que se reciba debe ser diferenciado y acorde a las contribuciones incrementales que aporte cada ecosistema productivo.

Las decisiones del productor sobre el uso de la tierra son importantes para el diseño e implementación del mecanismo pago por servicio ecosistémico. Este instrumento económico es voluntario, es decir el productor no debe ser obligado a implementar las prácticas de conservación o cambios de uso del suelo propuestos por el proyecto. La decisión de participar o no participar del mecanismo será producto de un análisis económico (decidir que práctica o uso de suelo le interesa incorporar a su sistema de producción) y comportamiento ambiental (disposición de adquirir compromisos ambientales que afecten su producción a cambio de favorecer el suministro del servicio ecosistémico) por parte del productor.

Respecto a las prácticas de conservación de agua y suelo, el equipo técnico del proyecto CESAH considera que las obras físicas (terrazas) son las que retienen mayores cantidades de agua y suelo aunque son las más caras. Además, incrementar la cobertura

vegetal en la unidad productiva mejora los efectos sobre la conservación del suelo y humedad a menores costos.

Los costos de instalación y mantenimiento de las prácticas seleccionadas se muestran en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Costos de instalación y mantenimiento por prácticas de conservación (US\$/ha-año).

Costo intervención	Surco contorno	Terraza
C. instalación	393,6	417,9
C. mantenimiento	8,9	32,1

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, a las prácticas de conservación se utilizaron los costos de instalación y mantenimiento de algunas intervenciones definidas por CESA. Fueron seleccionadas las intervenciones agricultura con agroforestería, agroforestería con surcos en contorno, agroforestería con terrazas y silvopastura con repoblamiento porque son alternativas de uso de la tierra que no impide a los productores continuar con el aprovechamiento productivo de sus parcelas.

4.3 Monto de compensación por el cambio del uso del suelo que favorece la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica

4.3.1 Compensación para áreas no estables prioritarias en Ayambala, Ahijadera y La Succha

Para las áreas no estables prioritarias se generaron dos proyectos de inversión: i) reforestación en macizo, ii) silvopastura con siembra nueva. Los proyectos de inversión son una herramienta para estimar el costo de oportunidad anual para cada cambio de uso del suelo. El costo de oportunidad anual de cada cambio de uso del suelo es el monto de compensación anual por hectárea que recibirán los productores por cambiar el uso del suelo.

Se asume que los cambios de uso del suelo al final del período de evaluación favorecen la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica en comparación con los actuales usos de la tierra (cultivos agrícolas).

Los costos totales del cambio de uso del suelo por reforestación en macizo y silvopastura con siembra nueva aparecen en el Cuadro 35. El costo total incorpora el costo de

oportunidad productiva (mejor alternativa productiva rechazada al asumir el cambio de uso de la tierra), el costo de oportunidad laboral (ingresos por ofrecer su mano de obra), los costos de instalación y mantenimiento del nuevo uso de la tierra en reemplazo del uso original.

Finalmente, el costo de oportunidad anual es el valor neto actual anualizado (período del proyecto 10 años) para los proyectos reforestación en macizo y silvopastura con siembra nueva. Los resultados se muestran en el Cuadro 34.

Cuadro 34. Costos de oportunidad total anual del cambio de uso del suelo en no estables prioritarias (US\$/ha-año).

COP según proyectos	Tasa de descuento 10%
COP anual por reforestación macizo	292
COP anual por silvopastura con siembra nueva	408

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para el proyecto de reforestación en macizo indican que cada productor en el área no estable prioritaria recibirá como compensación por el cambio de uso del suelo US\$292/ha-año. La compensación para el productor que opte por la silvopastura con siembra nueva asciende a US\$408/ha-año.

4.3.2 Compensación para áreas no estables y no prioritarias en Ayambla, Ahijadero y La Succha

Para estimar los costos de implementar y mantener las prácticas de conservación de agua y suelo y luego los respectivos montos de compensación (adopción y mantenimiento) se utilizó el índice del valor de uso del suelo modificado.

Las ventajas del empleo del índice modificado son las siguientes: i) ordena los usos del suelo respecto a su importancia en la provisión del servicio ecosistémico³², ii) cada categoría de los usos del suelo posee un puntaje propio, iii) ha sido modificado para las condiciones de la presente investigación. El Cuadro 35 muestra el pago por la adopción y manejo de las intervenciones.

³² Para mayor precisión se requeriría identificar la contribución marginal del efecto del uso del suelo sobre el servicio ecosistémico; en ausencia de información precisa se propone y utiliza el índice de valor de uso del suelo

Cuadro 35. Compensaciones por adopción y mantenimiento de las prácticas e intervenciones en áreas no estables no prioritarias en las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha.

Intervenciones	IVUS	C ins US\$/ha	C mto US\$/ha	C adop US\$/ha	P adop US\$/ha	C man US\$/ha	P mto US\$/ha
Categoría de práctica de conservación de agua y suelo							
SC	0,6	393,6	8,9	393,6	347,8	8,9	17,6
TE	0,8	417,9	32,1	417,9	463,7	32,1	23,5
Pago punto	1,4				579,6³³		29,3³⁴
Categoría de uso del suelo agroforestería							
AG-AF	0,5	285,7	57,1	285,7	439,1	57,1	55,9
AF-SC	0,6	679,3	66,1	679,3	526,9	66,1	67,1
AF-TE	0,8	703,6	89,3	703,6	702,6	89,3	89,5
Pago punto	1,9				878,2³⁵		111,8³⁶
Categoría de uso del suelo silvopastura							
SL-NU	0,7	371,4	78,6	371,4	215,6	78,6	44,5
SL-RE	0,9	121,4	23,2	121,4	277,2	23,2	57,3
Pago punto	1,6				308,0³⁷		63,6³⁸

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

IVUS: índice de valor del uso del suelo

C ins.: costo de instalación de la intervención

C mto: costo de mantenimiento de la intervención

Cop: costo de oportunidad

C adop: suma de costo de instalación y costo de oportunidad

P adop: pago o compensación por decidir la implementación de la intervención

C man: suma de costo de mantenimiento y costo de oportunidad

P mto: pago o compensación por manejar la intervención

A continuación se describe el procedimiento metodológico seguido para los cálculos del pago por adopción. Primero y debido a la ausencia del costo de oportunidad, los costos por adopción y mantenimiento corresponden a los costos de instalación y mantenimiento (por ejemplo, se agrega al costo de instalación el costo de de oportunidad; dicha suma corresponde al pago por adopción). Segundo, determinar el pago por punto por adopción de la respectiva categoría de uso del suelo (división de la sumatoria de los costos de adopción entre la suma de

³³ Pago por punto de adopción en la categoría agroforestal con obras físicas

³⁴ Pago por punto de manejo en la categoría agroforestal con obras físicas

³⁵ Pago por punto de adopción en la categoría silvopastura

³⁶ Pago por punto de manejo en la categoría silvopastura

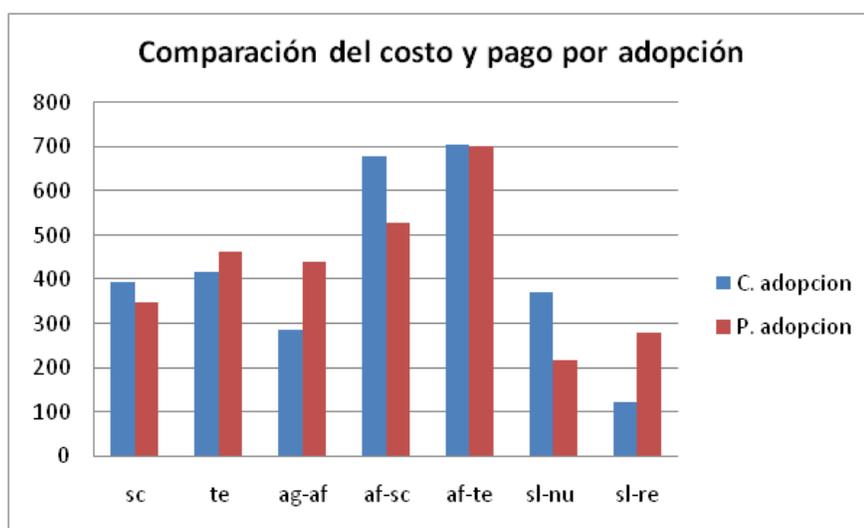
³⁷ Pago por punto de adopción en la categoría bosque

³⁸ Pago por punto de manejo en la categoría bosque

los puntajes ordinales de provisión del servicio ecosistémico). Tercero, determinar el pago por adopción de la respectiva práctica o cambio de uso del suelo multiplicando el pago por punto por adopción de la categoría de uso del suelo por su respectivo puntaje ordinal. Se repite éste procedimiento para estimar el pago por mantenimiento.

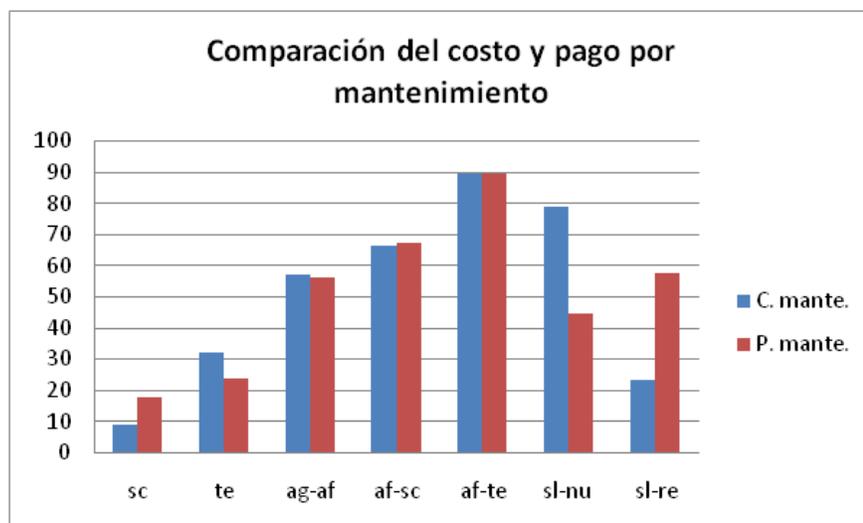
Los pagos por adopción y mantenimiento de cada práctica o cambio de uso del suelo representan los montos de compensación anual que recibirá el productor por instalar y mantener una hectárea.

Las compensaciones estimadas no sólo dependen de los costos de adopción o mantenimiento de las intervenciones, también dependen de la contribución de cada intervención al servicio ecosistémico de regulación hídrica a través del índice del valor del uso del suelo. Por ejemplo, la brecha entre el pago por adopción y su costo de instalación de la alternativa silvopastura con repoblamiento es superior a la brecha de la intervención agricultura con agroforestería. Esta brecha significa al productor mayor margen de ganancia en la primera alternativa en comparación con la segunda alternativa. De esta manera, se consigue que las brechas en los índices del valor del suelo se reflejen en los pagos por adopción. Las Figuras 12 y 13 presentanel resumen de tales brechas para la adopción y mantenimiento de los pagos al productor, respectivamente.



Elaboración propia

Figura 12. Comparación del costo y pago por adopción (US\$/ha) según categorías de alternativas.



Elaboración propia

Figura 13. Comparación del costo y pago por mantenimiento (US\$/ha) según categorías de alternativas.

La aplicación del índice del valor del uso del suelo promueve en el productor usos del suelo que favorezcan la provisión del servicio ecosistémico.

4.4 Pérdidas económicas en el sector agrario y energía por colmatación del embalse Gallito Ciego

4.4.1 Gallito Ciego y su proceso de colmatación

4.4.1.1 Diseño del embalse

La represa Gallito Ciego es una represa de tierra cuyos taludes están protegidos con una capa de enrocado de diferente granulometría. La máxima altura de la represa es 113 m, tiene anchos de cresta inferior de 473 m y superior de 15 m y una longitud de 797 m.

Las instalaciones de servicio en la represa Gallito Ciego son las siguientes: captación de fondo³⁹ que controla el volumen inactivo, captación de servicio (180 m³/s) que controla el volumen útil y el volumen inactivo, captación de agua para el impulso de la central hidroeléctrica Gallito Ciego (40 m³/s), aliviadero de crecidas (3.230 m³/s) y un reservorio de

³⁹ La captación de fondo está inactiva debido a la colmatación del embalse por ello se trata de un espacio inoperativo y perdido para los fines de regulación de recursos hídricos.

compensación para la regulación diaria del agua turbinada para generación de energía en horas punta.

El embalse Gallito Ciego se dimensionó para la regulación anual de los aportes hídricos del río Jequetupeque al almacenarse los excedentes hídricos del período de avenidas y luego su suministro durante el período de estiaje. Según este diseño, entre el final del ciclo de estiaje anual y antes del inicio del siguiente ciclo avenidas el embalse podría estar vacío.

Según los documentos de diseño del embalse (Saltzinger 1971), el volumen total del embalse es 638,1 MMC distribuidos entre volumen inactivo⁴⁰ de 117,9 MMC (entre las cotas 315 a 361 msnm), volumen útil de 426,8 MMC (entre los 361 a 404 msnm), volumen de retención y laminación de crecidas de 93,4 MMC (entre los 404 a 410.30 msnm).

Según los resultados de los estudios topográficos y batimétricos del embalse en 1993 y 1999, y de su balance sedimentario para el período de 1993/94 a 1998/99 el volumen total del embalse ascendería a 630,9 MMC distribuidos entre el volumen inactivo de 112,7 MMC, volumen útil de 424,8 MMC y el volumen de retención y laminación de crecidas de 93,4 MMC. Según PEJEZA, los volúmenes funcionales de diseño son mayores a los volúmenes reconstruidos y reportados. Sin embargo, en opinión del investigador éstos últimos (volúmenes reconstruidos) deben siempre considerarse como volúmenes referenciales.

Según el Estudio Topográfico Batimétrico del embalse Gallito Ciego del año 2006 el volumen total del embalse es de por lo menos 544,9 MMC distribuidos entre volumen inactivo de 84,9 MMC, volumen útil de 371,9 MMC, volumen de retención y laminación de crecidas de 88,1 MMC.

El volumen inactivo está destinado para el depósito de sólidos esperándose una reducción progresiva de su volumen, según el avance de la colmatación (no existe ninguna limitación de uso sobre tal volumen salvo las capacidades de equipos y accesorios instalados para su control y operación. Para el manejo y control del volumen inactivo, entre las cotas 335 a 350 msnm (34,3 MMC), se tiene un único acceso para aliviar los sedimentos acumulados a través de la captación del fondo (en cota 315 msnm) pero ella se encuentra enterrada por una columna de sedimentos precipitados de 20 m (0,3 MMC), volviéndose la compuerta inoperativa y, en consecuencia, tal espacio debe considerarse inoperativo por tiempo indefinido. Mientras el manejo y control del volumen inactivo entre las cotas 350 a 361 msnm

⁴⁰ El volumen inactivo incluye al volumen muerto de 1,8 MMC (entre las cotas 308 a 315 msnm).

(48,8 MMC) se realiza por medio de la captación de servicio y su compuerta (en cota 336,75 msnm) que se encuentra operativa y es limitado por la capacidad de la compuerta de servicio y las normas de operación durante la persistencia de niveles de pelo del agua en el embalse por debajo de la cota 362 msnm.

El volumen útil del embalse se destina al oportuno suministro de agua de riego y otros usos. El volumen de retención de crecidas es el espacio de tránsito de las avenidas que opera cuando ella supera el nivel máximo del embalse (cota 410,3 msnm). El manual de operación del embalse indica como cota mínima de operación del volumen útil la cota 350 msnm

4.4.1.2 Escorrentías

La cuenca Jequetepeque se encuentra bajo influencia climática del Pacífico y Altoandina oriental (cuenca del Amazonas). Las descargas del río son muy variables tanto en tiempo como en volúmenes. El período de avenidas se produce entre los meses enero a mayo (mayor concentración entre marzo y abril) y la escorrentía generada es abundante sin importar que sea un año seco o húmedo. Durante el período de estiaje, que se produce entre junio a diciembre (mayor concentración entre agosto y septiembre), la escorrentía desciende a sus niveles mínimos. Se registran años muy húmedos o muy secos durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño. En consecuencia, el régimen hidrológico del río Jequetepeque muestra un desequilibrio anual y plurianualmente (de caudales muy variables⁴¹ en volumen como en disposición temporal).

El aporte hídrico promedio plurianual del río Jequetepeque en Gallito Ciego, para el período de 1942/43 a 2005/06, asciende a 853,80MMC con valor mínimo de 105,00MMC (1979/80) y máximo de 2.701,20MMC (1997/98).

La escorrentía total plurianual promedio sólo del período de avenidas de cualquier año equivale al 82,5% del aporte total promedio plurianual (varía entre 79,1% para años secos y 84,4% para años húmedos). En cambio, la escorrentía total plurianual del período de estiaje equivale solamente al 17,5% (varía entre 15,6% y 20,9% para años secos y húmedos, respectivamente). Los volúmenes de las escorrentías se presentan a continuación (Cuadro 36).

⁴¹ Al dividir el valor máximo entre el valor mínimo de masas totales anuales el índice es 25,73. Es decir, el valor máximo es superior al valor mínimo en 25 veces.

Cuadro 36. Volumen de escorrentías promedio plurianual de Jequetepeque en Gallito Ciego (1942/43 a 2005/06).

Años	Promedio plurianual	Máximo	Año	Mínimo	Año
Húmedo	704,4	2.346,6	1997/98	84,7	1979/80
Seco	158,4	341,1	1972/73	41,6	1990/91

Fuente: PEJEZA 2007

En general, salvo los años muy secos, la disponibilidad de agua para el riego en el valle Jequetepeque es mayor que la demanda de riego durante la temporada húmeda de Enero a Mayo, y siempre es menor durante el estiaje de Junio a Diciembre.

Entre 1943/44 a 2005/06 (64 años) es posible distinguir dos ciclos diferentes; el primero entre 1942/43 a 1969/70 (28 años) caracterizado por un régimen de escorrentías anuales relativamente equilibradas; el segundo entre 1969/70 y 2002/03 (37 años) caracterizado por un régimen de escorrentías anuales totalmente desequilibradas.

El primer período descrito coincide con la etapa de diseño del embalse Gallito Ciego con aportes hídricos que oscilaron entre 186 MMC (1967/68) y 2.133 MMC (1952/53) (promedio anual 791,6 MMC). Mientras que el segundo período los aportes hídricos se modificaron fuertemente oscilando entre 105 MMC (1979/80) y 2.701 MMC (1997/98) (promedio anual 894,7 MMC). El segundo período muestra un incremento del rendimiento hídrico en la cuenca.

Al analizar solamente el operaciones del embalse (1987/88 a 2005/06) los aportes hídricos oscilaron entre 253 MMC (1996/97), 2.701 MMC (1997/98) (promedio anual 957,8 MMC); considerando solamente el período de operación del embalse, el rendimiento hídrico es superior en 12,2% a todo el período, 21,1% al primer período y 7,1% al segundo período.

4.4.1.3 Colmatación

Los antecedentes del régimen sedimentario del río Jequetepeque se ubican entre agosto 1967 y agosto 1973 durante el estudio de factibilidad del proyecto Jequetepeque-Zaña (Saltzinger 1971) con el propósito de evaluar la descarga promedio plurianual de sólidos en suspensión como en acarreo para el dimensionamiento del embalse Gallito Ciego.

Luego se llevo a cabo el estudio de factibilidad técnica y económica del proyecto Jequetepeque-Zaña utilizando las descargas promedio diarias de sólidos en suspensión entre 1968/69 a 1970/71 en Ventanillas y la evaluación hídrica de la capacidad promedio anual del

río para el arrastre de sólidos. Los resultados indican que la descarga promedio anual de sólidos en suspensión y acarreo asciende a 1,25 y 0,5 MMC (1,75 MMC total).

A partir del inicio de la operación del embalse Gallito Ciego en el año 1987, se han llevado a cabo cinco levantamientos batimétricos de control del volumen, correspondientes a los años 1993, 1999, 2000, 2002 y 2006, es decir, después de 6, 12, 13, 15 y 19 años de su operación, e igual número de las temporadas húmedas del río Jequetepeque. El resumen se presenta de los volúmenes del embalse se muestran en el Cuadro 37, los volúmenes perdidos en el Cuadro 38 y las tasas de colmatación en el Cuadro 39.

Cuadro 37. Registro de volúmenes del embalse Gallito Ciego.

Volúmenes (MMC)	1987a	1987b	1993c	1999c	2000c	2006d	2007d
Año de funcionamiento	0	0	6	12	13	19	20
Volumen inactivo	117,9	112,7	107,9	84,9	87,2	88,4	82,3
Volumen útil	426,8	424,8	419,6	394,8	392,0	375,8	379,9
Volumen crecidas	93,4	93,4	94,0	94,1	94,4	93,7	93,7
Volumen total embalse	638,1	630,9	621,5	573,8	573,6	557,9	555,9

a según diseño

b según reconstrucción de estudios topográficos batimétricos

c estudios topográficos batimétricos

d estudios balance sedimentario

Fuente: PEJEZA 2007

Cuadro 38. Volúmenes perdidos del embalse Gallito Ciego.

Volúmenes perdidos (MMC)	1987	1993	1999	2000	2006	2007
Volumen inactivo	0	10,0	33,0	30,7	29,5	35,6
Volumen útil	0	7,2	32,0	34,8	51,0	46,9
Volumen total embalse	0	16,6	64,3	64,5	80,2	82,2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 39. Tasas de colmatación promedio del embalse Gallito Ciego.

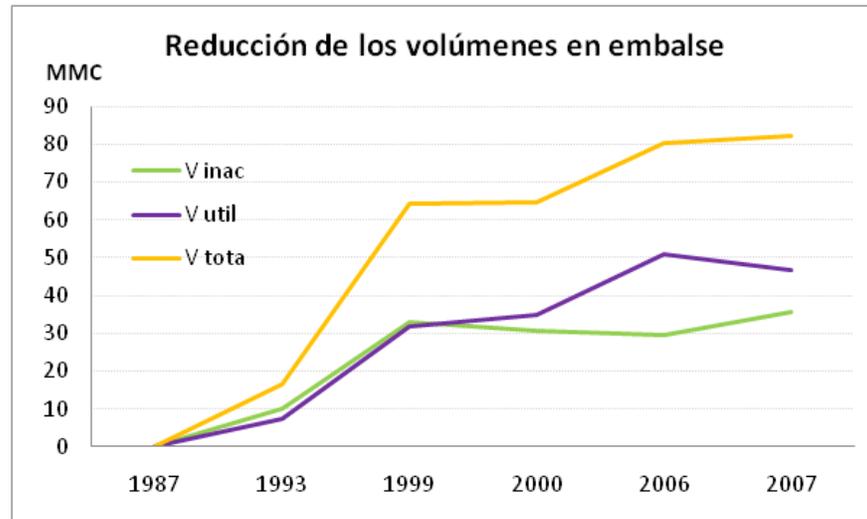
Tasa colmatación (MMC)	1987a	1993	1999	2000	2006	2007
Volumen inactivo	-	1,67	2,75	2,36	1,55	1,78
Volumen útil	-	1,20	2,67	2,68	2,68	2,35
Volumen total embalse (1987*)	1,75	2,77	5,36	4,96	4,22	4,11

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que las tasas promedio plurianuales de sedimentación del embalse son muy superiores a la tasa de diseño (1,75 MMC). La mayor pérdida de volúmenes

se produjo en el período 1997/98 debido a la presencia del Fenómeno El Niño (magnitud extraordinaria). Entre 1997/98 se acumuló el 40% de los sedimentos del embalse.

Los efectos del proceso de colmatación en el embalse ha provocado la reducción de los volúmenes inactivo, útil y total (Figura 14).



Elaboración propia

Figura 14. Reducción en de los volúmenes inactivo, útil y total del embalse.

Los volúmenes perdidos, luego de 20 años de operación, se distribuyen en el volumen muerto (100% perdido), volumen inactivo (30% perdido) volumen útil (11% perdido) y volumen total (13%).

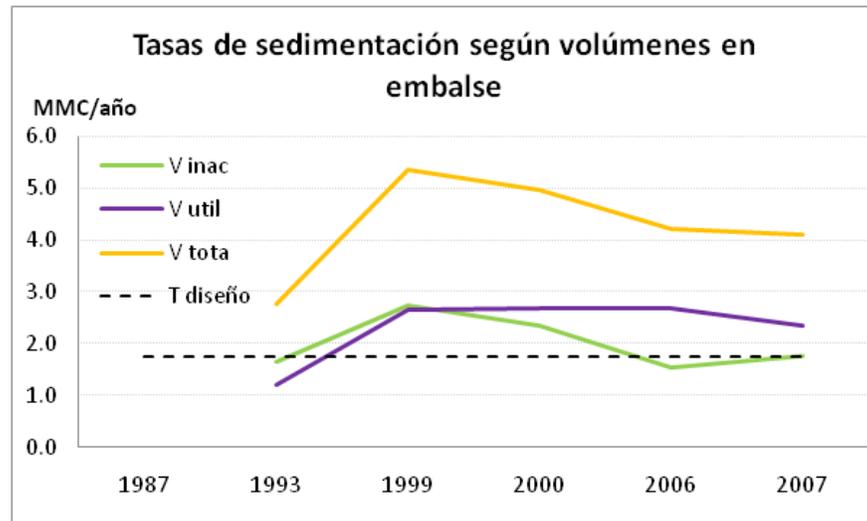
El volumen útil (entre las cotas 361 a 404 msnm) almacena el agua para uso energético y agrícola. En el volumen inactivo se retienen y regula los sedimentos arrastrados por la corriente hacia el embalse y define el nivel mínimo de operaciones del embalse (en cota 315 msnm). La regulación de los sedimentos se realiza a través de la compuerta de fondo.

En la cota 315 msnm se encuentra la compuerta de fondo. Dicha compuerta está diseñada para remover los sedimentos acumulados por la operación del embalse. Actualmente, la compuerta del fondo está cubierta por 20 metros de sedimentos (0.3 MMC) volviéndola inoperativa así como una sección del volumen inactivo.

En la cota 336.5 msnm se localiza la compuerta de servicio. El agua entregada, a través de la compuerta de servicio, tiene un uso agrícola en el valle Jequetepeque, sólo una parte de éste volumen se deriva a las turbinas de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica Gallito Ciego para luego ser devuelta al valle.

Entre las cotas 404 y 410.3 msnm se ubica el aliviadero que libera los excedentes del embalse. Los excedentes son recursos no regulados por el embalse y deben ser liberados hacia el valle sin ningún aprovechamiento energético.

En la Figura 15 se muestran las tasas de sedimentación en el embalse Gallito Ciego presentadas en el Cuadro 41.



Elaboración propia

Figura 15. Tasas de sedimentación según volúmenes del embalse.

La tasa promedio de sedimentación del volumen total (4,28 MMC/año) es superior a la tasa de diseño del embalse (1,75 MMC/año). Las tasas promedio de los volúmenes inactivo y útil también son superiores a la tasa de diseño del embalse (2,02 MMC/año y 2,31 MMC/año, respectivamente). Durante el diseño del embalse no se definieron las tasas de sedimentación para los volúmenes útil e inactivo pero puede asumirse que ellas serían inferiores a la tasa de sedimentación del volumen total del embalse.

Los sólidos gruesos se mueven como arrastre por el fondo del embalse y terminan por depositarse en la cola y cabeza del embalse (próximo a la obra de represamiento). Mientras que los sólidos en suspensión (limo y arcilla), regularmente, se mueven distancias más largas junto con las corrientes turbias y terminan depositándose en el embalse donde se consolidan en materiales compactos y firmes. Por ejemplo, el peso volumétrico de los sedimentos en suspensión al ingresar al embalse es entre 100 a 300 kg/m³ y luego de la consolidación se eleva entre 1.300 a 1.500 kg/m³.

Para evaluar los impactos a los beneficios por la colmatación del embalse Gallito Ciego se emplearon los siguientes escenarios de colmatación (Cuadro 40).

Cuadro 40. Escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego.

Escenarios	Serie hidrológica referencia	Tasa sedimentación (MMC/año)
Base	Diseño	1,75
Conservador	1943/44 a 2005/06	2,68
Actual sin operaciones	1970/71 a 2005/06	2,55
Actual con operaciones	1987/88 a 2005/06	4,97

Fuente: PEJEZA 2007

En el escenario conservador se considera que los futuros aportes hídricos del río Jequetepeque son iguales a los aportes hídricos registrados en la serie histórica 1943/44 a 2005/06. Dicha serie es muy difícil que pueda suscitarse nuevamente porque las tendencias del último período registrado apuntan a que los aportes hídricos tiendan a los extremos.

El escenario actual sin operaciones asume que los aportes hídricos que se esperan para el futuro corresponden a los aportes de la serie histórica 1970/71 a 2005/06 (36 años). La serie de aportes considerada coincide con la tendencia hídrica actual del Jequetepeque.

El escenario actual con operaciones emplea como serie de aportes hídricos futuros a la serie 1987/88 a 2005/2006 (19 años). Esta serie coincide con la tendencia hídrica actual del Jequetepeque y con el período de operaciones del embalse Gallito Ciego.

4.4.2 Descripción de los grupos afectados

En términos generales, los sectores agrícola, poblacional, pecuario, industrial y minero energético son los potenciales demandantes del recurso hídrico de la cuenca del Jequetepeque. El uso agrícola es el que demanda mayor cantidad de agua, siguiendo el uso poblacional, el industrial, el sector minero e hidroenergético; el uso total del agua en la cuenca llega a 727.186.000 m³ (López y Girón 2003).

Respecto al uso poblacional, la cuenca baja reúne una población de 80.000 habitantes (30,6% del total de población en cuenca). La población más significativa se encuentra en la ciudad de Chepén donde se consume, aproximadamente, 4.923.000 millones de m³ (78,5% del total del uso poblacional en la cuenca baja).

El uso pecuario está asociado, principalmente, a aves de corral con fines comerciales (86,5% del total pecuario), seguido por ganado ovino, vacuno, equino, porcino y caprino. El uso total del agua de uso pecuario asciende a 1.258.000 m³ (González 2007).

Respecto al uso industrial, se encuentra focalizada en la fabricación de productos minerales no metálicos (cemento) que consume aproximadamente 601.000 m³ (González 2007).

4.4.2.1 Del sector agrario

El río Jequetepeque es la principal fuente de recursos hídricos que satisface las demandas de agua que requieren los cultivos que se instalan en el valle Jequetepeque. Los agricultores del valle son los potenciales demandantes del servicio ecosistémico de regulación hídrica.

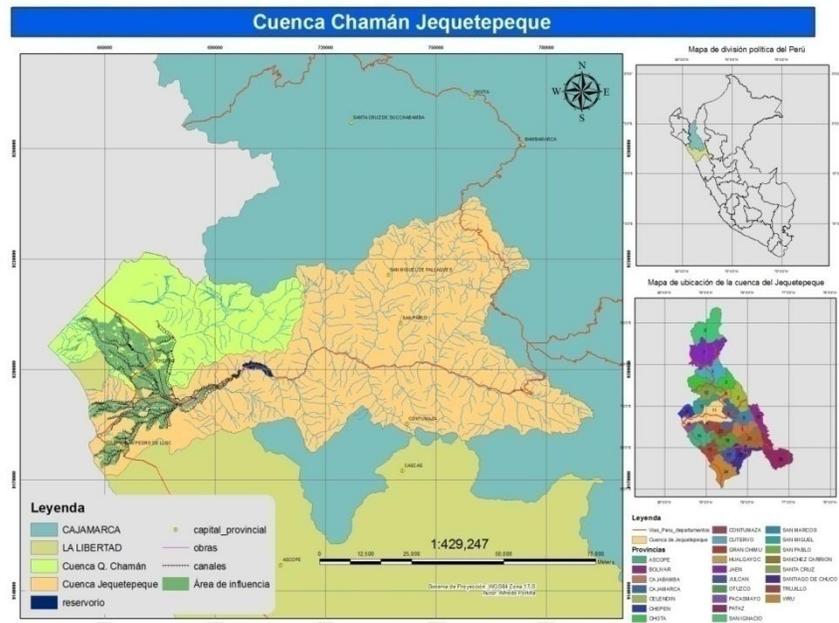
Los potenciales demandantes agrícolas del servicio de regulación hídrica se agrupan en la Junta de Usuarios de Riego Regulado Jequetepeque, establecida el 12 de julio de 1979. La Junta de Usuarios está compuesta por 14 comisiones o sectores de riego, todos ellos ubicados en la cuenca baja y media del río Jequetepeque. La cantidad de predios en todos los sectores de la Junta de Usuarios supera los 17.100 predios (más grandes San Pedro, Guadalupe y Talambo) distribuidos en 8.865 usuarios. El Cuadro 41 resume los usuarios por comisión de regantes.

Cuadro 41. Detalles de las comisiones de riego.

Comisiones de regantes	No usuarios	Área bajo riego (ha)
Pay Pay	136	121,31
Ventanillas	130	198,66
Tolón	465	1.008,96
Huabal-Zapotal	269	512,36
Talambo	1,218	4.279,94
Chepén	577	2.260,77
Guadalupe	994	3.595,46
Pacanga	556	2.734,94
Limoncaro	948	2.694,80
Tecapa	298	839,68
San Pedro	1.238	3.974,73
San José	766	2.670,69
Jequetepeque	229	1.211,49
Pueblo nuevo	1.041	4.464,58
Total	8.865	30.568,18

Fuente: Informat 2005

La distribución espacial de la superficie de cultivo la Junta de Usuarios del Jequetepeque se muestra en la Figura 14.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Áreas de influencia agrícola del embalse Gallito Ciego.

Según el reporte de Informet (2005), las principales actividades económicas en los sectores de riego es agricultura (80% de la población), seguido peonero (7%), empleado (6%), pecuaria (5%) y comercio (2%).

4.4.2.1.1 Uso del suelo

El valle Jequetepeque es, tradicionalmente, un valle arrocerero desde inicios del siglo XX. Además, el 85% de productores en Jequetepeque manifiestan que la tradición por el cultivo es el principal motivo de elección del cultivo (Informet 2005).

Las siembras promedio multianuales de los principales sembríos son arroz, maíz y otros con 71, 10 y 19% de la superficie sembrada en el valle (promedio plurianual de superficie de siembra 28.872 ha). La superficie promedio plurianual de siembra de arroz en campaña principal es 25.675 ha respecto a las 35.811 ha de la campaña total (PEJEZA 2007).

Antes de regulación de aportes hídricos del río Jequetepeque en el embalse Gallito Ciego, el área total anual de siembra en las campañas agrícolas del valle Jequetepeque, sin considerar el año 1979/80, de extrema sequía, ha oscilado entre 15.783 y 35.076 ha, como mínimo y máximo, respectivamente, que se han alcanzado en los años 1967/68 y 1986/87,

correspondientemente, resultando en un área total promedio plurianual de siembra de 28.872 ha (Ortega 1962).

Entre el período 1987/88 a 2005/06 (con Gallito Ciego operando), el área total anual de siembra en las campañas agrícolas del valle Jequetepeque, sin considerar el año 1992/93, ocurrencia del Fenómeno El Niño, ha oscilado entre 30.055 y 42.473 ha, como mínimo y máximo, respectivamente, que se han alcanzado en los años 1991/92 y 2005/06, correspondientemente, resultando en un área total promedio plurianual de siembra de 35.811 ha (PEJEZA 2007).

Al comparar las superficies de siembra totales de la campaña principal y complementaria entre 1987/88 a 2005/06 se aprecia una tendencia de aumento gradual de las siembras para ambas campañas. Tal tendencia es consecuencia del favorable ciclo hidrológico del río Jequetepeque, que se viene observando a partir del año 1993/94, y especialmente desde el 1997/98, y la mejor planificación y programación de las campañas agrícolas del Valle Jequetepeque, que ha implementado el Comité de Coordinación de Plan de Cultivo y Riego del valle Jequetepeque, a partir de la campaña agrícola del año 2004/05.

Es muy importante anotar que a partir del inicio de la operación del embalse Gallito Ciego, las siembras en las áreas agrícolas del valle Jequetepeque comprenden dos campañas agrícolas, la principal y la complementaria. La campaña principal en general se inicia en el mes de octubre, con requerimientos fuertes de agua para el riego en el período de octubre a abril, que luego disminuyen paulatinamente hasta los mínimos correspondientes al período de julio a septiembre, necesarios para el riego de los cultivos perennes y estacionales de largo período vegetativo. La campaña complementaria se inicia en el mes de mayo, ocupando las áreas que se han quedado libres después de la cosecha de los cultivos estacionales de la campaña principal, y termina en diciembre, liberándose paulatinamente las tierras para la siembra de los cultivos estacionales de la campaña principal.

El inicio de la campaña principal corresponde a la época del año de pleno estiaje, con una completa incertidumbre en aportes hídricos venideros del río Jequetepeque, prácticamente imposibles de pronosticar con la certeza y debida confianza. Por lo tanto la única garantía de éxito de esta campaña agrícola reside en la magnitud de la reserva de agua almacenada en el embalse Gallito Ciego.

El inicio de la campaña complementaria prácticamente coincide con la terminación de la temporada de avenidas, que participa con más de 75% en los aportes hídricos anuales del río

Jequetepeque, es decir después del período de llenado del embalse Gallito Ciego y recuperación de sus reservas.

4.4.2.1.2 Tenencia del suelo

El valle se caracteriza por la presencia de un grupo mayoritario de pequeños agricultores que poseen parcelas de por lo menos 2 ha (poseionario) y 3 ha (propietario) limitando el uso de tecnología para incrementar la producción y productividad (Informat 2005). A continuación se presenta la estructura de la tenencia de tierra en el valle (Cuadro 42).

Cuadro 42. Tenencia de la tierra en el valle del Jequetepeque.

Condición	Número de predios	Superficie (ha)	Promedio superficie (ha)
Propietario	14.922	39.152	3,41
Posesionario	2.082	4.048	2,14
Otros	153	298	---
Total	17.157	43.498	---

Fuente: Informat 2005

En el valle existen 14.922 predios debidamente registrados legalmente en la oficina de Registros Públicos de Chepén y San Pedro de Lloc (propietarios con predios con seguridad jurídica). Un segundo grupo de predios son los poseionarios (propietarios con problemas judiciales o registrales sobre el predio).

Según el último Censo Nacional Agrario (1994), el régimen de propiedad de que predomina en el valle es propiedad privada (84,7% de los predios) seguido por propiedad comunal (6,4%), arrendamiento de tierras (4,9%) y otros con (4,0%).

4.4.2.1.3 Rendimientos productivos

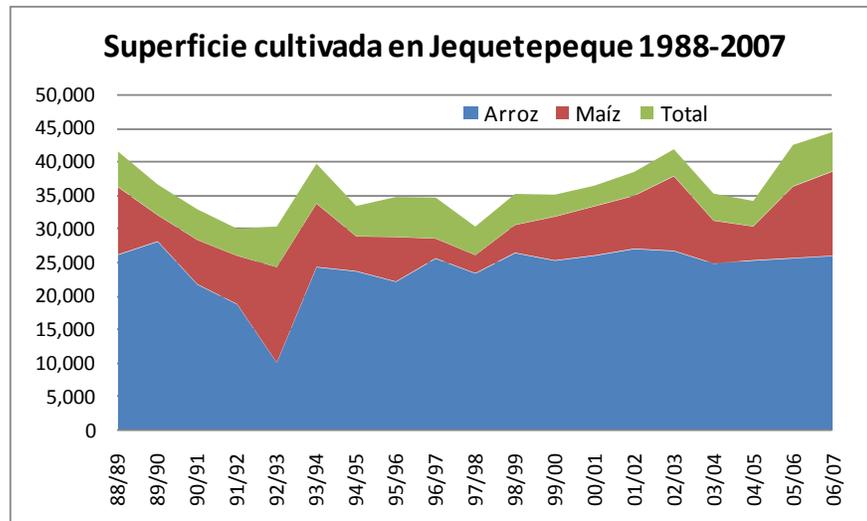
En el valle del Jequetepeque existen 42.836 ha cultivables quienes conforman el área de influencia de los canales de irrigación del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque sobre el cual la Junta de Usuarios tiene control. El área cultivada del valle alcanza el 84% de la superficie cultivable (36.000 ha) y representa la superficie que generalmente se emplea para la agricultura, dependiendo de la disponibilidad de agua en el represa de Gallito Ciego (López 2007).

La cédula de cultivo mantiene una estructura a través de los años con predominancia del arroz y luego maíz como grano grueso. El arroz⁴² emplea, aproximadamente, 719.410.000 m³ anuales, sin embargo, sólo se utiliza en forma neta el 65%. El uso del volumen descrito representa el 3,29% de lo utilizado en la vertiente del Pacífico y un 2,81 % del total nacional (Gonzales 2007). El rendimiento productivo del arroz se ha incrementado fuerte y constantemente desde la década de 1920 hasta la fecha (530%). Por ejemplo, el rendimiento para la campaña 1926/1927 fue de 1.437 kg/ha (superficie sembrada 10.220 ha); 4.975 kg/ha durante la campaña 1957/1958 (21.200 ha superficie sembrada) y 9.100 kg/ha durante la campaña 2007/2008 (26.500 ha superficie sembrada) (Ortega 1962, Hernández 2008).

El arroz, al ser el cultivo principal del valle Jequetepeque y tomando en cuenta su inicio de la siembra (septiembre a octubre) y tecnología (inundación) es muy importante conocer el régimen hidrológico del río Jequetepeque. El inicio de la siembra del arroz se produce en los últimos meses de la época de estiaje, sobre grandes áreas (promedio 24.095⁴³ha), ello dispara la demanda de recursos hídricos almacenados en el embalse y, a su vez, disminuye considerablemente el volumen útil disponible del embalse Gallito Ciego. En caso de producirse una sequía entre los meses de enero a abril (período de venidas) traerá como consecuencia la pérdidas de grandes superficies cultivadas de arroz sembradas meses antes. En la Figura 15 se aprecia la importancia de la superficie de siembra de arroz respecto a la superficie del segundo cultivo en importancia (maíz) y la superficie total cultivada en el valle del Jequetepeque.

⁴²En 1962 la extensión bajo cultivo del Jequetepeque representaba el 1,8% del área total bajo cultivo a nivel nacional y el 5% de la área bajo cultivo a nivel de costa peruana (32.658 Ha bajo cultivo) (3° lugar en extensión y 5° lugar en área cultivada respecto al resto de valles costeros) (Ortega 1962)

⁴³ Para 1958 la superficie bajo cultivo ascendía a 28.286 Ha de las cuales 17.537 correspondían al cultivo arroz (Ortega 1962)



Elaboración propia

Figura 17. Superficie cultivada de arroz, maíz y superficie total cultivada en el valle Jequetepeque (1988-2007).

A la incertidumbre de la presencia o ausencia de sequía que podría en riesgo la superficie sembrada de arroz se agrega el cambio en el régimen hidrológico del río Jequetepeque. Antes del años 1980 tenía un régimen casi equilibrado, ahora son más frecuentes los fenómenos extremos (sequías e inundaciones). Por ejemplo, durante la serie hidrológica 1942/1943 a 2006/2007 se ha producido un 58% de ocurrencias de años hidrológicamente normales (32% normales húmedos y 26% normales secos); frecuencia que se reduce a un 35% de ocurrencia si se considera un período más corto, como del 1980/1981 a 2006/2007. Asimismo, en la serie histórica completa se ha presentado una frecuencia de años normales secos que llega al 26%, el cual es el doble de lo que produce el período del año 1980/1981 a 2006/2007⁴⁴. Al comparar la frecuencia de ocurrencia de los años muy húmedos de toda la serie con la serie del período 1980/1981 a 2006/2007 se puede notar que estos años se han duplicado en el último período (Hernández 2008).

4.4.2.1.4 Gestión de los recursos hídricos

Respecto a la administración del recurso hídrico, hasta antes de 1902, el aprovechamiento de las aguas se efectuó de acuerdo a porcentajes del caudal del río asignados a cada uno de los cauces que de él se derivan (Ordenanza sobre la distribución de Aguas del

⁴⁴ Por ejemplo, en la campaña 1992/1993 sólo se sembraron 10,174 Ha de arroz por la presencia de un año seco (Hernández 2008)

valle de Lima, del siglo XVI al siglo XX). En 1902 se aprueba Código de Aguas (vigente hasta 1969). En Jequetepeque, a partir del año 1906, se formularon las primeras ordenanzas de riego oficializándose el Primer cuadro de distribución de aguas del río Jequetepeque. A partir del año 1912 se estableció en el valle la oficina de Administración de las Aguas, y en 1922 se conformó el cuadro de Distribución de aguas (en el marco del Código de Aguas promulgado en 1902) (Ortega 1962). En 1969 se aprueba la Ley General de Aguas que estuvo vigente hasta 2009, donde se aprueba la Ley de Recursos Hídricos. La Ley vigente permite mejorar la eficiencia de la gestión, conservar fuentes naturales, manejo de cuencas y reducir los conflictos sociales. Según el padrón de usuarios de agua representa el régimen de uso de agua para riego en el valle Jequetepeque, durante la campaña 2003/2004 se regaron 32.364 ha bajo licencias de riego y 9.931 ha bajo permisos de riego⁴⁵.

En medio de la institucionalidad del recurso hídrico se encuentra la cantidad de agua atendida de uso agrícola por el embalse. Al respecto, debe señalarse que los requerimientos no son verdaderos requerimientos consuntivos del cultivo porque son confeccionados no a partir de los componentes del gasto (evapotranspiración, mantenimiento de humedad en suelo y pérdidas técnicas). Es decir, la formulación del requerimiento de agua de uso agrícola no distingue la calidad del suelo y la técnica de riego. Se establecen módulos de riego según cada tipo de cultivo por una hectárea de riego que sumado a la ineficiencia en el manejo del riego en la parcela y una tarifa en base a la magnitud del área sembrada y no al consumo volumétrico hace ineficiente el uso de los recursos hídricos (PEJEZA 2007).

Los requerimientos totales anuales de agua para el riego entre 1987/88 a 2005/06 han variado entre 419,67MMC, del año 1992/93, y 700,68MMC, del año 1988/89, como máximo y mínimo, respectivamente, resultando la serie en un volumen total promedio plurianual de 621,95MMC.

Los módulos de los requerimientos totales anuales de agua para el riego en el Valle Jequetepeque han resultado en los extremos de 13.814m³/ha, del año 1992/93, como mínimo, y 19.455m³/ha, del año 1997/88, como máximo, y el promedio plurianual de toda la serie de 17.640m³/ha.

⁴⁵ Una licencia de riego, al igual que los títulos de propiedad debidamente registrados, se trata de un derecho formal y legalmente entregado por el Estado peruano al agricultor (minifundista o no) para consumir o utilizar una determinada cantidad de agua al año, además le concede prioridad durante la distribución del recurso hídrico (para el caso de irrigaciones) respecto al agricultor que solamente posee un permiso de riego.

Los requerimientos totales anuales de agua para el riego en las campañas agrícolas del valle Jequetepeque y los correspondientes módulos de riego, reflejan fielmente, tanto las áreas totales anuales de siembra, como las respectivas cédulas de cultivos, con el arroz como el sembrío principal, de una siembra promedio plurianual de 70%, aproximadamente, de la correspondiente área total promedio plurianual de las siembras en las campañas agrícolas del Valle Jequetepeque. El requerimiento promedio plurianual de agua para el riego del arroz asciende a unos 78%, aproximadamente, del volumen total promedio anual de los requerimientos correspondientes para el riego en las campañas agrícolas del Valle Jequetepeque.

4.4.2.2 Del sector energía

4.4.2.2.1 Operador de la central hidroeléctrica

En octubre de 1997 entro en operaciones la central hidroeléctrica Gallito Ciego que fue construida en base a la concesión otorgada a Cementos Norte Pacasmayo SA y que actualmente en propiedad de SNV Power. El equipo electromecánico de la central consiste en dos unidades idénticas, cada una de la potencia instalada de 19,50MW, y de la capacidad hidráulica máxima de la turbina de 23,30m³/s. Debido al carácter agrícola del uso de las aguas del embalse, la central hidroeléctrica tiene que acomodar su operación de acuerdo con el suministro cronológico de agua para el riego.

Cahua S.A. es una sociedad anónima, constituida y existente sobre las leyes del Estado Peruano (ahora SNV Power). La empresa desarrolla sus operaciones de generación de energía en la Central Hidroeléctrica de Cahua (provincia de Cajatambo, departamento de Lima); la Central Hidroeléctrica de Pariac, (provincia de Huaraz, departamento de Ancash); la Central Hidroeléctrica de Gallito Ciego (departamento de Cajamarca); las Centrales Hidroeléctricas de Misapuquio (provincia de Castilla, departamento de Arequipa), Huayllacho, San Ignacio y San Antonio (provincia de Caylloma, departamento de Arequipa) y en su Central de Generación Térmica Pacasmayo (provincia de Pacasmayo, departamento La Libertad) (Cahua 2006).

SNV Power es integrante del Comité de Operación Económica del Sistema (COES). Su capacidad de generación proviene de siete centrales de energía: Cahua (43,11 MW), Gallito Ciego (38,15 MW), Pariac (4,49 MW), Misapuquio (3,86 MW), San Antonio y San Ignacio (1,00 MW), y Huayllacho (0,18 MW); y de la central térmica Pacasmayo (24,33 MW), siendo la capacidad máxima total de la empresa, 115,12 MW.

La compañía pertenece al grupo económico noruego SN Power, quien controla al principal accionista de Cahua S.A., es decir, a SN Power Perú Holding S.R.L., una empresa constituida y existente bajo las leyes peruanas quien es titular del 99,995% del capital social de Cahua S.A. SN Power es una sociedad constituida en Oslo, Noruega, desde junio de 2002. Sus dos socios, con una participación de 50% cada uno, son Statkraft⁴⁶ y Norfund.

En 2006, la generación de electricidad fue de 502,88 GWh, incrementándose en 3,96% respecto a la generación de electricidad en el año 2005 (483,74 GWh) que se explica principalmente por la mejora de la producción en la central de Gallito Ciego, que tuvo un incremento de 15,2% respecto de la producción del año 2005 atenuando los efectos de disminución de la producción de la central hidroeléctrica Cahua. La producción representó el 2,03% del total de la producción del Sistema Interconectado Nacional (Cahua 2006).

La mejor generación de energía de la central hidroeléctrica Gallito Ciego se produce a raíz de la implementación de sistema Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (sistema Jobtech) que aumenta la eficiencia y confiabilidad de la operación de las plantas y reduce los costos de mantenimiento (Cahua 2006).

La central hidroeléctrica Gallito Ciego generó 30,28% de la generación eléctrica total de la empresa, le antecede en importancia la central hidroeléctrica Cahua 56,47%. Además, el 98,83% de la energía generada por la empresa Cahua es de origen hídrica. A continuación se muestra los volúmenes útiles de almacenamiento de las embalses a cargo de Cahua S.A. (Cuadro 43).

Cuadro 43. Volúmenes máximos de almacenamiento de recursos hídricos.

Central hidroeléctrica	Volumen útil (MMC)	Energía equivalente (GWh)
Cahua	30	28,59
Gallito Ciego	398	4,24
Misapuquio	24	0,26
San Ignacion/San Antonio	20	0,42
Huayllacho	3	0,11
Total	475	33,62

Fuente: Cahua2006

⁴⁶Statkraft es una compañía hidroeléctrica de propiedad del Estado noruego, líder en Escandinavia; y Norfund es un fondo de inversiones para países emergentes, financiado por el Estado noruego en estrecha colaboración con otros fondos internacionales de inversión.

Según Cahua (2005), el volumen total de almacenamiento en las cinco centrales de la empresa es 475 MMC, el embalse Gallito Ciego representa el 83,78% (398 MMC) del volumen total de almacenamiento, sin embargo sólo aporta un 12,61% de la energía. El uso principal del volumen almacenado del embalse Gallito Ciego es agrícola (irrigación). La demanda de agua que requieren los agricultores es usada para fines de generación en la central Gallito Ciego (Cahua 2005).

4.4.3 Ingresos, costos y pérdidas económicas por colmatación del embalse Gallito Ciego

A continuación se presenta un análisis de pérdidas y ganancias asociadas al embalse Gallito Ciego para el sector agrario y energía. En el primer sector encontramos como potenciales demandantes a agricultores minifundistas (mayoría) y una empresa de agro exportación. En el segundo caso se ubica como potencial demandante la empresa de generación de energía eléctrica SNV Power.

4.4.3.1 Del sector agrario

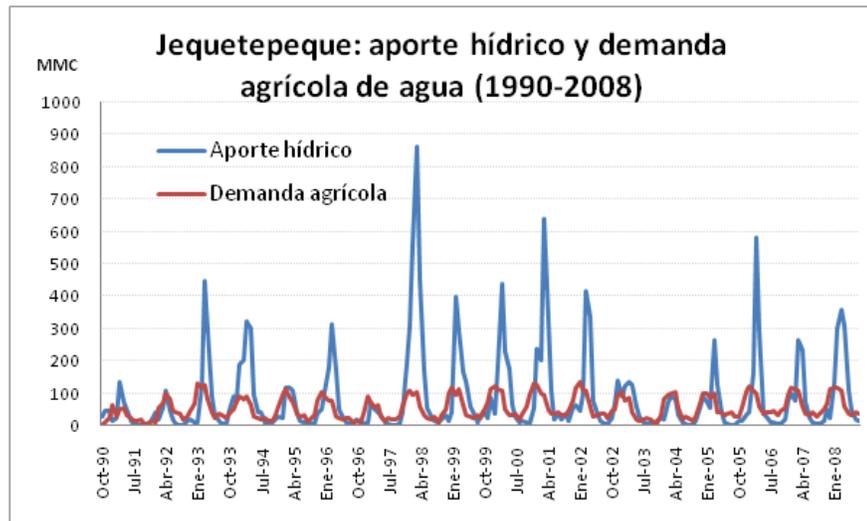
Los beneficios por las operaciones de regulación hídrica del embalse Gallito Ciego para el sector agrario son numerosas. Por ejemplo, mayor disposición de agua para riego, dos campañas al año, aumento de la superficie de siembra (total y del principal cultivo, arroz), mayores rendimientos productivos, mejores ingresos económicos (valor bruto de producción y ganancias), entre otros. A continuación, procedemos a detallar tales beneficios.

Respecto a la mayor disponibilidad de recursos hídricos para las campañas agrícolas. Los aportes hídricos anuales del río Jequetepeque para la serie 1942/43 a 2006/07 muestran un cambio abrupto de su régimen hídrico. Antes de 1980 se tenía un régimen equilibrado con la predominancia de años normales húmedos y normales secos (frecuencia de ocurrencia de años hidrológicos normales 58 %). Ello no se vuelve a observar al analizar la serie 1980/81 a 2006/07 porque en ella predominan los años muy húmedos o muy secos (frecuencia de ocurrencia de años hidrológicos extremos 65 %).

El cambio en el régimen hidrológico del río tiene tres efectos: i) la agricultura en el valle Jequetepeque es más vulnerable a los daños que puedan causar las sequías (las siembras se producen en el período de sequía), ii) los excedentes hídricos en los años muy húmedos permiten alcanzar volúmenes óptimos en el embalse para la siguiente campaña agrícola, iii) el

transporte de sedimentos al embalse se incrementará con los mayores excedentes hídricos de los años húmedos (durante 1997/98 ocurrió el Fenómeno El Niño, en ese período se transportó un 40% de los actuales volúmenes de sedimentación del embalse).

En la Figura 18 se muestra los aportes hídricos del río Jequetepeque en comparación con la demanda agrícola de agua durante el funcionamiento del embalse Gallito Ciego.



Fuente: Elaboración propia

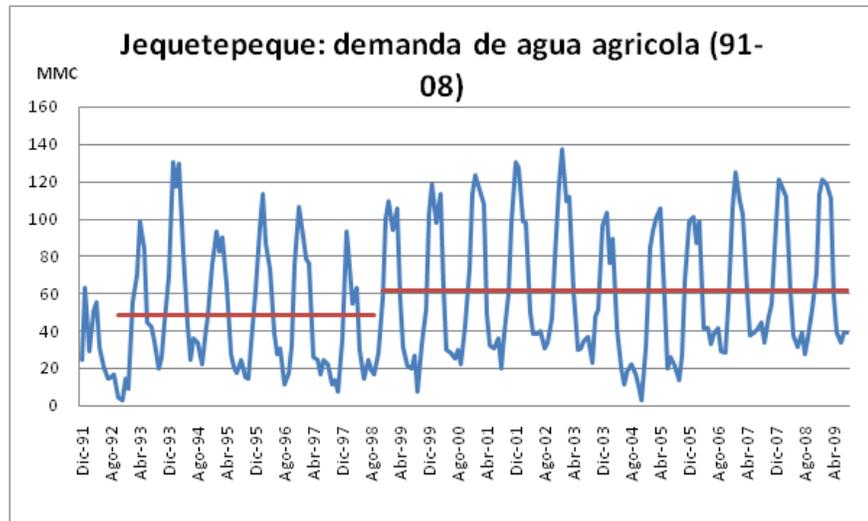
Figura 18. Aportes hídricos del Jequetepeque versus demanda de agua agrícola (1990-2008).

La oferta hídrica del río Jequetepeque es muy superior a lo que pueda demandarse agrícolasmente, el embalse permite regular tales aportes hídricos. Antes del embalse los excedentes hídricos terminaban en el mar y la agricultura se concentraba, mayormente, en el período de avenidas.

Además, el calendario siembra, en la cuenca baja del río Jequetepeque, está desfasado con respecto a los aportes hídricos de la cuenca (se siembra en época de estiaje, se riega con el agua almacenada en el embalse y no se espera un próximo año muy seco). Hay que agregar que los aportes hídricos son muy irregulares y variables en el tiempo, concentrándose sólo en algunos meses al año.

La serie hidrológica 1997/98 a 2007/08 presenta años normalmente húmedos y años extremos muy húmedos. En esta serie la cuenca no ha atravesado años extremos muy secos. Desde 1997/98 el valle experimenta un gran excedente de agua.

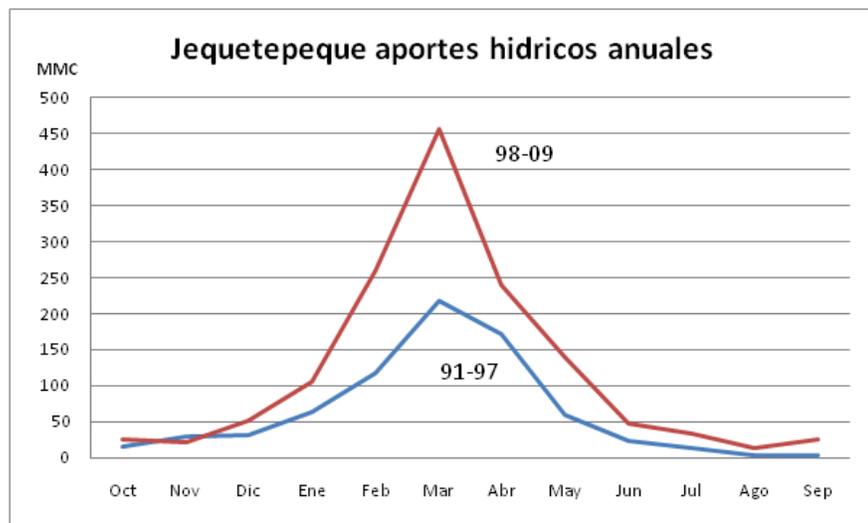
En la Figura 19 se muestra la serie hidrológica 1991/92 a 2007/08, el promedio de las demandas agrícolas de agua antes de 1997/98 son 48,04 MMC y después de 1997/98 son 61,52 MMC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Aportes hídricos del Jequetepeque (1991-2008).

Los mayores aportes hídricos de la cuenca Jequetepeque incrementan las demandas agrícolas de agua. Las mayores demandas agrícolas son en cantidad (aumento del promedio de la demanda) y en oportunidad (acentuación de la demanda en los meses de siembra, Figura 20).



Fuente: Elaboración propia

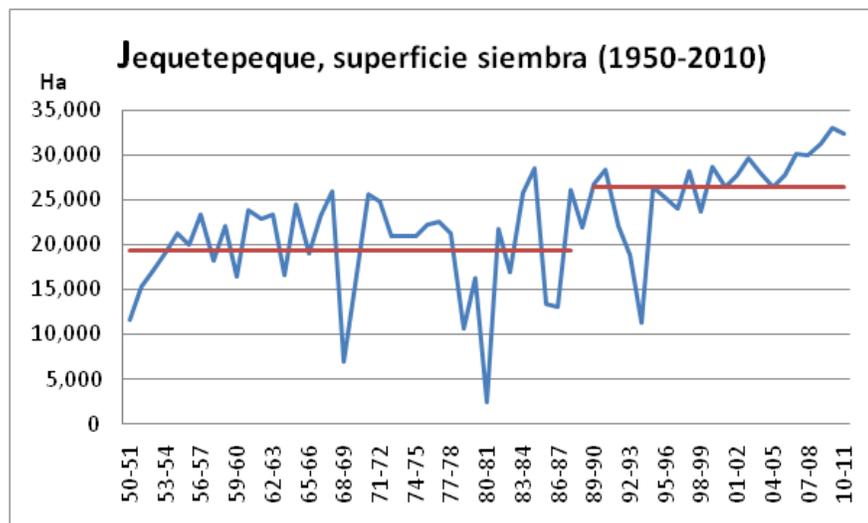
Figura 20. Comparación de aportes hídricos anuales antes y después del Fenómeno El Niño.

En marzo, en pleno período de estiaje, la demanda de agua antes de 1997/98 ascendía a 217 MMC luego del referido año la demanda se incremento hasta los 456 MMC.

El embalse Gallito Ciego regula los aportes hídricos excedentes hasta donde su capacidad se lo permita. Modificaciones en las capacidades del embalse podrán afectar la disposición agrícola de agua y las superficies sembradas en el valle del Jequetepeque.

Como ya se mencionó, después de 1997/98 el valle experimenta un gran excedente de agua que termina en el océano porque el embalse tiene un límite de almacenamiento (volumen total). La colmatación provoca la acumulación de sedimentos y arrastre en espacios previamente confinados a una función de almacenamiento (volúmenes muerto, inactivo o útil). Los estudios de batimetría del embalse indican que los sedimentos han cubierto la totalidad del volumen muerto (diseñado para colmatarse durante el período de vida del proyecto), y ahora está comprometiendo el volumen inactivo (la compuerta de fondo que sirve para descargar los sedimentos se encuentra inoperativa con 300 mil metros cúbicos de sedimentos).

Respecto a la superficie de siembra del valle, en la Figura 21 se muestra la serie histórica de la superficie de siembra del valle Jequetepeque.

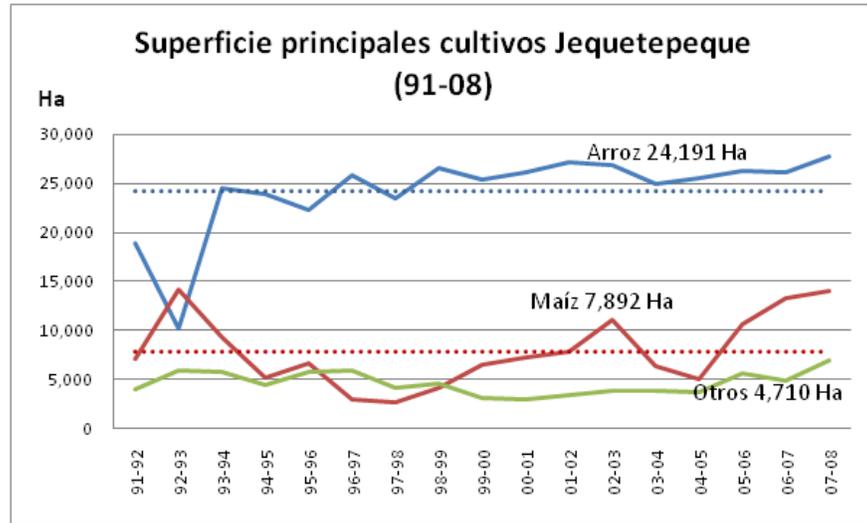


Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Superficie de siembra en Jequetepeque (1950-2010).

El promedio de la superficie de siembra antes del inicio de operaciones del embalse Gallito Ciego ascendía a 19.305 ha y después el promedio asciende a 26.427 ha. Ahora hay dos campañas al año en el valle del Jequetepeque (principal y complementaria) donde antes solamente podía darse una sola campaña debido a la reducción de los aportes hídricos (sólo campaña principal).

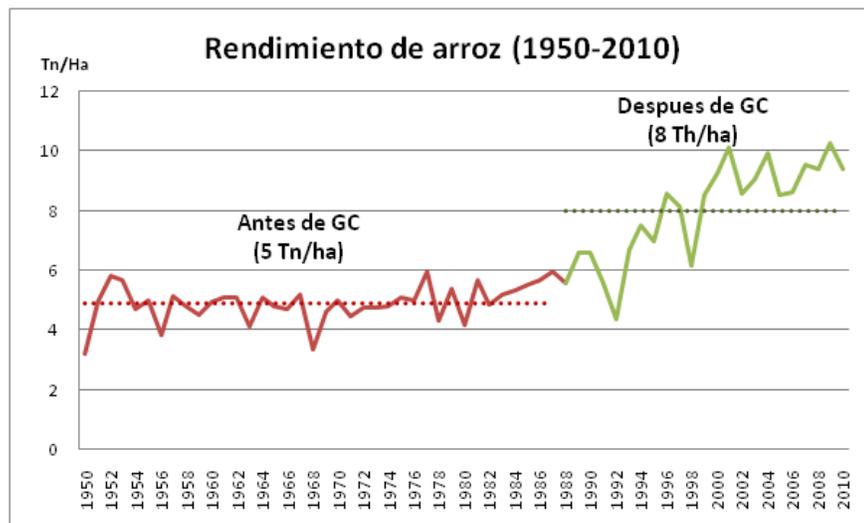
Al ser el valle Jequetepeque, tradicionalmente, arrocero dicho incremento se refleja en la superficie de siembra del arroz (Figura 22).



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Superficie de maíz y arroz en Jequetepeque (1991-2008).

Respecto a los rendimientos productivos del cultivo principal del valle. En la Figura 23 se muestran los rendimientos productivos antes y después del inicio de operaciones del embalse Gallito Ciego.

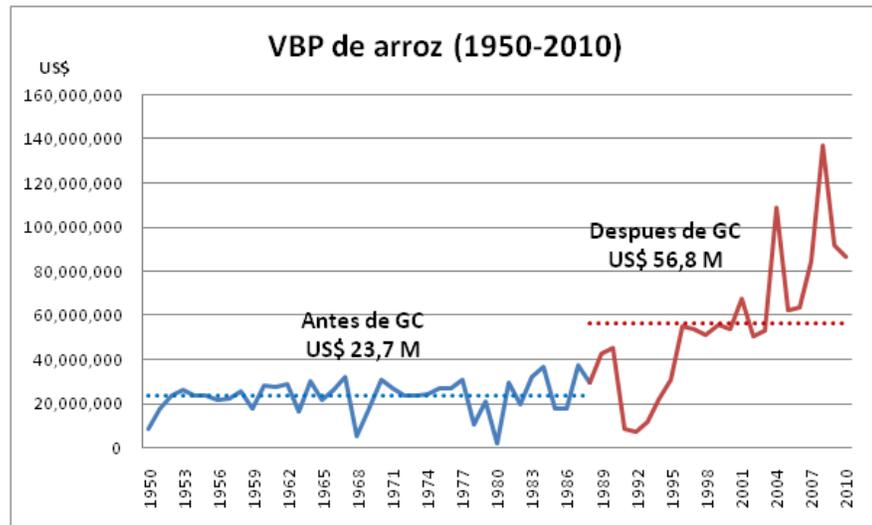


Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Rendimiento del arroz en Jequetepeque (1950-2010).

Los rendimientos productivos del arroz alcanzados en el valle son de los más altos a nivel nacional. Después del inicio de operaciones del embalse el rendimiento también sufrió un incremento significativo

Respecto a los beneficios económicos del embalse al sector agrícola. En la Figura 24 se muestra el promedio del valor bruto de la producción del principal cultivo del valle, el arroz.



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Valores brutos de producción del arroz en Jequetepeque (1950-2010).

La diferencia entre los promedios del valor bruto de producción es US\$ 33,04 millones. Como se aprecia en el gráfico hay una tendencia a incrementarse el valor bruto de la producción por lo que la diferencia de promedios es un valor conservador de la contribución económica del embalse al sector agrícola.

Las ganancias promedio anuales agregadas en el valle por el cultivo de arroz ascienden a US\$ 21.937.149 durante el período 1988/07. Es decir, en promedio cada hectárea de arroz reporta ganancias anuales por un valor de US\$ 907.

Ahora, ¿cómo cambiarían estos beneficios antes diferentes escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego? En el gráfico 25 se muestra a diferentes escenarios de colmatación del embalse la pérdida del valor bruto de producción (VBP) del arroz.

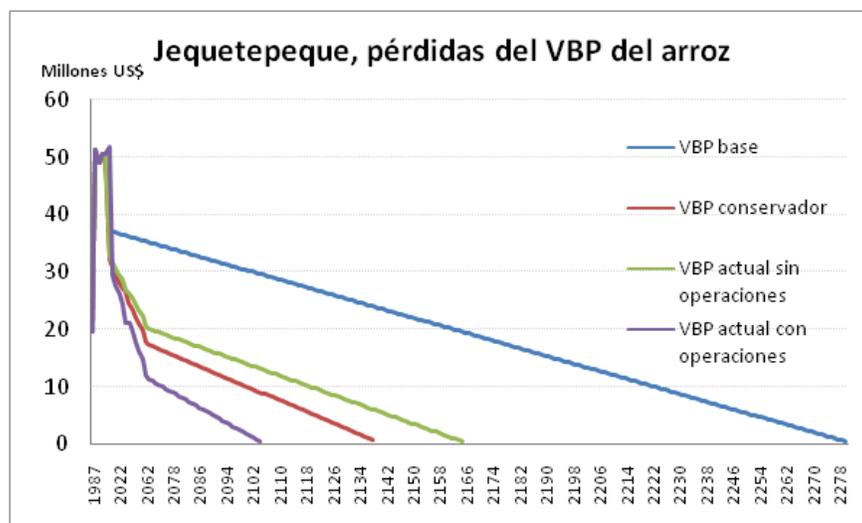


Figura 25. Pérdidas en el valor bruto de la producción del arroz por diferentes escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego.

Para elaborar el valor bruto de la producción se emplearon los diferentes escenarios de colmatación del embalse, el valor promedio del rendimiento productivo del cultivo (1991/2010) y el precio promedio del cultivo (1991/2010).

El valor bruto de producción en el escenario de colmatación que utiliza la serie hidrológica 1987/88 a 2005/06 llega a cero (agricultura no es más negocio en el valle) en el año 2106. Para el escenario de colmatación actual sin operaciones el valor bruto de producción es cero al año 2168. Finalmente, el valor bruto de la producción de arroz es cero en el año 2141 para el escenario conservador (2284 para el escenario base).

En el Cuadro 44 se muestra el valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de la producción del arroz.

Cuadro 44. Valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de la producción del arroz a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).

Valor actual neto (tasa descuento %)	Escenario conservador	Escenario actual sin operaciones	Escenario actual con operaciones
VAN (2%)	704.705.744	649.764.852	645.933.798
VAN (5%)	298.834.151	253.077.024	355.856.015
VAN (10%)	125.440.050	106.198.468	145.794.988

Fuente: Elaboración propia

Los valores del valor actual neto del Cuadro 44 representan las pérdidas en el valor bruto de la producción del arroz a diferentes escenarios de colmatación del embalse.

Un segundo análisis de pérdidas de beneficios se realizó empleando el valor promedio de la rentabilidad del arroz. Los resultados se muestran en el Cuadro 45.

Cuadro 45. Valor actual neto de las pérdidas en la rentabilidad del arroz a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).

Valor actual neto (tasa descuento %)	Escenario conservador	Escenario actual sin operaciones	Escenario actual con operaciones
Costo oportunidad anual (2%)	147.988.206	136.450.619	135.646.098
Costo oportunidad anual (5%)	62.755.172	53.146.175	70.529.763
Costo oportunidad anual (10%)	26.342.411	22.301.678	30.616.948

Fuente: Elaboración propia

El valor de la pérdida de beneficios varía entre los US\$ 22.301.678 (tasa de descuento 10%) y los US\$ 147.988.206 (tasa de descuento 2%). Estos valores representan las pérdidas al sector agrícola ocasionadas por la sedimentación del embalse Gallito Ciego.

4.4.3.2 Del sector energía

La venta de energía a los concesionarios de distribución destinada al servicio público de electricidad se encuentra dentro de un sistema de precios regulados. La compañía también vende energía a clientes libres que corresponden a un mercado no regulado cuyas tarifas son fijadas contractualmente en forma bilateral. En el Cuadro 46 se muestran los ingresos de SNV Power por la venta de energía hidroeléctrica.

Cuadro 46. Ingresos en US\$ por la venta de energía eléctrica.

Concepto	Ingresos 2006 (US\$ millones)	Ingresos 2005 (US\$ millones)
Venta a clientes libres	0,51	0,38
Venta a distribuidoras	19,49	16,23
Venta generadoras COES ⁴⁷	5,02	7,06
Ingresos peajes	0,48	0,67
Total ingresos	25,50	24,35

Fuente: Cahua 2006

Se aprecia un incremento de US \$ 1,15 millones respecto al año 2005 debido a una mayor venta a empresas distribuidoras de electricidad.

⁴⁷ Organismo técnico, conformado por titulares de centrales de generación y de sistemas de transmisión, con instalaciones interconectadas. Con el objetivo de coordinar su operación al mínimo costo, garantizando el abastecimiento de energía eléctrica

El promedio de la utilidad bruta por el funcionamiento y operaciones de la central hidroeléctrica Gallito Ciego significativo para SNV Power para el año 2006 y 2007 ascendió a US\$ 1.214.208 y 1.778.010, respectivamente.

Ahora, ¿cómo cambiarían estos beneficios antes diferentes escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego? En el gráfico 26 se muestra, a diferentes escenarios de colmatación del embalse, la pérdida del valor bruto de producción (VBP) de energía hidroeléctrica.

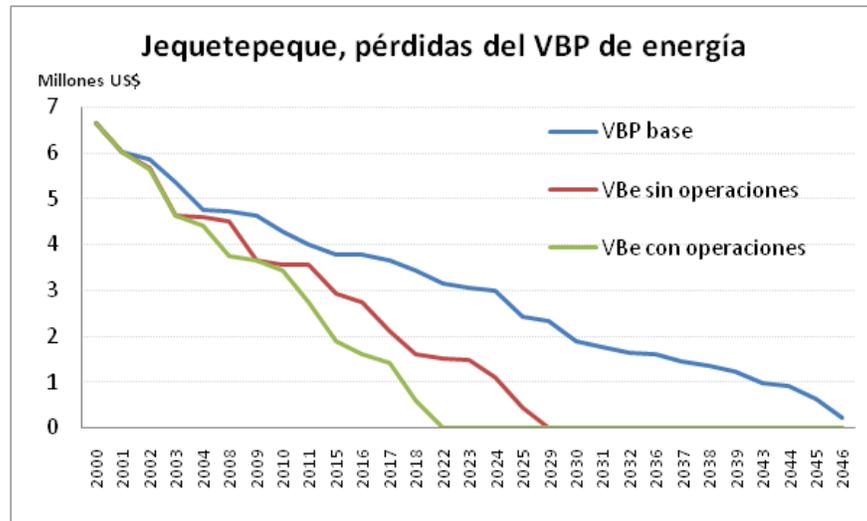


Figura 26. Pérdidas en el valor bruto de la producción de energía hidroeléctrica por diferentes escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego.

Para elaborar el valor bruto de la producción de energía se utilizaron los escenarios actual sin operaciones y actual con operaciones previamente definidos para el sector agrícola; así como, el valor por MWh, la producción energía y la masa de agua utilizada para la generación de la energía.

El valor bruto de producción en el escenario de colmatación actual con operaciones llega a cero (generar energía no es más negocio) en el año 2022. Para el escenario de colmatación actual sin operaciones el valor bruto de producción es cero al año 2025. Finalmente, el valor bruto de la producción es cero en el año 2046 para el escenario base.

En el Cuadro 47 se muestra el valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de producción de energía.

Cuadro 47. Valor actual neto de las pérdidas del valor bruto de la producción de energía a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).

Valor actual neto (tasa descuento %)	Escenario actual sin operaciones	Escenario actual con operaciones
VAN (2%)	12.261.469	11.835.343
VAN (5%)	8.695.377	8.967.734
VAN (10%)	5.152.079	5.830.734

Fuente: Elaboración propia

El valor de la pérdida de beneficios varía entre los US\$ 12.261.469 (tasa de descuento 2%) y los US\$ 5.152.079 (tasa de descuento 10%). Estos valores representan las pérdidas al sector energía ocasionadas por la sedimentación del embalse Gallito Ciego.

4.4.3.3 Resumen de pérdidas de los sectores agricultura y energía

En el Cuadro 48 se muestra la suma de los valores actuales netos del sector agricultura y energía.

Cuadro 48. Valor actual neto agregado de las pérdidas a los sectores agricultura y energía a diferentes tasas de descuento (2%, 5% y 10%).

Valor actual neto	Sectores	Escenario conservador	Escenario actual sin operaciones	Escenario actual con operaciones
VAN (2%)	Agricultura	704.705.744	649.764.852	645.933.798
	Energía	s.d.	12.261.469	11.835.343
VAN (5%)	Agricultura	298.834.151	253.077.024	355.856.015
	Energía	s.d.	8.695.377	8.967.734
VAN (10%)	Agricultura	125.440.050	106.198.468	145.794.988
	Energía	s.d.	5.152.079	5.830.734
Total VAN (2%)		704.705.744	662.026.321	657.769.141
Total VAN (5%)		298.834.151	261.772.401	364.823.749
Total VAN (10%)		125.440.050	111.350.547	151.625.722

Fuente: Elaboración propia

El valor de la pérdida de beneficios en los sectores agricultura y energía varía entre los US\$ 111.350.547 (tasa de descuento 10%) y los US\$ 704.705.744 (tasa de descuento 2%). Estos valores representan las pérdidas a ambos sectores ocasionadas por la sedimentación del embalse Gallito Ciego.

4.5 Marco financiero para la implementación del esquema de pago por servicio ecosistémico hídrico

A continuación se presenta un análisis de intervención del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos en los tres niveles de análisis (microcuencas, subcuenca y cuenca). Las áreas a intervenir para todos los casos son áreas no estables prioritarias y no prioritarias y áreas moderadamente estables. A continuación se presenta el Cuadro 49 que resume las características de los dos escenarios futuros de intervención.

Cuadro 49. Detalle de los escenarios a evaluar.

Niveles de intervención	Escenario optimista	Escenario moderado
Áreas no estables prioritarias	Cambio de uso del suelo en el 100% de la superficie a sólo reforestación en macizo	Cambio de uso del suelo en un 50% de la superficie de la siguiente manera: 50% reforestación en macizo 50% silvopastura con siembra nueva
Áreas no estables no prioritarias	Implementación de prácticas de conservación de agua y suelo en 100% de la superficie, sólo terraza	Implementación de prácticas de conservación de agua y suelo en 50% de la superficie de la siguiente manera: 50% terraza 50% surcos en contorno
Áreas moderadamente estables	Implementación de prácticas de conservación de agua y suelo en 100% de la superficie, sólo terraza	Implementación de prácticas de conservación de agua y suelo en 50% de la superficie de la siguiente manera: 50% terraza 50% surcos en contorno

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios indicados son desarrollados a nivel de microcuencas Ayambra, Ahijadero y La Succha; subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

4.5.1 Marco financiero

4.5.1.1 En microcuencas

En el escenario optimista se privilegia el cambio de uso del suelo y la escala de intervención es sobre la integridad del área no estable prioritaria, no prioritaria y moderadamente estables. Es decir, pretende impactar sobre la mayor superficie posible y que actualmente no suministra servicio ecosistémico y cuyos terrenos tienen la condición de sobre explotados (áreas no estables prioritarias) o sin conflicto de uso (áreas no estables no prioritarias) y, de manera preventiva sobre las totalidad del área moderadamente estable con incorporación de prácticas agronómicas de conservación.

Los resultados del desarrollo del escenario optimista se muestran en el Cuadro 50 y tiene un horizonte de tiempo de 10 años a una tasa de descuento del 10%.

Cuadro 50. Resultados en las microcuencas del escenario optimista.

Contumza	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Anep	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630	18.630
Anenp	16.306	17.560	18.814	20.068	21.323	22.577	23.831	25.086	26.340	27.594
Ame	29.665	30.338	31.011	31.684	32.357	33.030	33.703	34.376	35.049	35.722

Anep: área no estable y prioritaria

Aneno: área no estable y no prioritaria

Ame: área moderadamente estable

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales en el escenario optimista para Ayambra, Ahijadero y La Succha ascienden a US\$ 732.740 con un valor actual neto de US\$ 441.065 (tasa de descuento del 10%).

En el escenario moderado, la intervención prevista solamente cubre el 50% de las áreas no estables prioritarias y no prioritarias así como el área moderadamente estable para cada nivel de análisis. En este escenario los impactos previstos serían menores en comparación con el escenario optimista. Los resultados del desarrollo del escenario moderado se muestran en el Cuadro 51 y tiene un horizonte de tiempo de 10 años a una tasa de descuento del 10%.

Cuadro 51. Resultados en las microcuencas del escenario moderado.

Contumza	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Anep	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315	9.315
Anenp	15.832	16.633	17.434	18.236	19.037	19.839	20.640	21.441	22.243	23.044
Ame	30.581	32.129	33.676	35.224	36.772	38.320	39.868	41.416	42.964	44.512

Anep: área no estable y prioritaria

Aneno: área no estable y no prioritaria

Ame: área moderadamente estable

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales en el escenario moderado para Ayambla, Ahijadero y La Succha ascienden a US\$ 662.991 con un valor actual neto de US\$ 396.199 (tasa de descuento del 10%).

4.5.1.2 En subcuenca del Contumaza

Para estimar la inversión por la implementación del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos a nivel de subcuenca Contumaza se procedió a desarrollar el escenario optimista y moderado para la subcuenca Contumaza. Los resultados están marcadamente determinados con las superficies de intervención. Los resultados del desarrollo del escenario optimista se muestran en el Cuadro 52 y tiene un horizonte de tiempo de 10 años a una tasa de descuento del 10%.

Cuadro 52. Resultados en la subcuenca Contumaza del escenario optimista.

Contumza	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Anep	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027	96.027
Anenp	117.688	126.741	135.794	144.847	153.899	162.952	172.005	181.058	190.111	199.164
Ame	391.812	400.701	409.589	418.478	427.367	436.255	445.144	454.033	462.921	471.080

Anep: área no estable y prioritaria

Aneno: área no estable y no prioritaria

Ame: área moderadamente estable

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales en el escenario optimista para la subcuenca Contumaza ascienden a US\$ 6.862.636 con un valor actual neto de US\$ 4.131.405 (tasa de descuento del 10%).

Los resultados del desarrollo del escenario moderado se muestran en el Cuadro 53 y tiene un horizonte de tiempo de 10 años a una tasa de descuento del 10%.

Cuadro 53. Resultados en la subcuenca Contumaza del escenario moderado.

Contumza	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Anep	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013	48.013
Anenp	114.268	120.052	125.835	131.619	137.403	143.187	148.971	154.754	160.538	166.322
Ame	403.901	424.345	444.789	465.233	485.676	506.120	526.564	547.008	567.452	587.896

Anep: área no estable y prioritaria

Aneno: área no estable y no prioritaria

Ame: área moderadamente estable

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales en el escenario moderado para la subcuenca Contumaza ascienden a US\$ 6.842.066 con un valor actual neto de US\$ 4.079.330 (tasa de descuento del 10%).

4.5.1.3 En cuenca del Jequetepeque

Similar procedimiento se realizó para la cuenca Jequetepeque, los resultados están influenciados por las superficies a intervenir. Es importante anotar que se requiere estudios más detallados para precisar las áreas de intervención del esquema de pago por servicios ecosistémicos, correspondiendo éstos resultados como una gruesa aproximación de la inversión a nivel de cuenca.

En el escenario optimista los costos totales ascienden a US\$ 116.260.464 con un valor actual neto de US\$ 69.822.779. Mientras para el escenario moderado sus costos ascienden a US\$ 126.235.860 con un valor actual neto de US\$ 75.110.386.

4.5.1.4 Resumen de los costos del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos a diferentes niveles

En el Cuadro 54 se muestra el resumen de los costos del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos a nivel microcuencas, subcuenca Contumaza y cuenca Jequetepeque.

Cuadro 54. Valor actual neto de implementación del PSE a diferentes niveles de análisis.

Niveles de análisis	VAN (10%) optimista	VAN (10%) moderado
Microcuencas	441.065	369.199
Subcuenca Contumaza	4.131.405	4.079.330
Cuenca Jequetepeque	69.822.779	75.110.386

Fuente: Elaboración propia

Los valores reportados son menores respecto a las pérdidas en agricultura y energía.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los potenciales proveedores del servicio ecosistémico regulación hídrica de las microcuencas Ayambla, Ahijadero y La Succha presentan restricciones físico ambientales y limitaciones socioeconómicas que impiden el cambio de uso del suelo y la aplicación de prácticas de conservación de agua y suelo que favorezcan la provisión del servicio ecosistémico regulación hídrica.

Las unidades productivas de los potenciales proveedores son de reducido tamaño y carecen de fuentes de agua regulares. El agua para riego proviene, en su gran mayoría, de lluvias de la zona. El relieve en las microcuencas es accidentado y se convierte en un factor que limita el incremento de tamaño de las unidades productivas agrícolas.

La tenencia de la tierra no está debidamente formalizada, predominando la herencia como mecanismo de transmisión de derechos sobre la tierra. El actual régimen de tenencia de la tierra dificulta la aplicación del mecanismo pago por servicio ecosistémico porque el potencial oferente del servicio no es el dueño de la unidad productiva. La aplicación del mecanismo implica asumir responsabilidades por las cuales se recibe una compensación, si éstos acuerdos se establecen con personas no propietarias de la tierra que sentido de cumplimiento existirá en ella, cómo los demandantes podrán monitorear y evaluar los resultados de la implementación del mecanismo

Las barreras físico ambientales y socioeconómicas provocan sistemas productivos de bajos niveles de ingresos monetarios sean éstos agrícolas, pecuarios o forestales. La agricultura es la principal actividad económica en los potenciales proveedores del servicio ecosistémico y le genera los mayores ingresos económicos a las economías familiares de las microcuencas de análisis.

El mecanismo de pago por servicios ecosistémicos retribuye al oferente del servicio una compensación monetaria que compense los esfuerzos que incurre para la provisión del servicio. Al ser la actividad agrícola la principal actividad económica es un correcto referente para estimar los costos de compensación económica.

Considerando que no fue posible construir la función dosis respuesta entre los cambios de uso del suelo y las prácticas de conservación de agua y suelo con la generación de sedimentos el índice del valor del uso del suelo es una alternativa para provocar un ordenamiento a las contribuciones en la provisión del servicio ecosistémico.

Según los escenarios de colmatación del embalse Gallito Ciego, los impactos a los actuales beneficios generados podrían afectar a los sectores agricultura y energía en la cuenca baja del valle del Jequetepeque.

Los potenciales demandantes en financiar las actividades del mecanismo pago por servicio ecosistémico será la empresa de generación de hidroelectricidad porque sería ella la primera en ser impactada por la colmatación del embalse y porque demandaría agua con menor contenido de sedimentos antes que cantidad de agua.

Para el caso de los agricultores en la cuenca baja, a quienes les interesaría más la cantidad de agua en lugar de la calidad, habría que explicar que las inversiones a realizar en la cuenca alta (financiadas por el pago por servicio ecosistémico) son menores en comparación con los ingresos que podrían dejar de percibir por la actividad agrícola. Más aún cuando en la cuenca del Jequetepeque se reportan años extremos con más frecuencia.

El análisis de identificación de áreas prioritarias de intervención fue realizado a nivel de microcuencas. Los criterios empleados permitieron identificar áreas prioritarias a nivel de subcuenca y cuenca.

El escenario de pérdidas económicas agrícolas y energéticas justifica realizar la implementación del mecanismo de pago por servicios ecosistémicos en los tres niveles de análisis. Es conveniente que los actores de la infraestructura energética aporten una parte de sus beneficios económicos para disminuir la degradación del servicio ecosistémico hídrico.

Se recomienda ampliar el análisis de potenciales oferentes del servicio ecosistémico regulación hídrica a nuevas microcuencas de la subcuenca Contumaza. El área de análisis representó solamente una pequeña fracción de la superficie de la cuenca Jequetepeque y las condiciones socioeconómicas y ambientales variaran según la localización del oferente del servicio.

Se recomienda al Proyecto Especial Jequetepeque Zaña evaluar la viabilidad de la implementación piloto del mecanismo pago por servicios ecosistémicos en las microcuencas analizadas. Es necesario comenzar a conocer y construir la función dosis respuesta con la finalidad premiar aquellos comportamientos ambientales productivos que favorezcan la provisión del servicio, así como evidenciar que el mecanismo se aplica con criterios de eficiencia.

Se recomienda a los Gobiernos Regionales de Cajamarca y La libertad realizar campañas de comunicación y sensibilización sobre los aportes del servicio ecosistémico al

bienestar local y regional. El servicio ecosistémico regulación hídrica tiene un efecto sobre la generación del recurso agua en la cuenca del río Jequetepeque, variaciones en el estado de conservación de los ecosistemas podrá modificar la provisión del servicio ecosistémico y afectar el actual nivel de bienestar privado y social.

Se recomienda a los Gobiernos Regionales de Cajamarca y La Libertad crear una mesa de concertación como un espacio de negociación para la gestión de un recurso natural productivo y conservación de los ecosistemas en la cuenca alta del Jequetepeque.

6 LITERATURA CITADA

- Alpizar, F. 2005. Valoración económica de beneficios ambientales hídricos en paisajes intervenidos, cantón de Esparza, Costa Rica. Grupo SEBSA. CATIE. 12p.
- Alpizar, F. y Madrigal, R. 2005. Construcción de un índice de usos del suelo relacionados con la provisión hídrica. Informe de taller. Turrialba. CR. CATIE. 17 p.
- Baltodano, M.A. 2005. Valoración económica de la oferta del servicio ambiental hídrico en las subcuencas de los ríos Jucuapa y Calico, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105.
- Begon, M. H. Harper, M. Townsend. 1997. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Editorial Omega, Barcelona, España. 300 pp.
- Bergkamp, G. y Smith, M. 2006. Incentives for Water Security. In Smith, M., de Groot, D., Perrot-Maître, D. and Bergkamp, G. 2006. Pay – Establishing payments for watershed services. IUCN. Gland, Switzerland. 15-19 Pp.
- Broadman, AE; Greenberg, DH; Vining, AR; Weimer, DL. 2001. Cost-benefit analysis: concepts and practice. 2.ed.. Upper Saddle River, NJ (EU). Prentice Hall. 2001. 526p.
- Boyd, J. y Banzhaf, S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616 – 626.
- Brauman, K., Gretchen, D., Ka'eo, T. y Mooney, H. 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32: 67–98
- Bruijnzee, L. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104, 185–228.
- Bustamante, M. 2008. El Agua en Ecosistemas Andinos: Herramientas para la Gestión. Memorias del taller El agua en ecosistemas andinos, herramientas para la gestión. Quito, Ecuador. 44 p.
- Cahua 2006. Memoria anual 2006. Lima. Perú. 71p.
- Cahua 2005. Memoria anual 2004. Lima. Perú. 68p.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. Naciones Unidas. New York. USA. 34p.
- Cerna, M., Díaz, G., Bustamante, V. 2007. Priorización de intervenciones por microcuencas. Proyecto CESA. 8p.

- Cisneros, J., F. Alpizar y R. Madrigal. 2006. Valoración económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras. En: *Revista Recursos Naturales y Ambiente*/no. 51:143-152
- Cisneros, J. 2005. Valoración económica de los beneficios de la protección del recurso hídrico y propuesta de un marco operativo para el pago de servicios ambientales en Copán Ruinas, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 115p.
- Daily, G.C. 1997. *Nature's services*. Island Press, Washington DC. 392 p.
- Dale, V. y Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64, 286-296.
- de Groot, RS; Wilson, MA; Boumans, RMJ. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- de Groot, R. 1992. *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff BV, Groningen, Holanda.
- Diaz, S. y Duffy, J. 2006. Biodiversity and ecosystem services In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment) (en línea). Consultado el 03 de agosto 2009. Disponible en: http://www.eoearth.org/article/Biodiversity_and_ecosystem_services.
- Freeman, M. 1993. *The measurement of environmental and resources values. Theory and methods*. Washington, DC (EU). Resources for the future. 1993. 516 p.
- GEF. 1999. *Global Environment Facility, Experience with Conservation Trust Funds. Evaluation Report #1-99*. Washington, D.C., January 1999. 80p.
- Goitia, J. 1995. *Modelación de la operación de un sistema hidroeléctrico en serie, caso del embalse Arenal, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 165 p.
- Goldman, R., Thompson, B., Daily, G. 2007. Institutional incentives for managing the landscape: Inducing cooperation for the production of ecosystem services. *Ecological Economics* 64, 333-343.
- Gómez-Baggethun, E. y de Groot, R. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16 (3): 4 – 14.
- González, E. 2007. *Evaluación Hidrológica de la Cuenca del Jequetepeque y de la Intervención en las microcuencas de Ayambla, Ahijadero y La Succha*. Proyecto CESA. 50p.
- Gottfried, R. 1992. The value of a watershed as a series of linked multiproduct assets. *Ecological Economics* 5, 145-161.

- Hernández, I. 2008. Anuario hidrológico del valle Jequetepeque. 2007-2008. Cajamarca. Perú.
- Holmes, T.P., Bergstrom, J.C., Huszar, E., Kask, S.B., Orr III, F. 2004. Contingent valuation, net marginal benefits, and the scale of riparian ecosystem restoration. *Ecological Economics* 49, 19-30.
- Informet 2005. Informe final del diagnóstico del sistema de cultivo y uso de agua de riego en la cuenca del valle Jequetepeque. Lima 130p.
- INEI. 2005. Compendio estadístico departamental Cajamarca. Censo de Población Lima. Perú.
- INRENA. 2005. Anuario estadístico 2004. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima. Perú. 34p.
- Kroeger, T. y Casey, F. 2007. An assessment of market-based approaches to providing ecosystem services on agricultural lands. *Ecological Economics* 64, 321-332.
- Landell-Mills y Porras, 2002. Silver Bullet or Fools' Gold: A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. IIED. 127p.
- Lant, C., Kraft, S., Beaulieu, J., Bennett, D., Loftus, T., Nocklow, J. 2005. Using GIS-based ecological-economic modeling to evaluate policies affecting agricultural watershed. *Ecological Economics* 55, 467-484.
- López, F. y E. Girón. 2007. Análisis biofísico (Modelo SWATT) de la cuenca Jequetepeque. Proyecto CESA. 80p.
- Madrigal, R y Alpizar, F. 2008 El pago por servicios ecosistémicos y la acción colectiva en el contexto de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie técnica. Informe técnico N° 361. 29 p.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 86p.
- Medrano, N. 2007. Estudios de Medios de Vida Microcuencas Ayambra, Ahijadero y La Succha – Cuenca del río Jequetepeque. Proyecto CESA. 49p.
- Ortega, L. 1962. Requerimientos de riego del Valle Jequetepeque. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 111p.
- Pagiola, S. 2001. Payments for environmental services. Environment department the World Bank. EU. 4 p.
- Parkhurst, G., Shogren, J. 2007. Spatial incentives to coordinate contiguous habitat. *Ecological Economics* 64, 344-355.

- Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña (PEJEZA). 2007. Consolidación de la primera etapa del PEJEZA. Estudio de perfil. Volumen 1: Identificación, formulación y evaluación del proyecto. 98p.
- Pimentel, D; Harvey, C; Resosudarmo, P; Sinclair, K; Kurz, D; McNair, M; Crist, S; Shpritz, L; Fitton, L.; Saffouri, R; y Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267: 1117 – 1123.
- Ranganathan, et al. 2008. *Ecosystem Services: A Guide for Decision Makers*. World Resources Institute. Washington, DC
- Retamal, MR. 2006. Valoración económica de la oferta del servicio ecosistémico hídrico para consumo humano en el municipio de Copán Ruinas, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 181 p.
- Retamal, R., Madrigal, R., Alpizar, F. y Jimenez, F. 2008. Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán Ruinas, Honduras. Informe técnico No. 362. Turrialba, CR. 54 p.
- Rocha, A. 2004. Aspectos sedimentológicos del manejo de cuencas en zonas áridas sujetas al Fenómeno El Niño. II Simposio Latinoamericano de Control de Erosión 2004. Iquitos. Perú.
- Rocha, A. 1983. Sedimentación acelerada de embalses. *Revista de información profesional El Ingeniero Civil*.
- Roquet, V y Durocher, C. 2006. Compensation Policy Issue. Compendium on Relevant Practices 2nd Stage. United Nations Environment Programme Dams and Development Project (en línea). Montreal, CD. Consultado 16 de Oct. 2008. Disponible en: http://www.unep.org/dams/files/Compendium/Report_CP.pdf
- Sánchez, P. 2003. Problemática de los suelos en el Peru. En: Anuario estadístico ambiental 2001. Instituto Cuanto. Lima. 245p.
- Shiklomanov, I. 1998. World water resources. A new appraisal and assessment for the 21 st Century (en línea). Paris, FR. Consultado 16 de Oct. 2008. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001126/112671eo.pdf>
- Smith, M., de Groot, D., Perrot-Maître, D. and Bergkamp, G. 2006. Pay – Establishing payments for watershed services. IUCN. Gland, Switzerland. 103p.
- Stadtmüller, T. 1987. Cloud Forests in the Humid Tropics. A bibliographic review. United Nations University, Tokyo y CATIE. Turrialba, Costa Rica

- TEEB, 2008. The economics of Ecosystems and biodiversity. Mainstreaming the economics of nature. Consultado 24 de Ene. 2009. Disponible en <http://www.teebweb.org/>
- Tobón, C. 2010. Los Bosques andinos y el agua. Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos. Serie investigación y sistematización No. 4. ECOBONA. 64p.
- Vanacker, V., Molina, A., Govers, G., Poesen, J., Dercon, G., Deckers, S. 2005. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. *Geomorphology* 72, 340– 353.
- UN WATER (The United Nations World Water Development) 2006. Water a shared responsibility Report 2 (en línea). Paris, FR. Consultado 15 de Oct. 2008. Disponible en: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/table_contents_es.shtml
- Viglizzo, E., y Frank, F. 2006. Land-use options for Del Plata Basin in South America: tradeoffs analysis based on ecosystem services provision. *Ecological Economics* 57, 140-151.