

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL
DESARROLLO SUSTENTABLE**



**“VALOR DE LA AGROBIODIVERSIDAD ANTE CAMBIOS EN LA
OFERTA HÍDRICA. RESULTADO DE UN MODELO
HIDROECONÓMICO, MICROCUENCA MARIÑO, APURÍMAC”**

Presentada por:

MARIANELLA CRISPIN CUNYA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE**














Lima - Perú

2023

Document Information

Analyzed document	20210330-Informe-MCRISPIN.pdf (D167412553)
Submitted	5/18/2023 7:31:00 AM
Submitted by	Eric Rendón Schneir
Submitter email	ericrendon@lamolina.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	ericrendon.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf Fetched: 5/18/2023 7:33:00 AM	 12
W	URL: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/default_images/politica_y_estrategia_nacional_de_re... Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 1
W	URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100003 Fetched: 5/18/2023 7:33:00 AM	 4
W	URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000100008 Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 7
SA	Servicios ecosistemicos - Marco Sotomayor.docx Document Servicios ecosistemicos - Marco Sotomayor.docx (D57208958)	 6
SA	Tesis Catalina Sandoval junio 2019.pdf Document Tesis_Catalina_Sandoval_junio_2019.pdf (D54800742)	 2
SA	17534-Semizo Mejia, Oscar Eric-1.pdf Document 17534-Semizo Mejia, Oscar Eric-1.pdf (D54544308)	 2
W	URL: http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 10
SA	tesis borrador.docx Document tesis borrador.docx (D11232963)	 1
W	URL: http://www.fao.org/3/i0112s/i0112s.pdf Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 3
SA	Jessica Campaña 5to Semestre .pdf Document Jessica Campaña 5to Semestre .pdf (D42325562)	 1
W	URL: http://fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/detail... Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 1
W	URL: http://www.ilr.uni-bonn.de/agpo/staff/heckelei/heckelei_hab.pdf Fetched: 5/18/2023 7:32:00 AM	 1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL
DESARROLLO SUSTENTABLE**

**“VALOR DE LA AGROBIODIVERSIDAD ANTE CAMBIOS EN LA
OFERTA HÍDRICA. RESULTADO DE UN MODELO
HIDROECONÓMICO, MICROCUENCA MARIÑO, APURÍMAC”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
*DOCTORIS PHILOSOPHIAE***

Presentada por:

MARIANELLA CRISPIN CUNYA

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

**Dr. Carlos Orihuela Romero
PRESIDENTE**

**Dr. Eric Rendón Schneir
ASESOR**

**Ph.D. Roberto Ponce Oliva
CO-ASESOR**

**Ph.D. Julio Alegre Orihuela
MIEMBRO**

**Ph.D. Eduardo Chávarri Velarde
MIEMBRO**

**Dr. Willems Bram Leo
MIEMBRO EXTERNO**

DEDICATORIA

A mis hermosos bebés, Andresito, tan pequeño, ¡un gran guerrero y Carlitos
un terremoto de emociones y fuerza!!

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1.1	Justificación práctica	4
1.1.2	Justificación teórica	5
1.1.3	Justificación metodológica	5
1.2	OBJETIVOS	6
1.2.1	Objetivo general.....	6
1.2.2	Objetivos específicos	6
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1	MODELO HIDROECONÓMICO (MHE)	7
2.1.1	Antecedentes.....	7
2.1.2	Aplicación del modelo hidroeconómico.....	11
2.1.3	Calibración, estimación y optimización de modelos agrícolas	14
2.1.3.1	Especificación de modelos de programación	15
2.1.4	Principales usos y vacíos de la aplicación del MHE	19
2.2	SITUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	25
2.3	CONSERVACIÓN PRODUCTIVA DE LA AGROBIODIVERSIDAD	25
2.3.1	Situación hidrológica de la zona andina.....	26
2.3.2	La biodiversidad y el agua.....	28
2.3.3	La conservación productiva	31
2.3.3.1	Estrategia Nacional de Diversidad biológica	32
2.3.3.2	Diversidad cultivada.....	34
2.3.3.3	La agricultura familiar.....	35
2.3.3.4	La biodiversidad en la agricultura	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	39
3.2	HIPÓTESIS PLANTEADAS	40
3.2.1	Hipótesis general	40
3.2.2	Hipótesis específicas.....	40
3.3	CASO DE ESTUDIO	40
3.4	MATERIALES	45
3.4.1	Diseño de encuesta	45
3.4.2	Procesamiento de información.....	47
3.5	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	48
3.5.1	Unidad de análisis	49
3.5.2	Tipo	49
3.6	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	49
3.6.1	Población.....	49

3.6.2	Muestra	49
3.6.3	Muestreo	52
3.6.3.1	Formas de muestreo para un modelo hidroeconómico	52
3.6.3.2	Distribución de la muestra	55
3.7	PROCEDIMIENTO	60
3.7.1	Módulo hídrico	62
3.7.2	Módulo socioeconómico	62
3.7.3	Especificaciones del Modelo Hidroeconómico	63
3.7.4	Información utilizada	66
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1	RESULTADOS DEL AÑO BASE	68
5.1.1.	Condiciones de las parcelas	68
5.1.2.	Condiciones de riego y fuente de agua	71
5.1.3.	Respecto a la percepción sobre el cambio climático	74
5.1.4.	Respecto al acceso de información agrícola	76
5.1.5.	Costo del agua	78
5.1.6.	Condiciones socioeconómicas	80
5.1.7.	Condición de producción agrícola y costos	83
5.1.8.	Cédula de cultivo	84
4.2	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO	88
5.2.1.	Salidas del modelo hídrico utilizado en el MHE	88
5.2.2.	Resultados del modelamiento	89
5.2.2.1.	Definición de escenarios	89
5.2.2.2.	Resultados de optimización de superficie	91
5.2.2.3.	Resultados sobre el nivel de producción	97
5.2.2.4.	Resultados sobre el nivel de ingresos	101
5.2.2.5.	Resultados sobre la dotación y disponibilidad hídrica	106
5.2.2.6.	Costo adicional para cubrir necesidades hídricas	112
4.3	PROPUESTA DE CONSERVACIÓN PRODUCTIVA DE LA AGROBIODIVERSIDAD Y SU VÍNCULO CON EL MHE	115
V.	CONCLUSIONES	120
VI.	RECOMENDACIONES	128
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
VIII.	ANEXOS	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Especies vegetales por región ecológica	30
Figura 2: Jerarquización de la biodiversidad	30
Figura 3: Bases a tener en cuenta para la conservación productiva	34
Figura 4: Contribución de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe	37
Figura 5: Propuesta de imagen de territorio de una conservación productiva	38
Figura 6: Árbol de medios y fines utilizado para definir el problema de investigación	39
Figura 7: Ubicación política de la microcuenca Mariño	42
Figura 8: Distribución de la microcuenca Mariño	43
Figura 9: Estructura organizativa del uso agrícola del agua en la Microcuenca Mariño	45
Figura 10: Instrumentos utilizados en la construcción de encuesta	46
Figura 11: Distribución de las preguntas en la encuesta de investigación	46
Figura 12: Mapa de la Microcuenca Mariño (cuenca alta, media y baja)	56
Figura 13: Mapa de la Microcuenca Mariño y mapa SEA superpuesto	56
Figura 14: Ubicación de las encuestas ejecutadas	60
Figura 15: Modelo Conceptual del uso del agua en la investigación	63
Figura 16: Diagrama conceptual del modelo hidroeconómico (MHE)	66
Figura 17: Relación del número de parcelas y la superficie por comunidad	69
Figura 18: Tenencia de tierra y situación de las propiedades	70
Figura 19: Percepción de los agricultores sobre el cambio climático y su importancia	74
Figura 20: Percepción de los agricultores sobre la temperatura y precipitación	75
Figura 21: Percepción de los agricultores sobre la afectación del cambio climático en la agricultura por comunidad	76
Figura 22: Tipo de información que los agricultores desean acceder	77
Figura 23: Fuentes de información más cercanas al productor	77
Figura 24: Medios de información más utilizada por los agricultores	78
Figura 25: Comparativo de los turnos de agua por mes y su costo total por comunidad	79
Figura 26: Género y edad de la población objetivo por comunidad	80
Figura 27: Ingresos y rango de ingresos reportados por los agricultores	82
Figura 28: Rendimiento y costos promedio por comunidad agrícola	84
Figura 29: Parcelas mínimas, máximas y promedio reportado en cada comunidad	91
Figura 30: Optimización de superficie total por escenario y comunidad	92
Figura 31: Optimización de superficie de secano por escenario y comunidad	94
Figura 32: Optimización de superficie bajo riego por escenario y comunidad	96
Figura 33: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo	99
Figura 34: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo sin considerar la alfalfa	100
Figura 35: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo sin considerar la alfalfa y palta ..	101
Figura 36: Optimización de los ingresos netos por escenario	102

Figura 37: Optimización de los ingresos netos por comunidad	103
Figura 38: Ingresos netos por cultivos y escenario	105
Figura 39: Ingresos netos de los cultivos por escenario sin considerar alfalfa ni palta	105
Figura 40: Diagrama cascada relación de las comunidades respecto a la dotación el agua	106
Figura 41: Optimización de la dotación de agua por comunidad	108
Figura 42: Optimización de la disponibilidad de agua por comunidad	110
Figura 43: Optimización del consumo de agua por comunidad	112
Figura 44: Vinculo de la agrobiodiversidad y el MHE para la microcuenca Mariño	117
Figura 45: Propuesta de conservación productiva para la microcuenca Mariño	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Lista de estudios de gestión de cuencas basados en MHE para la asignación de agua.....	23
Tabla 2: Presencia de fenómenos ambientales por zona y estación del año	27
Tabla 3: Lista de programas computacionales utilizados	48
Tabla 4: Determinación de grupos representativos según SEA	57
Tabla 5: Distribución de la muestra en la microcuenca Mariño	59
Tabla 6: Lista de cultivos identificados y su clasificación propuesta	71
Tabla 7: Condiciones de procedencia del agua para uso agrícola.....	71
Tabla 8: Condiciones de sistema de riego por cantidad de parcelas y comunidad	72
Tabla 9: Parámetros para cultivos transitorios y permanentes por parcela	73
Tabla 10: Número de observaciones para el sistema de riego por tipo de cultivos	74
Tabla 11: Dependencia económica respecto a la agricultura.....	81
Tabla 12: Variables de la situación económica financiera por tipo de comunidad.....	83
Tabla 13: Cedula de Cultivos en la microcuenca Mariño.....	84
Tabla 14: Cedula de Cultivos actualizada en la microcuenca Mariño	86
Tabla 15: Variación de precipitación por escenario de cambio climático	88
Tabla 16: Requerimiento hídrico	90
Tabla 17: Datos resultado de la optimización de superficie total por escenario y comunidad	93
Tabla 18: Datos resultado de la optimización de superficie de secano por escenario y comunidad	94
Tabla 19: Datos resultado de la optimización de superficie bajo riego por escenario y comunidad	96
Tabla 20: Optimización de producción por escenario y cultivo (Miles de Tn)	97
Tabla 21: Optimización de los ingresos netos por comunidad (variación respecto al escenario base en Miles de soles).....	103
Tabla 22: Optimización de la dotación de agua por escenario y comunidad (m ³ /ha/año)	107
Tabla 23: Optimización de la disponibilidad de agua por escenario y comunidad (m ³ /ha/año).....	109
Tabla 24: Optimización del agua no utilizada por escenario y comunidad (m ³ /ha/año).....	110
Tabla 25: Optimización del agua utilizada por escenario y comunidad (m ³ /ha/año).....	111
Tabla 26: Escenarios respecto al precio del agua (soles adicionales por litro de agua).....	113
Tabla 27: Escenarios respecto al precio del agua (soles adicionales por metro cúbico).....	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Modelamiento hídrico - SWAT (soil and water assesment tool)	151
Anexo 2: Inventario de infraestructura hídrica	179
Anexo 3: Salidas de campo	182
Anexo 4: Padrón de usuarios	186
Anexo 5: Resultados de la bondad de ajuste del modelo calibrado	189
Anexo 6: Gráficos de Validaciones del Modelo Hidrológico.....	189
Anexo 7: Generación de caudales medios mensuales de escenario de cambio climático RCP 2.6	190

RESUMEN

El cambio climático viene afectando de manera diferenciada a diversos sectores económicos, como la agricultura de la zona andina dado su alto nivel de exposición y sensibilidad. El objetivo de esta investigación es evaluar la respuesta adaptativa de la agricultura andina frente a una variación de la disponibilidad hídrica debido al cambio climático, para lo cual se ha desarrollado un modelo hidro-económico que integra los módulos hidrológico y económico. Se determinó una alta vulnerabilidad debido a cambios en superficie agrícola, nivel de ingresos, producción, dotación de agua y disponibilidad hídrica y se evidencian mejoras al aplicarse una política agraria.

PALABRAS CLAVE: Agricultura andina, Cambio climático, hidro-económico.

Clasificación JEL: Q12, Q18, Q57.

ABSTRACT

Climate change has been affecting different economic activities, like the agriculture in the Andean Region, that has been affected in different ways, because agriculture is highly exposed and vulnerable. The purpose of this research is to evaluate the adaptive response of Andean agriculture to variations in water availability due to climate change, by using an hydro-economic model that integrates hydrological and economic modules. High vulnerability is determined due to changes in agricultural surface, incomes, production, water endowment and water availability and it is demonstrated that improvements possible by implementing agrarian policies.

KEY WORDS: Andean agriculture, Climate change, Hydro-economic.

Clasificación JEL: Q12, Q18, Q57.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de desarrollo sostenible, *Acción por el Clima*, hace referencia a fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima en países menos adelantados con énfasis en comunidades locales al año 2030 (UN 2020). Además, las conclusiones del quinto informe de evaluación (AR5) publicado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) afirman que los impactos del cambio climático en los recursos hídricos tendrán consecuencias desiguales entre sectores y regiones, los cuales incluyen cambios drásticos de precipitación, temperaturas y el incremento de eventos climáticos extremos (inundaciones y sequías) amenazando el suministro de agua primordial para los sectores económicos o usuarios, entre los cuales se encuentra el sector agrícola (IPCC 2013; IPCC 2014).

A nivel internacional, la actividad agrícola es considerada uno de los sectores económicos más vulnerables frente a los impactos del cambio climático, dada su exposición al incremento de eventos climáticos extremos, cambios en los patrones de temperatura y precipitación, entre otros (Stocker *et al.* 2013). Dichos impactos como los cambios en la disponibilidad hídrica afectarían la producción agrícola, teniendo en cuenta el rol clave que desempeña el agua (Bates *et al.* 2008; Field *et al.* 2014).

Durante mucho tiempo, el análisis del sector agrícola y su relación con los recursos hídricos estuvo basado en modelos biofísicos centrados en una dimensión específica del cambio climático, como la dimensión agronómica (Moriondo *et al.* 2010; Ventrela *et al.* 2012), o la dimensión hidrológica (Joyce *et al.* 2011; Rochdane *et al.* 2012). Sin embargo, reconocer que la gestión del agua y el cambio climático son considerados como objetivos de desarrollo sostenible generan preocupaciones multidimensionales y multiescalares que evidencia la necesidad de integrar los aspectos biofísico y social en un contexto ambiental y humano (Downing 2012; Meinke *et al.* 2009; Esteve *et al.* 2015).

Por otro lado, el Perú es uno de los países megadiversos dado que alberga el 70 por ciento de la diversidad biológica ubicadas en las tres grandes vertientes hidrográficas: el Atlántico, que

cuenta con el 97,3 por ciento del agua disponible y el 33,5 por ciento de la población; la del Pacífico con el 2,2 por ciento del agua pero con el 62,3 por ciento de la población; y la del Titicaca con el 0,5 por ciento del agua y 4,2 por ciento de la población (MINAM, 2016). La variación en la dotación del recurso hídrico y los regímenes atípicos de lluvias y temperatura que vienen acompañado de sequías e inundaciones, generan una pérdida potencial de biodiversidad y una afectación en el bienestar humano, específicamente en la zona andina y altoandina, más si existen factores de presión como el crecimiento poblacional, el proceso de deforestación y cambios en el uso de la tierra generados por la degradación de pastizales, el sobrepastoreo y la quema de pastos (ANA 2015).

El aumento de las actividades humanas ha generado una serie de efectos sobre el medio ambiente, transformándose en amenazas para la preservación y/o conservación de la biodiversidad entre especies endémicas, las cuales corren el riesgo de extinguirse, ya que poseen baja resiliencia ante cambios bruscos de su hábitat. En este contexto, una variación en la dotación del recurso hídrico debido al cambio climático que viene acompañado por variaciones atípicas de los regímenes de lluvias y sequías, conduciendo a situación de pérdida potencial de la diversidad agrícola que incorpora la reserva genética de las diversas especies, útiles para la ciencia, la industria, la farmacia y la seguridad alimentaria (Romero 2012).

El Perú concentra el 71 por ciento de los glaciares tropicales de los Andes Centrales, cuyo registro involucra un total de 3044 glaciares equivalentes a 2042 Km² de extensión y 56151 Km³ de volumen. Sin embargo, en los últimos cuarenta años se han observado un sostenido retroceso atribuible al calentamiento global, que repercute en la provisión de recursos hídricos para el consumo humano, agricultura, industria y generación de Energía (ANA 2015; MINAM 2016). En el periodo de 1970 al 2010 la Cordillera de Chonta ubicado en la zona suroeste del Perú, habría sufrido un retroceso del 92 por ciento de la cubierta de nieve debido al incremento de la temperatura (ANA 2014).

La agricultura de la zona andina, se caracteriza por ser una agricultura familiar donde los miembros de familia participan de manera activa en la actividad agrícola aplicando sus conocimientos, costumbres y manejando una diversidad agrícola; aunque es real que el sector

agricultura no tiene una participación mayoritaria dentro del PBI nacional, sin embargo, absorbe un gran porcentaje de mano de obra, sobre todo en el área rural, zona que presenta indicadores de pobreza y pobreza extrema. Por otro lado, la intensificación de las prácticas agrícolas está alterando los ciclos hidrológicos, produciendo más contaminación terrestre y provocando la eutrofización del agua dulce y marina (FAO 2010).

Bajo este contexto, habiendo expuesto la problemática general de la agricultura andina y su relación frente a cambios en la dotación del recurso hídrico debido al cambio climático, con una agricultura familiar que maneja una diversidad agrícola, se genera la necesidad de realizar una investigación para evaluar la respuesta económica de la agricultura andina frente a los impactos de la variabilidad climática y la aplicación de una política de irrigación, para el cual se plantea la aplicación de un modelo hidroeconómico (MHE), el cual ha fue aplicado en diferentes realidades (donde se evaluó los impactos del cambio climático y políticas agrarias), pero con pocas aplicaciones en Sudamérica (Brasil y Chile).

En ese sentido, la aplicación metodológica y evaluación de resultados en base la información disponible y previo trabajo de campo tomando en cuenta las características particulares de la microcuenca Mariño, por estar ubicado en zona andina y por la presencia de un número considerable de usuarios del agua agrícola, quienes se relacionan entre ellos a través de una infraestructura hídrica, se convierte en una realidad interesante a ser considerada para formar parte del ámbito de aplicación internacional de investigaciones del modelamiento hidroeconómico. Se evalúa principalmente la asignación del agua para la realidad andina, cuyos resultados y consideraciones metodológicas sea fácilmente transferido o replicado en zonas con características similares. Es así que, se presenta las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta General

¿Cuál o cuáles son las respuestas económicas de los productores agrarios andinos frente a la variabilidad del mercado, el clima y la aplicación de una política de irrigación a partir del

cálculo y/o optimización del uso agrícola del agua y superficie en la microcuenca Mariño evaluando además las implicancias en la agrobiodiversidad?

Preguntas Específicas

- a. ¿Cuáles son los factores técnicos, ambientales y socioeconómicos a tener en cuenta para evaluar los impactos de la variabilidad del clima y el Mercado en los productores agrarios andinos de la microcuenca Mariño a partir de un modelamiento hidroeconómico?
- b. ¿Cuál es la respuesta económica de los productores agrarios frente a los impactos de la variabilidad del clima a partir de considerar una política agraria frente al cambio climático haciendo uso del modelamiento hidroeconómico?
- c. ¿Los resultados obtenidos a partir del análisis de escenarios donde se considere cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico orientan a la toma de decisiones?
- d. ¿Se puede determinar las implicancias económicas en la agrobiodiversidad a partir de los resultados del modelamiento hidroeconómico, los cuales sean importantes considerar al momento de diseñar políticas agrarias?

La relevancia de la investigación, radica en utilizar por primera vez en el Perú como representante de la zona andina, la aplicación del enfoque económico y el análisis hídrico en un contexto de cambio climático, haciendo un análisis y evaluación de escenarios de optimización incluyendo el valor de la agrobiodiversidad o diversidad agrícola para la microcuenca Mariño.

1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Justificación práctica

Hoy en día, es más relevante la protección del medio ambiente. Los conflictos por el uso del agua, cobran mayor importancia donde el Perú no es ajeno a ello. En el Perú, se viene

promoviendo y ejecutando políticas ambientales, varios de ellos vinculados con la gestión del recurso hídrico y la protección del medio ambiente (reciente aprobación de la Ley N°30754 y su Reglamento sobre Cambio Climático, Decreto Supremo N°013-2019-MINAM). La presente investigación, se alinea a este contexto además de considerar la temática de ecosistemas andino y la agrobiodiversidad, haciendo posible la aplicación del modelamiento hidroeconómico en este tipo de realidad. Se obtienen resultados propios y representativos de la zona andina.

1.1.2 Justificación teórica

La aplicación del modelamiento hidroeconómico, se viene aplicando en diferentes realidades alrededor del mundo, donde por primera vez sería aplicado para una agricultura altoandina situada en el Perú, en un contexto en que la agricultura familiar se vuelve relevante para los tomadores de decisiones. A partir de los resultados de la presente investigación, se busca colaborar con la generación de conocimiento sobre la aplicación del modelo hidroeconómico en zona andina, el análisis de impacto del cambio climático basándose en la sistematización y escenificación de la dotación del recurso hídrico y sus impactos en la agricultura y la biodiversidad.

1.1.3 Justificación metodológica

La presente investigación, al generar conocimiento y operacionalizar la metodología sobre el MHE en el Perú tomando en cuenta los escenarios de cambio climático; evaluando la variabilidad climática y la respuesta de los productores agrarios, para generar un marco metodológico que sea útil para la gestión de conservación productiva tomando en cuenta la agrobiodiversidad propia de un ámbito específico de la zona andina, haciendo uso de encuestas adaptadas para este tipo de objetivos. Como se mencionó, se busca ampliar el ámbito de aplicación del análisis metodológico del MHE, publicado en diferentes investigaciones a nivel internacional, vinculado a los diferentes usos del agua entre ellos el agrícola, frente a escenarios de cambio climático. Con excepción de Brasil y Chile no existe otras aplicaciones del MHE en Sudamérica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta económica de los productores agrarios andinos frente a la variabilidad del mercado, el clima y la aplicación de una política de irrigación y el clima a partir del cálculo y/o optimización del uso agrícola del agua y superficie en la microcuenca Mariño además de evaluar las implicancias en la agrobiodiversidad

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Identificar y analizar los factores técnicos, ambientales y socioeconómicos a tener en cuenta para evaluar los impactos de la variabilidad del clima y el Mercado en los productores agrarios de la microcuenca del río Mariño a partir de un modelamiento hidroeconómico
- b. Analizar y evaluar las respuestas económicas de los productores agrarios frente a impactos de la variabilidad del clima al ensayar una política de irrigación frente al cambio climático a partir del modelamiento hidroeconómico.
- c. Evaluar y analizar los escenarios donde se considere los cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico que orienten a la toma de decisiones.
- d. Evaluar las implicancias económicas para la agrobiodiversidad a partir de los resultados del modelamiento hidroeconómico, los cuales ayudarían a diseñar políticas agrarias.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MODELO HIDROECONÓMICO (MHE)

2.1.1 Antecedentes

La creciente demanda de agua, la limitada disponibilidad del agua en muchas regiones del mundo, está generando una escasez creciente de agua, dando lugar a la implementación de una gama de soluciones tecnológicas, institucionales y económicas. Los modelos de economía del agua (WEM, por sus siglas en inglés), integran las complejas interrelaciones entre sistemas hidrológicos y económicos, constituyéndose en herramientas efectivas para analizar estos problemas y para proporcionar soluciones apropiadas a través de diversas escalas espaciales y temporales. Estos modelos, pueden ser herramientas poderosas para examinar posibles cambios futuros en los sistemas de recursos hídricos, incluidos los efectos del cambio climático, los cambios socioeconómicos y las respuestas de infraestructura y políticas a los desafíos de la gestión de los recursos hídricos (Bekchanov *et al.* 2017).

Los modelos WEM responden preguntas sobre la economía del agua, se clasifican en dos categorías generales en función de su estructura: modelos hidroeconómicos (MHE) basados en la red (simulación u optimización) y modelos de economía amplia (salida de entrada o equilibrio general computable) que tratan de representar de manera más realista, el alcance y la complejidad del vínculo de los sistemas de agua y la sociedad, particularmente en lo que respecta a la ecología y la calidad del agua, y los sectores de alimentos y energía. Además, los impactos económicos más amplios de los procesos relacionados con el agua, por ejemplo, los relacionados con la dinámica del comercio interregional, la distribución del ingreso y la migración (Bekchanov *et al.* 2015; Bekchanov *et al.* 2017).

La estructura y balance hídrico de los MHE consideran que la simulación y optimización es a menudo similar; los modelos de simulación se construyen (y a menudo se calibran) para reproducir el comportamiento de los sistemas de agua reales; mientras que los modelos de optimización, tienen como objetivo representar algunos supuestos de comportamiento más

restrictivos que impulsan la gestión actual de los sistemas de agua (por ejemplo, objetivos específicos de entrega de agua o reglas operativas de infraestructura), en un esfuerzo por identificar el potencial de ganancias de eficiencia. Los resultados óptimos en dichos modelos se definen como aquellos que maximizan o minimizan el valor de la función objetivo del modelo; por ejemplo, una ruta de infraestructura óptima, minimizar los costos de asignación de agua o combinación de estos (Cai *et al.* 2003; Ringler *et al.* 2004; Jenkins *et al.* 2004).

Los MHE se remontan a los años 1960s y 1970s, en regiones áridas como Israel y el suroeste de los Estados Unidos, donde las primeras aplicaciones consistieron en la elaboración de curvas de demanda de agua para optimizar los sistemas de recursos hídricos (Harou *et al.* 2009; Bear & Levin 1970; Gisser & Mercado 1973; Noel & Howitt 1982). Se estableció el marco conceptual para los modelos de gestión integrada del agua a escala regional, donde el agua se asigna y gestiona para maximizar los beneficios netos derivados de las curvas de la demanda económica del agua. Desde entonces, los investigadores han usado diferentes nombres para referirse a las aplicaciones y extensiones de este enfoque de ingeniería hidrológica o modelamiento económico del agua que incluye un enfoque hidrológico-económico (Gisser & Mercado 1973), hidroeconómico (Noel & Howitt 1982), económico-hidrológico-agronómico (Lefkoff & Gorelick 1990).

Por otro lado, tanto la economía como la ingeniería son disciplinas cercanas, que frecuentemente intercambiaron ideas fundamentales a lo largo de su larga historia (Lund *et al.* 2006). La ingeniería moderna y la economía comparten ancestros comunes en las escuelas de ingeniería francesas del siglo XIX (Hayek 1950; Langins 2004). Un ejemplo sorprendente, es el concepto económico fundamental del excedente del consumidor (sección “Asignación eficiente del agua”) introducido por el ingeniero francés Jules Dupuit (Dupuit 1844; Ekelund & Hebert 1999). Esta contribución y otras fueron parte de un esfuerzo por diseñar una infraestructura civil que sirviera mejor a la sociedad. Dupuit reconoció la necesidad de considerar los costos de construcción y operación; así como los beneficios económicos de las obras hidráulicas públicas propuestas y los esquemas operativos.

Los modelos hidroeconómicos representan aspectos hidrológicos, de ingeniería, ambientales y económicos a escala regional. La idea es operacionalizar los conceptos económicos al incluirlos en el corazón de los modelos de gestión de recursos hídricos. Estos modelos han surgido como una herramienta privilegiada para llevar a cabo la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) (Mariño & Simonovic 2001); (Cardwell *et al.* 2006). Es por ello, los MHE son considerados como herramientas orientadas a la solución para descubrir nuevas estrategias para mejorar la eficiencia y la transparencia en el uso del agua.

La economía aplicada en la gestión del agua tiene una larga historia donde se integran algunos conceptos básicos. La economía de los recursos hídricos (Gibbons 1986; Tsur *et al.* 2004; Young 1986; Fisher *et al.* 2005; Griffin 2006). Un concepto clave para la asignación eficiente del agua, son los valores y costos del uso del agua los cuales varían con las cantidades en lugar de ser fijos. El agua es más valiosa en una sequía que en un período húmedo, los costos de suministro aumentan de manera desproporcionada al aumentar la producción, si todas las principales fuentes de agua ya están explotadas. Muchas prácticas tradicionales de planificación del agua asumen objetivos y operaciones de uso fijo del agua, independientemente de los precios y los costos (Harou *et al.* 2009).

Por otro lado, en muchos casos la economía contribuye más a la valoración desde la perspectiva de la demanda de agua. Gibbons (1986) aportó sobre la valoración del agua, la cual se realiza de manera diferente dependiendo de si el agua se considera un bien intermedio o final. Cuando el agua es un insumo para un proceso de producción, como el riego, la generación de energía hidroeléctrica y los usos comerciales o industriales, la demanda de agua es derivada de la demanda de la producción final y de la función de producción. En estos casos, el agua es un "bien intermedio" y su demanda se conoce como demanda derivada.

El uso del agua residencial o recreativa generalmente se considera como demanda final en el modelo de gestión. Estas diferencias tienen implicancias importantes para la selección del método de valoración, ya que diferentes teorías económicas (de las demandas del consumidor y del productor) son aplicables a cada caso (Hanemann 1998). Cuando el agua es un bien final, el agua proporciona una utilidad directa a los consumidores dispuestos a pagar una

cantidad específica de dinero por ella. Para los bienes intermedios (demanda derivada), la demanda de agua estará influenciada por la tecnología que produce los bienes finales y la demanda de la producción final. En este caso, estimar el valor económico del agua es equivalente a aislar la contribución marginal del agua al valor de salida total (valor residual) (Harou *et al.* 2009).

Abunda la literatura sobre cómo derivar las curvas de demanda de agua agrícola y las elasticidades de los precios (Tsur *et al.* 2004; Young 2005). Los valores del promedio y la media de las elasticidades de precios para el agua de riego caen en el rango inelástico (Scheierling, Loomis, & Young 2006). Las demandas de agua de riego son demandas derivadas, ya que el agua es un insumo del proceso de producción. La información sobre productividad agrícola se puede utilizar para construir funciones de producción de agua de cultivo, a partir de las cuales se puede derivar el producto físico marginal (primera derivada parcial de la función de producción con respecto al aporte de agua) para diferentes cantidades de agua. Finalmente, el valor marginal (la curva de demanda) se puede obtener multiplicando las productividades físicas marginales por los precios de los cultivos (Harou *et al.* 2009).

Las funciones de producción de agua de cultivo, representan la relación entre el uso del agua y la producción del cultivo en condiciones agrobiológicas y climáticos particulares. Los modelos de optimización pueden ser una alternativa a los métodos econométricos intensivos en datos. Howitt (1995) combina modelos de equilibrio regional y programación matemática positiva (PMP) para calibrar funciones flexibles de producción de cultivos, donde la demanda de agua de riego depende de las decisiones de los agricultores sobre la combinación de cultivos y el tiempo, la aplicación de agua y la tecnología de riego. Muchos factores afectan la decisión del agricultor sobre la combinación de cultivos (precio de venta de cultivos, costos de insumos, disponibilidad de agua y precio del agua, características agroclimáticas y riesgos y esfuerzos de gestión involucrados).

Existe una extensa literatura sobre modelos de programación matemática, donde se intenta reproducir las decisiones de los agricultores a nivel de parcelas o distrito de riego. La mayoría maximiza las ganancias o los ingresos brutos. Los modelos PMP calibran estos modelos de

optimización, para reproducir las decisiones observadas de los agricultores. La demanda de agua de riego generalmente se representa en modelos hidroeconómicos, utilizando ecuaciones lineales o cuadráticas, generadas exógenamente, que relacionan la aplicación del agua con los beneficios económicos. En algunos casos, las funciones complejas de rendimiento del cultivo se incluyen explícitamente en el modelo (Cai *et al.* 2003).

2.1.2 Aplicación del modelo hidroeconómico

La mayoría de los MHE se desarrollaron en Europa, Asia y Estados Unidos. Sin embargo, recientemente el análisis se ha ampliado hacia Latinoamérica (Chile y Brasil), donde la evaluación económica de los impactos del cambio climático en el sector agrícola se ha analizado desde dos perspectivas diferentes: econométrica y de optimización como antecedentes en los últimos años (González & Velasco 2008; Ponce *et al.* 2017). Por otro lado, el uso de un modelo de oferta agrícola simula los impactos económicos de los cambios en la productividad agrícola debido al cambio climático (Ponce *et al.* 2014).

A manera de representar los problemas socioeconómicos, el MHE se ha utilizado ampliamente en las últimas décadas como una herramienta útil para guiar e implementar decisiones de política de agua (Blanco-Gutiérrez *et al.* 2013). Estos modelos son capaces de representar la respuesta económica de los usuarios del agua y los principios económicos que rigen la asignación y el uso del agua entre diferentes sectores. Este enfoque de modelado se ha aplicado a diferentes escalas y se ha utilizado para el análisis de la problemática agrícolas (Peña-Haro *et al.* 2009; Volk *et al.* 2008) y políticas de asignación de agua (Harou & Lund 2008; Varela-Ortega *et al.* 2011).

Como se mencionó, a excepción de Chile y Brasil, en el resto de Latinoamérica no hay estudios sobre la aplicación de MHE que consideren las particularidades de una cuenca o microcuenca tomando en cuenta su sistema agrícola y menos en zona andina, donde se represente la respuesta de las personas ante estímulos climáticos e impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos y la producción agrícola guiados por principios económicos.

El desarrollo del MHE considera la programación matemática positiva (PMP), la cual apunta a abordar la calibración del modelo a niveles observados de uso y producción de agua, asumiendo que estos niveles observados reflejan los objetivos sociales, por lo tanto, son óptimos (Howitt 1995; Cai & Wang 2006). Es así, que al incluir en el modelo el desarrollo del PMP, basando el análisis a nivel de parcela, se considera una optimización restringida que ilustra la toma de decisiones a nivel de ella, y una aplicación del modelo hidrológico WEAP (Sistema de Evaluación y Planificación del Agua) (Yates *et al.* 2005) que representa los procesos de gestión hidrológica, agronómica y del agua.

El MHE promueve una comprensión compartida de los sistemas y problemas de los recursos hídricos, siendo una base para soluciones políticas negociadas que podrían reducir los conflictos hídricos (Heinz *et al.* 2007). Existen algunas limitaciones del MHE que han sido ampliamente discutidas por algunos autores (McKinney *et al.* 1999; Pulido-Velázquez *et al.* 2008). Dentro de las limitaciones, se tienen las diferentes escalas de análisis de los distintos componentes de in MHE. Los modelos hidrológicos están delimitados por fronteras geográficas y se refieren a días o estaciones climáticas, mientras que los modelos económicos están delimitados por límites administrativos y utilizan horizontes de tiempo más largos basados en períodos anuales (Varela-Ortega *et al.* 2011). Sin embargo, a pesar de las limitaciones el MHE se ha utilizado ampliamente y con éxito en Europa, Asia, Australia, Africa, Brasil, Estados Unidos ahora último en Chile para abordar cuestiones de políticas de agua y alimentos (De Fraiture 2007; Jenkins *et al.* 2004; Mainuddin *et al.* 2007; Guan & Hubacek 2008; Ahrends *et al.* 2008; Maneta *et al.* 2009; Ponce *et al.* 2017).

En muchos países agrícolas, así como el nuestro, se han tomado decisiones de políticas que fueron un fracaso, esto nos lleva a pensar que el problema viene en la forma de implementación, pues las políticas de agua y las políticas agrícolas han determinado directa e indirectamente el consumo de agua, donde la evidencia sólida ha sido la expansión del riego como resultado principal de estas políticas (Varela-Ortega 2007). Pero esta situación carece de un enfoque más integrador el cual considere en la planificación para la toma de políticas incluir escenarios de cambio climático.

Un ejemplo de política, son las cuotas de agua que no fueron un éxito en la cuenca alta de Guadiana en España donde se adoptó, un Plan de Abstracción de Agua (WAP) basado en la imposición de un estricto régimen de cuota de agua sin compensación para los agricultores por sus pérdidas a nivel de sus ingresos. Estas cuotas de agua se establecieron según el tamaño de la parcela, donde la parcela más grande tiene un volumen menor de agua. Las cuotas redujeron considerablemente los derechos históricos de agua de los regantes de un promedio de 4200 m³ / ha a 2000 m³ / ha (CHG 2006). La política ha creado un descontento social duradero y un comportamiento informal entre los regantes llevando a perforaciones incontroladas (Varela-Ortega 2007).

En el Perú, el eje de política 3 numeral 3.3 hace mención a los derechos de uso de aguas permanentes y estacionales en la práctica no sido del todo exitoso, porque no hay un adecuado fortalecimiento en la gestión de las comisiones de riego llevando a un fracaso dicha política (ANA 2015). En ese sentido, la aplicación de un modelo hidroeconómico que integra variables ayudaría a robustecer dichas políticas.

Dado que es innegable que el cambio climático tendrá consecuencias severas en un mediano y largo plazo. El MHE se convierte en una excelente herramienta para evaluar la efectividad de posibles políticas a ser implementadas. Por otro lado, existe implicancias en la seguridad alimentaria (Al-Amin & Ahmed 2016; Quasem & Ferdous 2015). Si la seguridad alimentaria se conceptualiza como un sistema de cultivos donde un disturbio afecta el sistema, donde se tendría que plantear otro un sistema de cultivos para asegurar la disponibilidad de alimentos, cuyos resultados de la aplicación del MHE colaboraría a plantear escenarios sobre seguridad alimentaria (Campbell *et al.* 2016).

2.1.3 Calibración, estimación y optimización de modelos agrícolas

Los modelos de optimización tienen una larga historia de uso en el análisis de la producción económica agrícola. Inicialmente el análisis se centró en la gestión del presupuesto de las fincas de manera parcial, que comprendió gran parte del trabajo inicial en la producción agrícola hasta el análisis de modelos de programación lineal basados en análisis de actividad y tecnología de producción lineal. A menudo, las especificaciones lineales de la producción agrícola están lo suficientemente cercanas a la tecnología real. En algunos casos la decisión lineal de muchos modelos de programación lineal (LP) es óptima, dado que se aplica la tecnología de Leontief o Von Liebig para la agricultura.

A pesar del uso de los modelos econométricos, los modelos de programación siguen siendo el método dominante para el microanálisis de la producción agrícola y el uso de recursos. Sus aplicaciones están muy extendidas debido a su capacidad para reproducir decisiones detalladas de salida restringida y sus requisitos mínimos de datos. Por otro lado, el uso de modelos econométricos sobre una base microeconómica se ve obstaculizadas por el uso de datos extensos, mientras que los modelos de programación lineal también se ven limitados en gran medida a aplicaciones normativas, ya que los intentos de calibrarlos al comportamiento real mediante la adición de restricciones o términos de riesgo no han tenido mucho éxito (Howitt 2005).

Es así que, los Modelos de programación positiva calibrada (PMP) el cual fue la principal investigación durante muchos años de Howitt (1995) utiliza las asignaciones observadas de cultivos y útil para derivar funciones de costos no lineales que calibran el modelo sin agregar restricciones poco realistas utilizados en la economía agrícola y ambiental (Howitt 1995; Lecca 2016).

2.1.3.1 Especificación de modelos de programación

a. La Programación lineal

Se considera la restricción de igualdad en la función de producción, ya que implica que todos los recursos tienen que ser utilizados exactamente en los procesos de producción. Dada la naturaleza de los insumos agrícolas, como la tierra, la mano de obra, el tiempo del tractor, etc., los insumos están disponibles en ciertas cantidades, pero a menudo el conjunto de producción óptimo no los utiliza por completo en un año determinado. La relación entre los niveles de salida q y los niveles de entrada x debe especificarse como restricciones de desigualdad para una especificación más realista y general. Esta especificación de desigualdad da como resultado la especificación de la programación lineal (Kantorovich 1968; Lecca 2016).

b. Especificación de la función objetivo en la programación lineal

- Linealidad de la función objetivo en los parámetros. $\text{Max } c'x$ donde los elementos del vector c son los valores lineales del margen bruto.
- Retornos constantes a escala, es decir, el costo / unidad producida es constante.
- Precios de producción constantes (tomador de precios); No hay regiones, naciones o grandes empresas.

Algunos ejemplos comunes de la función objetivos son:

- Maximización del beneficio (objetivo de la firma neoclásica)
- Minimizar las desviaciones lineales de los objetivos de planificación central

Las unidades en la función objetivo generalmente están definidas por las unidades de precio, por ejemplo \$ por tonelada. En la matriz de restricción es esencial que haya consistencia entre las unidades de restricción y las unidades de función objetivo (Lecca 2016).

c. El problema dual

El problema de minimizar el costo de los insumos sujetos a restricciones en un nivel de producción mínimo es equivalente al problema de maximizar las ganancias sujetas a la tecnología de producción y las restricciones en el insumo total disponible. Por lo tanto, cada problema de optimización puede plantearse en su forma Primaria o Dual. Para cada problema primario existe un problema dual que tiene la solución óptima idéntica (Howitt 1995). La forma estándar de los problemas primarios gemelos y duales se describe de la siguiente manera:

Primal	Dual
Max $c'x$	Min $\lambda'b$
s.a. $Ax \leq b$	s.a. $A'\lambda \geq c$
$x \geq 0$	$\lambda \geq 0$

Donde x es un vector $n \times 1$ de variables primarias y λ es un vector $m \times 1$ de variables duales. Las funciones objetivo primarias requieren el valor máximo de la producción de una empresa, mientras que la función objetivo dual solicita el precio mínimo aceptable que uno puede pagar por los activos de la empresa. La especificación dual de un problema es particularmente útil cuando:

- Cuando la especificación Dual es más simple de resolver que la especificación primaria.
- Cuando conoce los costos de producción, pero no la tecnología de producción.

La restricción $A'\lambda \geq c$ para el problema de producción dice que el costo de oportunidad marginal de producir un vector diferente de x debe ser mayor o igual al ingreso marginal (c) para cada una de las x realmente en producción. El propietario que maximiza las ganancias en realidad produce donde el costo de oportunidad es igual al valor de la empresa $\lambda'b$.

d. Programación matemática positiva (PMP)

El enfoque de programación matemática positiva (PMP) se está adoptando con bastante rapidez para los modelos del sector agrícola sobre todo en la economía agrícola europea, donde el método de calibración PMP se hizo un método estándar ampliamente aceptado para los modelos de optimización económica agrícola (Heckelei *et al.* 2001).

e. Comportamiento de la Teoría de la calibración

El proceso de calibración de modelos para resultados observados, es una parte integral de la construcción de modelos físicos y de ingeniería, pero rara vez se analiza formalmente para modelos de optimización en economía agrícola. Es por ello, que mediante el PMP se recoge las reacciones de comportamiento observadas que proporcionan una base para calibrar modelos de una manera formal que sea consistente con la teoría microeconómica. Análogamente a la econometría, el enfoque de calibración establece una distinción entre las dos fases de modelado de calibración (estimación) y simulación de políticas (predicción).

A nivel regional, la información sobre los niveles de producción y las asignaciones de tierras agrícolas suele ser más precisa que las estimaciones de los costos marginales de producción de los cultivos. Esto es particularmente cierto, cuando los microdatos sobre la variabilidad de la clase de tierra, la tecnología y el riesgo aparecen en las decisiones de los agricultores, pero están ausentes en los datos de costos agregados disponibles para la construcción del modelo. En consecuencia, el enfoque de PMP utiliza las asignaciones de superficie y productos observados para inferir las condiciones de costo marginal para cada asignación de cultivo regional observada.

Por otro lado, la propuesta de calibración no lineal se da cuando el modelo no se calibra para las actividades de producción observadas con el conjunto de restricciones lineales que pueden justificarse empíricamente. Una condición necesaria para la maximización del beneficio en los valores observados, es que la función objetivo es no lineal en al menos algunas de las

actividades. Asimismo, la capacidad de calibrar el modelo con total precisión, depende del número de términos no lineales que pueden calibrarse independientemente.

El enfoque de calibración del PMP utiliza tres etapas. La primera etapa, utiliza un modelo lineal restringido para generar los valores duales para ambos los recursos y la calibración de las restricciones, λ_1 y λ_2 , respectivamente. La segunda etapa, los valores duales de la calibración de las restricciones (λ_2) se utilizan junto con la función de costo promedio basada en datos para derivar los parámetros únicos de la función de costo calibrados (α_i y γ_i). La tercera etapa, los parámetros de los costos se utilizan con datos del año base para especificar el modelo PMP. El modelo calibrado resulta exactamente para la solución del año base y la estructura de restricción original.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_i p_i y_i x_i - (\alpha_i + 0.5\gamma_i x_i)x_i \\ & \text{sujeto a } Ax \leq b, \quad x \geq 0 \end{aligned}$$

f. Modelamiento políticas con PMP

El propósito de la mayoría de los modelos de programación, es analizar el impacto de los escenarios de política cuantitativa que toman la forma de cambios en los precios, la tecnología o las restricciones en el sistema. La respuesta política del modelo puede caracterizarse por su respuesta al análisis de sensibilidad y los cambios en las restricciones. Las ventajas del PMP no son solo la función de calibración automática, sino también su capacidad de responder sin problemas a los escenarios de políticas. Las entradas de las funciones de demanda y las salidas de las funciones de oferta obtenidas al parametrizar un problema PMP satisfacen las condiciones de Hicks para la empresa competitiva. Además, los insumos de las funciones de demanda y oferta son continuas y diferenciables con respecto a precios, costos y cantidades del lado derecho (Paris 1993; Hatchett *et al.* 1991; Howitt 1995).

2.1.4 Principales usos y vacíos de la aplicación del MHE

Los modelos hidroeconómicos (HEM ó MHE), que integran las complejas interrelaciones hidrológicas y económicas inherentes a la mayoría de los sistemas de recursos hídricos, proporcionan un medio eficaz para diagnosticar e idear soluciones a problemas relacionados con el agua a través de escalas espaciales y temporales variadas (Bekchanov *et al.* 2015). Los MHE son herramientas poderosas para examinar posibles cambios futuros en los sistemas de recursos hídricos, y pueden usarse para probar los efectos de las respuestas de infraestructura y políticas desarrolladas para hacer frente a los problemas de gestión del agua.

Los MHE se clasifican en general en dos categorías en función de su estructura: modelos de cuenca fluvial basados en nodos (simulación u optimización) y modelos de toda la economía (entrada-salida o equilibrio general computable) que dan cuenta de los procesos vinculados a los recursos hídricos. Se requieren esfuerzos adicionales, para obtener resultados más realistas sobre el alcance y la complejidad de las interrelaciones entre los sistemas de agua y sociedad (ecología y la calidad del agua) y los sectores de alimentos y energía. Además, los efectos sobre la distribución del ingreso dentro de los países, y sobre la migración debe considerarse en los estudios de modelos de gestión de cuencas dada la complejidad inherente en la dinámica económica que subyace a muchos sistemas de agua para una gestión más efectiva de los recursos hídricos transfronterizos (Bekchanov *et al.* 2015).

De acuerdo al trabajo realizado por Bekchanov *et al.* (2015), los MHE de cuencas hidrográficas se han utilizado ampliamente para explorar varios problemas de gestión del agua en cuencas en todo el mundo. La asignación intersectorial de los recursos hídricos es una tarea que se ve desafiada por la economía en y los derechos de propiedad que rigen la dinámica del uso del agua, y la multitud de usuarios e intereses del agua cuya demanda colectiva contribuye a la escasez creciente (Hanemann 2006). Las expectativas futuras sobre patrones de cambio climático y factores socioeconómicos, como el crecimiento de la población y el desarrollo económico influyen en la escasez real y percibida en las cuencas fluviales. Estos, a su vez, influyen en el valor de las estrategias de adaptación, como la

expansión de reservas y la adopción de tecnologías que mejoran la eficiencia (Bekchanov *et al.* 2015).

Aunque el análisis de costo-beneficio y el pensamiento sobre los beneficios excedentes para el consumidor de las estructuras hidrológicas públicas y los esquemas operativos fueron realizados por ingenieros franceses como Charles Navier y Jules Dupuit a principios de 1800, el desarrollo de MHE integrados surgió en gran medida del trabajo del Programa de agua de Harvard que comenzó en la década de 1960. Un grupo de académicos afiliados al programa y con experiencia en ingeniería, economía y derecho colaboraron para crear un conjunto de nuevas e innovadoras herramientas integradas de planificación y gestión de recursos hídricos.

Los MHE basados en nodos, en particular, combinaron técnicas y principios de ingeniería con la teoría económica (Maass, *et al.* 1962). Este trabajo también introdujo ideas importantes de la hidrología estocástica, la teoría de juegos y la investigación de operaciones (Dorfman 1965; Rogers 1969; Fiering & Jackson 1971). Sobre la base de tales contribuciones, las técnicas del MHE se extendieron a través de una variedad de otros departamentos académicos como la ingeniería y políticas (Revelle *et al.* 1969; Cohon & Marks 1973; Moy *et al.* 1986). Una contribución importante a la literatura fue la integración de componentes agronómicos, hidrológicos y económicos dentro de un marco de modelamiento unificado (Cai *et al.* 2003). Dichos MHE integrados permitieron un análisis más realista de las compensaciones de asignación de agua a través de diferentes usos, en lugar de basarse en supuestos sobre la transferibilidad de las funciones de demanda de agua que se habían parametrizado para ubicaciones específicas y en un momento determinado (Bekchanov *et al.* 2015).

Algunas de las aplicaciones de MHE, fueron principalmente problemas de producción de cultivos, generación de energía hidroeléctrica, demanda municipal e industrial (Ringler *et al.* 2004; Divakar *et al.* 2011). Las compensaciones del uso del agua entre la producción agrícola y la hidroeléctrica en particular, también se han analizado utilizando modelos dinámicos que buscan explicar los cambios en la oferta y la demanda en el tiempo (Chatterjee *et al.* 1998).

Otras aplicaciones del MHE más nuevas, consideran el potencial para las transferencias de agua (utilizando mecanismos del mercado del agua) desde la agricultura de menor valor hasta las demandas urbanas e industriales de mayor valor (Rosegrant *et al.* 2000; Ringler *et al.* 2006). Por ejemplo, analizan escenarios de políticas que incluyen el comercio de derechos de agua, la construcción de presas y la liberalización comercial para lograr una asignación de agua más eficiente entre la agricultura, la producción de energía hidroeléctrica y los usos industriales del agua (Ringler *et al.* 2006). El potencial para los mercados de agua intra e inter estatal bajo sequía también se ha analizado ampliamente en California (Jenkins M. *et al.* 2004; Draper *et al.* 2003; Newlin *et al.* 2002). Estos esfuerzos han coincidido con la implementación de mercados de agua en varias cuencas y países fluviales (Hearne & Easter 1997; Grafton *et al.* 2012).

Otra área que utiliza el MHE, considera las compensaciones del uso del agua entre la producción agrícola y los sistemas ambientales (Mullick *et al.* 2013; Cai *et al.* 2003; Cai *et al.* 2002; Gutierrez *et al.* 2013). En Australia, ha habido un análisis exhaustivo de las implicaciones socioeconómicas y ambientales del aumento de los flujos ambientales bajo regímenes de asignación alternativos, por ejemplo, asignación de agua administrativa versus asignación de agua basada en el mercado (Mainuddin *et al.* 2007; Qureshi *et al.* 2007; Tisdell 2010; Grafton & Jiang 2011). La mayoría de estos estudios solo consideran los efectos económicos de imponer flujos ambientales mínimos. Un trabajo mucho más pequeño considera las relaciones funcionales entre el flujo de agua y la producción de beneficios ambientales, como los servicios de pesca y humedales en la cuenca del río Mekong (Ringler & Cai 2006).

Existe un conjunto de aplicaciones bastante reciente, el cual considera la conversión de tierras agrícolas a la producción de cultivos para su uso como biocombustibles, y la sensibilidad a las fluctuaciones en la disponibilidad de agua (por ejemplo, sequía). En particular, se ha estudiado el impacto del aumento esperado de los precios del mercado mundial; para los productos básicos de biocombustibles en la producción de caña de azúcar, las ganancias de las granjas pequeñas y grandes, los cambios en el uso de la tierra de soja en condiciones más secas. Como era de esperar, debido al creciente interés en los biocombustibles en Brasil y los

Estados Unidos, gran parte de este trabajo se centra en estas y otras regiones similares, (Maneta, *et al.* 2009; Torres *et al.* 2012).

Finalmente, existe un creciente interés y modelación de los efectos del cambio climático en los beneficios económicos derivados de los sistemas de recursos hídricos. Muchos de estos estudios se centran en las sensibilidades a los cambios en el suministro de agua, a través de su impacto en la hidrología física, la producción de cultivos, los precios de los alimentos y los ingresos agrícolas. Por ejemplo, en la cuenca del Indo (Yang *et al.* 2013), la cuenca del río Murray (Connor *et al.* 2009), la cuenca Nilufer (Gurluk & Ward 2009) y la cuenca del Nilo. Otros han considerado cómo los beneficios del cambio climático podrían afectar los beneficios de las infraestructuras hídricas planificadas (por ejemplo, represas) (Jeuland 2010; Jeuland *et al.* 2013).

Bajo este amplio paraguas de aplicaciones de MHE para el cambio climático, muchas aplicaciones consideran el valor económico de las estrategias de adaptación para hacer frente a la perturbación de los suministros de agua, a través de respuestas que incluyen el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas (Pulido-Velázquez *et al.* 2008, 2004, 2006), adopción de tecnología de riego más eficiente (Ward & Pulido-Velázquez 2008; Cai & Rosegrant 2004) y construcción de una nueva presa (George *et al.* 2011; George *et al.* 2011).

Es de destacar, la aplicación de los MHE que considere aspectos de calidad de las decisiones de asignación de agua. En este dominio, se han evaluado los efectos de los impuestos de descarga de nitrógeno sobre la contaminación del agua subterránea y la calidad del agua fluvial para la cuenca del río Weser en Alemania (Hirt *et al.* 2012). Asimismo, se han analizado los efectos de la salinidad del agua y la sal en el crecimiento de los cultivos, la calidad del agua subterránea y la calidad del agua superficial para la cuenca de Syr Darya (Cai *et al.* 2003). Se realizó un análisis más avanzado de las interrelaciones entre los usos agrícolas e industriales del agua y la contaminación del agua para la cuenca Pirapama en Brasil (de Moraes *et al.* 2011). A continuación, se muestra la tabla que resume las principales aplicaciones del MHE a nivel internacional (Bekchanov *et al.* 2015):

Tabla 1: Lista de estudios de gestión de cuencas basados en MHE para la asignación de agua

Nº	Publicación	Área de estudio (Cuenca y / o región)	Enfoque de investigación (objetivo)
1	Cai <i>et al.</i> 2002	Syr Darya Basin (Asia Central)	Compromisos entre los beneficios de las generaciones actuales y futuras
2	Cai <i>et al.</i> 2003a	Syr Darya Basin (Asia Central)	Modelamiento de interrelaciones entre componentes hidrológicos, agronómicos y económicos
3	Cai <i>et al.</i> 2003b	Syr Darya Basin (Asia Central)	Un equilibrio sostenible entre la gestión del riego y la preservación del medio ambiente
4	Teasley y McKinney 2011	Syr Darya Basin (Asia Central)	Evaluar los posibles beneficios para los países ribereños en virtud de diversos acuerdos de cooperación
5	Gurluk y Ward 2009	Nilufer River Basin (Turquía)	Impacto del cambio climático
6	Karimi y Ardakanian 2010	Cuenca hipotética iraní	Modelos de demanda y oferta de agua
7	Ringler <i>et al.</i> 2004	Cuenca del río Mekong (China, Vietnam, Tailandia, Camboya, Laos)	Compromisos de asignación de agua para usos en el interior y fuera de la cuenca
8	Ringler <i>et al.</i> 2006	Cuenca del río Dong Nai (Vietnam)	Mercado del agua, construcción de presas, liberalización comercial
9	Ringler and Cai 2006	Cuenca del río Mekong (China, Vietnam, Tailandia, Camboya, Laos)	Valoración de la pesca y los humedales
10	Divakar <i>et al.</i> 2011	Cuenca del río Chao Phraya (Tailandia)	Conjunto diferente de prioridades sectoriales de asignación de agua
11	Yang <i>et al.</i> 2012	Cuenca del río Amarillo (China)	Optimización descentralizada
12	George <i>et al.</i> 2011a, 2011b	Cuenca del río Musi (India)	Evaluar diferentes estrategias de desarrollo del agua
13	Wu <i>et al.</i> 2013	Cuenca del río Ganges (India)	Construcción de presas y control de inundaciones
14	Jeuland <i>et al.</i> 2013	Cuenca del río Ganges (India)	Cambio climático y desarrollo de infraestructura
15	Pande <i>et al.</i> 2011	Gujarat y Rajasthan (India)	Comparación de optimización y asignación de agua autárquica
16	Y.C.E. Yang <i>et al.</i> 2013	Cuenca del Indo (Pakistán)	Impacto del cambio climático
17	Mullick <i>et al.</i> 2013	Cuenca del río Teesta (Bangladesh)	Trade-offs between economic efficiency and environmental protection
18	Mainuddin <i>et al.</i> 2007	Cuenca del río Murray (Australia)	Compensaciones entre eficiencia económica y protección del medio ambiente
19	Qureshi <i>et al.</i> 2007	Cuenca del río Murray (Australia)	Comparando la adquisición de agua administrativa y basada en el mercado con las necesidades ambientales
20	Connor <i>et al.</i> 2009	Cuenca del río Murray (Australia)	Impacto del cambio climático
21	Grafton y Jiang 2011	Cuenca del río Murray-Darling (Australia)	Adquisición de agua para necesidades ambientales
22	Tisdell 2010	Captación Murrumbidgee (Australia)	Adquisición de agua para necesidades ambientales
23	Akter <i>et al.</i> 2014	Marismas de Macquarie (cuenca del río Murray-Darling, Australia)	Incorporación de valores ambientales sin uso en MHE

<<Continuación>>

Nº	Publicación	Área de estudio (Cuenca y / o región)	Enfoque de investigación (objetivo)
24	Chatterjee et al. 1998	California Central (USA)	Compromisos del uso del agua entre los sectores de producción agrícola e hidroeléctrica
25	Jenkins et al. 2004	California (USA)	Costos de escasez de agua en mercados de agua intra e interestatales
26	Pulido-Velázquez et al. 2004	California del Sur (USA)	Uso conjunto del agua y mercados del agua
27	Medellín-Azuara et al. 2008	California (USA)	Adaptación al cambio climático
28	Howitt et al. 2012	California (USA)	Sequía
29	Ward y Lynch 1996	Cuenca del Río Chama (Nuevo México, EE. UU.)	Compromisos entre los usos del agua para la producción de energía hidroeléctrica y uso de recreación
30	Ward y Booker 2003	Cuenca del Río Grande (Nuevo México, EE. UU.)	Protección contra flujo en el interior para especies en peligro de extinción
31	Ward y Pulido-Velázquez 2008	Cuenca Alta del Río Grande (EE. UU.)	Impacto de la conservación del agua en la extracción de agua
32	Pulido-Velázquez et al. 2008	Cuenca del río Adra (España)	Uso combinado de aguas superficiales y subterráneas
33	Gutiérrez et al. 2013	Cuenca media de Guadiana (España)	Asignación de agua entre ecosistemas y agricultura
34	Hirt et al. 2012	Cuenca del río Weser (Alemania)	Impacto del uso de nitrógeno
35	Rosegrant et al. 2000	Cuenca del río Maipo (Chile)	Comercio de derechos de agua
36	Cai and Rosegrant 2004	Cuenca del río Maipo (Chile)	Elección de tecnología
37	Maneta et al. 2009	Cuenca del río San Francisco (Brasil)	Análisis de impacto de sequía
38	Torres et al. 2012	Cuenca del río San Francisco (Brasil)	Análisis del impacto de sequía en el aumento de demanda del bioetanol
39	de Moraes et al. 2011	Cuenca del río Pirapama (Brasil)	Gestión de la calidad del agua
40	Ahrends et al. 2008	Captación Atankwidi (Sudán)	El impacto de las restricciones de volumen / salida del reservorio
41	Jeuland 2010	Cuenca del río Nilo (Egipto)	Interrelaciones entre cambio climático, hidrología y economía
42	Barbier 2003	Hadejia-Jama (norte de Nigeria)	Impacto de la construcción de presas aguas arriba en el riego y la agricultura aguas abajo
43	Kuhn et al. 2014	Cuenca del lago Naivasha (Kenia)	Problema de optimización múltiple con restricción de equilibrio
44	Welsch et al. 2014	Mauritius	Futuro de la producción de biocombustibles

Fuente: Review of Hydro-economic Models to Address River Basin Management Problems: Structure, Applications and Research Gaps (Bekchanov et al. 2015)

A partir de esta información, se puede concluir que los estudios se enfocaron en Europa, Asia y Norteamérica, mientras que en el caso de Sudamérica se tiene las aplicaciones en Brasil y Chile. De todos los estudios citados ninguno está ubicado en zona andina o altoandina que involucre la agricultura familiar. En ese sentido, la aplicación del MHE en zona andina se

convierte en una gran oportunidad para empezar a generar información y sentar las bases para investigaciones que integren los aspectos físicos y económicos bajo un contexto de cambio climático.

2.2 SITUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Dado que modelo hidroeconómico considera dos componentes, la parte hídrica y económico, es necesario considerar las salidas de un modelo de oferta hídrica y sus respectivos escenarios de cambio climático como insumos del modelo económico, para ello se desarrolló un trabajo externo sobre modelamiento hidrológico el cual fue realizado con fondos del FONDECYT para usos y fines exclusivos de la presente investigación, cuyos resultados principales se muestran en el Anexo 1.

2.3 CONSERVACIÓN PRODUCTIVA DE LA AGROBIODIVERSIDAD

Forma parte de la investigación, un análisis sobre la agrobiodiversidad y su vínculo con la aplicación del MHE. En ese sentido, la presente sección muestra algunos conceptos claves a considerar bajo el tema de agrobiodiversidad, los mismos que sirven de marco para algunos resultados adicionales del trabajo de campo, los cuales se complementan y refuerzan perfectamente los resultados de la aplicación del MHE.

Se parte de un análisis marco sobre la diversidad en términos biológicos hasta llegar a la diversidad agrícola, este análisis se va entrelazando con otros conceptos muy afines como la agricultura familiar, diversidad cultivada; pues hoy en día es muy importante vincular las diferentes aplicaciones y/o resultados técnicos como el MHE en un contexto de constante cambio en la generación de conceptos y/o conocimientos y la definición de políticas para de esta manera tener conclusiones más robustas e integradas.

2.3.1 Situación hidrológica de la zona andina

En la zona andina o altoandina, es importante destacar el aporte del glaciar dado que este pudiera ser afectado por el cambio climático, pues a partir de un balance de ganancias y pérdidas de masa de un glaciar a nivel temporal y espacial, permite determinar su aporte en términos de volumen de agua a la cuenca involucrada (CAF 2014).

La importancia de los glaciares de la región andina, radica en el hecho de que éstos conforman el 95 por ciento de los glaciares tropicales a nivel mundial, con una superficie estimada de 2.500 km cuadrados. El Perú cuenta con el 71 por ciento de los nevados comparado con Bolivia que cuenta con el 22 por ciento, Ecuador con el 4 por ciento y Colombia con el 3 por ciento. En América del Sur, los recursos hídricos provienen de cuencas con cobertura de glaciar para ser utilizados para diferentes actividades tales como: suministro de agua potable, generación de energía eléctrica y riego, etc. Asimismo, alrededor de 40 Millones de habitantes que hacen uso de este recurso. En los países andinos el uso de las aguas glaciares representa el 60 por ciento de la capacidad energética instalada (CAF 2014).

A partir de los años 1976-1980 los glaciares andinos tropicales entran a una fase de retroceso dramático es así, que en base a estudios efectuados en Ecuador sobre los volcanes Cotopaxi, Antisana y Chimborazo; la Cordillera Real en Bolivia; y la Cordillera Blanca en Perú, señalan 1976-1980 como un periodo clave: el inicio de un fuerte receso glaciar que pone fin al periodo marcado por una relativa estabilidad entre 1950 y 1976. Se calcula que la pérdida, tanto en superficie como en volumen, de los glaciares de la zona, ha alcanzado entre un 40 y un 50 por ciento en 30 años y llegó hasta un 100 por ciento (desaparición total) en algunos casos, como el del glaciar de Chacaltaya en Bolivia (Francou 2012).

En algunos países la información de caudales es escasa, por ende, estas series deben construirse a través de un estudio hidrológico (aportes de la cuenca en función a parámetros tales como la precipitación, temperatura, humedad, velocidad del viento, horas de sol, nubosidad, cobertura vegetal, tipo de suelo, uso de suelo, etc.). Para este fin se cuenta con modelos hidrológicos como: el de Thorntwaite, Témez, SWAT, WEAP (CAF 2014).

La dotación del recurso hídrico puede variar debido al cambio climático, un claro ejemplo es la sequía donde la disponibilidad del agua es insuficiente por un largo periodo de tiempo, lo cual impide satisfacer las necesidades locales en zona andina y/o altoandina. La mayor predominancia de sequías se observa en la zona andina sur del Perú, y tiene un impacto sobre la agricultura de la zona, la que se realiza principalmente bajo secano (PACC 2012). Existen otros factores que pueden afectar la dotación del recurso hídrico, así como afectar la biodiversidad en sus ecosistemas. Por otro lado, es importante considerar los efectos de cambio climático en los ecosistemas y por ende el recurso hídrico, el cual afectará la oferta hídrica y por ende en la demanda.

Tabla 2: Presencia de fenómenos ambientales por zona y estación del año

Factor climático. Tendencia	Eventos extremos relacionados	Efectos/impacto en agroecosistemas y socioeconómicos	Indicadores de impacto
Incremento de CO2	Afecta a la atmosfera y la incidencia de efectos climáticos adversos	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de cultivos <ul style="list-style-type: none"> • Perdida de ganado • Pérdida de biodiversidad • Reducción o pérdida de reservas de semilla <ul style="list-style-type: none"> • Desertificación • Erosión • Salinización de suelos • Incendios forestales • Contaminación de suelos y aguas • Reducción del agua dulce • Reducción de fertilidad potencial de suelos • Disminución del rendimiento productivo (cultivos, ganadería) • Explotación indiscriminada de RRNN • Pérdida de capacidad regenerativa del ecosistema • Incremento de enfermedades y plagas • Reducción de ingresos económicos <ul style="list-style-type: none"> • Migración Pérdida de vidas humanas 	Agroeconómicos: <ul style="list-style-type: none"> - Índices de rendimiento agrícola y pecuario (Ej. Toneladas métricas producidas por ha, litros de leche por ha, litros de leche por día por vaca y tasa de extracción comercial, etc.) - Destino de los recursos para recuperación de tierras - Ingreso agrícola de las familias/Ingreso total por familia <ul style="list-style-type: none"> - Producción para subsistencia/Producción total - Expansión de la frontera agropecuaria - Tasa de soporte por especie - Tamaño de las propiedades rurales - Porcentaje de la población que usa leña y carbón como combustible - Valor de una manzana de tierra (\$) - Valor contingente de la renta de la tierra (\$) - Costos económicos por pérdida de cultivos, ganado, etc., o daños por inundaciones y sequías que no se pueden cuantificar
Incremento de temperatura	Sequías Incendios		

<<Continuación>>

Factor climático. Tendencia	Eventos extremos relacionados	Efectos/impacto en agroecosistemas y socioeconómicos	Indicadores de impacto
Incremento de del rango o amplitud de variación térmica	Heladas Granizadas Vientos fuertes Inundaciones		Sociodemográficos: - Tasa de migración neta - Porcentaje de mujeres jefas de hogar - Densidad demográfica
Incremento de pre- cipitaciones o con- centración	Inundaciones Granizadas		- Tasa media de crecimiento anual de la pob. - Estructura de edad - Incidencia de pobreza
Decremento de precipitaciones	Sequías		- Enfermedades de mayor incidencia (conducción hídrica) - Educación del jefe del hogar (años) Variables climáticas: - Temp. mínima promedio anual (°C) - Temp. máxima promedio anual (°C) - Temp. promedio anual (°C) - Temp. promedio en estación lluviosa (°C) - Temp. promedio en estación seca (°C) - Temp. máxima promedio en estación lluviosa (°C) - Temp. máxima promedio en estación seca (°C) - Temp. mínima promedio en estación lluviosa (°C) - Temp. mínima promedio en estación seca (°C) - Precip. promedio anual (mm) - Precip. acumulada anual (mm) - Precip. promedio en estación lluviosa (mm) - Precip. promedio en estación seca (mm) - PPM de CO2 - Astro y bioindicadores

Fuente: CAF (2014)

2.3.2 La biodiversidad y el agua

La biodiversidad es fundamental para la salud de la mayoría de los servicios ecosistémicos (SE), dado que cumple un papel importante en el mantenimiento de la resistencia de un

ecosistema, que se define como la capacidad para devolverlo a su estado original luego de una perturbación (Holling 1973; Walker & Salt 2006). Mientras un sistema posea más diversidad biológica, mayor será la disponibilidad de estructuras y funciones alternativas que pueden apoyar o reemplazar aquellas que se debilitaron tras un impacto, asegurando la continuidad de los SE (Bovarnick *et al.* 2010).

Muchas poblaciones de plantas y animales han declinado en número, extensión geográfica o ambas variables (WWF 2005). Uno de los factores de importancia y preservación de los ecosistemas alto andinos, es la presencia de vegetación donde el suelo constituyen un hábitat esencial para muchas especies de organismos y son un factor de protección importante de las laderas de los bosques alto andinos contra la erosión (Romero 2012). La diversidad biológica, es conocido como la variedad de seres vivos y ambientes que existe en un lugar, esto incluye las interacciones entre los animales, plantas, agua, suelo y el aire alrededor.

Para conservar la biodiversidad, es importante mantener la conexión entre áreas naturales. La biodiversidad de los andes está bajo amenaza si continua de actividades antropogénicas, donde se prevé cambios hacia el año 2050 donde más del 50 por ciento de las especies sufrirán reducciones de al menos el 45 por ciento en su nicho climático, mientras que el 10 por ciento de las especies podrían estar extinguidas y las especies endémicas andinas se verían gravemente amenazadas, mientras que algunas áreas parecen ser estables (por ejemplo, Pichincha e Imbabura en Ecuador y Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Putumayo en Colombia).

Se prevé que los pastizales tropicales de la zona altoandina (páramos y punas) y los bosques de hoja perenne de montaña, dos ecosistemas clave para la prestación de servicios ambientales muchos de ellos vinculados con el recurso hídrico en los Andes Tropicales de la región, experimenten cambios negativos en la riqueza de especies y altos índices de rotación de especies (Ramirez-Villegas *et al.* 2014). Por otro lado, cientos de especies vegetales son medicinales, cuyas sustancias químicas conforman la base de más del 50 por ciento de los medicamentos, están en peligro de extinción (Hawkins 2008; Kier *et al.* 2005).

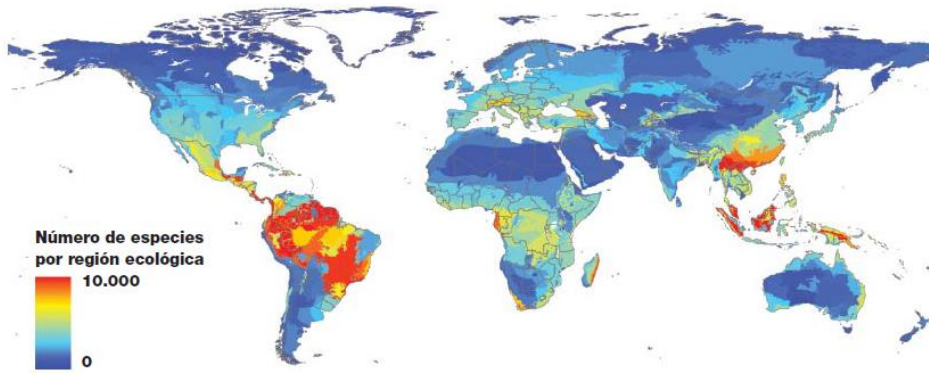


Figura 1: Especies vegetales por región ecológica

Fuente: Kier *et al.* (2005)

En base a este marco es importante considerar, otro tipo de diversidad el cual está directamente relacionado con la actividad humana y el uso agrícola del agua, definido como agrobiodiversidad formando parte de la gran biodiversidad de la zona andina del Perú. El Perú cuenta con el 70 por ciento de la diversidad biológica del planeta (MINAM 2014b). Esta diversidad, se da en términos genéticos, de especies y de ecosistemas (ONU 1992). Esta diversidad biológica está repartida en la costa sierra y selva del Perú, donde su existencia está directamente relacionada con la disponibilidad y/o presencia de agua.

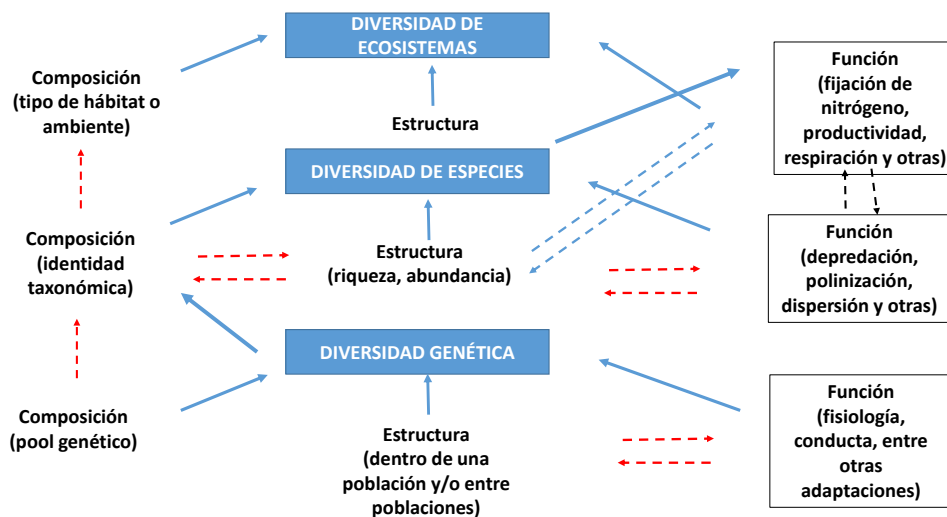


Figura 2: Jerarquización de la biodiversidad

Fuente: CONAMA (2008)

2.3.3 La conservación productiva

La microcuenca Mariño posee una gran variedad de cultivos entre transitorios, permanentes de cosecha continua y cosecha permanente. Existe dos sistemas productivos, de secano entre los meses de octubre a marzo y bajo riego en las épocas de estiaje. El agua de uso agrícola es consecuencia del servicio ecosistémico de provisión del Santuario Nacional del Ampay, su nombre obedece al nevado de Ampay ubicado en la ciudad de Abancay, el cual es acompañado de los bosques de Intimpa, único en su género (*Podocarpus glomeratus*) en asociación con la flora y fauna silvestre de la zona (SERNANP 2019).

Se considera que la agrobiodiversidad es y sigue siendo una de los capitales naturales con que cuenta en el Perú de cara al futuro, y será la base para su desarrollo en las próximas generaciones. Asimismo, la biodiversidad silvestre y cultivada pueden y deben convertirse en el motor del desarrollo, especialmente en las comunidades rurales en extrema pobreza, tanto en el Ande, la Amazonía y en la costa peruana donde existe recursos genéticos nativos, vitales para la seguridad alimentaria siendo el 65 por ciento de la agricultura depende de ellos (Vigouroux *et al.* 2011).

Los recursos de la biodiversidad y el ambiente en general, son bienes comunes, por lo tanto, pueden ser susceptibles de ser afectados por cambios bruscos en las variables climáticas (Del Mármol *et al.* 2010; Acosta & Días-Diego 2007; Zamora Acosta 2011). Casi un tercio de la población peruana viven de los recursos de la biodiversidad y/o agrobiodiversidad, donde los ecosistemas naturales: Amazonía, mar peruano, altos Andes están asociados a grupos de personas en pobreza y extrema pobreza. El Ministerio del ambiente ha indicado que el cambio climático afectará fuertemente a la biodiversidad, donde un cambio de 3°C implicaría desplazamiento de la vegetación unos 250-300 km. de latitud, y 500 m. en elevación (MINAM 2016).

Entre las modalidades de conservación aplicadas en el sector agricultura, se tienen mayores iniciativas en el área forestal como: concesiones para aprovechamiento de recursos diferentes a la madera, concesiones para conservación, concesiones para forestación y reforestación,

concesiones en áreas de Manejo de Fauna Silvestre entre otros. En la agricultura se manejan solo dos formas: Áreas de cultivo con certificaciones orgánicas y Zonas de agrobiodiversidad, siendo estas aún de aplicación muy limitada (Prévot *et al.* 2018).

En ese sentido, el enfoque de conservación productiva surge como una alternativa de gestión inclusiva donde se promueve una actividad económica en base a la conservación, ello involucra que las comunidades manejen sosteniblemente los recursos y obteniendo un margen comercial y con el apoyo de otros actores claves que participen de manera activa. Camino a ello, es importante la construcción de un perfil social y diverso para buscar las oportunidades de desarrollo y mejoramiento de las condiciones de pobreza de las personas y conservación de las especies.

En ese sentido, pensar en la agricultura andina con enfoque de conservación productiva específica en la microcuenca Mariño, es importante considerar las particularidades de las características ambientales, económicas, sociales y agrícolas. Dando origen no solo a plantear el uso del modelo hidroeconómico, sino su vínculo con la construcción de una imagen de territorio que considere la conservación productiva de la agrobiodiversidad.

2.3.3.1 Estrategia Nacional de Diversidad biológica

La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018 (EPANDB), fueron elaborados con los aportes de numerosas instituciones y personas en el marco de un amplio proceso participativo a nivel nacional, conducido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), Punto Focal del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), en coordinación con la Comisión Nacional de Diversidad Biológica (CONADIB), instancia multisectorial consultiva para la implementación de la EPANDB en el Perú, integrada por 20 instituciones públicas y organizaciones privadas vinculadas con la gestión nacional de la diversidad biológica. Los enfoques orientadores para la gestión de la conservación de esta diversidad considerada por la EPANDB son:

- a. Enfoque ecosistémico: La gestión de la diversidad biológica se rige por el enfoque ecosistémico, entendido como una estrategia para el manejo integrado de las tierras, aguas y recursos vivos, que promueve la conservación y uso sostenible en un modo equitativo, en concordancia con lo establecido en el CDB.
- b. Gobernanza participativa también denominada “gestión social participativa” o “cogestión comunitaria”: El diseño y aplicación de las políticas públicas sobre diversidad biológica se rigen por el principio de gobernanza participativa, que conduce a la armonización de las políticas, instituciones, normas, procedimientos, herramientas e información, de manera tal que sea posible la participación efectiva, descentralizada, integrada, informada y equitativa de los actores públicos y privados, lo que incluye de manera particular a los pueblos indígenas y poblaciones locales en la toma de decisiones, manejo de conflictos y construcción de consensos, sobre la base de responsabilidades claramente definidas, rendición de cuentas, seguridad jurídica y transparencia.
- c. Gestión y manejo adaptativo: La gestión de la diversidad biológica se rige por un enfoque de gestión y manejo adaptativo acorde con la diversidad ambiental y sociocultural de las diversas regiones del Perú. Ello implica que cualquier iniciativa o programa de manejo de la diversidad biológica a corto, mediano y largo plazo debe adecuarse a las capacidades y peculiaridades socioculturales de los actores locales, a fin de asegurar la eficaz y eficiente conservación de los componentes de la biodiversidad y sus bienes y servicios asociados.
- d. Conservación productiva: Considerado en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Es la conservación y revaloración productiva donde se integra la conservación con el aprovechamiento sostenible de los recursos y servicios que prestan los ecosistemas, y que pone de relieve el valor que representa la biodiversidad (y los conocimientos y saberes de los pueblos indígenas y las poblaciones locales asociados con estos recursos) para la economía, la cultura y la identidad nacional. En un escenario donde prevalecen bolsones de pobreza y pobreza extrema, el aprovechamiento sostenible de los recursos de la biodiversidad para beneficio de los pueblos indígenas y las poblaciones locales es una cuestión necesaria en tanto se trata del respeto a sus derechos.

En ese sentido, a modo resumen se muestra la Figura 3, la cual propone un vínculo de la conservación productiva y la agrobiodiversidad a partir de las iniciativas existentes en un contexto social.

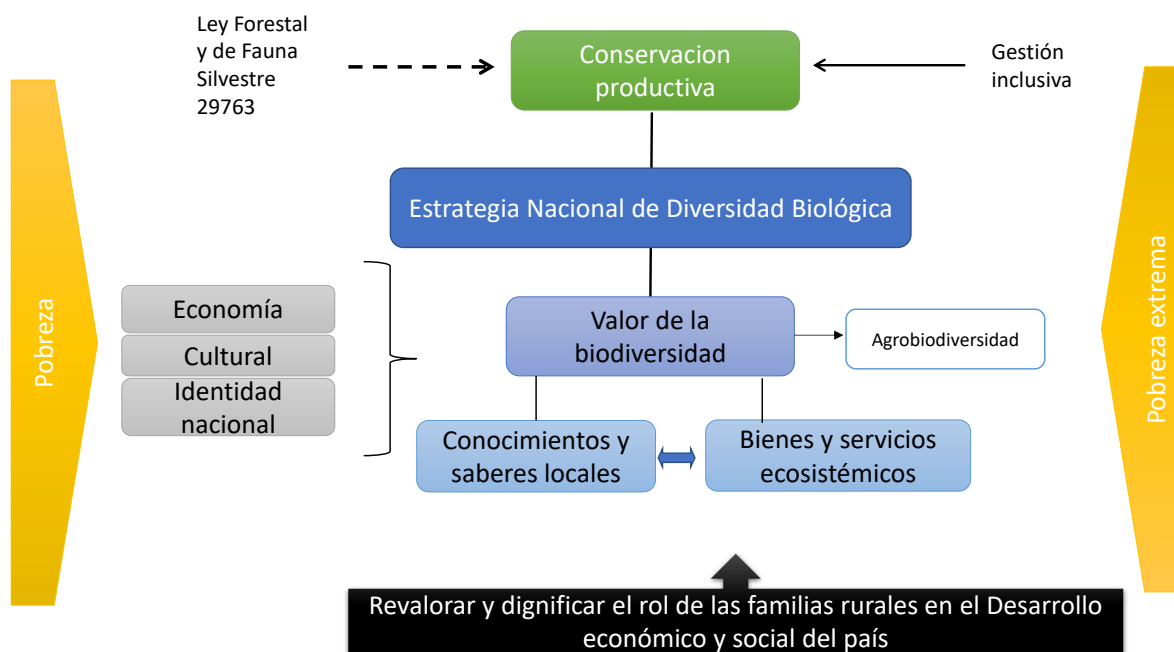


Figura 3: Bases a tener en cuenta para la conservación productiva

Fuente: Elaboración propia

2.3.3.2 Diversidad cultivada

La diversidad cultivada, está referido a las variedades locales de un cultivo denominadas así, porque se han obtenido de semillas que los agricultores de antaño sembraban en la región. Asimismo, es posible que dichos cultivos sean los que más se consume en la región, como es el caso de la papa. Por otro lado, es muy probable que dicha diversidad se adapte bien a diferentes condiciones climáticas de la región y es más resistente a plagas y enfermedades. Donde muchos de ellos son sembrados para autoconsumo y venta en los mercados locales (Lagunes–Espinoza *et al.* 2008).

El 100 por ciento de las semillas utilizadas para la siembra provienen de los propios agricultores o del intercambio con otros productores de la región. El intercambio de semillas criollas y/o variedades entre pequeños agricultores forma una red que amortigua la pérdida de la diversidad a escala regional en muchas zonas y principalmente en el Perú (Peroni *et al.* 2008).

La recuperación de las variedades cultivadas locales cobra mucho interés hoy en día, ahí la importancia de los diferentes actores sociales e instituciones con intereses y motivaciones distintas. Existe relevancia sobre las variedades autóctonas conocidas como biodiversidad. Las variedades locales son objeto de un proceso de patrimonialización y utilización como imagen del territorio, igual que otros elementos de la cultura popular y la historia relacionados con lo idiosincrásico, lo vernáculo y lo natural. Todo ello se relaciona con las formas concretas de producir ruralidad y redefinir los territorios en las sociedades contemporáneas y dar contenido a las agendas políticas (Acosta-Naranjo & Rodríguez-Franco 2014).

2.3.3.3 La agricultura familiar

En el Perú, la Agricultura Familiar (AF) representa el 97 por ciento del total de las Unidades Agropecuarias. La AF involucra a más del 83 por ciento de los trabajadores agrícolas, donde se realiza una interrelación dinámica con el entorno social, económico, cultural y ambiental (MINAGRI. 2015). La AF considerado un modo de vida y de producción gestionado por una familia, cuyos miembros, son la principal fuerza laboral donde se da el acceso limitado a los recursos tierra, agua y capital. Incluye actividades tales como la producción agrícola y pecuaria, el manejo forestal, la industria rural, la pesca artesanal, la acuicultura y la apicultura, entre otras. A través de esta importante actividad se transmite la cultura milenaria y sus múltiples manifestaciones en las artes, instituciones, economía y biodiversidad (MINAGRI 2015).

Dado que la AF se realiza en interrelación dinámica con el entorno social, económico, cultural y ambiental se hace inseparable de la unidad productiva familiar, dado que cuenta

con los mismos recursos y las decisiones sobre su empleo e influyen tanto en la familia como en la unidad productiva. La AF involucra una dimensión comunitaria, dado que, los resultados del último Censo Nacional Agropecuario indica que existe comunidades que albergan una proporción importante de productores, quienes controlan una importante superficie agropecuaria. Asimismo, las comunidades han reconfigurado sus dinámicas productivas e institucionales ante condiciones cambiantes de desarrollo y acceso al mercado. Es así, que la AF está a cargo de sistemas productivos diversificados, siendo esta heterogénea debido a sus características socioeconómicas, tecnológicas y por su ubicación territorial.

Hay una gran cantidad de publicaciones que intentan definir la AF, donde muchas de ellas coinciden en el hecho que la agricultura familiar es un importante proveedor de muchos de los alimentos básicos de consumo popular (Schejtman 1980; Bedegué 2014; FAO 2013). Los elementos a considerar para definir de este tipo de agricultura son:

- el carácter predominantemente familiar del trabajo utilizado en las labores agropecuarias en la unidad productiva;
- el compromiso irrenunciable con la fuerza de trabajo familiar;
- la mercantilización parcial de la producción;
- la indivisibilidad del ingreso familiar;
- la preferencia por tecnologías intensivas en mano de obra
- la pertenencia a un grupo territorial.

Aproximadamente tres cuartas partes de la población en situación de pobreza extrema vive en zonas rurales de países en desarrollo; por lo tanto, el sustento de la mayoría de la población rural pobre depende de la agricultura. No obstante, la AF no tendría que ser sinónimo de pobreza. A pesar de que en algunos escenarios de la agricultura familiar, existe obstáculos para acceder a activos productivos, financiación, tecnología y mercados, la AF sigue siendo un sector proveedor de alimentos básicos y de consumo popular en América Latina y el Caribe (IICA 2020).



Figura 4: Contribución de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe

Fuente: IICA (2020)

2.3.3.4 La biodiversidad en la agricultura

El papel de la producción agraria, es importante para enfrentar las hambrunas y la inseguridad alimentaria preocupación evidente en muchos países, mientras existe excedentes agrícolas en otros. Mientras aumenta la frontera agrícola en algunas zonas y la pérdida de bosque suele ser el costo de oportunidad (Acosta Naranjo 2008). Como se mencionó, las semillas son el resultado de un proceso de selección cultural y dicha selección para el cultivo la domesticación de las mismas, ha sido un hito fundamental en la historia de la humanidad y la agrobiodiversidad. Asimismo, una práctica campesina constatada en muy diversos lugares del planeta es la introducción de germoplasma silvestre. Es por ello que no se puede descartar la dimensión de conservación, donde se trate de una reintroducción efectiva de la diversidad en la agricultura productiva (Acosta & Días-Diego 2007).

Es importante comprender las interacciones humano-ambiente de la biodiversidad de la agricultura y los sistemas alimentarios (agrobiodiversidad), donde un marco de conocimiento de la agrobiodiversidad estaría compuesto por cuatro temas (Ecología y evolución; gobernanza; alimentación, nutrición y salud; cambios ambientales y socioeconómicos

globales) la cual debe orientar a un adecuado de manejo de políticas de agrobiodiversidad en un medio acelerado de transformaciones ambientales y socioeconómicas (Zimmerer, et al., 2019). Del mismo modo, es importante comprender la relación de la variabilidad climática que afecta la dotación de agua y su impacto en la diversidad de cultivos.

Se tiene algunos resultados sobre un marco de agrobiodiversidad, seguridad alimentaria y nutrición cuyos resultados integran un énfasis en los factores del cambio global, incluido el cambio climático (SPDA 2015). Finalmente, la generación de conocimientos sobre agrobiodiversidad es esencial para abordar los desafíos de la seguridad nutricional a partir de la conservación de la agrobiodiversidad y su afectación con el cambio climático. Así, es importante fortalecer el enfoque y el análisis de las complejas interacciones humano-ambientales de la biodiversidad en la agricultura la cual es vital como nexo de la ciencia y la construcción de políticas (Zimmerer *et al.* 2019).

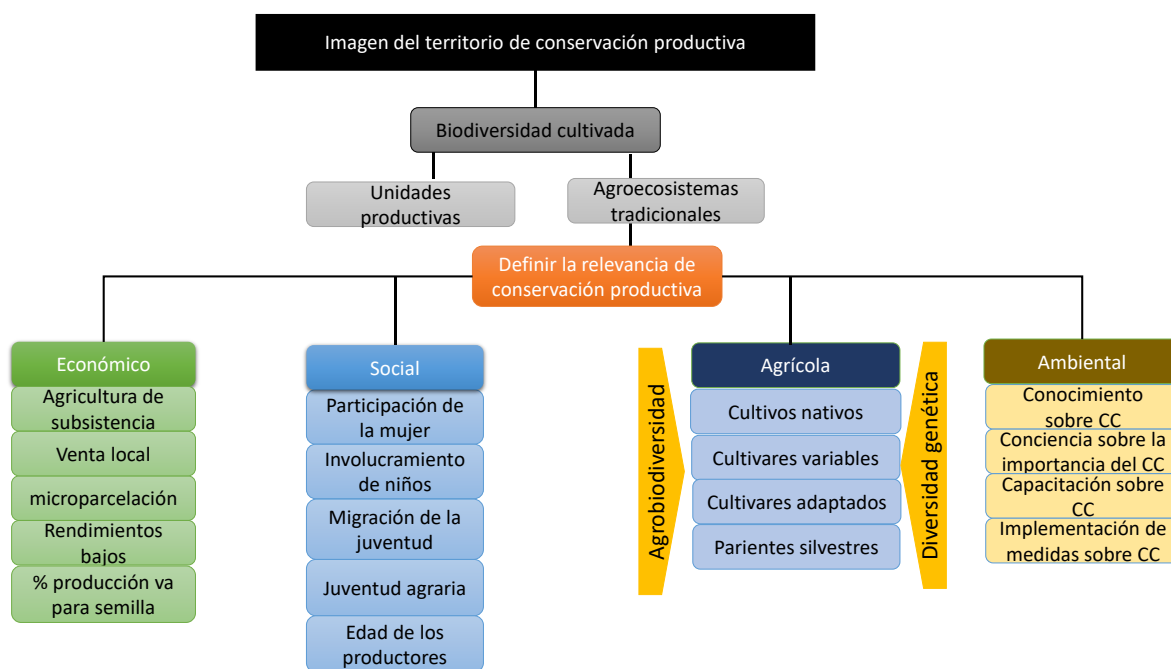


Figura 5: Propuesta de imagen de territorio de una conservación productiva

Fuente: Elaboración propia

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Para definir y acotar el problema de investigación, se realizó una recopilación de información de gabinete reforzado con una visita de campo al cual se denominó “visita de reconocimiento de campo”, esto permitió establecer el vínculo con los actores relevantes mediante la ejecución de entrevistas sobre la temática a investigar. Estas actividades permitieron realizar un árbol de problemas, como punto de partida para desarrollar la investigación en la microcuenca Mariño.

El árbol de problemas, consideró como problema central, la inadecuada gestión de los recursos hídricos, el cual tiene diferentes causas entre ellos el desconocimiento sobre el cambio climático y sus impactos, baja articulación con las instituciones. Del mismo modo, se identificó las consecuencias de este problema, las cuales están relacionados con la pérdida de agrobiodiversidad, acceso a los mercados, limitación en el acceso al agua. A partir de ejercicio, permitió establecer el marco metodológico y las preguntas de investigación en la microcuenca Mariño. A continuación, se muestra la Figura 6 resumen del árbol de problemas:

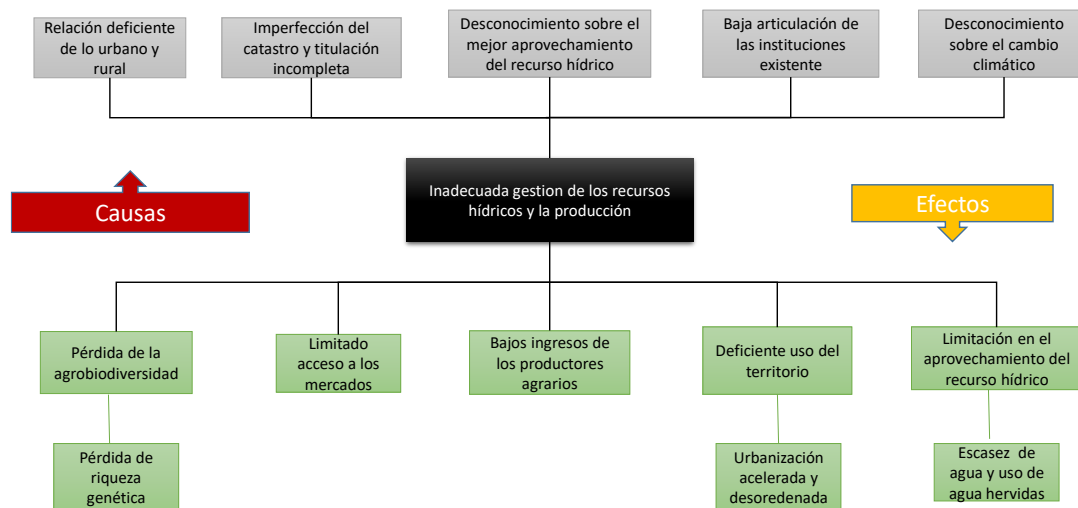


Figura 6: Árbol de medios y fines utilizado para definir el problema de investigación

3.2 HIPÓTESIS PLANTEADAS

3.2.1 Hipótesis general

Los productores agrarios andinos de la microcuenca Mariño presentan respuestas adaptativas frente a los impactos de la variabilidad del mercado, el clima y la aplicación de una política de irrigación evidenciados a partir del cálculo y/o optimización del uso agrícola del agua y superficie que permite además evaluar las implicancias con la agrobiodiversidad

3.2.2 Hipótesis específicas

- a. Existen factores técnicos, ambientales y socioeconómicos a tener en cuenta, para evaluar impactos de la variabilidad del clima y el mercado en los productores agrarios de la microcuenca Mariño que pueden ser recogidos a partir del modelamiento hidroeconómico
- b. Se evidencia respuestas económicas adaptativas de los productores agrarios frente a impactos de la variabilidad del clima al ensayar una política de irrigación haciendo uso del modelamiento hidroeconómico.
- c. Los resultados obtenidos en los escenarios donde se consideran los cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico colaboran a la toma de decisiones para una gestión sostenible de la agricultura andina.
- d. Los resultados del modelamiento hidroeconómico permite generar implicancias económicas en la agrobiodiversidad los cuales son importantes considerar al momento de diseñar políticas agrarias.

3.3 CASO DE ESTUDIO

La microcuenca del río Mariño, forma parte de la sub cuenca del río Pachachaca que pertenece a la Intercuenca Alto Apurímac, tiene un área de 285 km², donde la precipitación media anual es de 782.82 mm. La microcuenca Mariño, desde el punto de vista geomorfológico se extiende en una depresión dentro de la Cordillera Oriental con altitudes

que varían desde los 1625 m s.n.m. a 5200 m.s.n.m. entre los distritos de Abancay y Tamburco de la provincia de Abancay, Región Apurímac (Condori-Quispe 2016).

La temperatura Media Anual es 16,6°C, con un máximo de 18,2°C y un mínimo de 3°C. Posee tres cuencas bien definidas: alta, media y baja, y un crecimiento poblacional de 0.62 por ciento que colabora a un proceso de deforestación y cambios en el uso de la tierra (degradación de pastizales, sobrepastoreo, quema de pastos). De acuerdo a los resultados del estudio Agrológico de la Unidad Ejecutora Pro Desarrollo Apurímac, el área de la microcuenca Mariño se encuentra comprendida en un cuadrante delimitado por las coordenadas 72°43'16" a 72°56'14" de Longitud Oeste y 13°32'29" a 13°42'20" de Latitud Sur (Pro Desarrollo, 2012). Los sectores que involucra la microcuenca son: San Gabriel, Pachachaca, Quitasol, Illanya, Molinopata, Aymas Bajo, Villa Gloria Alta, Aymas Alto, Colcaqui, San Antonio, Kerapata, Ccorhuani, San Jorge Chillihua, Imponeda, Ccanabamba, Moyocorral, Central Sahuanay – Antabamba, Umaccata, Marcahuasi – Simple – Huanacauri, Facchaccocha. Las zonas restantes son: Áreas Urbanas pertenecientes a Abancay y Tamburco, además del Área Nacional Protegida del Santuario Nacional del Ampay (Informe del Mapa de Peligros de la ciudad de Abancay. INDECI – PNUD – PER/02/051 00014426 Nov 2006).

La ciudad de Abancay se encuentra en el centro del valle a una altitud de 2,400 m.s.n.m. en el eje vial de la ruta nacional 026, carretera asfaltada 190 km del Cusco, a 800 km de Lima y a 400 km de Ayacucho, por la vía libertadores carretera afirmada. La microcuenca abarca los distritos de Abancay y Tamburco. La parte rural más poblada se concentra alrededor de la ciudad de Abancay. Por el norte, la Microcuenca limita con la cuenca del río Chalhuahuacho, al sur con la cuenca del río Vilcabamba, al oeste con la cuenca del río Pachachaca y al este con la cuenca del río Antilla. Respecto a los límites políticos, por el norte con los distritos de San Pedro de Cachora y Curahuasi, por el sur con el distrito de Lambrama, por el este con el distrito de Curahuasi y por el oeste con el distrito de Huancarama de la provincia de Andahuaylas.

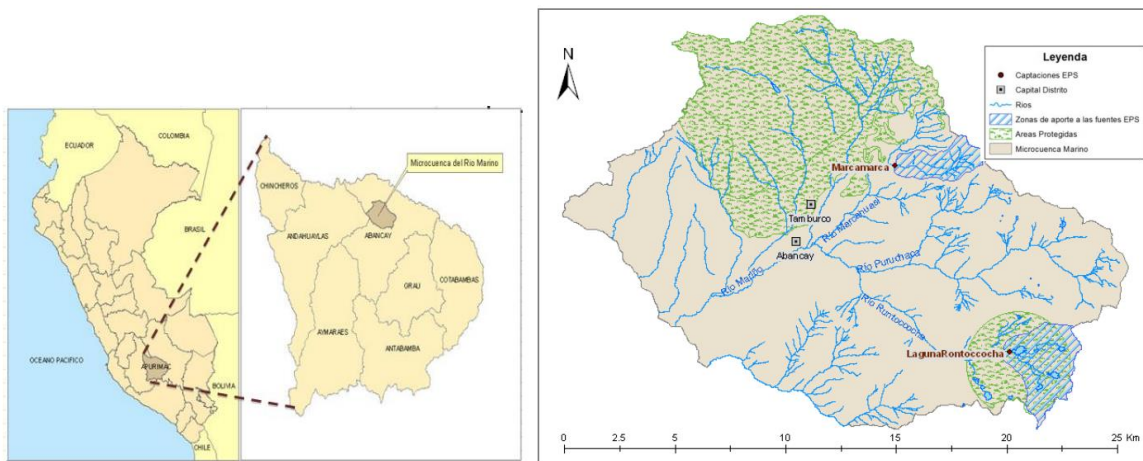


Figura 7: Ubicación política de la microcuenca Mariño

Fuente: Gobierno Regional de Apurímac (2012)

Las ciudades de Abancay y Tamburco, se encuentran ubicadas sobre los conos aluviales formados por el aporte de las quebradas provenientes del Nevado del Ampay y los demás ríos que aportan al río Mariño. Los deslizamientos activos con mayor peligrosidad, son los de Ccochapumaranram y Cconchopata, que afectan directamente a los pobladores, áreas de cultivo, canales de irrigación, y construcciones.

Según la información geográfica del Proyecto UE-ProDesarrollo Apurímac, indica que la cobertura de la tierra en la microcuenca se distribuye de la siguiente manera: 41 por ciento no tiene un uso entrópico (debido a la presencia del santuario), el 28.2 por ciento corresponde a pastizales, el 17 por ciento tienen coberturas de cultivo bajo riego, el 11 por ciento son bosques mixtos, el 8.3 por ciento son afloramientos rocosos, el 5.6 por ciento constituye matorrales mixtos y 4.6 por ciento matorrales arbolados. Mientras que el 2.2 por ciento son cultivos en seco y el 1.8 por ciento son cultivos en seco con vegetación mixta. En un 3.7 por ciento de la microcuenca encontramos plantaciones de eucalipto, el 2.7 por ciento posee bosque nativo el 1.8 por ciento son bofedales, y otros usos de la tierra con menor porcentaje y, otras coberturas con menor porcentaje (CONDESAN 2014).

La microcuenca Mariño, posee una gran variedad de cultivos (transitorios, permanente de cosecha continua y permanente de cosecha estacional). Existe dos sistemas productivos el de

secano durante los meses octubre a marzo y bajo riego en época de estiaje, donde el agua de uso agrícola es consecuencia del servicio ecosistémico de provisión del Santuario Nacional del Ampay, su nombre obedece al nevado de Ampay ubicado en la ciudad de Abancay el cual es acompañado de los bosques de Intimpa, único en su género (*Podocarpus glomeratus*) en asociación con la flora y fauna silvestre de la zona (SERNANP, 2019). Es por eso que el Perú posee la superficie de bosques del Perú es de 74,2 millones de hectáreas, siendo el noveno país con mayor superficie boscosa en el mundo (MINAM 2014b; MINAM 2016; ONU 1992; MINAM 2014b).

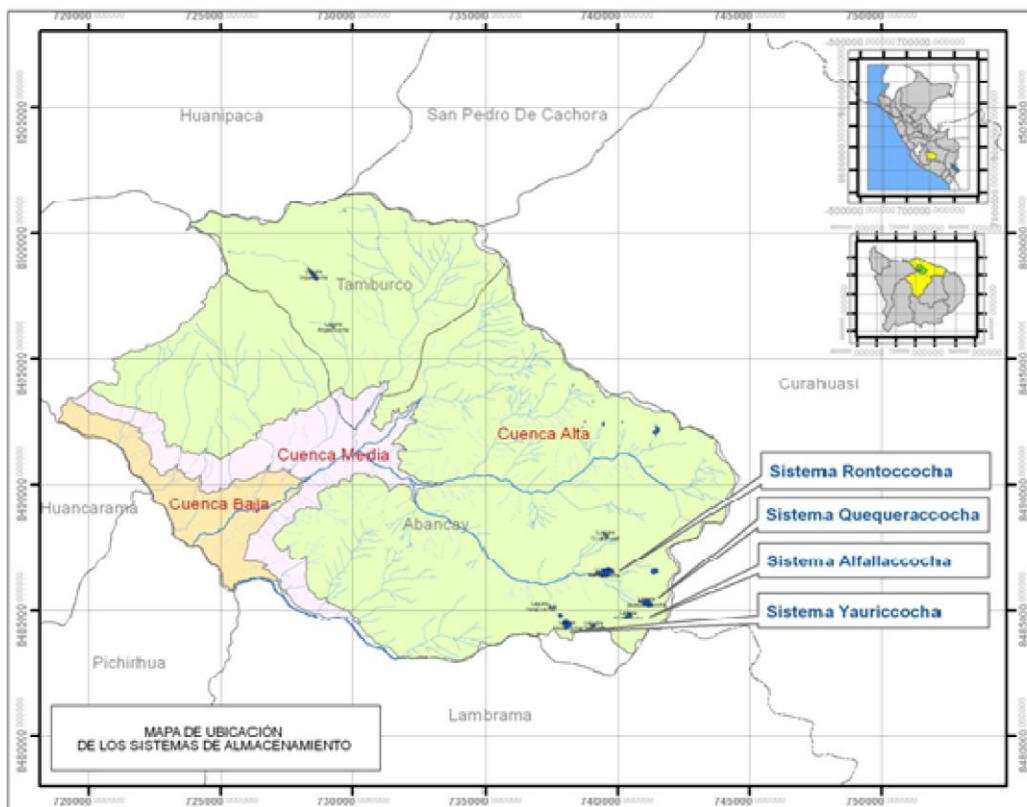


Figura 8: Distribución de la microcuenca Mariño

Fuente: UE Prodesarrollo (2012)

Debido a la migración desde las ciudades aledañas hacia la ciudad de Abancay, viene influyendo en el crecimiento poblacional, trayendo como consecuencia un fuerte proceso de deforestación y cambios en el uso de la tierra en la microcuenca Mariño. En la parte alta de

la cuenca, se da la degradación de la cobertura de pastizales, la tala de especies nativas, el sobrepastoreo y la quema de pastos con el fin de generar nuevos brotes para la alimentación del ganado (CONDESAN 2014; INEI 2005).

Respecto al uso poblacional del agua, existe dos importantes cuencas de aporte a las captaciones de la Empresa Municipal de Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Abancay (EMUSAP), la laguna Rontoccocha y una zona aproximada de recarga del manantial Marca-marca, siendo el caudal de éste manante el más importante de todos los manantiales captados. EMUSAP Abancay, la cual brinda el servicio de agua potable y alcantarillado que beneficia a aproximadamente a 51.225 habitantes de la ciudad de Abancay (INEI 2007). La demanda actual de la EMUSAP es de 162 lt/s. EMUSAP Abancay ha estimado un crecimiento de la demanda de agua para uso urbano, con una proyección a 30 años, de 220 lt/s (CONDESAN 2014).

El área bajo riego es alrededor de 2,757.1 ha donde los cultivos principales incluyen maíz, alfalfa, papa, hortalizas, árboles frutales (ProDesarrollo, 2012). Por otro lado, los agricultores están organizados a través de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio Apurímac Pachachaca (JUSHMA), dicha junta se compone de tres comisiones y cada comisión de comités involucra un total de 2,886.00 usuarios. Sin embargo, de acuerdo al JUSHMA indican que ellos administran un total de 4,451.85 ha aproximadamente, evidenciando que no hay uniformidad en la información respecto al área bajo riego, es por ello que para efectos de la investigación se tomó en cuenta el área reportada por la JUSHMA. Cada comité se encarga de: administrar la distribución del agua a todas las parcelas, cobrar tarifas de agua, controlar el uso del agua y el riego. La gestión a nivel comunitario juega un papel importante con respecto a la adopción de tecnologías y al uso eficiente del agua en las parcelas.

Se tiene tres comisiones de regantes que benefician a 77 subsistemas de riego para 10 comunidades campesinas y 27 anexos. Las comisiones son: Abancay (72 canales), Mariño (1 canal) y Pachachaca (4 canales). Por otro lado, de acuerdo a la información proporcionada por la Junta de Usuarios existe un total de 5,121.32 ha bajo su administración del cual 4,397.28 ha es bajo riego a partir del uso de infraestructura de riego (canales y reservorios

principalmente). El detalle del padrón de cultivos se puede apreciar en el Anexo 4. A continuación, se muestra la estructura de gestión agrícola del agua:

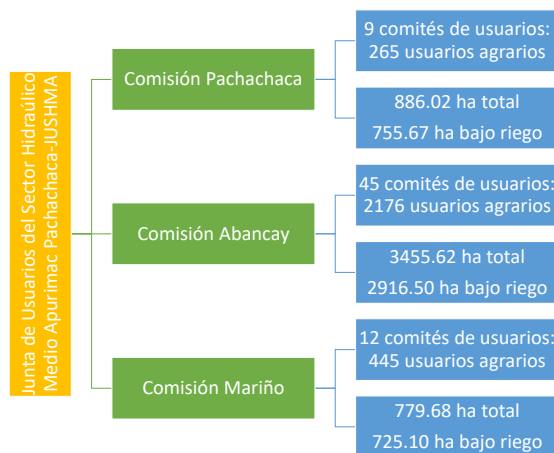


Figura 9: Estructura organizativa del uso agrícola del agua en la Microcuenca Mariño

Fuente: Elaborado en base a la información proporcionada por la JUSHMA (2018)

3.4 MATERIALES

3.4.1 Diseño de encuesta

Para el diseño de encuesta se tuvo en cuenta tres instrumentos elaborados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) los cuales son:

- Encuesta Nacional Agropecuaria 2016 – pequeños y medianos productores/as
- Manual del encuestador/a de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2016 – pequeños y medianos productores/as
- Lineamientos metodológicos II – Estadística agrícola para el tratamiento de cultivos transitorios y permanentes.



Figura 10: Instrumentos utilizados en la construcción de encuesta

Fuente: MIDAGRI, INEI (2018)

Es importante mencionar, que la encuesta agrícola del INEI incluye mas de 700 preguntas, razón por la cual no todas sus preguntas fueron relevantes a considerar en la presente investigación. En ese sentido, se realizó un filtro y adaptación de muchas de las preguntas alineadas a los objetivos de la investigación. Como resultado, la encuesta elaborada, a diferencia del comun de las encuestas agrícolas tiene un valor agregado, dado que incluyó preguntas de cambio climático, para mostrar un panorama más completo sobre la agricultura y su vínculo con el cambio climático. La encuesta diseñada tuvo 84 preguntas en total, las cuales involucraban aspectos socioeconómico, agrícola, medio ambiente y preguntas de comprobación.

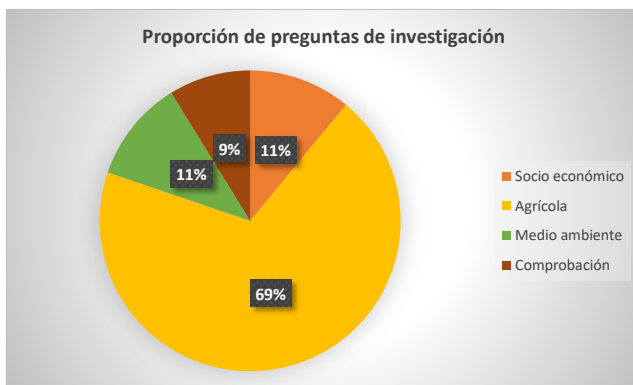


Figura 11: Distribución de las preguntas en la encuesta de investigación

3.4.2 Procesamiento de información

El modelamiento requiere dos tipos de bases de datos asociados a dos componentes económico y técnico, es por ello, se realizó un tratamiento por separado de cada base de datos para luego ser integrados. En primer lugar, se procesó la información proveniente de las encuestas, la cual involucran variables socioeconómicas, ambientales y agrícolas. Para un adecuado procesamiento de las encuestas, es importante el registro de información de forma ordenada, legible y coherente; para ello es importante la calidad en el llenado de cada folleto de encuesta para reducir lo máximo posible errores, enmendaduras y borrenes. Se realizó capacitaciones a los encuestadores antes, durante después de la ejecución de las encuestas para un adecuado uso de los materiales de encuestas. A continuación, se muestra algunos ejemplos de cómo se registró la información:

- Identificar las unidades de registro para las áreas cosechadas y/o sembradas, dado que no es lo mismo los topos, hectáreas, metros cuadrados u otros. Por tal, se registra la información en la unidad reportada y en gabinete se realiza la transformación a una sola unidad hectáreas.
- Sobre la producción, las unidades suelen ser, toneladas, kilos, canastas, cajas, baldes, sacos, etc. Al igual que el caso anterior se registra en la unidad reportada y la transformación se realiza en gabinete para ser expresados en la misma unidad de toneladas.

En segundo lugar, para el análisis del componente hídrico del modelamiento se trabajó con otra base de datos la cual incluyó escenarios de cambio climático. Se dispuso de un servicio puntual cuyos resultados fueron de uso exclusivo para la presente investigación. Se obtuvo los siguientes resultados:

- La oferta hídrica de la Microcuenca Mariño haciendo uso del software idóneo para la zona de estudio.
- Los escenarios de disponibilidad hídrica de acuerdo a los escenarios de cambio climático definido en el último reporte del IPCC
- Análisis de cascada de las comunidades involucradas en la Microcuenca Mariño a lo largo de los canales de riego.

- Definición de los requerimientos hídricos de los cultivos involucrados en la encuesta.

Se utilizó SWAT para definir la oferta hídrica, mientras que para la definición de los escenarios de cambio climático se utilizó la base a la información del Centro de Datos Climáticos Mundiales-WDCC (Centro Alemán de Computo Climático), donde el modelo climático utilizado es el CSIRO-Mk3.0 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation-Mark model, version 3). El análisis de cascada fue en función de la Unidades hidrográficas de la Autoridad Nacional del Agua donde se superpuso un mapa de canales de riego y de manera intuitiva se construyó un esquema tipo cascada. Finalmente, para el requerimiento hídrico, se utilizó la información de la Dirección Agraria de Apurímac (DRA-Apurímac), donde se analizó las variables consideradas en los modelos de Penman-Monteith y Hargreaves. Al ser comparados ambos modelos, se optó por utilizar los datos de Penman-Monteith. A continuación, se lista los programas computacionales utilizados en el procesamiento de ambos componentes:

Tabla 3: Lista de programas computacionales utilizados

Componente económico	Componente hídrico
- Excel	- Excel
- STATA	- SPSS
- GAMS	- STATA
- Power point	- SWAT
- Word	- Word
- Mapa coordenadas	- Power point
- Google Earth	

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es experimental y no experimental, donde se incluyó el análisis cualitativo y cuantitativo en campo durante las diferentes visitas que se realizó, se ejecutó una visita de reconocimiento de campo y acercamiento a los involucrados, una encuesta piloto y una encuesta final con preguntas abiertas, otras cerradas y con alternativas para su selección, donde muchas de ellas recogen la respuesta de percepción de los productores agrarios. Asimismo, como parte de las preguntas se incorporó otras que eran de validación.

Finalmente, la investigación es descriptiva porque se procesó e interpretó los resultados producto del procesamiento tanto del resultado de las encuestas como del análisis hídrico.

3.5.1 Unidad de análisis

Respecto a la unidad de análisis serán los productores que manejan sistemas agropecuarios de riego tradicional o tecnificado asociados a los cultivos son transitorios, permanente de cosecha continua y permanente de cosecha estacional.

3.5.2 Tipo

La presente investigación es longitudinal y transversal pues involucra el análisis de información que se recogió en campo y por otro lado se realizó una proyección de escenarios de cambio climático al año 2065.

3.6 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

3.6.1 Población

La población está dada por los productores agrarios ubicados en la microcuenca Mariño (en la parte alta, media y baja), considerando todos aquellos involucrados con el uso agrícola del agua, utilizando como referencia aquellos que pertenecen a la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio Apurímac Pachachaca – JUSHMA.

3.6.2 Muestra

Para la ejecución de la muestra es importante considerar la realidad y el ámbito de estudio, tal como se detalla a continuación:

- Existe tres comisiones de usuarios, cada uno con una proporción de usuarios diferentes entre ellas, por tal muestra debe ser representativa para los tres comités.

- Existe una diferencia en la distribución de los usuarios a lo largo de la microcuenca Mariño conocido como cuenca alta, media y baja; cada una de ellas tiene una cédula de cultivo definido. Dicha cédula de cultivo está directamente relacionada con el volumen de agua utilizada y la variable evapotranspiración.
- A lo largo de la cuenca existe cultivos que son bajo riego y otros de secano.
- Respecto a la distribución de la muestra, existen 9 comités en la comisión de usuarios Pachachaca, 45 comités en la comisión Abancay y 12 comités en la comisión Mariño.
- Es muy probable que exista un porcentaje de productores que no pertenezcan a ningún comité, pero son igual de relevantes al momento de la ejecución de la encuesta.

Para el cálculo del valor de la muestra, es importante considerar el tamaño de la población de referencia y la disponibilidad de recursos para ejecutar las encuestas, pues ejecutar una muestra muy grande puede encarecer los recursos (tiempo, horas-hombre). Es por ello, que se optó por realizar un muestreo estratificado de afijación proporcional (El número de elementos muestrales de cada estrato es directamente proporcional al tamaño del estrato dentro de la población), donde se consideró el número de usuarios por comité y el número de comités por comisión. Donde se utilizó las siguientes fórmulas:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^1 N_i P_i Q_i}{NE + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^1 N_i P_i Q_i} \quad \text{Tamaño total de la muestra}$$

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{\sum_{i=1}^1 N_i} \right) = n \left(\frac{N_i}{N} \right) = n (w_i) \quad \text{Tamaño de cada estrato}$$

$$E = \frac{d^2}{Z_{1-\alpha/2}^2} \quad \text{Error de estimación}$$

Donde:

N Tamaño de la población (finito)

N_i Tamaño de la población del estrato i (finito)

- n** Muestra de la población total
- ni** Muestra del estrato i
- wi** Fracción de asignación de la muestra total a cada estrato i
- Pi** Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado (estrato)
Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado (1-p) (estrato)
- Qi** Nota: cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo se asume p=50%, q=50%
- E** Error de estimación
- d** Nivel de precisión (que cuando no se tiene exigencia este valor puede ser 0.05)
- Z** Nivel de confianza (correspondiente con tabla valores Z)

En base al padrón completo de usuarios, el cual fue facilitado por el JUSHMA, se formuló la primera fórmula para determinar la muestra. Algunos de los criterios considerados devienen de la ejecución de la encuesta piloto en campo como el porcentaje de rechazo. La fórmula está dada por:

$$n = \frac{N * z^2 * p(1 - p)}{(n - 1) * e^2 + z^2 * p * (1 - p)} * def * TNR$$

Esta fórmula considera un porcentaje de rechazo, esto significa que el valor de la muestra es mayor comparada con la primera fórmula. A continuación, se presenta el detalle de cada componente de la fórmula:

- N** El valor de N es igual a 1819, este valor corresponde a la cantidad de usuarios que involucras los 3 comités de usuarios, los cuales fueron repartidos geográfica por cuenca alta, media y baja, tomando en consideración el mapa de la microcuenca Mariño.
- Z** Se considera un valor de 1.96 a un 95 por ciento de confianza
- p** Es igual a 33 por ciento, este valor corresponde a la superficie bajo riego respecto a la superficie total
- q** Es la diferencia de 1-p
- e** Se considera un 5 por ciento

deff Se considera un valor igual a 1.2

TNR Se considera una tasa igual a 7 por ciento

El valor de muestra sin considerar la tasa de no respuesta es igual a 286. Considerando la TNR el valor de muestra final es igual a 370.

3.6.3 Muestreo

Durante el proceso de muestreo, se consideró los recursos disponibles: tiempo, recursos materiales y de personal para el recojo de información de tal manera que sea representativo de la zona. Por otro lado, se evaluó la accesibilidad a las comunidades dado que muchas de ellas no tienen carreteras afirmadas y que solo es posible llegar mediante uso de motos o auto pequeño.

3.6.3.1 Formas de muestreo para un modelo hidroeconómico

A lo largo de los años, los criterios a ser considerados al momento de realizar un muestreo en el sector agrícola no han variado mucho, pues siempre dependió de dos factores las tierras agrícolas y la fuente de agua. A continuación, se detallará dos tipos de muestreo extraídos de la revisión bibliográfica:

a. Primera alternativa

El muestreo es no probabilístico donde el método de muestreo es intencional o de conveniencia, pues las unidades agropecuarias son diversas pero enfocadas en aquellas unidades con mayor consumo de agua (ProDesarrollo, 2012). Para ello se toman en cuenta los siguientes criterios:

- En base a la evapotranspiración usando ecuaciones empíricas a base de temperaturas promedios anual (mínima 10.4°C y el máximo 21.5 por ciento, registrándose la más baja en el mes de julio (8.4°C) y la más alta en el mes de noviembre (24.0°C).

- Este muestreo se debe afinar con visitas de campo tomando en cuenta la época, ciclos de cultivos, prácticas de manejo de los suelos etc.

b. Segunda alternativa

Una forma de distribuir la muestra, es la estratificación de las unidades productivas, donde se considere la tipología de la agricultura en razón de la diversidad y heterogeneidad de la misma. Es decir, pueden existir diferencias sustanciales y no relevantes que definen la aptitud de los productores, ya sea condicionado por el tamaño de la unidad agrícola (se entiende como tal a la magnitud de los recursos tanto físicos: tierra, maquinaria, herramientas, etc., y humanos), su grado de inserción al mercado, la forma de “hacer las cosas” (administrar, aprovisionarse de insumos, conocimientos del proceso productivo), etc. En ese sentido, para la estratificación no solo se puede considerar como criterio discriminante a la variable tierra, sino también se considera otros criterios (Villaorduña Caldas 1985). A continuación, se muestran los criterios:

- Porcentaje de tierras que se conducen dedicadas a la producción de papa. Al respecto, el agricultor que cultiva papa en un 50 por ciento a más en sus tierras se considera, por un lado, especializado en el manejo de este producto y por otro lado refleja el distanciamiento de una de las características típicas de la economía campesina: la aversión al riesgo. En consecuencia, a mayor porcentaje del cultivo papa en sus tierras significa que a este agricultor se le ubica en los llamados predios grandes.
- Magnitud de la capacidad instalada, hace referencia a la cantidad de tierras y de otros activos (sobre todo instalaciones y maquinaria) que posee el agricultor. Como criterio discriminante en la clasificación de predios grandes, se considera como tal a la mayor posesión y conducción de tierras y a la propiedad de tractores agrícolas.

A partir de estos criterios, se puede realizar una clasificación de predios grandes y predios chicos, donde el mayor número de encuestas puede estar en los predios chicos, pero habría que evaluar el porcentaje de participación de cada predio respecto al total.

La clasificación o estratificación de la muestra, puede parecer arbitraria, pero lo que se busca es ofrecer criterios de clasificación en consonancia al interés de contar con elementos de juicio más acertada para el diseño de políticas económicas mejor orientadas. Asimismo, generar también elementos de juicio discriminantes que permitan ver la racionalidad de los agricultores seleccionados en la muestra. En caso los predios estén al lado de los márgenes del río se podría distribuir la muestra en la cuenca alta, media y bajo lado derecho o izquierdo (Villaorduña Caldas 1985).

c. Tercera alternativa

Se considera una estratificación agroecológica, donde se considera el enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. A esto podría llamarse el uso “normativo” o “prescriptivo” del término agroecología, porque implica un número de características sobre la sociedad y la producción que van mucho más allá de los límites del predio agrícola (Altiere *et al.* 1999).

Tomando como referencia las tres alternativas y con el objetivo de realizar un adecuado muestreo se construyó una propia. Se ejecutó tres visitas de campo, la primera fue de reconocimiento de campo y primer acercamiento a los actores claves, la segunda sirvió para la ejecución de la encuesta piloto, donde se evaluó la practicidad de ejecución, los tiempos, la consistencia, la coherencia de las preguntas y los contratiempos que podría presentarse cuyos resultados sirvieron de retroalimentación para el diseño y ejecución de la encuesta final. Asimismo, en dicha visita se identificó actores relevantes, quienes podrían proveer información que ayudaría a la investigación.

De acuerdo a los resultados, cada encuesta piloto tomó en promedio 20 minutos, asimismo, se determinó que una estrategia de levantamiento de campo son las *faenas*, la cual es una actividad tipo ayni donde los productores se agrupan y realizan actividades con un solo objetivo: limpieza del cementerio, limpieza de la capilla, limpieza y mantenimiento de canales, mantenimiento de carreteras entre otros. Esta situación fue considerada como una

estrategia en el levantamiento de información en campo para la etapa final para aquellos casos donde no se pudiera ubicar al productor en su predio agrario, dado que era más recomendable recoger la información en el mismo predio agrario o parcela y así poder referenciarla mediante el uso del GPS (esto sirve como un medio de verificación de la encuesta ejecutada).

3.6.3.2 Distribución de la muestra

Para la distribución de la muestra se realizó un análisis de mapas, donde se muestra la ubicación de las comunidades, los accesos, pendientes y la distribución en la parte alta, media y baja. A continuación, se lista los pasos realizados para la distribución de la muestra:

- Primero, se dispuso de un mapa de la cuenca el cual muestra la ubicación de las comunidades por tipo de cuenca alta, media y baja. De acuerdo a ello, se superpuso un mapa de la ubicación de los comités de riego proporcionados por la Junta de Usuarios para determinar la intersección de las comunas con sus respectivos comités (Figura 12). A partir de este primer filtro, se identificó que la mayor cantidad de comunidades están ubicadas en la cuenca alta, por lo tanto, la mayor cantidad de encuestas ejecutadas se dio en esta zona (cubriendo parcialmente el distrito de Abancay y en su totalidad el distrito de Tamburco). Para fines académicos se considera comunidad igual a centro poblado de acuerdo al Glosario de Términos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2020).
- Posteriormente, se evaluó la forma de distribuir las encuestas a nivel de cada comunidad o centro poblado, dado que no era posible visitar todas las comunidades donde en algunos casos solo correspondía una sola encuesta. Por tal motivo, se evaluó cual sería la comunidad representativa de un grupo de comunidades que tengan características similares. Para ello se accedió a una capa temática del Censo Agropecuario 2012 (CENAGRO), denominado Sector de Enumeración Agropecuaria (SEA) para la microcuenca Mariño (Figura 13).

Este mapa SEA, el cual se superpuso sobre el mapa de la microcuenca, contiene información en forma de códigos. Por cada código se dispone de información sobre los cultivos que se manejan, de esta manera se determinó las comunidades con cultivos en común, sobre el cual se seleccionó las comunidades que sean representativas de un grupo de comunidades. Es así, que se definió los macrogrupos en base al SEA para la parte alta, media y baja de la cuenca. Se realizó una comparación en base a las características similares que presentan cada código SEA. Por ejemplo, una característica a ser considerada fue la frecuencia donde se identificó el primer mejor, el segundo mejor, etc. Otra característica fue la cercanía geográfica a un determinado SEA para considerar similar dentro de un grupo.

De esta manera, se distinguió los SEAs de acuerdo a la ubicación de la cuenca Alta, Media o Baja haciendo uso del Argis para la superposición. De manera visual se construyó los grupos SEA, dado que en un SEA podrían involucrar varias comunidades. Mediante el uso del Excel se construyó los grupos SEA donde haciendo uso de tablas dinámicas, se procedió a dimensionar la frecuencia de los distintos cultivos por comunidad dentro de cada SEA, mostrando de esta manera los productos más cultivados a los menos cultivados, con la intención de poder comparar los tres primeros cultivos con mayor frecuencia dentro de un SEA dando lugar a los grupos.

Tabla 4: Determinación de grupos representativos según SEA

Cuenca	Grupo SEA	N° SEA	Centro Poblado	Comité	Cant.
Alta	1	300	Huayllabamba	Comité de Usuarios Huayllabamba Alta	57
				Comité de Usuarios Huayllabamba Baja	29
			Ccacsá	Comité de Usuarios Ccacsá	61
			Trujipata	Comité de R. Trujipata Baja	65
				Comité de Usuarios Trujipata Alta	54
		00500	Pantillay	Comité de Usuarios Sahuanay, Antabamba, Maucacalle y Pantillay	100
		00400	Moyocorral	Comité de Usuarios Moyocorral Alta	39
				Comité de Usuarios Moyocorral Baja	68
			San Antonio	Comité de Usuarios San Antonio	78
		Humaccata	Comité de Usuarios Umaccata	52	

<<Continuación>>

Cuenca	Grupo SEA	N° SEA	Centro Poblado	Comité	Cant.
	3	00700	Santiago de Kerapata	Comité de Usuarios Faccha, Ccocha, Pumarana, Querapata y Mosoccpampa	110
		00800	Ccorhuani	Comité de R. Ccorhuani	51
	4	00900	Faccha	Comité de Usuarios Faccha	24
			Ccanabamba Alta (Wara Ccoña)	Comité de Usuarios Ccanabamba	63
		02201	Marcahuasi	Comité de Usuarios Marcahuasi	20
		02202	Llañucancha	Comité de Usuarios Llañucancha	51
			Asillo	Comité de Usuarios Asillo	82
	5	01601	Curanguyoc	Comité de Usuarios Condado, Yurumpata y Curanguyoc	37
		02800	Tancarpata	Comité de Usuarios Tancarpata	44
	6	02100	Marcamarca	Comité de Usuarios de Agua del Manante Marcamarca-Tamburco	71
		02301	Ayaorcco	Comité de Usuarios Ayaorcco	44
		02303	Atumpata	Comité de Usuarios Atumpata Baja	12
	Media	7	00200	Tamburco	Comité de R. Tamburco
00300			Maucacalle	Comité de Usuarios Maucacalle	17
8		00702	Limapata	Comité de Usuarios Limapata	33
			Molinopata	Comité de Usuarios Molinopata	94
		01100	Quitasol	Comité de Usuarios Quitasol	47
Imponeda			Comité de Usuarios de Agua de Riego Imponeda	36	
10		1602	Rosaspata	Comité de Usuarios Rosaspata Achancayrayoc	30
			Wiracocha Viracochapata	Comité de Usuarios Yanacocha Wiracochapata	91
		01800	Aymas	Comité de R. Aymas Baja	12
Baja		11	00900	Illanya	Comité de Usuarios Illanya Pachachaca Alta
	01400		Pachachaca	Comité de Usuarios Canal B Pachachaca Baja	22
				Comité de Usuarios Pachachaca Canal C	35
			Paltaipata	Comité de Usuarios Paltaypata-Micaela Bastidas	22
	12	01500	San Gabriel	Comité de Usuarios de San Gabriel Canal Sahuinto	50
					1819

Posteriormente, mediante selección aleatoria se determinó la comunidad representativa del grupo SEA las cuales serían visitadas, distribuyéndose así la muestra de acuerdo a un peso en base a la cantidad de usuarios. Como resultado se obtuvo las siguientes comunidades

asociadas a un comité de usuarios (es importante mencionar que generalmente el nombre del comité obedece al nombre del centro poblado o comunidad):

Tabla 5: Distribución de la muestra en la microcuenca Mariño

Comités cuenca alta	Poblacion	Encuestas
Comité de Usuarios Llañucancha	51	14
Comité de Usuarios Sahuanay, Antabamba, Maucacalle y Pantillay	100	28
Comité de R. Ccorhuani	51	14
Comité de R. Trujipata Baja	65	18
Comité de Usuarios Faccha/ Querapata	24	
Comité de Usuarios Condado, Yurumpata y Curanguyoc	37	10
Comité de Usuarios Moyocorral Baja	68	19
Comité de Usuarios Asillo	82	23
Comité de Usuarios Moyocorral Alta	39	11
Comité de Usuarios Marcahuasi	20	5
Comité de Usuarios Ayaorcco	44	12
Comité de Usuarios Ccanabamba	63	17
Comité de Usuarios Huayllabamba Alta	57	16
Comité de Usuarios de Agua del Manante Marcamarca-Tamburco	71	20
Comité de Usuarios Tancarpatá	44	
Comité de Usuarios karkatera		18
Comité de Usuarios San Antonio	78	21
COMITÉS CUENCA MEDIA	POBLACION	
Comité de Usuarios de Agua de Riego Imponeda	91	30
Comité de Usuarios Quitasol		
Comité de Usuarios Rosaspata Achanccayrayoc	30	
Aymas		10
Comité de Usuarios Molinopata	94	30
Comité de R. Tamburco	30	10
COMITÉS CUENCA BAJA	POBLACION	
Comité de Usuarios Paltaypata-Micaela Bastidas	22	12
Comité de Usuarios Canal B Pachachaca Baja	35	12
Comité de Usuarios Pachachaca Canal C	22	
Comité de Usuarios Illanya Pachachaca Alta	88	10
Comité de Usuarios de San Gabriel Canal Sahuinto	50	10

Asimismo, se realizó una georreferenciación de cada encuesta en el lugar de ejecución en base a las coordenadas UTM. La identificación de las coordenadas se realizó mediante el uso del aplicativo *mapa coordenadas* el cual funciona sin necesidad del internet, este ejercicio permitió un mejor control de la encuesta y por ende eleva la confiabilidad de los resultados obtenidos. Posteriormente, las coordenadas UTM fueron procesadas mediante el aplicativo *Google Earth*, el cual permitió plasmar mediante un mapa a tiempo real la ubicación de las encuestas. Se pueda apreciar que la mayoría de las encuestas se ejecutaron fuera de la ciudad de Abancay y distribuidos en la parte baja, media y alta de la microcuenca.

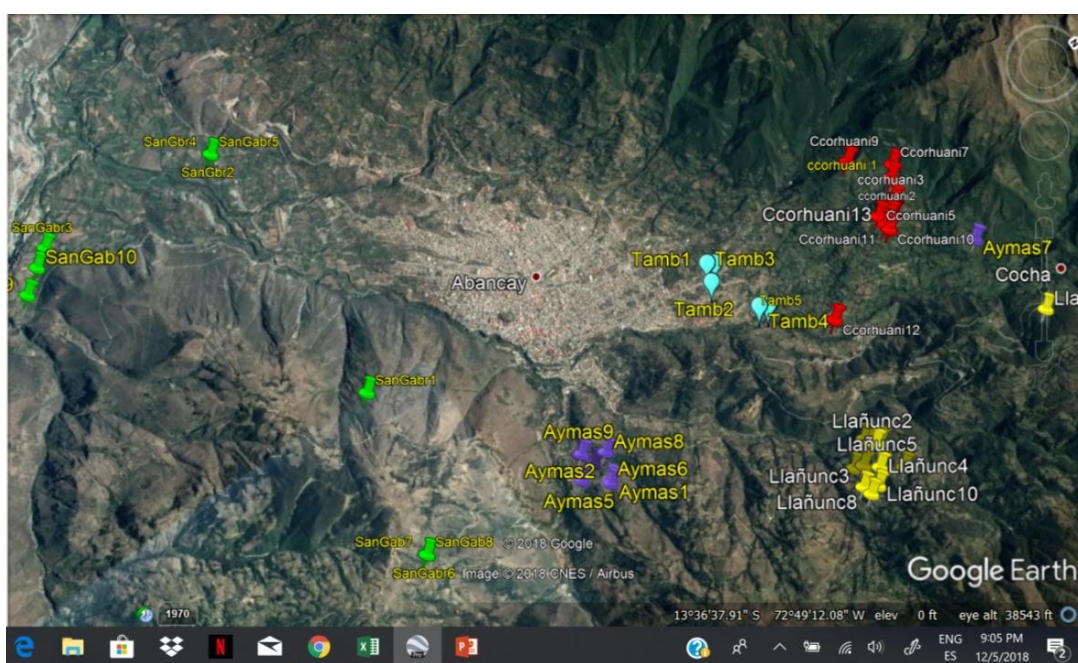


Figura 14: Ubicación de las encuestas ejecutadas

3.7 PROCEDIMIENTO

El MHE combina información hidrológica y socioeconómica a escala de microcuenca, proporcionando una visión sistémica destinada a ayudar a los tomadores de decisión en la gestión integrada de los recursos hídricos. Es por ello, que el objetivo es maximizar el valor a nivel de microcuenca los ingresos, tomando en cuenta la producción sujeta a las restricciones hidrológicas, agronómicas e institucionales, para así evaluar los efectos agregados sobre el bienestar de los choques o perturbaciones externa (Heinz *et al.* 2007;

Brouwer & Hofkes 2008; Harou *et al.* 2009; Hurd 2015). El MHE considera el enfoque modular, dado que utiliza la conexión de dichos módulos el biofísico y el socioeconómico, donde los datos de salida de un módulo proporcionan los datos de entrada del otro (Braat & Lierop 1987).

El MHE es un modelo de programación matemática, diseñado para analizar problemas relacionados con el agua agrícola, vinculando el comportamiento económico de los agricultores tomando en cuenta las características hidrológicas de la microcuenca. El modelo está especificado a nivel de comunidades. Para modelar el comportamiento hidrológico de la microcuenca se utilizó un modelo de simulación denominado SWAT.

Para el uso del SWAT, se utilizó la cartografía, la cobertura y uso de la tierra, suelos, parámetros edáficos del suelo, información climática, información hidrométrica e información estadística. Con dicha información, se procedió a realizar el modelamiento hidrológico lo que permitió desarrollar la calibración, el análisis de bondad del modelo calibrado, validación del modelo hidrológico (mediante, el error RMS, el error absoluto y el coeficiente de determinación y eficiencia de Nash-Sutcliffe) y la generación de los caudales medios mensuales.

Los resultados indicaron un buen acuerdo entre descargas simuladas y observadas, con una eficiencia promedio de 0.97 y un coeficiente de determinación de 0,96 para las unidades hidrográficas. En adición, se realizó un análisis de requerimiento hídrico de los cultivos mediante la aplicación de la ecuación de evapotranspiración de Penman-Monteith y un análisis tipo cascada para ver la relación entre las comunidades en torno al uso del recurso hídrico.

Por otro lado, el comportamiento económico de los agricultores se modeló utilizando un modelo de oferta agrícola no lineal (MOA), que es un modelo de programación matemática diseñado para analizar el sector agrícola con una alta desagregación geográfica (nivel comunidades). Incluye las principales actividades agrícolas dentro de las comunidades y

diferencia entre los sistemas de suministro de agua (de secano e irrigación), entre otras características (Ponce *et al.* 2017).

3.7.1 Módulo hídrico

Para el desarrollo de este módulo se realizó un análisis por separado a partir de un estudio financiado por el FONDECYT cuyos resultados fueron utilizados exclusivamente para la presente investigación, cuyo resumen de resultados se muestra en el Anexo 1.

3.7.2 Módulo socioeconómico

El MOA representa la demanda derivada del agua, donde el punto de partida del análisis, es el supuesto de que el suministro de agua coincide con la demanda del mismo, esto significa que los agricultores tienen suficientes derechos de agua para satisfacer su demanda (este sería el escenario base sin considerar efectos del cambio climático en el suministro del agua). Este módulo está orientado a la obtención de las variables de producción, ingresos y costos de producción por área producida, cuyos resultados se muestran en la sección de resultados. En adición, se obtuvo variables que permitieron construir indicadores sociales y de cambio climático.

El MHE propuesto, es espacialmente explícito al considerar la ubicación geográfica de la comunidad de agricultores junto con la disponibilidad de agua. Donde se utilizó un modelo de optimización para toda la microcuenca. En este módulo se desarrolló la programación matemática positiva (PMP), la cual permite abordar la calibración del modelo a niveles observados de uso y producción de agua, asumiendo que estos niveles observados reflejan los objetivos sociales y son óptimos (Howitt 1995; Cai & Wang 2006).

De esta manera, la aplicación del PMP en base al análisis de parcela consideró la optimización restringida que ilustra la toma de decisiones a nivel de ella. Dicho de otro modo, la razón de haber utilizado el PMP en la determinación del patrón de cultivos es un medio más sencillo de reunir, de manera realista y sistemática, las consideraciones que influyen en

la decisión del productor agrícola respecto de los cultivos que explotará donde se tiene como elementos de restricción: tierra, agua, mano de obra, fertilizantes, maquinaria, insumo agrícola, crédito y mercado, autoconsumo y rotación de cultivos. Finalmente, haciendo uso de las simulaciones de cambio derivados del SWAT se consideró una perturbación como un escenario de cambio climático regionalizado para expresar el suministro de agua ajustado.

3.7.3 Especificaciones del Modelo Hidroeconómico

Se considera que la cantidad de agua disponible para riego en cada comunidad (AD) depende de la dotación de agua (DA), y un parámetro de eficiencia de transporte de agua (et). El AD representa la restricción de agua que podría usarse en cada comunidad. En ese sentido, cada comunidad podrá utilizar toda el agua disponible o dejar algo (ANU) para otras comunidades agua abajo (línea entrecortadas), donde el agua no utilizada en una comunidad de la parte alta aumentará la dotación de agua para riego en la parte media y/o baja. Asimismo, se considera que no hay comercio de agua, por tal, el costo de transferencia es igual a cero en todas las comunidades. A continuación, se muestra el modelo conceptual del uso del agua:

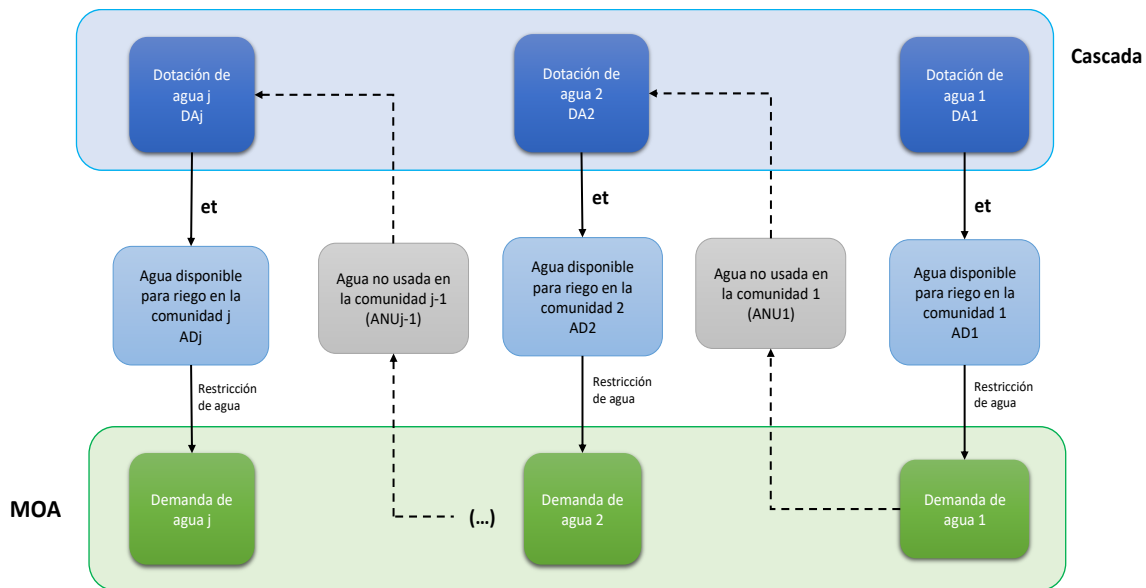


Figura 15: Modelo Conceptual del uso del agua en la investigación

El razonamiento del modelo conceptual del uso de agua se incorporó en el modelo de optimización para toda la microcuenca, con el objetivo de maximizar el ingreso agrícola sujeto restricciones de los recursos. El modelo se representa de la siguiente manera:

$$Z = \sum_C \sum_a \sum_s (Y_{c,a,s} * P_a - AC_{c,a,s}) * X_{c,a,s} \quad (1)$$

$$AC_{c,a,s} = \alpha_{c,a,s} * (X_{c,a,s})^{\beta_{c,a,s}} \quad (2)$$

La ecuación (1), Z es el valor de la función objetivo (ingreso total agrícola) y $X_{c,a,s}$ representa el área cosechada del cultivo a en la comunidad c , utilizando los sistemas s (de secano o de riego), estos cultivos son del tipo transitorio, permanente de cosecha continua y permanente de cosecha estacional ubicados dentro de la microcuenca. Por otro lado, $Y_{c,a,s}$ es el rendimiento por hectárea del cultivo a en la comunidad c , usando el sistema s , P_a es el precio del cultivo a . $AC_{c,a,s}$ es el vector de costos promedio por unidad de cultivo a en la comunidad c usando el sistema s .

La ecuación (2) representa la función de costos calibrada en el cual los parámetros de la función $\alpha_{c,a,s}$ y $\beta_{c,a,s}$ son derivados de un equilibrio de maximización del beneficio haciendo uso de la Programación Matemática Positiva (PMP) (Howitt 1995; Blanco et al. 2008; Howitt et al. 2010; Hurd 2015). La PMP ha sido utilizado en el campo de la economía agrícola desde hace unas tres décadas (Ponce *et al.* 2017; Howitt 1995). La PMP consta de tres etapas durante su análisis para realizar la calibración del modelo, donde se asume que los agricultores optimizan el uso de sus insumos para maximizar sus ganancias. Primero, se define un modelo de programación lineal para maximizar los ingresos agrícolas netos de la microcuenca mediante la asignación de tierras y agua de riego para las actividades agrícolas donde las restricciones son tierra, agua y una restricción de calibración. Segundo, los valores duales asociados con la restricción de calibración se utilizan para especificar una función de costo no lineal, en la cual los costos marginales son iguales a los precios de mercado en el año base. Finalmente, una vez que los parámetros de la función de costo han sido derivados, se especifica el modelo no lineal calibrado (Howitt 1995; Heckeley 2002).

Para el caso de las elasticidades se utilizó información disponible para los mismos cultivos considerados en la investigación sembrados en el Perú. Por tal, la elasticidad es una variable exógena (Heckelei & Britz 2005; Blanco *et al.* 2008; Howitt *et al.* 2010; Medellín-Azuara *et al.* 2011; McKinney *et al.* 1999). A continuación, se muestran otras funciones relacionadas con el uso del agua:

$$RA_c = \sum_a fir_{c,a,irr} * X_{c,a,irr} \quad (3)$$

$$AD_c \leq (DA_c + ANU_{-c}) * et_c \quad (4)$$

$$RA_c \leq AD_c \quad (5)$$

La ecuación (3), RA_c representa los requerimientos de agua en la comunidad c , que es igual al requerimiento hídrico del cultivo o actividad de riego a ($fir_{c,a,irr}$) multiplicado por la superficie asignada a dicha actividad. La ecuación (4) representa el agua disponible para riego (AD_c) en la comunidad c el cual debe ser menor o igual que la dotación de agua (DA_c) de la siguiente comunidad agua abajo más el agua no utilizada por alguna otra comunidad agua arriba (ANU_{-c}) multiplicado por la eficiencia del transporte parámetro (et_c), mientras que la ecuación (5) representa los requerimientos de agua (RA_c) los cuales deben ser menor o igual que el agua disponible para riego (AD_c).

$$ANU_c = DA_c + ANU_{-c} - \frac{AD_c}{et_c} \quad (6)$$

$$\sum_a \sum_s X_{c,a,s} \leq tland_c \quad (7)$$

$$\sum_a \sum_{irr} X_{c,a,irr} \leq iland_c \quad (8)$$

La ecuación (6) muestra que el agua no utilizada en la comunidad c es la diferencia entre la dotación de agua y el agua utilizada en la comunidad c menos el agua disponible afectado por la eficiencia. Finalmente, las ecuaciones. (7) y (8) muestran restricciones de recursos asociadas tanto a la tierra ($tland_c$) como a la tierra irrigada ($iland_c$), respectivamente. Finalmente, el impacto del cambio climático en el recurso hídrico se simula como un *shock* en el parámetro DA_c (calculado en base a la información del WDCC simulado en el SWAT para las variables temperatura y precipitación en base a los escenarios Trayectorias de

Concentración Representativas (RCPs 2.6). Asimismo, este impacto del cambio climático o *shock* en los rendimientos agrícolas se modela a partir del parámetro $Y_{c,a,s}$. Una forma de expresar este *shock* en el modelo es considerando una reducción de la precipitación del 17.09 por ciento valor con el que calibra el modelo (valor obtenido a partir de la simulación del modelo hídrico para el escenario RCP 2.6 calculado en el SWAT).

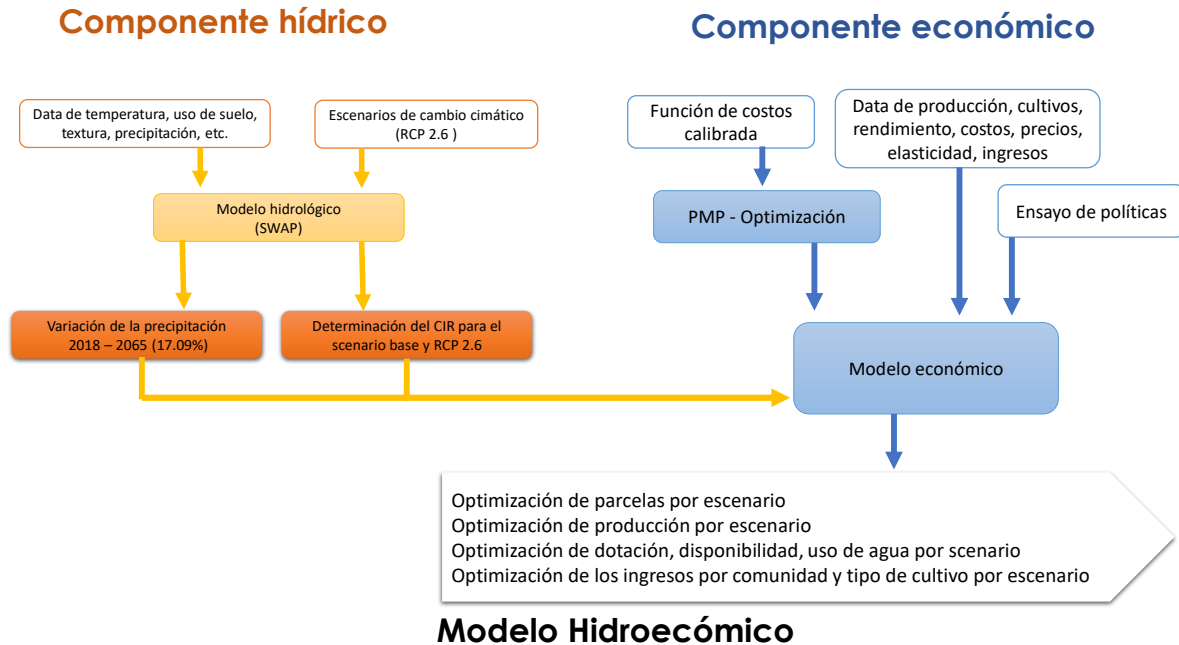


Figura 16: Diagrama conceptual del modelo hidroeconómico (MHE)

3.7.4 Información utilizada

De acuerdo a los resultados de la encuesta, el análisis en la microcuenca Mariño incluye a veintitrés (23) comunidades o centros poblados las cuales involucran 72 actividades entre pastizales, frutales y cultivos (indicador de diversidad agrícola o agrobiodiversidad), razón por la cual se realizó una reclasificación para efectos prácticos del modelamiento, donde se consideró quince (15) cultivos principales (entre papa, maíz, alverja, haba, etc.), dos (2) tipos de frutas (palta fuerte y criolla), tres (3) tipos de pastizales (alfalfa, ray Grass y trébol) y cuatro grupos para el resto actividades (culantro, beterraga, cebolla, berenjena, rabanito, pera, ciruelo, quinua, orégano, etc.) en función de su predominancia.

Asimismo, a manera de ejemplificar se tiene los sistemas de riego asociado a las actividades más comunes como: alfalfa (de secano y riego), papa (de secano), maíz (de regadío), palta (de secano y regadío), hortalizas (de secano y regadío), camote (de secano y regadío) frejol (de regadío), cebada (de regadío), yuca (de secano y regadío). Es importante precisar, de acuerdo a la disponibilidad de agua y su periodo vegetativo se denominan cultivos transitorios, cultivos permanentes de cosecha estacional y de cosecha continua.

La información (superficie cosechada, producción, rendimiento, precios, sistema de riego, costos y autoconsumo) provienen de las 372 encuestas agrícolas aplicadas a las 23 comunidades. La particularidad de estas encuestas, es que fueron adaptadas para la realidad andina con enfoque de cambio climático. En relación a los costos de producción, estos se ven afectados por el tipo de cultivo, el tipo de tecnología de riego, un mayor o menor consumo de fertilizantes y plaguicidas. En algunas comunidades se empieza a implementar los cultivos orgánicos haciendo uso de insumos naturales generados en la misma comunidad. Respecto a la fuerza laboral, existe una fuerte participación de la mujer en las labores agrícolas donde la mayoría de los miembros de la familia participan en las jornadas. Para el análisis se considera la superficie cosechada y no la sembrada, pues en varios casos estas no son iguales al haber pérdidas por plagas, sequías e inundaciones.

Respecto a la simulación del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, se utilizó los datos del RCP 2.6 para un periodo climático del 2018 al 2065 donde se da una reducción de la precipitación igual a 17.09 por ciento. El requerimiento hídrico de agua por cultivo (CIR), viene a partir del análisis del modelo Penman-Monteith para un escenario base y el escenario RCP2.6. Finalmente, se evalúa una política de irrigación donde se da un incremento de la eficiencia de transporte del agua pasando de 0.6 a 0.72 (valores que permiten una adecuada calibración del modelo). Con la simulación de estos escenarios, se cuantificó el impacto económico del cambio climático a partir de la diferencia de los ingresos entre la línea de base y el escenario de cambio climático.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DEL AÑO BASE

Es importante mencionar que el año base, al cual corresponde el recojo de información es el periodo agrícola 2018 – 2019.

5.1.1. Condiciones de las parcelas

De acuerdo a los resultados obtenidos, existe diferentes tipos de parcelas tales como: tierras para cultivo, barbecho, descanso, con pastos naturales, con pastos manejados y montes. En base a dicha información se filtró aquellas superficies que sean aptas para cultivar. Uno de los grandes problemas en la agricultura andina del Perú es la tendencia a la microparcelación, donde los agricultores y/o propietarios poseen hasta 6 parcelas por cada uno, donde la superficie promedio de cada parcela fluctúa alrededor de 0.24 ha (evidencia de que existen parcelas con extensiones pequeñas y pocas con extensiones grandes).

Ccanabamba, Ccorhuani, Tamburco, Aymas son algunos ejemplos de la microparcelación de la zona agrícola. Esto es consecuencia de una inadecuada gestión de las tierras agrícolas donde generalmente se divide la tierra de generación en generación de acuerdo a la cantidad de miembros de la familia o sucesión (una parcela se divide de acuerdo a la cantidad de herederos que pasan a ser padres y estos heredan a sus hijos, y sus hijos a sus hijos y así sucesivamente) llegando a la situación de hoy en día donde existe muchos propietarios de pequeñas parcelas cada una con una manejo de cultivos diferentes sin ninguna planificación de mercado, orientados solo a siembras y cosechas individualizadas.

La Figura 17, muestra la relación entre la cantidad de parcelas por productor y el tamaño de superficie. Se puede apreciar que por ejemplo Tamburco donde posee alrededor 3 a 4 parcelas por productor donde la superficie promedio de cada parcela es alrededor de 0.20ha. mientras que Canal B Pachachaca posee en promedio 4 parcelas con superficie alrededor de 1.4ha.

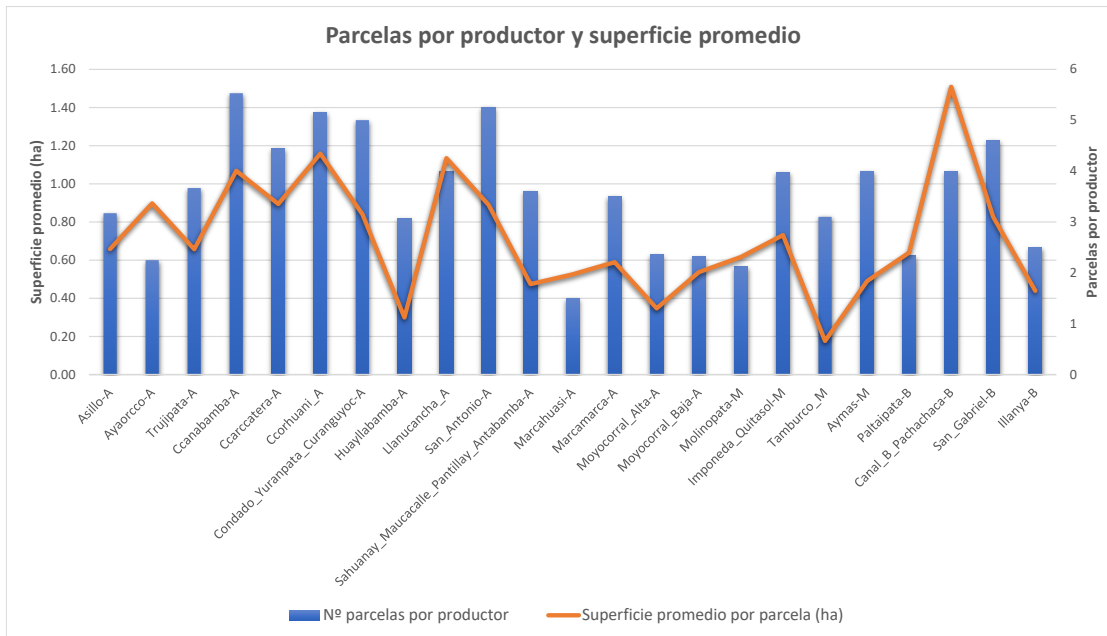


Figura 17: Relación del número de parcelas y la superficie por comunidad

Por otro lado, respecto a las condiciones de tenencia se puede apreciar que la mayoría de las parcelas es manos de sus propietarios quienes se formalizaron de sus predios o están en proceso. Asimismo, existe un grupo de posesionarios y en menor medida existen tierras en alquiler o propiedad comunal. Por otro lado, en cuanto a la situación de formalización, la mayoría de los propietarios indicaron poseer títulos inscritos, seguido del grupo que viene tramitando el título y en menor medida que no tienen título ni está en trámite.

Del total de 493 parcelas, 328 tienen propietarios, 125 son posesionarios y 40 son el resto (comunero, arrendatario cualquier otra modalidad). Por otro lado, del total de parcelas que tienen propietarios 290 (equivalente al 88 por ciento) tienen títulos inscritos y los 38 restantes corresponde al 12 por ciento (donde se incluye a los que no tienen título y no está se encuentra en trámite).

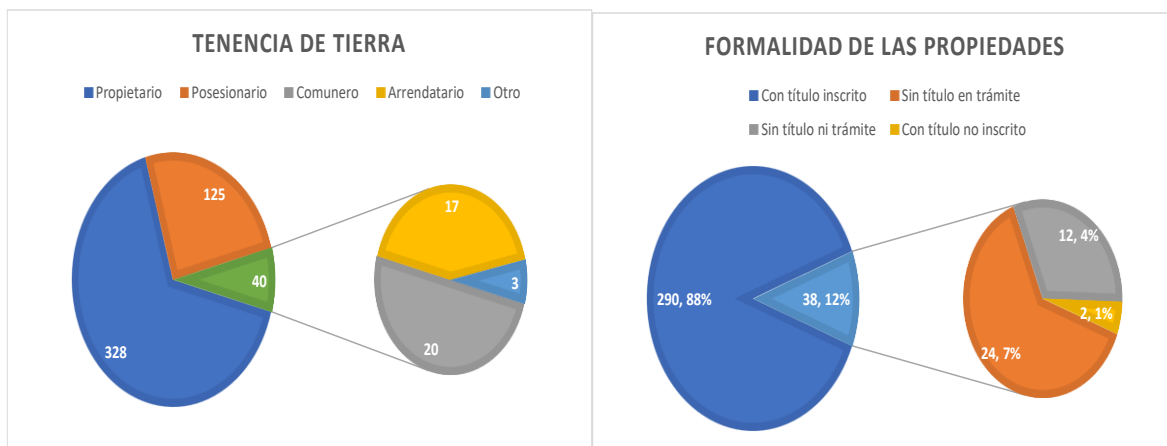


Figura 18: Tenencia de tierra y situación de las propiedades

Por otro lado, se identificó una gran variedad de actividades o productos entre frutales, pastos y cultivos. Estos productos, de acuerdo al ciclo vegetativo se divide entre permanentes de cosecha continua (la mayoría pasturas), permanente de cosecha estacionaria (la mayoría frutales) y transitorios. Existe una mayor cantidad de cultivos transitorios que permanentes, donde los transitorios tiene como superficie máxima 1.5 ha mientras que los cultivos permanentes poseen un máximo de 2.4 ha. Como se puede apreciar en la tabla más adelante, existen un total de 72 productos identificados.

Respecto a los cultivos permanentes existe una particularidad en la zona, donde en la mayoría de parcelas se encontró superficies dedicadas a la producción de alfalfa (cultivo permanente de cosecha continua, puede poseer hasta 12 cortes al año), donde este producto podría ser considerado un subproducto de la actividad ganadera y la crianza de cuyes he ahí la particularidad de este cultivo. A continuación, se lista la cantidad de cultivos identificados y clasificados para efectos del modelamiento:

Tabla 6: Lista de cultivos identificados y su clasificación propuesta

1 alfalfa	Medicago sativa	21 yuca	Manihot esculenta	40 limon	Citrus x limon	61 trigo	Triticum aestivum
2 maiz_amarillo	Zea mays	22 maiz_hibrido	Zea mays	41 platano	Musa acuminata	62 pasto_natura	Pennisetum purpureum
3 papa	Solanum tuberosum	23 repollo	Brassica oleracea var. capitata	42 palta_hass	Persea americana	63 cebada_gran	Hordeum vulgare
4 maiz_amilaceo	Zea mays	24 tarwi	Lupinus mutabilis	43 ciruelo	Prunus domestica	64 avena	Avena sativa
5 alverja	Pisum sativum	25 aji_variado	Capsicum baccatum	44 durazno	Prunus persica	65 quinua	Chenopodium quinoa
6 maiz_choclo	Zea mays	26 maiz_morado	Zea mays	45 fresa	Fragaria vesca	66 tara	Tara spinosa
7 palta_fuerte	Persea americana	27 culantro	Coriandrum sativum	46 mango	Mangifera indica	67 rosas	Rosaceae
8 frejol	Phaseolus vulgaris	28 beterraga	Beta vulgaris subsp. vulgaris convar. Vulgaris	47 naranja	Citrus X sinensis	68 Gladiolos	Gladiolus
9 ray_grass	Lolium perenne	29 espinaca	Spinacia oleracea	48 manzano	Malus domestica	69 lirio	Lilium
10 haba	Vicia faba	30 cebolla_china	Allium cepa	49 palta_criolla	Persea americana	70 hierba_buen.	Mentha spicata
11 trebol	Trifolium	31 perejil	Petroselinum crispum	50 pera	Pyrus communis	71 oregano	Origanum vulgare
12 Camote	Ipomea batatas	32 coliflor	Brassica oleracea var. botrytis	51 lucuma	Pouteria lucuma	72 clavel	Dianthus caryophyllus
13 cebada_forrajera	Hordeum vulgare	33 olluco	Ullucus tuberosus	52 cereza	Prunus cerasus		
14 lechuga	Lactuca sativa	34 cebolla	Allium cepa	53 mandarina	Citrus reticulata		
15 palta	Persea americana	35 pallar	Phaseolus lunatus	54 granadilla	Passiflora ligularis		
16 tomate	Lycopersicon esculentum	36 caigua	Cyclanthera pedata	55 nispero	Eriobotrya japonica		
17 zanahoria	Daucus carota	37 berengena	Solanum melongena	56 capuli	Prunus salicifolia		
18 vainita	Phaseolus vulgaris	38 rabanito	Raphanus sativus	57 chirimoya	Annona cherimola		
19 pepinillo	Cucumis sativus	39 cana de azucar	Saccharum officinarum	58 pacay	Inga feuilleei		
20 brocoli	Brassica oleracea var. italica			59 pina	Ananas comosus		
				60 membrillo	Cydonia oblonga		

5.1.2. Condiciones de riego y fuente de agua

De acuerdo a los resultados, el cien por ciento de las comunidades indicaron usar agua de lluvia para producir. Ccanabamba, Imponeda, Quitasol, Molinopata, Shahuanay, Maucacalle, Pantillay, Antabamba y San Antonio son las comunidades más intensas en consumo de agua de lluvia, mientras que en época seca utilizan el agua que proviene del río que son captados y distribuidos a través de sus canales de riego, por ejemplo, Imponeda, Quitasol, Marcamarca y San Antonio son quienes utilizarían más agua de riego que de secano. En el caso de Tamburco, Marcahuasi e Illanya optarían por siembras de secano más que bajo riego. Finalmente, Condado, Yuranpata, Curanguyoc y Trujipata, además de usar agua proveniente de las lluvias y ríos también poseen un manantial, es decir un acceso más cercano al agua.

Tabla 7: Condiciones de procedencia del agua para uso agrícola (porcentaje)

Comunidad	Lluvia	Rio	Manantial
Asillo	2.95	2.68	0.00
Ayaorcco	1.34	1.07	0.00
Aymas	2.16	1.93	0.00
Canal_B_Pachachaca	4.02	2.58	0.00
Ccanabamba	7.49	3.22	0.00
Ccarccatera	2.82	5.15	0.00
Ccorhuani_1	3.16	4.29	0.00
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	5.63	5.58	66.67
Huayllabamba	5.29	6.97	0.00
Illanya	3.81	0.00	0.00

<<Continuación>>

Comunidad	Lluvia	Rio	Manantial
Imponeda_Quitasol	7.25	17.92	0.00
Llanucancha_	2.06	5.36	0.00
Marcahuasi	1.13	0.00	0.00
Marcamarca	6.04	13.73	0.00
Molinopata	9.82	0.75	0.00
Moyocorral_Alta	2.78	0.75	0.00
Moyocorral_Baja	3.37	3.11	0.00
Paltaipata	1.82	0.64	0.00
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	8.41	3.00	0.00
San_Antonio	9.31	10.94	0.00
San_Gabriel	2.71	3.43	0.00
Tamburco_	3.13	0.00	0.00
Trujipata	3.50	6.87	33.33
Total general	100.00	100.00	100.00

Respecto al sistema de riego, se tiene un recuento de 1323 cultivos distribuidos entre las 23 comunidades los cuales son bajo riego y/o secano (1323 cultivos no significan tipos de cultivos, se refiero al momento de la encuesta la cantidad de cultivos detectados). En ese sentido, se puede apreciar que, Imponeda, Quitasol, Sahuanay, Maucacalle, Pantillay, Antabamba y San Antonio, son quienes manejarían mayor cantidad de cultivos bajo los sistemas de secano y riego, mientras que el resto de las comunidades es en menor proporción. La mayoría de las comunidades manejan los dos sistemas (secano y bajo riego). Moyocorral Alta y Baja y Paltaipata, manifestaron usar solo el sistema bajo riego.

Tabla 8: Sistema de riego por cantidad de cultivos y superficie

Comunidad	Secano		Irr		Total	
	Cultivos	Sup.	Cultivos	Sup.	Cultivos	Sup.
Asillo	51	10.90	22	4.24	73	15.14
Ayaorcco	10	3.68	17	7.10	27	10.78
Aymas	13	1.25	27	3.66	40	4.91
Canal_B_Pachachaca	8	4.79	40	13.31	48	18.09
Ccanabamba	24	4.99	70	13.17	94	18.16
Ccarccatera	54	11.60	26	4.51	80	16.11
Ccorhuani_1	40	5.39	32	10.82	72	16.21
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	4	0.45	46	7.97	50	8.42
Huayllabamba	1	0.00	48	4.80	49	4.80

<<Continuación>>

Comunidad	Secano		Irr		Total	
	Cultivos	Sup.	Cultivos	Sup.	Cultivos	Sup.
Illanya	4	1.20	21	3.20	25	4.40
Imponeda_Quitashol	2	0.05	117	21.90	119	21.95
Llanucancha_	28	5.80	28	10.08	56	15.88
Marcahuasi	3	1.15	6	2.00	9	3.15
Marcamarca	1	0.20	69	11.59	70	11.79
Molinopata	26	9.97	38	8.52	64	18.49
Moyocorral_Alta			26	3.83	26	3.83
Moyocorral_Baja			44	10.21	44	10.21
Paltaipata			28	7.67	28	7.67
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	18	3.48	83	9.81	101	13.29
San_Antonio	29	4.10	76	13.71	105	17.81
San_Gabriel	1	0.02	45	8.24	46	8.26
Tamburco_	3	0.06	28	1.70	31	1.76
Trujipata	8	1.66	58	10.18	66	11.84
Total general	328	70.73	995	192.20	1323	262.94

Tabla 9: Parámetros para cultivos transitorios y permanentes por parcela

Superficie cosechada	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Permanente	447	0.1998324	0.2817028	0	2.4
Transitorio	876	0.1981889	0.2115446	0	1.5

Por otro lado, si lo vemos por tipo de cultivo ya sea transitorio o permanente, son los cultivos transitorios quienes optan por un sistema de riego. Como tecnologías utilizadas se tiene el riego por aspersión y riego por gravedad (ambas con la misma participación, es decir 50 por ciento). Es evidente que, al tratarse de un cultivo de cosecha continua, este utiliza como fuente de agua bajo riego y secano, mientras que el de cosecha estacional tiende a utilizar en menor proporción el riego y opta por el secano. Es importante mencionar que el sistema de riego por gravedad es menos eficiente que el riego por aspersión.

Sobre la aplicación del MHE, se considera como punto de partida un sistema de riego con baja eficiencia, donde al evaluar una política de irrigación como parte de los escenarios

evaluados, se considera el incremento en la eficiencia del uso de agua a partir de una modificación en la tecnología de riego.

Tabla 10: Número de observaciones para el sistema de riego por tipo de cultivos

Cultivo	Sistema de riego aspersión			Cultivo	Sistema de riego gravedad		
	no	si	Total		no	si	Total
Transitorio	523	354	877	Transitorio	536	341	877
Permanente cosecha estacional	113	72	185	Permanente cosecha estacional	77	108	185
Permanente cosecha continua	89	172	261	Permanente cosecha continua	119	142	261
Total	725	598	1,323	Total	732	591	1,323

5.1.3. Respecto a la percepción sobre el cambio climático

Se realizó un análisis de percepción de los agricultores sobre el cambio climático. En ese sentido, como parte de la información recogida en campo se incluyó algunas preguntas de percepción. Respecto a su nivel de conocimiento sobre cambio climático la mayoría de los agricultores afirmaron saber, que es el cambio climático. Cuando se les pregunto sobre el efecto del cambio climático en la agricultura, un tercio de los encuestados consideró que el cambio climático afecta la agricultura. Finalmente, sobre el nivel de importancia, los productores indicaron que era muy importante seguido de importante, mientras que un tercio de ese grupo indicó que no era importante el impacto el impacto del cambio climático en la agricultura.

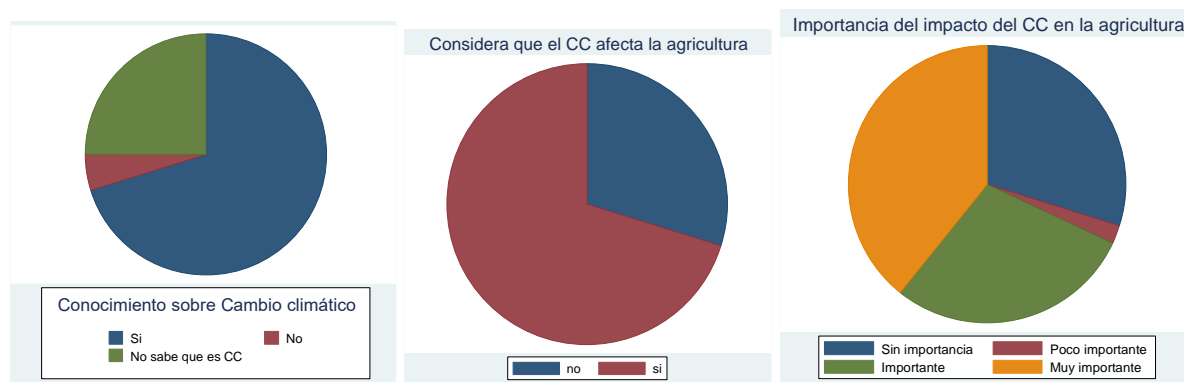


Figura 19: Percepción de los agricultores sobre el cambio climático y su importancia

A la consulta sobre el nivel de percepción de cambios en la temperatura y precipitación, indicaron que si hubo cambios en los últimos 20 años. La mayoría indica que hay lluvias más

intensas acompañado de sequías y temperaturas extremas donde los inviernos son más gélidos y los veranos con largas horas de sol intenso.

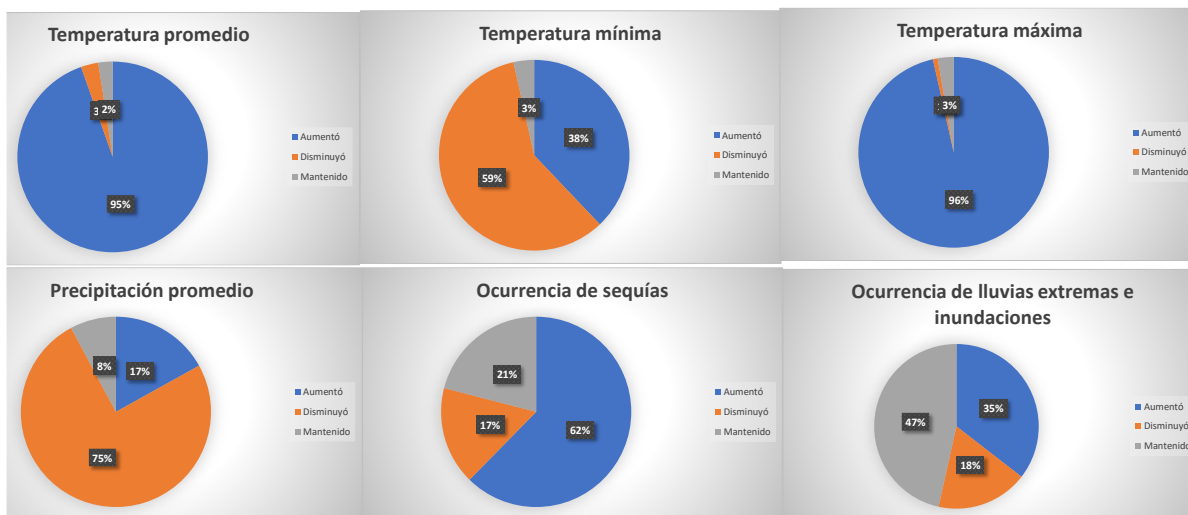


Figura 20: Percepción de los agricultores sobre la temperatura y precipitación

Es así, aquellos agricultores quienes manifestaron saber que es el cambio climático y su impacto en la agricultura, se les preguntó sobre la afectación del cambio climático expresado en diferentes variables, donde la mayoría indicaron que se dará una menor disponibilidad de agua, seguido de una mayor incidencia de plagas ya que muchos agricultores indicaron que ya se viene dando la presencia de plagas y que viene en aumento. Asimismo, manifestaron que se dará un descenso en el rendimiento de los cultivos, una baja calidad de los cultivos. Mientras, que una minoría indicó que se dará una reducción de la superficie agrícola y otras razones. A continuación, se muestra la Figura 21, la cual plasma lo anteriormente mencionado.

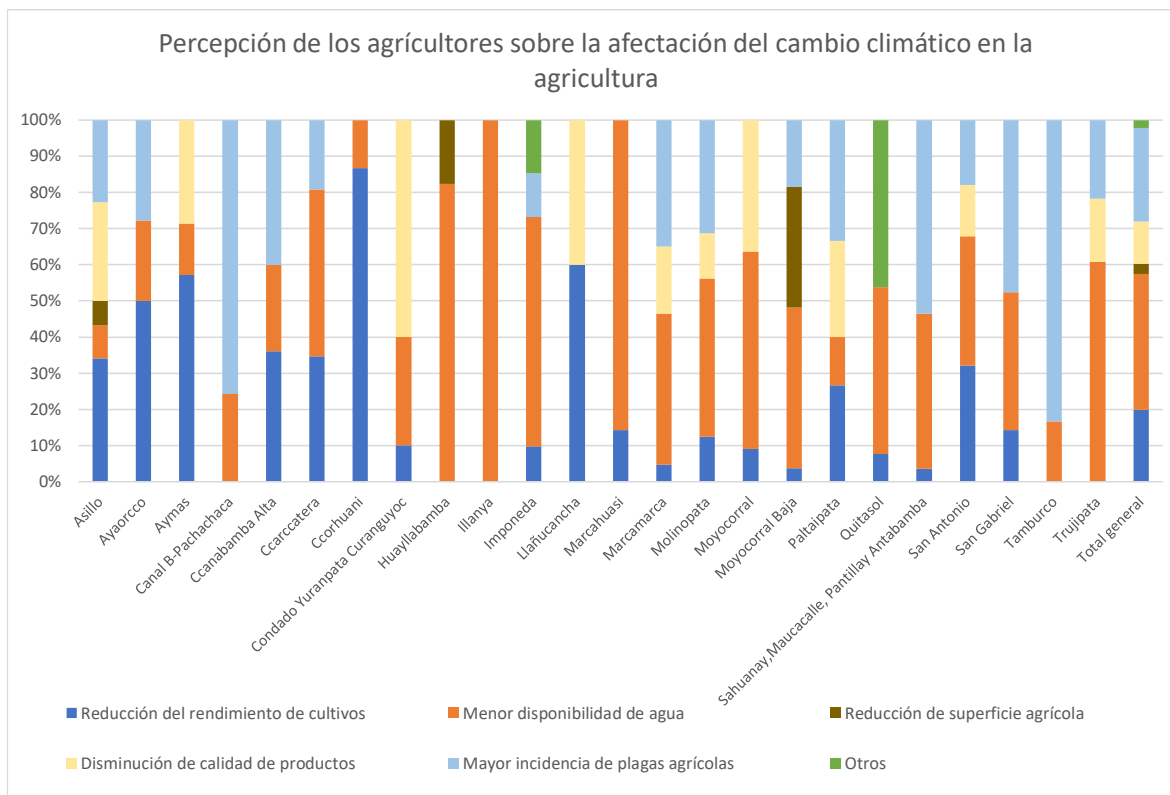


Figura 21: Percepción de los agricultores sobre la afectación del cambio climático en la agricultura por comunidad

5.1.4. Respecto al acceso de información agrícola

Como parte de las preguntas contenidas en las encuestas, se les presente a los agricultores nueve (9) alternativas, las cuales pueden ser seleccionadas desde una a varias alternativas. Una mayor población de agricultores demandó entre tres (3) a cuatro (4) tipos de información. En ese sentido, se tiene que el 27 por ciento de la microcuenca desea saber o aprender sobre manejo de plagas y enfermedades, el 21 por ciento desea saber sobre técnicas de manejo de cultivos, el 12 por ciento sobre uso de abono y fertilizantes, el 11 por ciento sobre técnicas de riego y sistemas de riego, el 10 por ciento sobre técnicas de manejo de semillas, el 5 por ciento sobre precio de los insumos agropecuarios, el 4 por ciento sobre precio de venta de los cultivos al igual que información agroclimática, un 3 por ciento sobre análisis de suelo y solo un 3 por ciento dijo que desea acceder a otro tipo de información. A continuación, se gráfica los resultados:

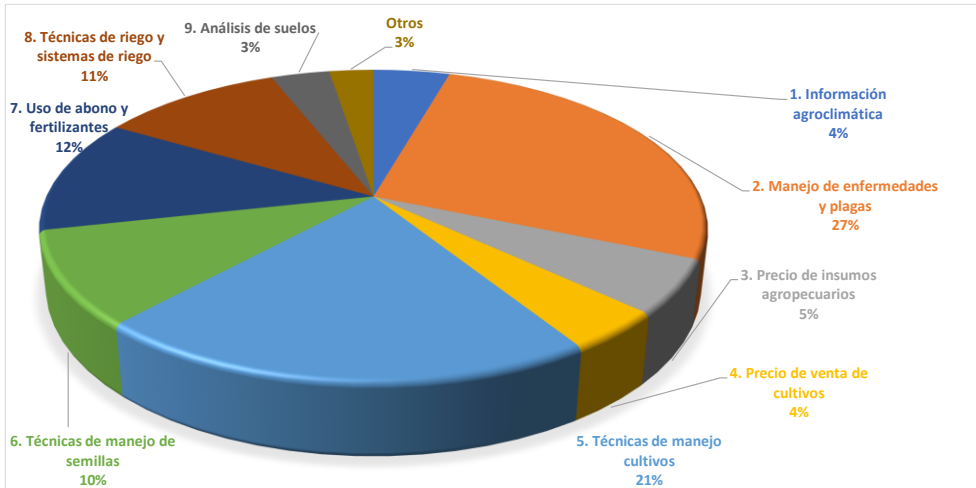


Figura 22: Tipo de información que los agricultores desean acceder

Respecto a las fuentes de información, se les preguntó a los productores cuáles son las fuentes más cercanas y confiables de quienes han recibido algún tipo de información, la mayoría indicaron aquella que venga de las ONG's con un 59 por ciento, seguido de otras fuentes (24 por ciento) (Defensa Civil o que comparte información entre comuneros de acuerdo a las creencias de sus ancestros). Luego de ello viene el gobierno regional con 9 por ciento seguido de las agencias agrarias con 4 por ciento, la municipalidad y AGRORURAL con 4 por ciento. Respecto a las universidades manifestaron no haber recibido información de este tipo de instituciones.

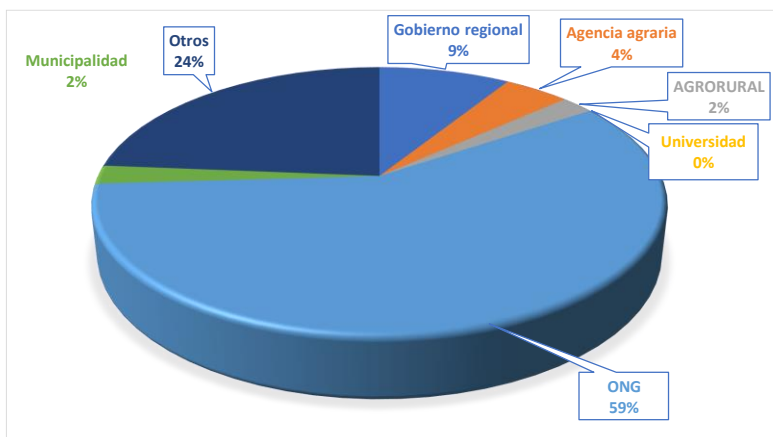


Figura 23: Fuentes de información más cercanas al productor

Respecto al medio de información que más utilizan los productores, manifestaron que el medio más usado es la radio con 51 por ciento, seguido de los talleres con 26 por ciento, la televisión con 14 por ciento, en menor medida la comunicación verbal de 6 por ciento, folletos con 2 por ciento y muy poco casi nulo los periódicos, teléfono, internet u otros. En ese sentido, se podría decir que los talleres que brindan las ONG y la radio son los medios más utilizados.

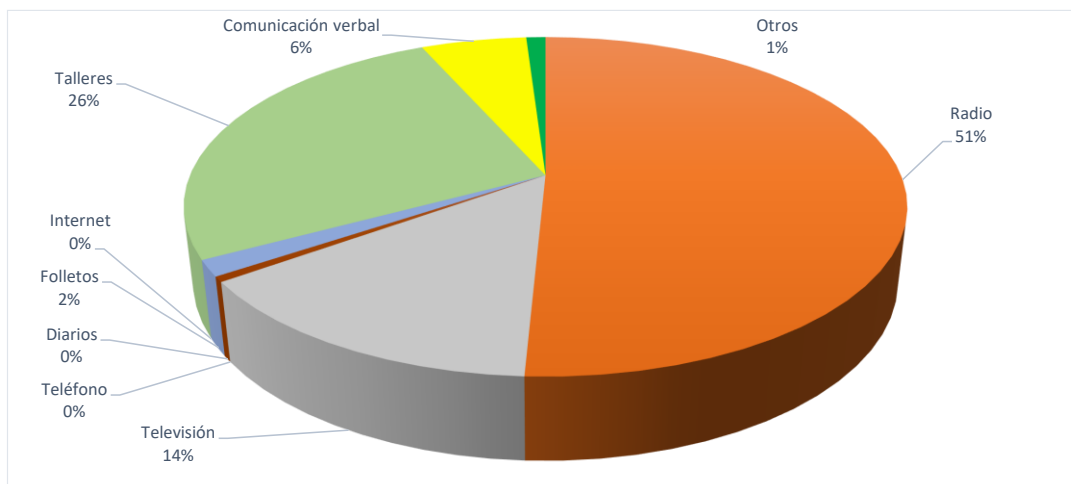


Figura 24: Medios de información más utilizada por los agricultores

5.1.5. Costo del agua

En la microcuenca Mariño se da los escenarios de turnos de agua, el cual se traslada y hace efectivo a través de los canales de riego; existe desde 1 hasta 9 turnos de agua por mes, que son independiente del volumen de agua utilizado. El pago realizado, fluctúa desde S/ 0.93 soles hasta S/ 4.79 soles por turno de agua. Por otro lado, la duración de los turnos varía desde 3 hasta 23 horas por turno (al momento de servirse el agua las comunidades abren la contrapuerta y dejan que el agua corra usando como único criterio la extensión de la parcela, es decir, mayor duración del turno si la parcela es mayor y viceversa). Sin embargo, no existe un análisis más sincero sobre el cual debería ser precio del agua tomando en cuenta el requerimiento hídrico necesario por cultivo, el área a regar, resultados del contómetro u otro tipo de variable.

Por otro lado, el agua que se sirven a las comunidades, es a través de la obtención de licencias o autorizaciones donde se fijan la fuente del agua, el tipo de uso del agua y el volumen. Asimismo, corresponde a las Juntas de Usuarios del Agua realizar un cobro por el agua, el cual consta de un pago por derecho del agua el cual es pagado a la Autoridad Local del Agua correspondiente y otro porcentaje se queda en manos de la Junta para realizar las actividades de operación y mantenimiento de los canales, sin embargo, en la práctica la morosidad es alta por lo tanto no se cumple con ambas actividades.

Sobre los montos pagados por aquellos que cuenta con autorizaciones o licencias, al no contar con criterios técnicos para fijar los montos, los productores afirmaron que realizan el pago de un monto estándar sin ningún tipo de diferenciación, donde por ejemplo no es considerado los turnos o duración de los turnos de agua. A continuación, se muestra la Figura 25, la cual representa la relación entre la cantidad de turnos promedio al mes y el costo promedio:

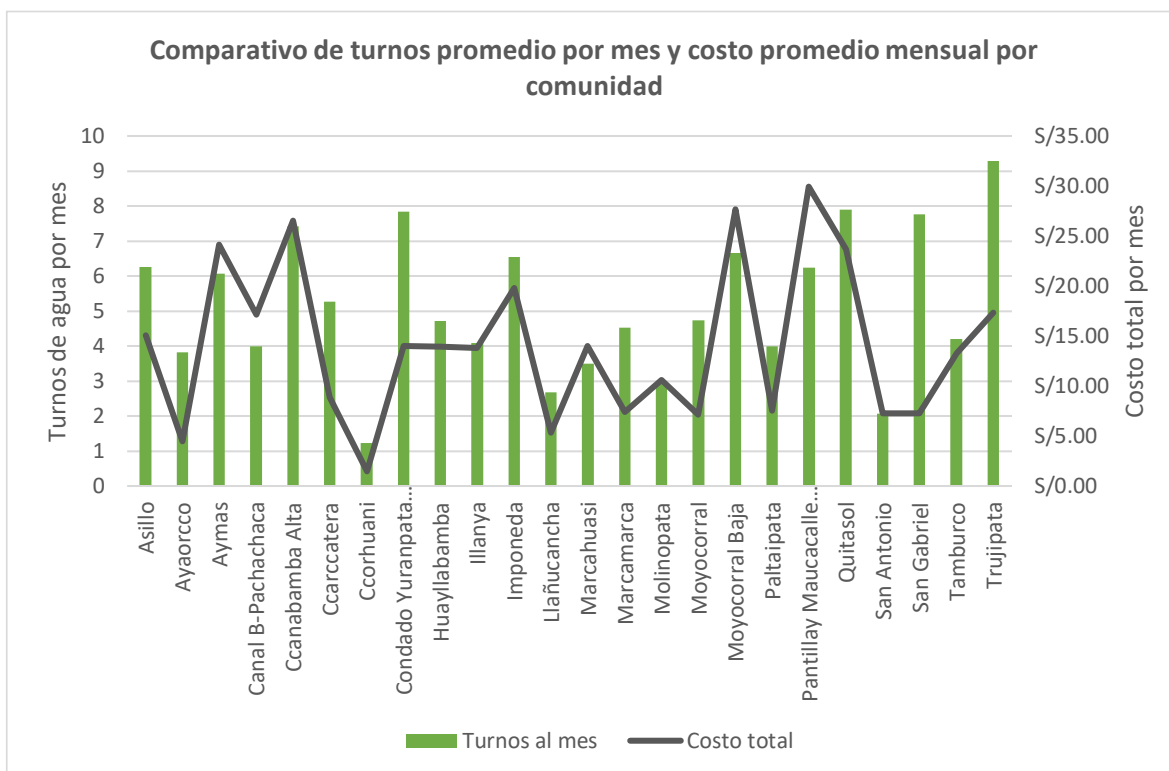


Figura 25: Comparativo de los turnos de agua por mes y su costo total por comunidad

Como se puede apreciar en la gráfica anterior no existe una relación entre los turnos de agua y monto pagado; esto se puede constatar en algunas comunidades donde Condado, Yuranpata, Curaguayoc, Trujipata, San Gabriel, Marcamarca que tienen más turnos de agua, pagan menos comparado con Canal B Pachachaca, Marcahuasi, Moyocorral Baja, Pantillay, Maucacalle, Sahuanay y Antabamba.

5.1.6. Condiciones socioeconómicas

Respecto a la población del área de estudio, se tiene la misma proporción de varones y mujeres dedicadas a las actividades agrícolas. Algunos distritos como Pachachaca, Moyocorral Baja, Quitaso, Tamburco y Trujipata cuentan con más mujeres que varones. En ese sentido, dada la paridad de género en las actividades agrícolas, se puede indicar que la responsabilidad de la agricultura recae en ambos géneros. Por otro lado, respecto a la edad promedio se tiene tanto varones como mujeres, se encuentran alrededor de los cuarenta (40) años, mientras que Tamburco tiene más presencia de personas mayores, seguido de San Antonio, Illanya, Sahuanay, Maucacalle, Pantillay, Antabamba, Asillo. Mientras que en Marcahuasi y Aymas tendrían una población más joven.

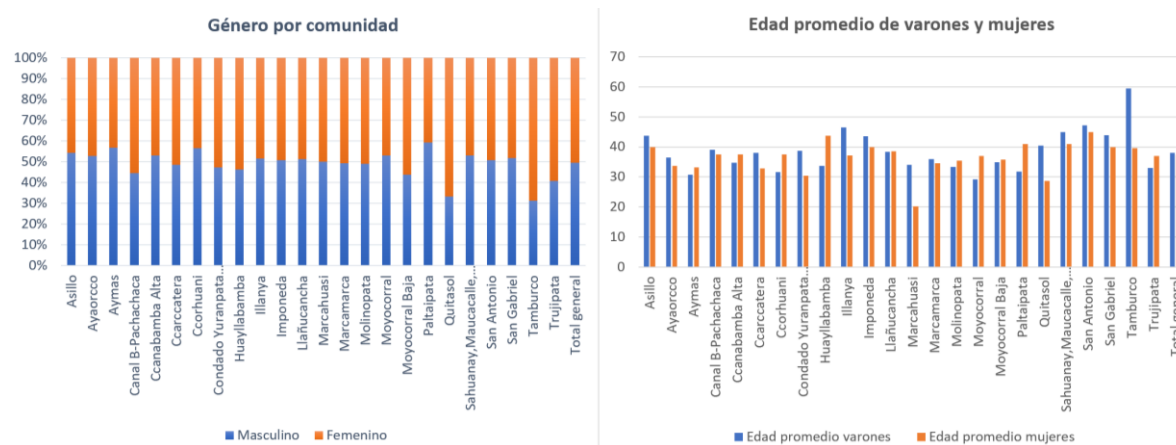


Figura 26: Género y edad de la población objetivo por comunidad

Respecto a la variable dependencia económica de la actividad agrícola, los resultados indicaron que el productor y su familia son altamente dependientes de la agricultura.

Tabla 11: Dependencia económica respecto a la agricultura

Comunidad	Productor (a)	Esposo (a)	Hijo (a)	Yerno/ Nuera	Nieto (a)	Padres/ suegros	Hermano (a)	Otros parientes	Otros no parientes	Total general
Asillo	23	15	13		3	2	1	2		59
Ayaorcco	11	12	13							36
Aymas	10	10	16		1					37
Canal B- Pachachaca	13	10	15		2	1		4		45
Ccanabamba Alta	17	15	29						3	64
Ccarccatera	18	15	27		3	1				64
Ccorhuani	18	8	10	1	2					39
Condado Yuranpata Curanguyoc	10	7	16			2			3	38
Huayllabamba	17	8	24			2		1		52
Illanya	10	7	11	2	2	1				33
Imponeda	24	16	31			2				73
Llañucancha	15	12	12							39
Marcahuasi	6	5	10						1	22
Marcamarca	19	13	31	1		1	4			69
Molinopata	31	16	51		1	1			8	108
Moyocorral	11	10	23	1	3	2		1		51
Moyocorral Baja	20	15	31	1	2		1	3		73
Paltaipata	12	8	6			2	2		2	32
Quitasol	6	4	12		1		1			24
Sahuanay, Maucacalle, Pantillay Antabamba	28	13	41			7	3	2	6	100
San Antonio	21	12	24			1	3			61
San Gabriel	10	10	7							27
Tamburco	10	6	10		4		2			32
Trujipata	16	12	23		2			1		54
Total general	376	259	486	6	26	25	17	14	23	1232
	30.52%	21.02%	39.45%	0.49%	2.11%	2.03%	1.38%	1.14%	1.87%	100.00%

Existe dos formas de obtener el nivel o rango de ingresos de los agricultores. Generalmente cuando se hace la consulta sobre el nivel de los ingresos, el informante es bastante desconfiado en proporcionarlo, es por ello que una alternativa es brindar rangos de ingresos como parte de la pregunta registrada en la encuesta. Otra forma de obtener el nivel de ingresos, es a partir de los gastos. Cuando se realizó la consulta sobre los ingresos promedio anual, el 33 por ciento de las comunidades indicaron que percibían por encima de los 4,500 soles, mientras que el 23 por ciento se encontrarían en el rango de 3,000 a 4,500 soles, si

estos resultados los comparados con la Remuneración Mínima Vital (RMV) igual de 930 soles mensual, nos da una idea sobre las condiciones económicas de la agricultora en esta zona.

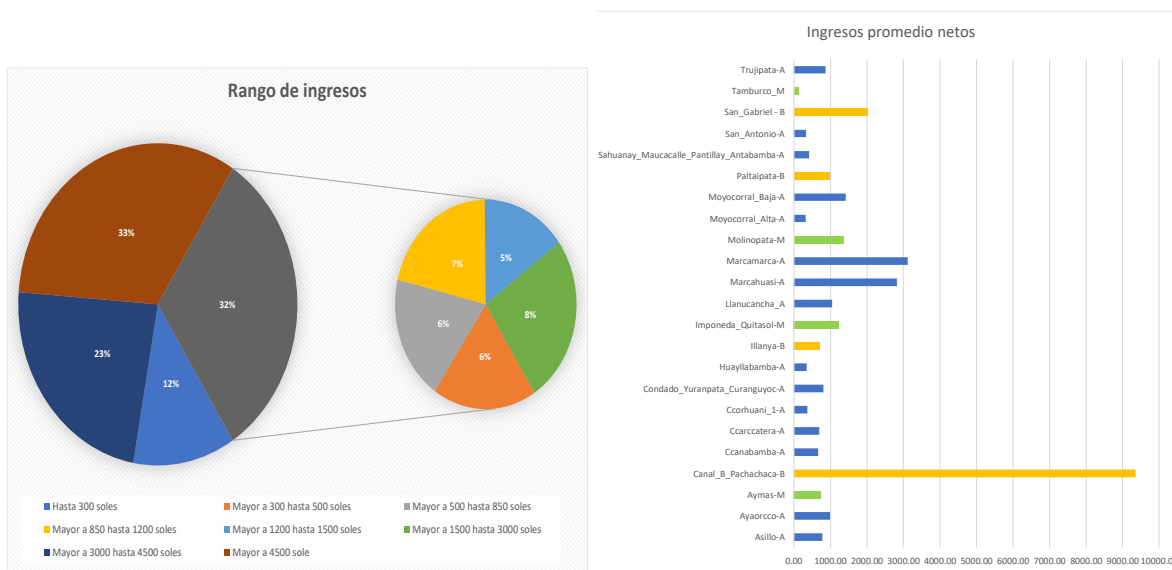


Figura 27: Ingresos y rango de ingresos reportados por los agricultores

Por otro lado, a partir de los costos de producción y precios de venta de los productos, se puede determinar los ingresos netos de los productores, donde la comunidad Pachachaca Canal B presenta mayores ingresos netos por campaña agrícola, la cual asciende a un promedio de 9,000 soles, siendo este valor menor a la RMV mensual. El resto de las comunidades presentan resultados similares a los proporcionados por rangos. Las comunidades ubicadas en la cuenca alta presentan mayores ingresos comparados con la parte media o baja a excepción de Pachachaca Canal B (ubicada en la parte baja, dedicada a la producción de paltas y caña de azúcar para alcohol).

Respecto a otras variables económicas como el acceso al crédito, la mayoría de los productores no solicitaron un crédito agrario porque consideran que las tasas son muy altas y por desconocimiento. De los productores que, si solicitaron un crédito, la mayoría no lo obtuvieron al no calificar como sujeto de crédito. Sobre la efectividad de una política de crédito agrario promovido por el gobierno, donde se puso a disposición de los agricultores

un crédito agrario, los agricultores respondieron con una negativa, pues desconocían de dicha iniciativa.

Tabla 12: Variables de la situación económica financiera por tipo de comunidad

Centro poblado	Solicitó crédito		Obtuvo el crédito		Accedió al seguro agrícola		Porque no accedió al seguro agrícola			
	no	sí	no	sí	no	sí	No sabe	Alto costo	Poco efectivo	Otra razón
Asillo	19	4	19	4	22	1	13	5	4	
Ayaorcco	11	1	11	1	12		7	1	4	
Aymas	10		10		10		10			
Canal B-Pachachaca	7	5	7	5	12		12			
Ccanabamba Alta	15	2	16	1	7	10	6	1		
Ccarccatera	18		18		18		16	2		
Ccorhuani	13	1	13	1	13	1	5	8		
Condado Yuranpata Curangyoc	10		10		10		9	1		
Huayllabamba	15	1	15	1	16		16			
Illanya	10		10		9	1	9			
Imponeda - Quitasol	26	4	27	3	30		29	1		
Llañucancha	13	1	13	1	14		10	4		
Marcahuasi	6		6		6		6			
Marcamarca	18	2	18	2	20		18		2	
Molinopata	29	1	29	1	30		29			1
Moyocorral Alta	9	2	9	2	11		10	1		
Moyocorral Baja	17	3	17	3	19	1	15	1	3	
Paltaipata	12		12		12		12			
Sahuanay, Mauca Calle, Pantillay Antabamba	25	3	25	3	28		26		1	1
San Antonio	21		21		21		19	2		
San Gabriel	7	3	7	3	9	1	9			
Tamburco	10		10		10		8		2	
Trujipata	16	2	16	2	18		18			
Total general	337	35	339	33	357	15	312	27	16	2
Centro poblado	Solicitó crédito		Obtuvo el crédito		Accedió al seguro agrícola		Porque no accedió al seguro agrícola			
Todos	no	si	no	si	no	si	No sabe	Alto costo	Poco efectivo	Otra razón
	337	35	339	33	357	15	312	27	16	2

5.1.7. Condición de producción agrícola y costos

A continuación, el rendimiento de las parcelas ubicadas en la cuenca alta se muestra con las barras azules, las de la cuenca media son las barras amarillas y las de la cuenca baja son las barras en verde. Al comparar las variables de rendimiento y costos de producción promedio por comunidad diferenciadas por tipo de cuenca, se puede apreciar que existe comunidades con bajos rendimientos y presentan altos costos de producción, tal es el caso de Marcahuasi, Ccorhuani, Llanuncancho, Ayaorcco ubicados en la cuenca alta, mientras que las comunidades Illanya, Pachachaca Canal B, San Gabriel (cuenca baja) presenta altos rendimientos con costos bajos, caso similar sucede con las comunidades de la cuenca media.

Al darse la figura de altos costos con bajos rendimientos en la parte alta, es una explicación de la tendencia a una agricultura de subsistencia con un manejo insostenible acentuando así, las condiciones de pobreza de las familias involucradas. Las parcelas ubicadas en la cuenca baja son las que estarían en mejores condiciones pues tienen altos rendimientos y bajos costos

(a excepción de Paltaipata), esto puede deberse a que en esta zona hay menos micro-parcelación.

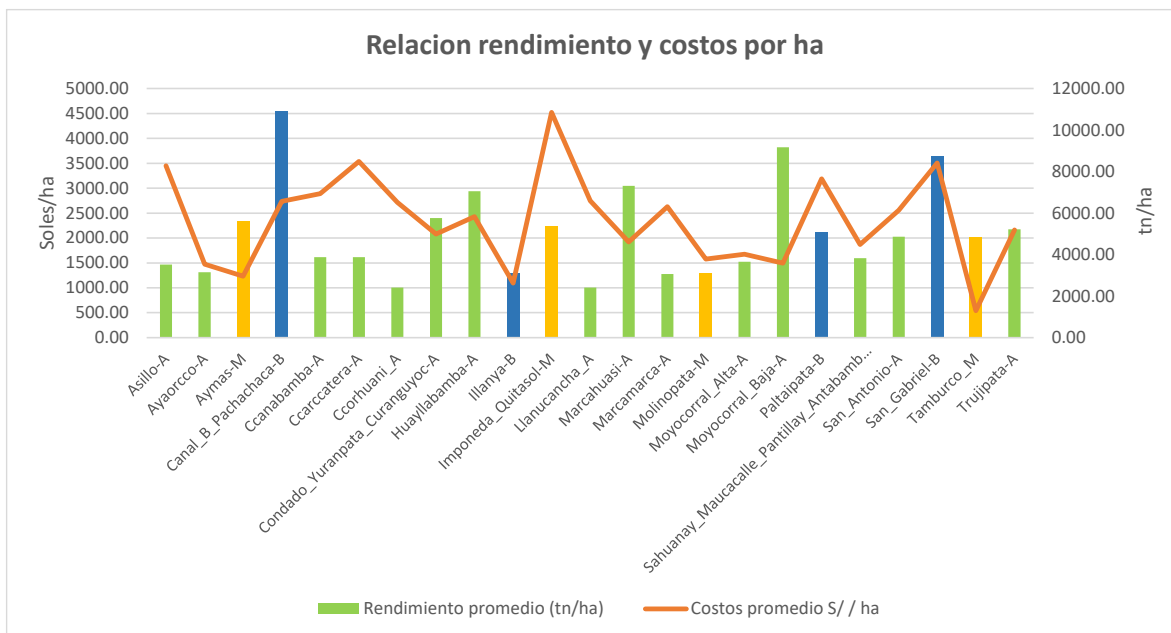


Figura 28: Rendimiento y costos promedio por comunidad agrícola

5.1.8. Cédula de cultivo

Respecto a la cédula de cultivo, se considera la ubicación de la microcuenca donde a partir de la información obtenida en la encuesta la cual incluyó preguntas sobre las fechas de siembra y cosecha de los cultivos. Se adaptó un calendario de los cultivos en base a los periodos siembras y cosechas.

Tabla 13: Cedula de Cultivos en la microcuenca Mariño

Cultivo cuenca alta	Periodo											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Maíz amiláceo												
Papa												
Tarwi												
Hortalizas general												
Arveja verde												
Haba verde												
Maíz morado												
Alfalfa												

Rve. cruce con trébol												
j <<Continuación>>												
Cultivo cuenca media	Periodo											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Maíz amiláceo duro												
Cereales												
Maíz morado												
Frijol 1												
Frijol 2												
Papa												
Camote												
Alverja												
Vainita												
Alfalfa												
Palta												
Frutales												
Lúcuma												
Ciruelo												
Cultivo cuenca baja	Periodo											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Maíz amiláceo duro												
Frijol 2												
Frijol 1												
Yuca												
Camote												
pepinillo												
Vainita												
Caña de azucar												
Alfalfa												
Palta												
Frutales (plátano)												
Lúcuma												

Otra forma de representar la presencia de cultivos por tipo de cuenca, es la siguiente:

Tabla 14: Cedula de Cultivos actualizada en la microcuenca Mariño

Nº	Cultivo	Cuenca			Recuento total
		Alta	Baja	Media	
1	aji_variado		4		4
2	alfalfa	157	16	48	221
3	alverja	71		5	76
4	avena	1			1
5	berengena		1		1
6	beterraga	11		3	14
7	brocoli	6		12	18
8	Camote	1	18		19
9	cana_para_alcohol		2		2
10	capuli	2		1	3
11	caygua		4		4
12	cebada_forrajera	15			15
13	cebada_grano	3		1	4
14	cebolla	8			8
15	cebolla_china	5	1	1	7
16	cereza	3			3
17	chirimoya			2	2
18	ciruelo	17		1	18
19	clavel	1			1
20	coliflor	7			7
21	culantro	9		3	12
22	durazno	30		4	34
23	espinaca	8		1	9
24	flores	3		1	4
25	frejol	9	5	8	22
26	fresa	3		1	4
27	granadilla	1			1
28	haba	47		1	48
29	hierba_buena	1			1
30	lechuga	45		11	56
31	limon		2	3	5
32	lirio	1			1
33	lucuma		1	4	5
34	maiz_amarillo	72	5	44	121
35	maiz_amilaceo	78	6	7	91
36	maiz_choclo	24		4	28
37	maiz_hibrido		6	1	7

<<Continuación>>

Nº	Cultivo	Cuenca			Recuento total
		Alta	Baja	Media	
38	maiz_morado	1			1
39	mandarina		1		1
40	mango		5		5
41	manzano	14			14
42	membrillo	1			1
43	naranja	1	2	1	4
44	nispero		1	1	2
45	olluco	2			2
46	oregano	1			1
47	pacae	1		1	2
48	pallar			1	1
49	palta	10	7	11	28
50	palta_criolla			1	1
51	palta_fuerte	5	6	22	33
52	palta_hass		7	5	12
53	papa	142		9	151
54	pasto_natural	3		1	4
55	pepinillo		7	1	8
56	pera	8		1	9
57	perejil	6		2	8
58	pina	1			1
59	platano		8	2	10
60	quinua	1			1
61	rabanito	2			2
62	ray_grass	16			16
63	repollo	19		3	22
64	rosas	2		1	3
65	tara			1	1
66	tarwi	8			8
67	tomate	1	10	1	12
68	trebol	10			10
69	trigo	4		2	6
70	vainita	1	13	14	28
71	yuca		9	1	10
72	zanahoria	23		5	28
Total general		922	147	254	1323

4.2 RESULTADOS DEL MODELAMIENTO

La superficie total involucrada en el estudio es igual a 262.94ha, del cual 236ha está ocupado por los principales cultivos equivalente al 90 por ciento de la superficie total. Sin embargo, para el modelamiento se definió una restricción de superficie la cual está dada por aquellos cultivos que tienen un margen negativo o un área menor a 0.45 ha. Como consecuencia de esta restricción se redujo la superficie para el escenario base pasando de 236ha a 160.25 ha equivalente al 68 por ciento. Esto quiere decir, el 32 por ciento de la superficie que contiene los productos principales están operando con un margen negativo donde los costos son mayores que los ingresos. Por otro lado, la comunidad de Tamburco se dedica a cinco cultivos: papa, zanahoria, palta y alfalfa asociadas a parcelas con una superficie menor a 0.45ha y sumado a que opera con márgenes negativos, razón por la cual esta comunidad sale del análisis del modelamiento.

5.2.1. Salidas del modelo hídrico utilizado en el MHE

A partir del modelamiento hídrico (cuyos resultados se muestran en el Anexo 1), donde se calibró el modelo hídrico, se incorporó información para realizar las proyecciones de los escenarios de cambio climático sobre la precipitación y los requerimientos hídricos por cultivo (salidas del modelamiento hídrico) donde se consideró como *imput* del MHE haciendo uso del GAMS. Se determinó los resultados del CIR por cultivo, los cuales serán utilizados. Del mismo modo, se muestra la variación de precipitación por cada escenario RCP el cual será considerado como un *shock* dentro del MHE. A partir de los escenarios de cambio climático se obtuvo la variación porcentual de la precipitación tal como se muestra a continuación:

Tabla 15: Variación de precipitación por escenario de cambio climático

Escenario climático	Variación porcentual de la precipitación anual por escenario RCP		
	2018-2065	2018-2041	2042-2065
RCP 2.6	-17.09	-3.48	-3.36
RCP 4.5	-8.35	75.26	-16.23
RCP 6.0	44.85	89.28	-12.36

<<Continuación>>

Escenario climático	Variación porcentual de la precipitación anual por escenario RCP		
	2018-2065	2018-2041	2042-2065
RCP 8.5	4.96	-59.72	26.69

AÑO	Precipitación anual (mm/año)			
	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
2018	992.50	752.41	562.62	911.61
2041	957.94	1318.70	1064.91	367.23
2065	822.86	689.59	814.95	956.84

El periodo considerado para las proyecciones corresponde al periodo del año 2018 al 2065, cuya afectación en la precipitación es igual a -17.09 por ciento. Por otro lado, se tiene el requerimiento hídrico por cultivo para el escenario base en base a Penman – Monteith como mejor metodología donde se analizó y evaluó todas las variables que considera esta metodología.

5.2.2. Resultados del modelamiento

Es importante mencionar que los resultados del modelamiento que se muestran corresponden a los veinte (20) cultivos principales de la microcuenca Mariño del total de 72, la razón es porque se busca una adecuada calibración de la función de costos que refleje de manera adecuada el comportamiento de los productores que sea representativo para el total de la microcuenca. La importancia de los cultivos estará en función de la superficie que ocupan para cada una de las comunidades, estos 20 cultivos representan el 90.0 por ciento del total de superficie cosechada de la microcuenca.

5.2.2.1. Definición de escenarios

Para el análisis se consideró varios escenarios los cuales se muestran a continuación:

- Escenario base denominado BL, conocido como escenario de referencia.
- Escenario *yw_cc* el cual considera el cambio en la disponibilidad de agua igual a una reducción de 17.09 por ciento del periodo base hasta una proyección al año 2065 denominado también escenario de cambio climático.

- c. Escenario de política *policy* donde se considera el incremento de la eficiencia en el uso del agua de un 0.60 a 0.72 respecto al escenario base mediante el cambio en el parámetro “*p_hda(c)*” del modelo o su equivalente el parámetro referido a la eficiencia. Para mostrar el efecto que tiene una política frente al cambio climático
- d. Escenario conjunto *both* donde se da el efecto conjunto b) y c).

Tabla 16: Requerimiento hídrico

CULTIVOS	AREA	%	REQUERIMIENTO HIDRICO EN m³/s											
	Ha		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Aji amarillo	4.00	0.0029	0.00380	0.00393	0.00325	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00208	0.00397
Albahaca	3.59	0.0026	0.00341	0.00353	0.00291	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00187	0.00356
Alfalfa	210.00	0.1513	0.19972	0.18586	0.17063	0.15503	0.06675	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05616	0.21871	0.20827
Arveja grano seco	11.43	0.0082	0.01005	0.00849	0.00368	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00357	0.00518
Arveja grano verde	28.56	0.0206	0.02510	0.02122	0.00921	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00892	0.01293
Belarraga	1.58	0.0011	0.00150	0.00155	0.00128	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00082	0.00157
Brocoli	3.74	0.0027	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Cayhua	3.00	0.0022	0.00285	0.00295	0.00244	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00000	0.00156	0.00298
Calabaza	6.29	0.0045	0.00598	0.00618	0.00511	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00000	0.00327	0.00623
Camote	6.08	0.0044	0.00422	0.00572	0.00494	0.00140	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00147	0.00000	0.00327	0.00214
Caña de azucar (para alcohol)	39.00	0.0281	0.03709	0.03452	0.03169	0.02879	0.01240	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01043	0.04062	0.03868
Aquaymanto o capuli	7.75	0.0056	0.00737	0.00686	0.00630	0.00572	0.00246	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00207	0.00807	0.00769
Cebada forrajera	4.71	0.0034	0.00000	0.00000	0.00082	0.00238	0.00237	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Cebada grano	4.71	0.0034	0.00000	0.00000	0.00082	0.00238	0.00237	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Chirimoya	7.00	0.0050	0.00666	0.00620	0.00569	0.00517	0.00223	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00187	0.00729	0.00694
Cirolero	6.00	0.0043	0.00571	0.00531	0.00488	0.00443	0.00191	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00160	0.00625	0.00595
Col o repollo	4.25	0.0031	0.00404	0.00418	0.00345	0.00443	0.00191	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00221	0.00422
Coliflor	1.17	0.0008	0.00111	0.00115	0.00095	0.00443	0.00191	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00061	0.00116
Fresas y frutillas (semipermanente)	2.00	0.0014	0.00166	0.00151	0.00109	0.00097	0.00017	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00208	0.00198
Granadilla	5.00	0.0036	0.00414	0.00377	0.00273	0.00242	0.00043	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00134	0.00521	0.00496
Granado	1.00	0.0007	0.00095	0.00089	0.00081	0.00074	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00027	0.00104	0.00099
Haba grano seco	27.64	0.0199	0.00095	0.00089	0.00081	0.00203	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00104	0.00099
Haba grano verde	30.27	0.0218	0.00095	0.00089	0.00081	0.00285	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00104	0.00099
Higuera	3.00	0.0022	0.00285	0.00266	0.00244	0.00221	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Lechuga	5.03	0.0036	0.00478	0.00495	0.00409	0.00221	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00262	0.00499
Limon sutil	6.00	0.0043	0.00571	0.00531	0.00488	0.00443	0.00191	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00160	0.00625	0.00595
Lucuma	2.00	0.0014	0.00190	0.00177	0.00163	0.00148	0.00064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00208	0.00198
Maiz amarillo duro	143.75	0.1036	0.00190	0.00177	0.00163	0.13538	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01802	0.00208	0.00198
Maiz amiláceo	373.49	0.2691	0.00190	0.00177	0.00163	0.35175	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04683	0.00208	0.00198
Maiz choclo	6.20	0.0045	0.00190	0.00177	0.00163	0.00584	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00078	0.00208	0.00198
Maiz morado	5.33	0.0038	0.00190	0.00177	0.00163	0.00502	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00067	0.00208	0.00198
Mango	2.00	0.0014	0.00190	0.00177	0.00163	0.00148	0.00064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00208	0.00198
Manzano	5.00	0.0036	0.00476	0.00443	0.00406	0.00369	0.00159	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00134	0.00521	0.00496
Melocotonero	11.00	0.0079	0.01046	0.00974	0.00894	0.00812	0.00350	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00294	0.01146	0.01091
Membrillo	3.00	0.0022	0.00285	0.00266	0.00244	0.00221	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Naranja	2.50	0.0018	0.00238	0.00221	0.00203	0.00185	0.00079	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00067	0.00260	0.00248
Nispero	4.50	0.0032	0.00428	0.00398	0.00366	0.00332	0.00143	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00120	0.00469	0.00446
Nispero de agua cuello	3.00	0.0022	0.00285	0.00266	0.00244	0.00221	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Oca	2.64	0.0019	0.00285	0.00266	0.00244	0.00226	0.00023	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Olluco	18.64	0.0134	0.00285	0.00266	0.00244	0.00181	0.00160	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Pacae o guabo	4.00	0.0029	0.00380	0.00354	0.00325	0.00295	0.00127	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00107	0.00417	0.00397
Pallar grano seco	2.00	0.0014	0.00203	0.00197	0.00145	0.00056	0.00127	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00094	0.00096	0.00162
Palto	82.40	0.0594	0.07837	0.07293	0.06695	0.06083	0.02619	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02204	0.08582	0.08172
Papa	57.19	0.0412	0.00000	0.00000	0.00000	0.05386	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Papaya	1.00	0.0007	0.00095	0.00089	0.00081	0.00074	0.00032	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00027	0.00104	0.00099
Pasto elefante	2.00	0.0014	0.00190	0.00177	0.00163	0.00148	0.00064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00208	0.00198
Pasto sudan	17.20	0.0124	0.01636	0.01522	0.01398	0.01270	0.00547	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00460	0.01791	0.01706
Pepinillo	5.42	0.0039	0.00515	0.00533	0.00440	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00282	0.00537
Peral	9.00	0.0065	0.00856	0.00797	0.00731	0.00664	0.00286	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00241	0.00937	0.00893
Platano	2.00	0.0014	0.00190	0.00177	0.00163	0.00148	0.00064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00053	0.00208	0.00198
Quinua	2.90	0.0021	0.00000	0.00000	0.00000	0.00007	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Rocoto semipermanente	3.00	0.0022	0.00285	0.00266	0.00244	0.00221	0.00095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00080	0.00312	0.00298
Sauco o arrayan	18.00	0.0130	0.01712	0.01593	0.01463	0.01329	0.00572	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00481	0.01875	0.01785
Tara	31.00	0.0223	0.02948	0.02744	0.02519	0.02289	0.00985	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00829	0.03229	0.03074
Tomate	32.00	0.0231	0.03043	0.03147	0.02600	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01666	0.03174
Trebol	27.00	0.0195	0.02568	0.02390	0.02194	0.01993	0.00858	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00722	0.02812	0.02678
Trebol blanco	30.00	0.0216	0.02853	0.02655	0.02438	0.02215	0.00954	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00802	0.03124	0.02975
Trebol rojo	9.00	0.0065	0.00856	0.00797	0.00731	0.00664	0.00286	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00241	0.00937	0.00893
Trigo	8.63	0.0062	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00434	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Tuna	18.00	0.0130	0.01712	0.01593	0.01463	0.01329	0.00572	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00481	0.01875	0.01785
Yuca	5.75	0.0041	0.00399	0.00540	0.00467	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00000	0.00000	0.00202
Zanahoria	4.45	0.0032	0.00423	0.00437	0.00361	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00000	0.00232	0.00441
TOTAL	1387.77	100.00%	0.67378	0.63483	0.56155	1.05263	0.20366	0.00703	0.00703	0.00703	0.00703	0.22137	0.66581	0.67856

5.2.2.2. Resultados de optimización de superficie

Respecto a la superficie agrícola, los resultados demuestran la existencia de la microparcelación, se obtuvieron resultados sobre los valores mínimos, máximos y promedio por parcela reportado en diferentes comunidades. Como se puede apreciar existe parcelas con valores igual a 0.00 ha, la razón es porque al momento de realizar la consulta se preguntó por las áreas cosechadas y como respuesta se obtuvo, que existió parcelas sembradas, pero no cosechadas, porque la siembra fue atacada por una plaga originando una pérdida total de la producción. Por otro lado, se puede visualizar que todas las comunidades tuvieron parcelas por debajo de 0.5 ha de superficie, mientras que las comunidades que presentan al menos una parcela grande con valores cercano a 2.0 ha son: Canal B Pachachaca, Ccorhuani, Imponeda, Quitasol y Paltaipata. Finalmente, las comunidades con parcelas que están alrededor de 0.5 ha son Aymas, Huayllabamba, Illanya, Moyocorral Alta y Tamburco.

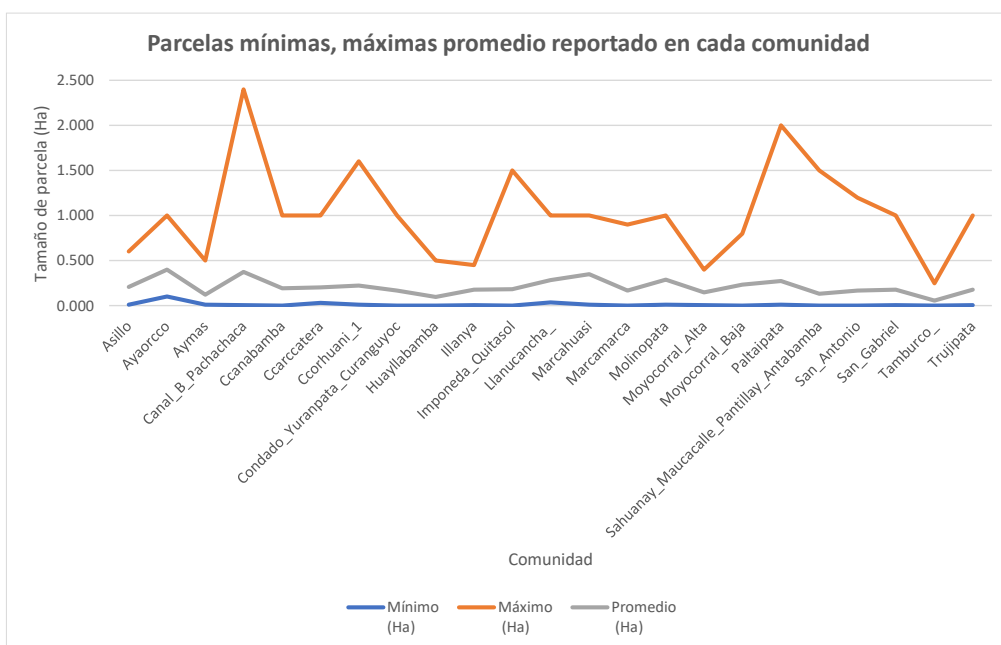


Figura 29: Parcelas mínimas, máximas y promedio reportado en cada comunidad

Por otro lado, al realizarse la optimización de la superficie de las parcelas para comunidad, para los cuatro escenarios, se puede apreciar que bajo el escenario de cambio climático la mayoría de las comunidades presentan un descenso en la superficie respecto al escenario

base. Por otro lado, al considerarse un escenario de política y el escenario conjunto se revierte la situación presentada en el escenario de cambio climático. Asimismo, la mayoría de las comunidades por ejemplo: Imponeda, Canal B Pachachaca, San Antonio, Ccanabamba, Llanuncancha, Ccarccatera, Condado, Yuranpata, Curanguyoc son las que presentan mayor superficie acumulada en cualquiera de los escenarios.

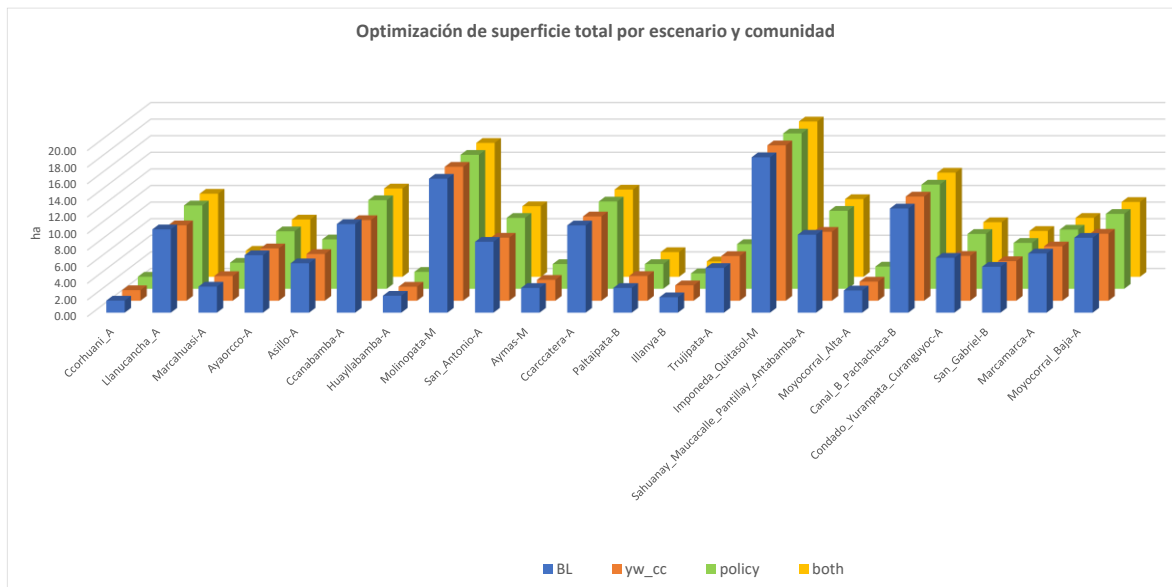


Figura 30: Optimización de superficie total por escenario y comunidad

Para mayor detalle, la Figura 29 muestra que las comunidades de la cuenca media (Imponeda-Quitasol y Molinopata) son las que presentan mayor superficie donde las superficies totales no presentan una variación significativa entre escenarios. Las comunidades ubicadas en la parte alta de la cuenca presentan menores superficies y su afectadas por los impactos del cambio climático representado por la variable yw_cc como las comunidades de Ayaorcco, Sahuanay, Maucacalle, pantillay y Antibamba, Condado, Yuranpata, Curanguyoc, Moyocorral Baja, Moyocorral Alta, Marcamarca, Ccarccatera, San Antonio, Huayllabamba, Ccanabamba, Asillo, Llanuncancha y Ccorhuani. A continuación, se muestran los resultados numéricos obtenidos.

Tabla 17: Datos resultado de la optimización de superficie total por escenario y comunidad

Comunidad	BL	yw_cc	policy	both
Ccorhuani_A	1.45	1.27	1.45	1.45
Llanucancha_A	10.04	9.09	10.04	10.02
Marcahuasi-A	3.14	2.97	3.14	3.14
Ayaorcco-A	6.93	6.30	6.93	6.91
Asillo-A	5.95	5.63	5.95	5.95
Ccanabamba-A	10.68	9.71	10.68	10.65
Huayllabamba-A	2.04	1.69	2.04	2.03
Molinopata-M	16.14	16.14	16.14	16.14
San_Antonio-A	8.54	7.60	8.54	8.51
Aymas-M	2.98	2.52	2.98	2.97
Ccarccatera-A	10.52	10.16	10.52	10.52
Paltaipata-B	2.98	2.98	2.98	2.98
Illanya-B	1.86	1.86	1.86	1.86
Trujipata-A	5.39	5.38	5.39	5.39
Imponeda_Quitasol-M	18.72	18.72	18.72	18.72
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba-A	9.39	8.31	9.39	9.36
Moyocorral_Alta-A	2.68	2.30	2.68	2.66
Canal_B_Pachachaca-B	12.55	12.55	12.55	12.55
Condado_Yuranpata_Curanguyoc-A	6.61	5.40	6.61	6.58
San_Gabriel-B	5.53	4.77	5.53	5.53
Marcamarca-A	7.13	6.55	7.13	7.11
Moyocorral_Baja-A	9.02	8.07	9.02	9.02
Total	160.25	149.97	160.25	160.03

Bajo el escenario con reducción de disponibilidad hídrica o de cambio climático expresado mediante el escenario *yw_cc*, muestra el efecto sobre la superficie de secano no es mucho comparado con el resto de las comunidades que presentan superficie bajo riego, mientras que en el escenario de política definido como *policy*, muestra una reducción menor comparada con el escenario de cambio climático, dado que algunas comunidades optaron por manejar cultivos de secano y menos bajo riego. Dicho de otro modo, los agricultores reaccionan aumentando superficie de secano, porque es posible que los productores prefieran incrementar la superficie mientras exista las lluvias, porque en la época de estiaje no contarían con recursos hídricos para usar el sistema de regadío.

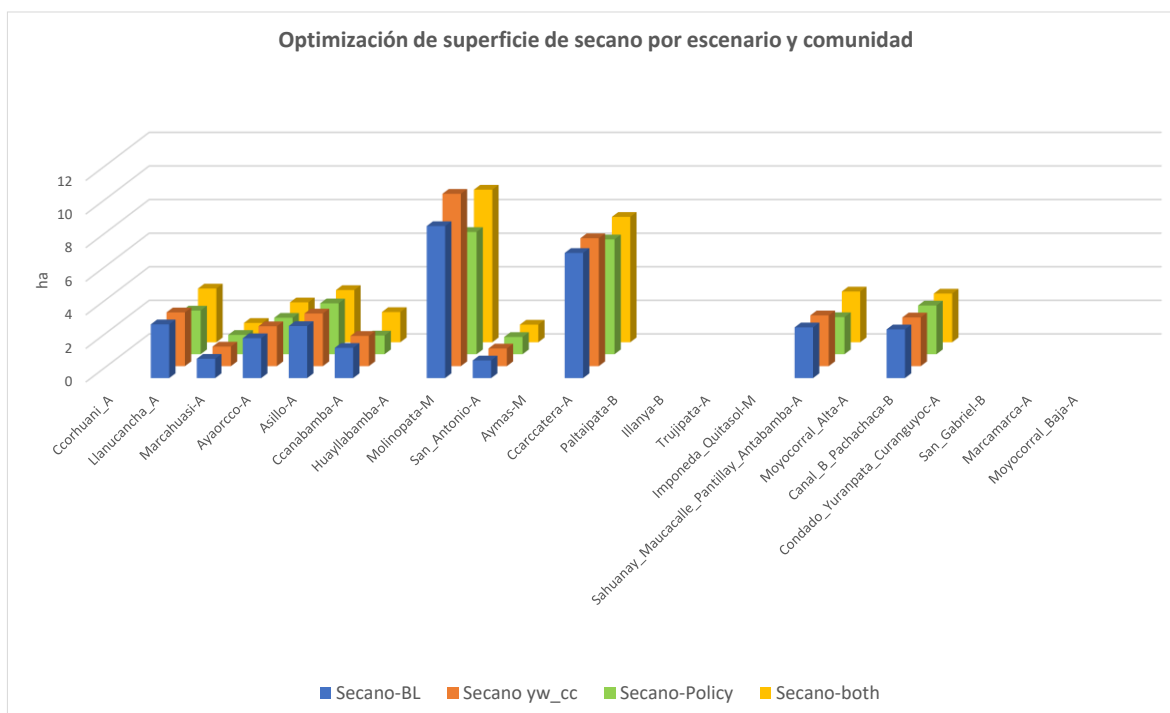


Figura 31: Optimización de superficie de secano por escenario y comunidad

Sobre los resultados numéricos, se puede apreciar que no todas las comunidades manejan superficies de secano, donde la mayor superficie de secano es manejada en la parte alta de la microcuenca. A continuación, se muestran los resultados:

Tabla 18: Datos resultado de la optimización de superficie de secano por escenario y comunidad

Comunidad	Secano-BL	Secano yw_cc	Secano-Policy	Secano-both
Ccorhuani_A				
Llanucancha_A	3.20	3.20	2.60	3.20
Marcahuasi-A	1.15	1.16	1.15	1.15
Ayaorcco-A	2.37	2.38	2.17	2.37
Asillo-A	3.10	3.13	3.03	3.11
Ccanabamba-A	1.80	1.80	1.11	1.80
Huayllabamba-A				
Molinopata-M	9.05	10.26	7.28	9.09
San_Antonio-A	1.05	1.05	1.03	1.05
Aymas-M				
Ccarccatera-A	7.45	7.62	6.84	7.47
Paltapata-B				
Illanya-B				

<<Continuación>>

Comunidad	Secano-BL	Secano yw_cc	Secano-Policy	Secano-both
Trujipata-A				
Imponeda_Quitaspal-M				
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba-A	3.02	3.02	2.21	3.02
Moyocorral_Alta-A				
Canal_B_Pachachaca-B	2.90	2.90	2.90	2.90
Condado_Yuranpata_Curanguyoc-A				
San_Gabriel-B				
Marcamarca-A				
Moyocorral_Baja-A				
Total	35.09	36.52	30.31	35.16

Respecto a las superficies bajo riego, en el escenario de política el cual involucra la eficiencia en el uso del agua, muestra como resultado que la mayoría las comunidades presenta un aumento de la superficie sembrada comparada con el escenario base. Por otro lado, en un escenario de reducción de la disponibilidad hídrica producto del impacto del cambio climático, se da efectos diferenciados para cada cultivo. Por ejemplo, hay un aumento de superficie agrícola para la alverja, camote, cebada, haba, maíz amarillo, maíz choclo, pepinillo, tomate y zanahoria; mientras, para el resto de los cultivos se mantiene o se reduce la superficie agrícola.

En caso de aplicarse la política, la mayoría de las comunidades presentan un aumento de las superficies bajo riego por comunidad comparadas con el escenario base. Mientras que en un escenario conjunto donde se considera el impacto del cambio climático y la aplicación de una política los resultados muestran que las condiciones mejoran comparadas con el escenario base en las superficies bajo riego, sobre todo, en las comunidades ubicadas en la parte alta, seguido de la parte media y baja.

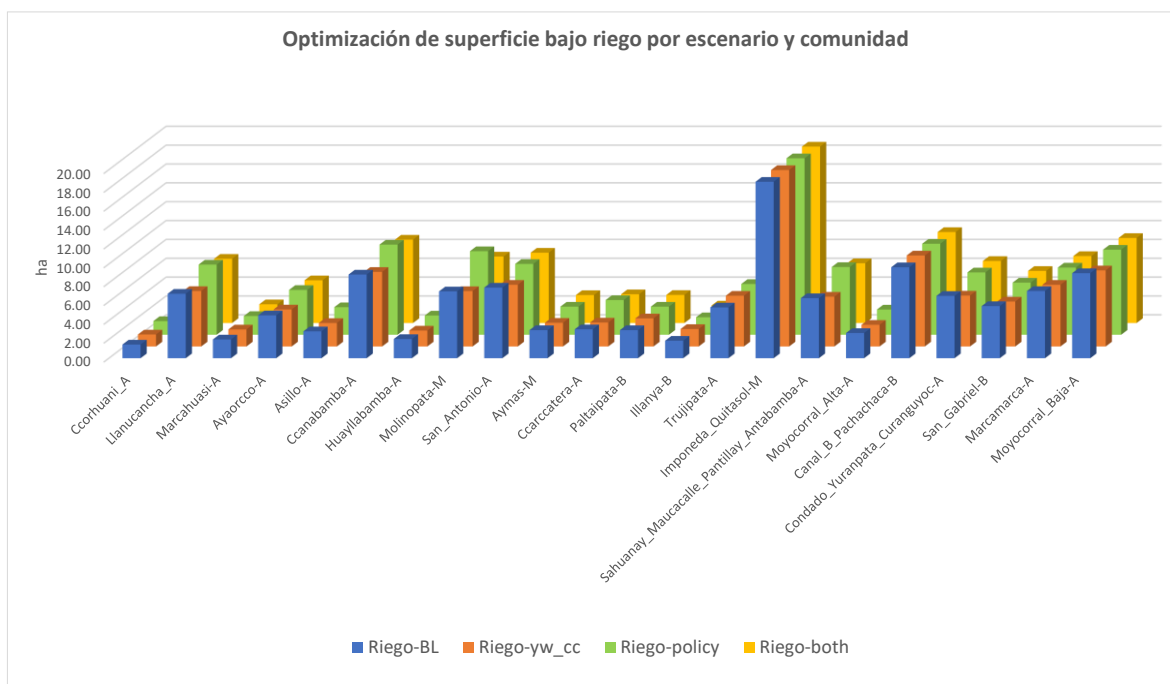


Figura 32: Optimización de superficie bajo riego por escenario y comunidad

A continuación, se muestra los resultados numéricos de la optimización de la superficie agrícola para cada uno de los escenarios y por comunidad en las superficies bajo riego.

Tabla 19: Datos resultado de la optimización de superficie bajo riego por escenario y comunidad

Comunidad	Riego-BL	Riego-yw_cc	Riego-policy	Riego-both
Ccorhuani_A	1.45	1.27	1.45	1.45
LlanucanCHA_A	6.84	5.89	7.44	6.82
Marcahuasi-A	1.99	1.81	1.99	1.99
Ayaorcco-A	4.55	3.93	4.75	4.53
Asillo-A	2.85	2.49	2.92	2.84
Ccanabamba-A	8.88	7.91	9.56	8.85
Huayllabamba-A	2.04	1.69	2.04	2.03
Molinopata-M	7.09	5.88	8.86	7.05
San_Antonio-A	7.49	6.55	7.51	7.46
Aymas-M	2.98	2.52	2.98	2.97
Ccarccatera-A	3.07	2.54	3.68	3.05
Paltaipata-B	2.98	2.98	2.98	2.98
Illanya-B	1.86	1.86	1.86	1.86
Trujipata-A	5.39	5.38	5.39	5.39
Imponeda_Quitasol-M	18.72	18.72	18.72	18.72

<<Continuación>>

Comunidad	Riego-BL	Riego-yw_cc	Riego-policy	Riego-both
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba-A	6.37	5.28	7.19	6.34
Moyocorral_Alta-A	2.68	2.30	2.68	2.66
Canal_B_Pachachaca-B	9.65	9.65	9.65	9.65
Condado_Yuranpata_Curanguyoc-A	6.61	5.40	6.61	6.58
San_Gabriel-B	5.53	4.77	5.53	5.53
Marcamarca-A	7.13	6.55	7.13	7.11
Moyocorral_Baja-A	9.02	8.07	9.02	9.02
Total	125.16	113.44	129.94	124.87

En ese sentido, comparando dichos resultados y los anteriores existe comunidades, la mayoría en la parte alta de la microcuenca, quienes manejan superficies bajo riego y secano, donde el cambio climático afecta en mayor medida a aquellos cultivos bajo riego, dado que una menor disponibilidad del recurso hídrico.

5.2.2.3. Resultados sobre el nivel de producción

El análisis de la producción agrícola en la microcuenca, se basó en la información de los 20 principales cultivos, los cuales ocupan el 90 por ciento de la superficie agrícola en el Mariño. De determinó, como producto principal que se maneja es la alfalfa, el cual es utilizado como insumo para desarrollar la actividad pecuaria. El segundo producto con mayor importancia es la palta gracias al *boom* de la exportación principalmente en la cuenca baja.

Tabla 20: Optimización de producción por escenario y cultivo (Miles de Tn)

Cultivos	BL	Policy	Var. % respecto a BL	yw_cc	Var. % respecto a BL	Both	Var. % respecto a BL
alfalfa	617.89	691.84	11.97	534.21	-13.54	615.23	-0.43
palta_fuerte	178.70	178.71	0.00	178.70	0.00	178.71	0.00
maiz_amarillo	104.71	87.67	-16.27	109.22	4.31	105.22	0.48
papa	84.39	81.27	-3.69	82.95	-1.70	84.34	-0.06
maiz_amilaceo	47.87	45.80	-4.33	47.36	-1.07	47.91	0.07
cebada_forrajera	18.51	17.53	-5.32	18.08	-2.30	18.50	-0.07
pepinillo	17.38	18.55	6.70	12.58	-27.65	17.10	-1.60
maiz_choclo	14.41	14.19	-1.54	14.26	-1.01	14.42	0.05
tomate	11.26	11.58	2.80	10.39	-7.75	11.19	-0.62
Camote	10.63	10.62	-0.11	9.97	-6.29	10.65	0.18

<<Continuación>>

Cultivos	BL	Policy	Var. % respecto a BL	yw_cc	Var. % respecto a BL	Both	Var. % respecto a BL
alverja	10.02	9.43	-5.92	9.55	-4.67	10.02	-0.03
frejol	6.22	6.20	-0.34	5.99	-3.75	6.22	-0.11
haba	5.97	5.45	-8.61	6.12	2.52	5.98	0.23
zanahoria	5.71	5.75	0.72	4.98	-12.78	5.68	-0.45
brocoli	4.06	4.07	0.00	4.06	0.00	4.07	0.00
lechuga	1.99	1.99	0.04	1.63	-18.12	1.98	-0.48
vainita	1.73	1.73	0.00	1.73	0.00	1.73	0.00
Total general	1141.47	1192.36	4.46	1051.79	-7.86	1138.93	-0.22

La tabla anterior, muestra que el escenario de política con 1,192.36 miles de toneladas, presenta mayores volúmenes de producción comparado con el resto de los escenarios. La tabla de resultados, los cuadros en plomo evidencian las mayores variaciones, mientras que los de color naranja aquellos que no presentan variaciones. Estos resultados sin comparados con el escenario base. Por ejemplo, se da un aumento en la producción de alfalfa bajo el escenario de política, mientras que el maíz amarillo, cebada forrajera, alverja y haba muestran efectos negativos respecto al escenario base. Por otro lado, la palta fuerte es el fruto que no se vería afectado respecto al escenario base y las hortalizas como pepinillo, tomate, camote, zanahoria, brócoli y vainita, tampoco presentarían mayores variaciones.

En el escenario de cambio climático la alfalfa y el pepinillo se verían fuertemente afectados, mientras, que el escenario conjunto, no presentarían variaciones significativas a nivel de la producción. Por otro lado, la alfalfa al no ser cultivo de consumo humano directo, sino un insumo de la actividad pecuaria y evaluar la dinámica de los cultivos en cada uno de los escenarios planteados se ensayó retirar del análisis la participación de la alfalfa. En ese sentido, se determinó que el siguiente cultivo de más importancia en la microcuenca es la palta, seguido del maíz amarillo, la papa y el maíz amiláceo. Al retirar la alfalfa de los escenarios de producción, se determinó que el escenario de política presenta menos producción respecto a los otros escenarios.

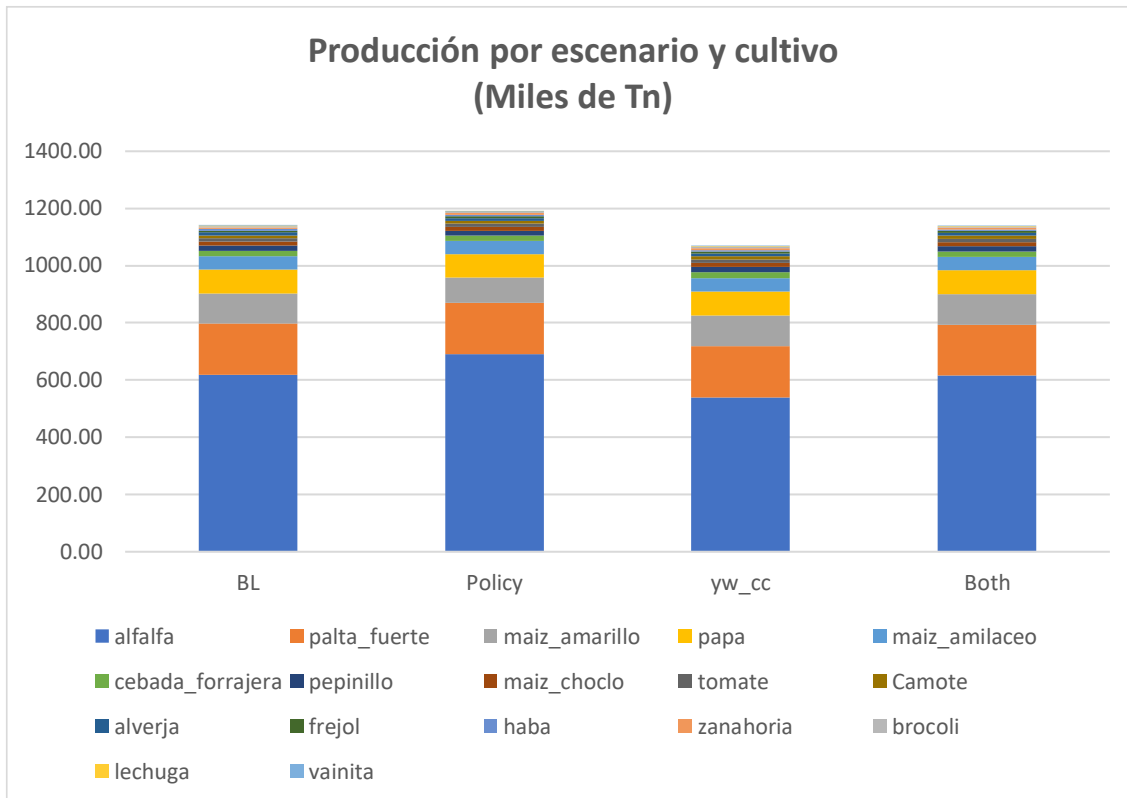


Figura 33: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo

Dado que la palta es un fruto con mayor producción la parte baja de la cuenca y el segundo de mayor importancia, se consideró analizar los diferentes escenarios sin considerar tanto la alfalfa y la palta. Es así, que los resultados muestran la participación del resto de los cultivos, donde los siguientes cultivos con mayor importancia son la papa, el maíz amarillo, maíz amiláceo, la cebada cuyas variedades asociadas a estos cultivos son considerados nativos con alto valor nutritivo que sostiene no solo a las familias agrícolas sino a la población en general.

Asimismo, los siguientes cultivos con mayor importancia son las hortalizas como el pepinillo y tomate. Lo más relevante, el efecto en la producción sin considerar la alfalfa y la palta, es el resultado bajo el escenario de política donde se presenta una reducción de la producción, es decir, pesar que exista un aumento en la eficiencia en uso del agua se da una reducción de la producción para este escenario comparado con el resto de los escenarios.

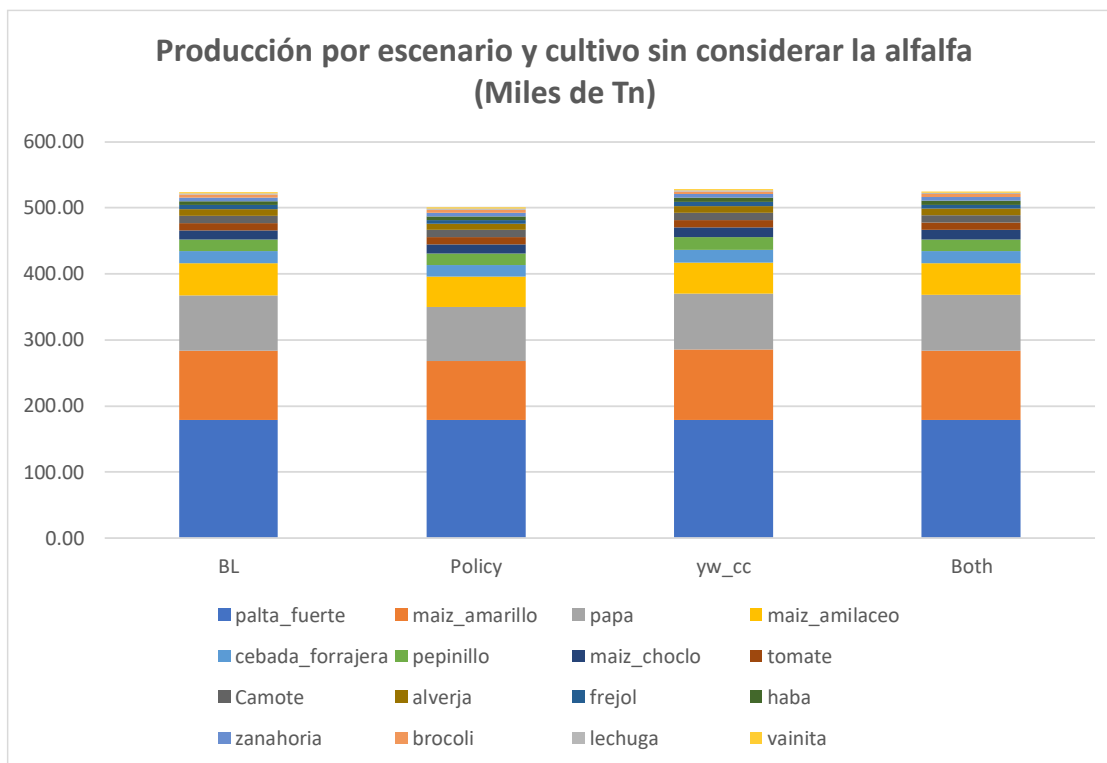


Figura 34: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo sin considerar la alfalfa

La alfalfa se consolida como la actividad de mayor importancia con una producción igual a 617.89tn, presenta una disminución del -13.54 por ciento en el escenario de cambio climático, dicha actividad es sembrado en la mayoría de las comunidades a excepción de San Gabriel y Tamburco, actividad considera insumo relevante en la crianza de animales de corral y su facilidad para ser comercializado. La siguiente actividad, palta con 178.70 tn de producción en el escenario base, cuya producción no se vería afectada por el cambio climático como tampoco cambiaría su nivel de producción en el resto de los escenarios.

Sobre los cultivos conocidos como nativos, las actividades papa y maíz (estos cultivos agrupan los diferentes tipos de papa de maíz), donde los tubérculos presentan una disminución igual a -1.70 por ciento en su producción, mientras, el maíz amiláceo conjuntamente con el resto de variedades de maíz presenta una disminución igual a -1.07 por ciento, finalmente el maíz choclo presentan una disminución igual a -1.01 por ciento.

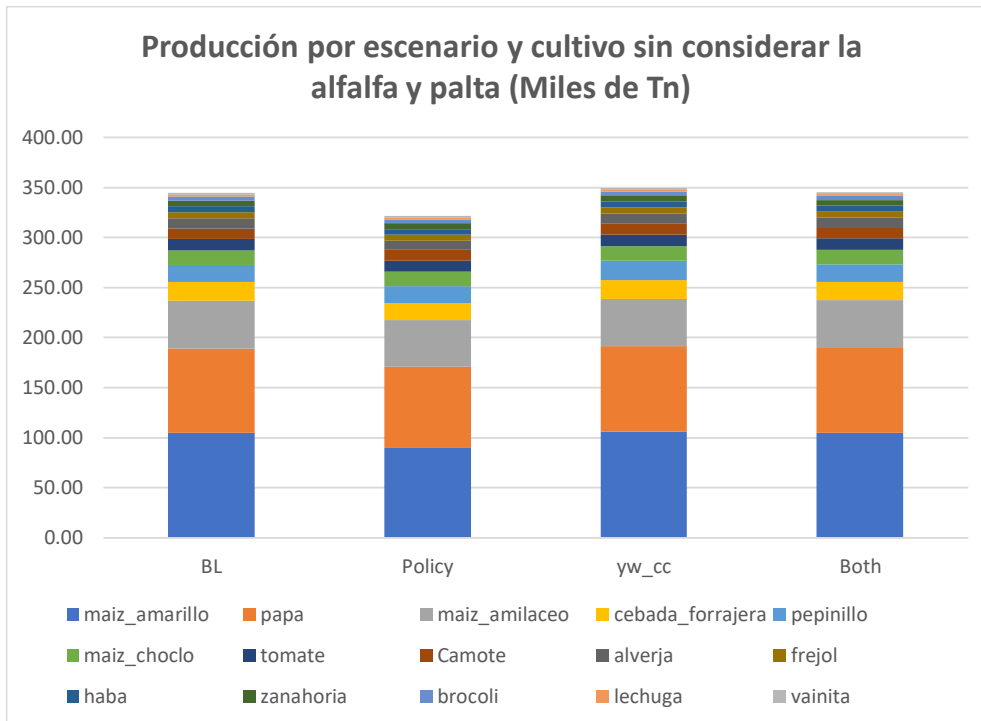


Figura 35: Optimización de la producción por escenario y tipo de cultivo sin considerar la alfalfa y palta

Por otro lado, el maíz amarillo tiene un aumento de +4.31 por ciento en el escenario de cambio climático un comportamiento opuesto al resto de los cultivos. Respecto a las hortalizas y legumbres el pepinillo, zanahoria y lechuga presentan fuerte disminución en su nivel de producción de -27.65 por ciento, -12.78 por ciento y -18.12 por ciento respectivamente. El resto de las actividades como cebada, tomate, camote, alverja y frejol presentan disminuciones en el escenario de cambio climático en menor medida. Finalmente, respecto al haba (actividad introducida, pero de manejo ancestral) aumenta su nivel de producción en 2.52 por ciento, mientras que el brócoli y la vainita no presenta variaciones.

5.2.2.4. Resultados sobre el nivel de ingresos

Respecto al nivel de los ingresos, tomando en cuenta los tres escenarios, se puede apreciar que el nivel de ingresos es mayor en el escenario de política (incremento de la eficiencia en el uso del agua) respecto a los demás escenarios. Dicho incremento en la eficiencia se puede

hacer a través del uso de tecnologías más eficientes para el riego o la mejora en la conducción o transporte, pero esta política no tendría sentido, si no se realiza una inversión conjunta en infraestructura para la captación, transferencia y distribución del agua. En el escenario de política se obtiene un ingreso promedio de S/ 1,240.02 miles de soles el cual es mayor a S/ 1,223.70; S/ 1,178.92 y S/ 1,222.71 miles de soles de los escenarios Base, reducción de la disponibilidad hídrica o ambos respectivamente para toda la microcuenca.

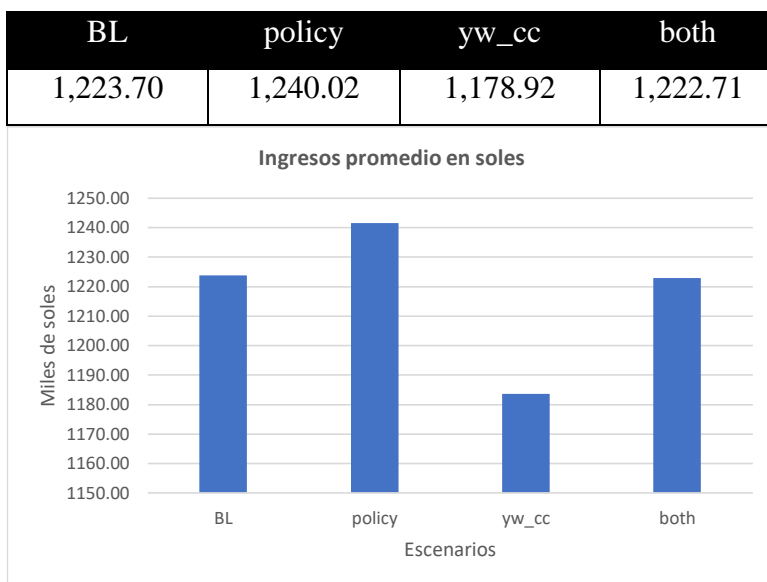


Figura 36: Optimización de los ingresos netos por escenario

Por otro lado, al analizar los ingresos netos de los productores para cada uno de los escenarios, se puede apreciar que las comunidades Ccorhuani, Illanya, Moyocorral Alta, Huayllabamba, Aymas, Trujipata, Marcahuasi, Paltaipata, Asillo, Ayaorcco presentan ingresos netos menos de 30 mil soles, mientras que la comunidad Canal B Pachachaca, presenta ingresos promedio de 436 mil soles, siendo la comunidad con mayor ingreso neto comparada con las demás. Por otro lado, Imponeda y Quitasol presentan ingresos por encima de los 100 mil soles, pero menos de 150 mil soles y el resto de las comunidades generan ingresos por debajo de 100 mil soles.

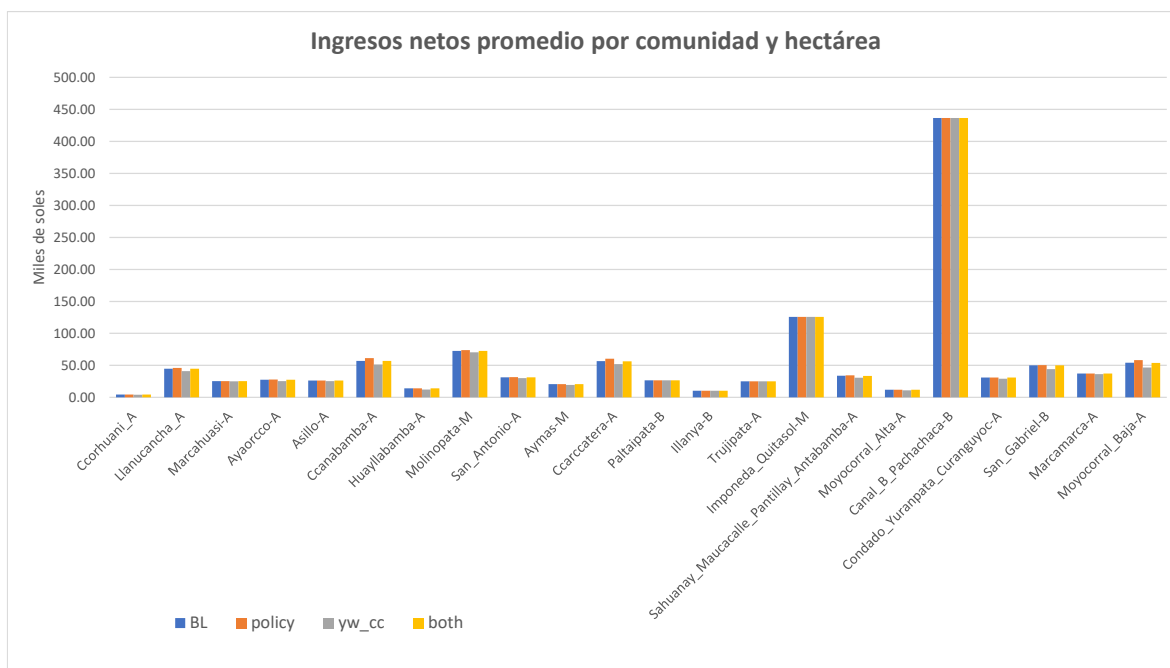


Figura 37: Optimización de los ingresos netos por comunidad

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se muestra los datos, resultado del análisis, donde aquellos valores resaltados en naranja resaltan la no variación de los escenarios respecto al escenario base, mientras, los valores resaltados en plomo evidencian las reducciones que se da en cada escenario respecto al escenario base. Así, las comunidades Ccanabamba, Ccarccatera y Moyocorral Baja presentan mayores ingresos en los escenarios de política y escenario conjunto respecto al escenario base. Sin embargo, Moyocorral Alta, Llanuncancho, Sahuanay, Maucacalle, Pantillay, Antabamba, Ayaorcco y Huayllabamba, son quienes presentarían menores ingresos en un escenario de cambio climático, siendo las más afectadas.

Tabla 21: Optimización de los ingresos netos por comunidad (variación respecto al escenario base en Miles de soles)

Comunidad	BL	policy	Var. % respecto a BL	yw_cc	Var. % respecto a BL	both	Var. % respecto a BL
Canal_B_Pachachaca	436.57	436.57	0.00	436.57	0.00	436.57	0.00
Imponeda_Quitason	125.85	125.85	0.00	125.85	0.00	125.85	0.00
Molinopata	72.73	73.85	1.54	70.42	-3.17	72.68	-0.06

<<Continuación>>

Comunidad	BL	policy	Var. % respecto a BL	yw_cc	Var. % respecto a BL	both	Var. % respecto a BL
Ccanabamba	57.10	61.36	7.47	51.38	-10.02	56.94	-0.28
Ccarccatera	56.55	60.51	7.00	51.90	-8.22	56.43	-0.22
Moyocorral_Baja	54.17	58.29	7.60	46.79	-13.62	54.00	-0.31
San_Gabriel	50.09	50.33	0.48	44.04	-12.08	49.96	-0.25
LlanucanCHA_	44.75	45.98	2.73	40.94	-8.52	44.67	-0.18
Marcamarca	37.32	37.34	0.05	36.27	-2.80	37.30	-0.05
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	33.70	34.45	2.22	30.59	-9.23	33.63	-0.22
San_Antonio	31.43	31.58	0.50	29.95	-4.70	31.39	-0.10
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	31.00	31.01	0.02	29.23	-5.71	30.99	-0.04
Ayaorcco	27.62	28.01	1.43	25.45	-7.87	27.57	-0.16
Paltaipata	26.51	26.51	0.00	26.51	0.00	26.51	0.00
Asillo	26.30	26.34	0.18	25.41	-3.38	26.28	-0.05
Marcahuasi	25.42	25.42	0.00	25.17	-0.99	25.42	0.00
Trujipata	24.99	24.99	0.00	24.99	0.00	24.99	0.00
Aymas	20.59	20.59	0.01	19.50	-5.32	20.58	-0.04
Huayllabamba	14.15	14.15	0.00	12.31	-13.05	14.11	-0.35
Moyocorral_Alta	11.97	11.99	0.17	11.02	-7.88	11.95	-0.16
Illanya	10.54	10.54	0.00	10.54	0.00	10.54	0.00
Ccorhuani_1	4.34	4.35	0.07	4.09	-5.73	4.34	-0.10
Total	1223.70	1240.02	1.33	1178.92	-3.66	1222.71	-0.08

Asimismo, se evaluó los cultivos con mayor o menor ingreso neto, donde palta fuerte, alfalfa, maíz y la papa son los cultivos con mayores ingresos en todos los escenarios. Es importante precisar que la palta es un cultivo permanente de cosecha estacional, es decir, la producción es por temporadas, mientras que la alfalfa es permanente de cosecha continua, es decir, con producción frecuente en el año.

Al no considerar la palta y la alfalfa en el análisis, los siguientes cultivos más rentables son maíz amarillo, papa, maíz amiláceo y maíz choclo y en menor medida el resto de los cultivos. Situación se repite en cualquiera de los escenarios. Cabe mencionar, que los cultivos citados, son de gran importancia en la cuenca alta y media, mientras que en la cuenca baja los productos más relevantes son los frutales, es decir, si la palta no estaría presente este sector de la cuenca baja se vería seriamente afectada.

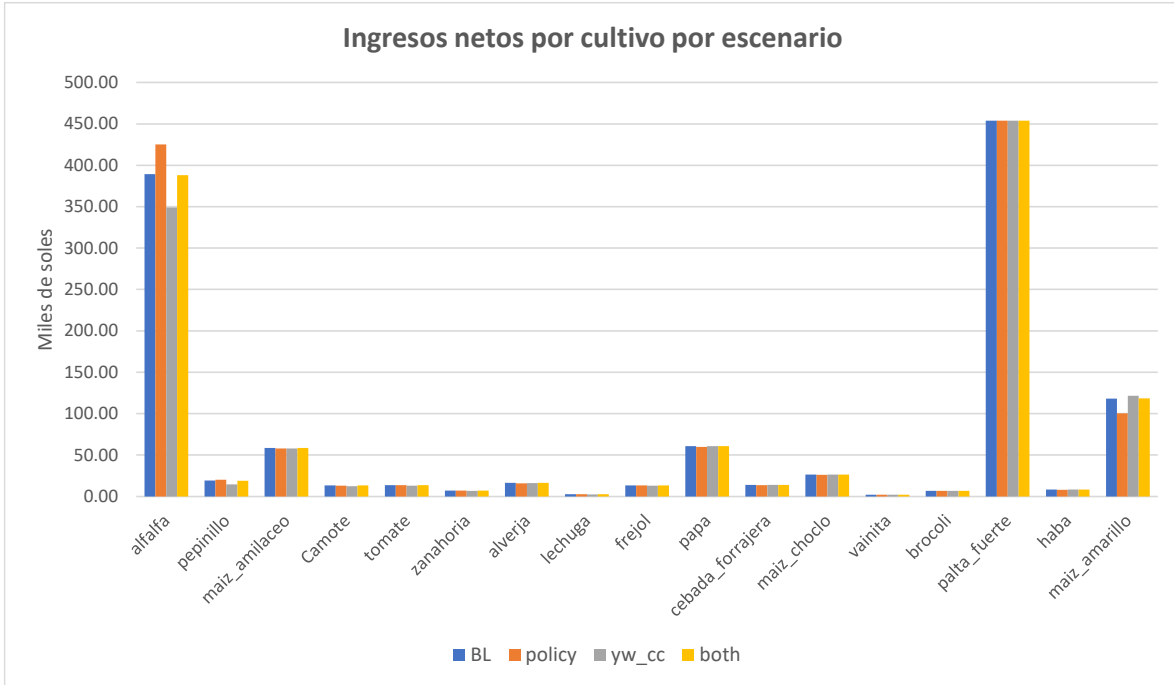


Figura 38: Ingresos netos por cultivos y escenario

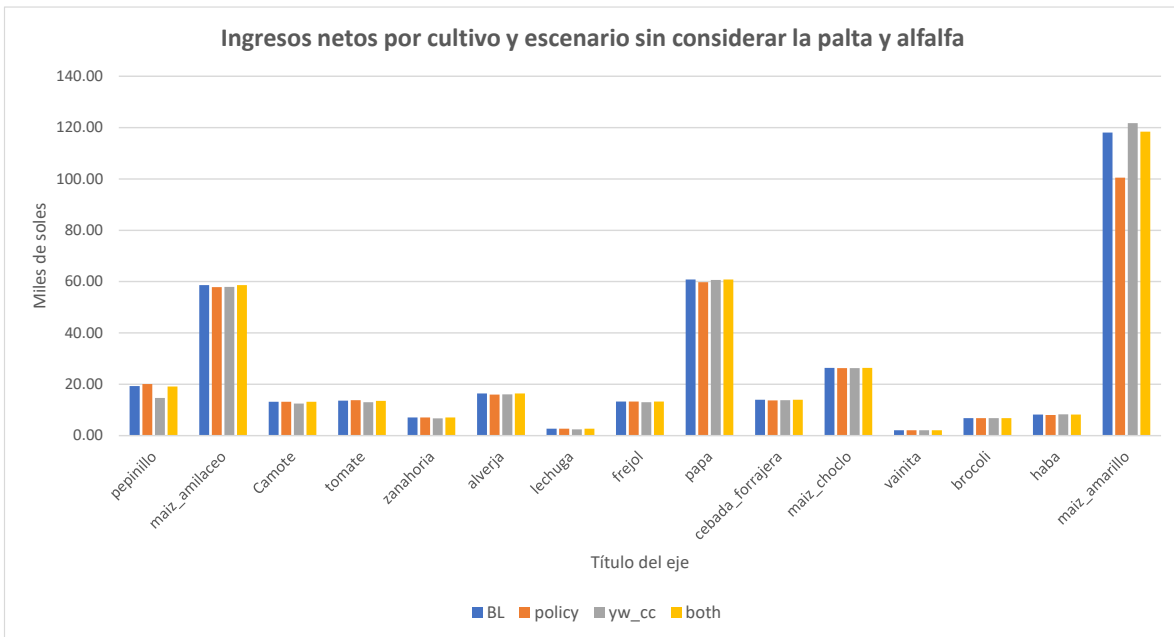


Figura 39: Ingresos netos de los cultivos por escenario sin considerar alfalfa ni palta

5.2.2.5. Resultados sobre la dotación y disponibilidad hídrica

Para el análisis sobre la dotación y disponibilidad de agua se tomó en cuenta el análisis de cascada, el cual representa la relación entre las comunidades en base a la infraestructura hídrica existente tomando en cuenta la distribución del agua y el recorrido del recurso. Tal como se muestra a continuación:

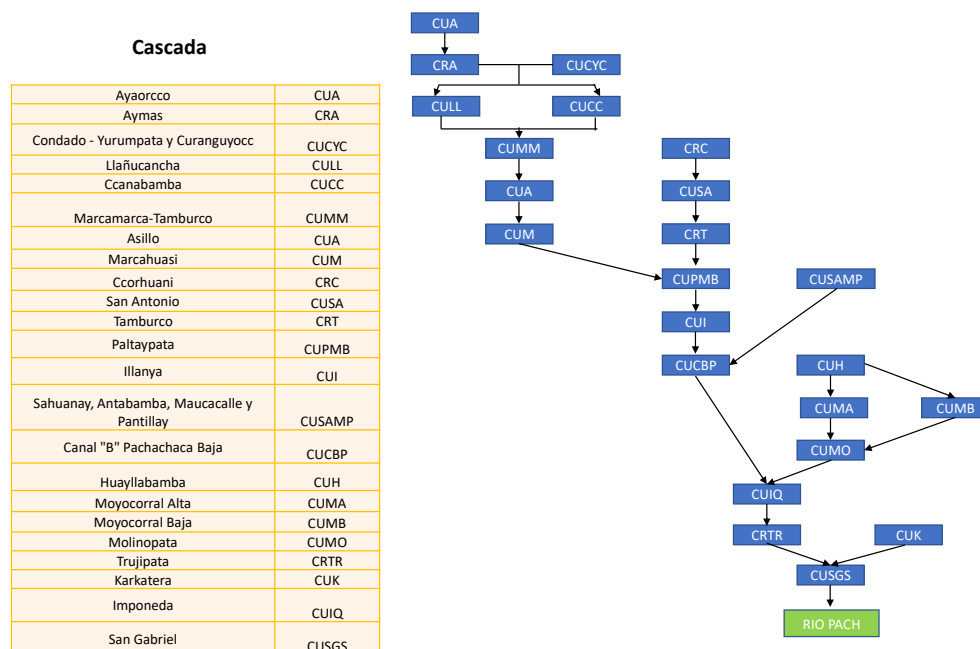


Figura 40: Diagrama cascada relación de las comunidades respecto a la dotación de agua

De acuerdo a la Figura 40, la cual representa la relación y ubicación de las comunidades agua arriba y agua abajo, asimismo, una comunidad o varias pueden servir el recurso a otras comunidades. El agua que se sirven las comunidades va en relación a la extensión y distribución de la infraestructura de riego la cual permite un recorrido del recurso en el sentido de arriba hacia abajo, desembocando finalmente en el río Pachachaca. Por otro lado, si una comunidad no utiliza agua en la parte alta, dejará más agua en la parte baja y por tanto aumentaría la dotación de agua para las comunidades ubicadas agua abajo. Se asume que no hay costos de transferencia de agua entre las comunidades. Por otro lado, la dotación de agua por comunidad puede depender del agua que dejen de utilizar algunas comunidades. las 23

comunidades se encuentran interconectadas, por ende, el consumo de una comunidad influye en la dotación de agua de otra comunidad.

Es evidente que la reducción de la precipitación es resultado del impacto del cambio climático que finalmente se traduce en una afectación de la dotación de agua. En el escenario con política la dotación de agua será mayor sobre todo en las comunidades: Imponeda, Quitasol, Molinopata, Moyocorral Baja, Sahuanay, Maucacalle, Pantillay, Antabamba, Ccanabamba y Llanuncancha. Es importante mencionar que los escenarios *BL* y *yw_cc*, base y cambio climático respectivamente, *no* son visibles en la gráfica de evolución de la dotación de agua porque se superpone con el escenario *both* (escenario conjunto), en ese sentido, ambos escenarios no mostrarían cambios respecto al escenario *both*.

Tabla 22: Optimización de la dotación de agua por escenario y comunidad (m³/ha/año)

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Imponeda_Quitasol	12,522.04	12,522.04	10,382.02	10,382.02
Molinopata	9,027.64	9,027.64	7,484.82	7,484.82
Moyocorral_Baja	8,527.15	8,527.15	7,069.86	7,069.86
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	8,115.97	8,115.97	6,728.95	6,728.95
Canal_B_Pachachaca	7,535.75	7,535.75	6,247.89	6,247.89
Ccanabamba	6,950.04	6,950.04	5,762.28	5,762.28
Llanuncancha_	5,540.87	5,540.87	4,593.94	4,593.94
San_Antonio	5,524.79	5,524.79	4,580.61	4,580.61
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	4,021.95	4,021.95	3,334.60	3,334.60
Ccarccatera	3,904.55	3,904.55	3,237.26	3,237.26
Paltaipata	3,794.41	3,794.41	3,145.95	3,145.95
Marcamarca	3,677.15	3,677.15	3,048.72	3,048.72
Ayaorcco	3,501.70	3,501.70	2,903.26	2,903.26
San_Gabriel	3,348.24	3,348.24	2,776.03	2,776.03
Trujipata	3,282.96	3,282.96	2,721.91	2,721.91
Moyocorral_Alta	2,740.58	2,740.58	2,272.21	2,272.21
Asillo	2,599.51	2,599.51	2,155.25	2,155.25
Huayllabamba	2,594.97	2,594.97	2,151.49	2,151.49
Aymas	2,501.27	2,501.27	2,073.81	2,073.81
Illanya	2,361.96	2,361.96	1,958.30	1,958.30
Marcahuasi	1,401.12	1,401.12	1,161.67	1,161.67
Ccorhuani_1	1,268.71	1,268.71	1,051.89	1,051.89

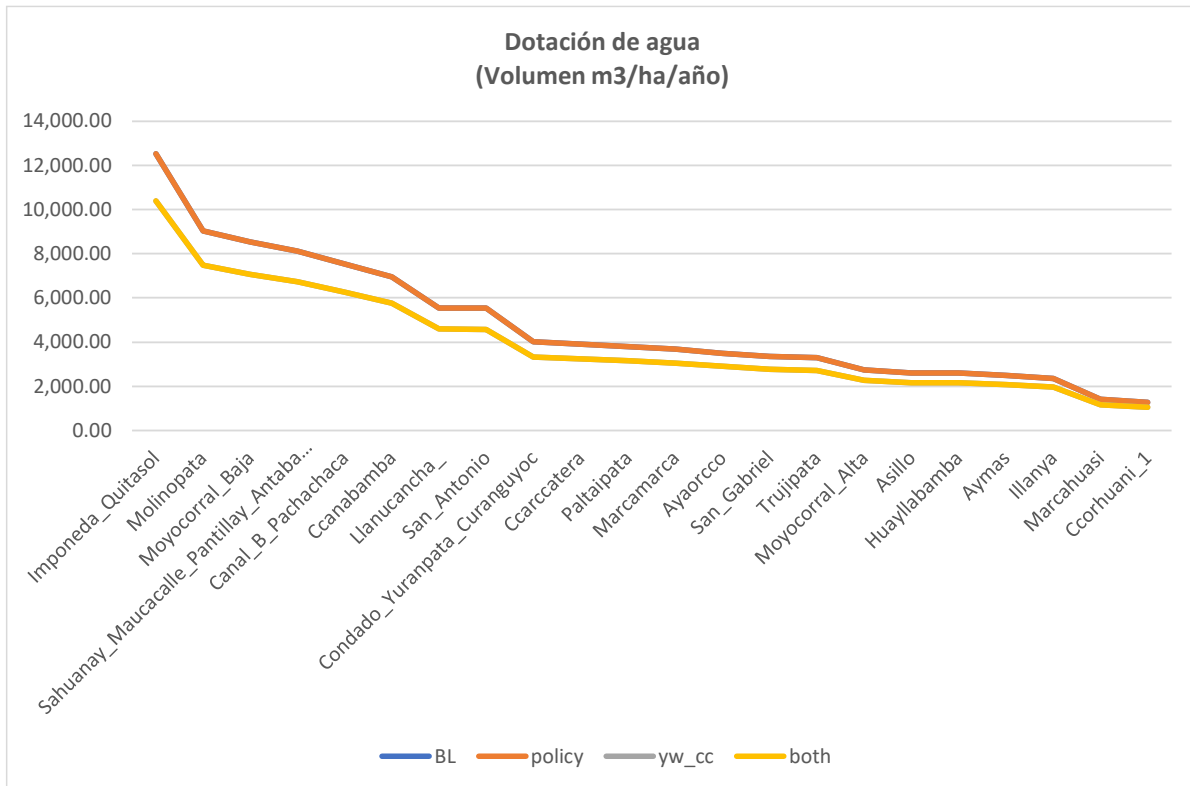


Figura 41: Optimización de la dotación de agua por comunidad

Respecto al agua disponible, esta debe ser menor o igual que la dotación de agua más el agua no utilizada en las comunidades agua arriba. El agua disponible está asociado a la eficiencia de transporte del recurso. Dicha eficiencia también estaría relacionada con las características de la infraestructura hidráulica, donde si los canales son de tierra tendría menos eficiencia que un canal de cemento. De acuerdo a los resultados, en un escenario de cambio climático, la mayoría de las comunidades se verán afectadas en la disponibilidad de agua, la comunidad de Paltaipata es la comunidad que tendría un mayor efecto inverso comparada con el resto de las comunidades, dado que tendría más agua disponible, una explicación sería que dicha comunidad se sirve del agua no utilizada del resto de las comunidades tal como se muestra en la figura de la cascada.

Es evidente que en el escenario de política se da una mayor disponibilidad de agua al asumir una mayor eficiencia en uso del agua, mientras que, en el escenario conjunto, donde se da el cambio climático y la aplicación de la política, mejora parcialmente la disponibilidad de agua

solo en algunas comunidades como Imponeda-Quitasol, Canal B Pachachaca, Trujipata e Illanlla.

Tabla 23: Optimización de la disponibilidad de agua por escenario y comunidad (m³/ha/año)

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Imponeda_Quitasol	7,513.22	13,004.96	7,849.90	7,970.19
Molinopata	5,416.59	6,499.90	4,490.89	5,389.07
Moyocorral_Baja	5,116.29	6,605.81	4,241.91	5,090.30
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	4,869.58	5,843.50	4,037.37	4,844.84
Canal_B_Pachachaca	4,521.45	6,961.22	5,018.88	4,759.72
Ccanabamba	4,170.02	5,004.03	3,572.79	4,676.28
LlanucanCHA_	3,324.52	3,989.43	2,756.36	3,307.63
San_Antonio	3,314.88	3,977.85	2,748.36	3,298.04
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	2,413.17	2,895.80	2,000.76	2,400.91
Ccarccatera	2,342.73	2,811.28	1,942.36	2,330.83
Paltaipata	2,276.65	3,497.76	4,912.25	2,801.95
Marcamarca	2,206.29	2,647.55	1,829.23	2,195.08
Ayaorcco	2,101.02	2,521.23	1,741.96	2,090.35
San_Gabriel	2,008.95	2,410.74	1,665.62	1,998.74
Trujipata	1,969.78	7,855.47	1,969.82	2,416.74
Moyocorral_Alta	1,644.35	2,284.61	1,363.33	1,635.99
Asillo	1,559.70	2,354.24	1,293.15	1,551.78
Huayllabamba	1,556.98	1,868.38	1,290.89	1,549.07
Aymas	1,500.76	1,800.92	1,244.28	1,493.14
Illanya	1,417.17	3,054.50	2,298.24	1,666.84
Marcahuasi	840.67	1,740.61	697.00	836.40
Ccorhuani_1	761.23	913.47	631.13	757.36
Tamburco_		563.96		

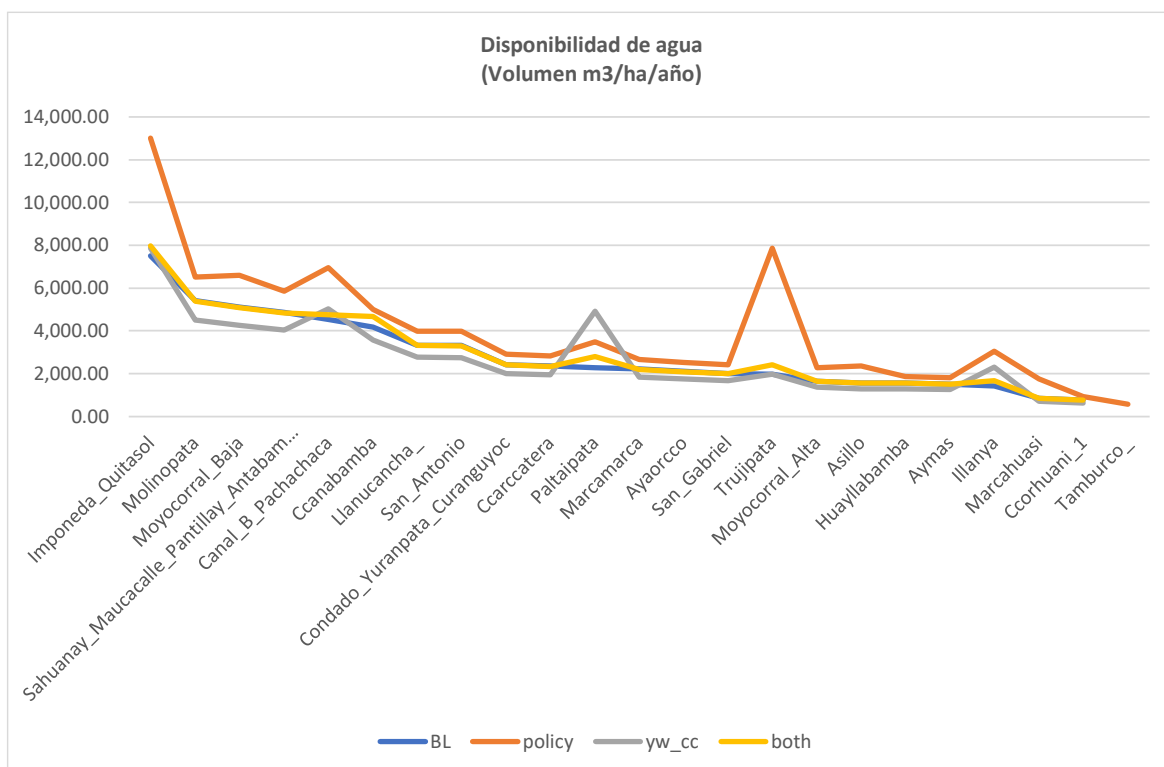


Figura 42: Optimización de la disponibilidad de agua por comunidad

A continuación, se muestra el análisis de optimización del agua no utilizada por comunidad para cada uno de los escenarios. Bajo el escenario de política muestra una cantidad de agua no utilizada en las comunidades la cual estaría disponible para las comunidades en el sentido agua arriba hacia agua abajo. En el escenario de cambio climático hay menos cantidad de agua no utilizada que pueda estar disponible para las comunidades, la misma situación se da en el escenario conjunto.

Tabla 24: Optimización del agua no utilizada por escenario y comunidad (m³/ha/año)

Comunidad	policy	yw_cc	both
Trujipata	8,174.57	0.08	620.78
Imponeda_Quitaspall	7,627.41	561.14	634.68
Canal_B_Pachachaca	5,268.97	2,701.15	687.69
Paltaipata	1,880.40	1,872.10	356.76
Illanya	1,641.66	2,116.91	362.83
Asillo	1,016.39		
San_Antonio	783.28		

<<Continuación>>

Comunidad	policy	yw_cc	both
Aymas	729.25		
Marcamarca	670.27		
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	649.13		
Moyocorral_Alta	647.59		
San_Gabriel	495.43		
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	490.94		
Huayllabamba	432.50		
Ayaorcco	319.48		
Molinopata	271.44		
Marcahuasi	233.52	5,041.13	745.65
Ccorhuani_1	201.64		
Tamburco_	100.82		
LlanucanCHA_	94.36	192.37	

En base a la cascada mostrada anteriormente, se puede deducir las siguientes relaciones:

- Existe una dotación de agua
- Una disponibilidad de agua que puede ser menor o igual a la dotación de agua
- El agua utilizada agua abajo es la suma del agua no utilizada aguas arriba más la disponibilidad de agua.

Tabla 25: Optimización del agua utilizada por escenario y comunidad (m³/ha/año)

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Imponeda_Quitason	7,513.22	7,513.22	7,513.22	7,513.22
Molinopata	5,416.59	6,770.73	4,490.89	5,389.07
Moyocorral_Baja	5,116.29	6,295.24	4,241.91	5,090.30
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	4,869.58	5,490.02	4,037.37	4,844.84
Canal_B_Pachachaca	4,521.45	4,521.45	4,521.45	4,521.45
Ccanabamba	4,170.02	5,004.03	3,457.37	4,148.84
LlanucanCHA_	3,324.52	3,921.49	2,640.94	3,307.63
San_Antonio	3,314.88	3,486.48	2,748.36	3,298.04
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	2,413.17	2,428.43	2,000.76	2,400.91
Ccarccatera	2,342.73	2,811.28	1,942.36	2,330.83
Paltaipata	2,276.65	2,276.65	2,276.65	2,276.65
Marcamarca	2,206.29	2,232.89	1,944.66	2,195.08
Ayaorcco	2,101.02	2,291.20	1,741.96	2,090.35
San_Gabriel	2,008.95	2,054.03	1,665.62	1,998.74

<<Continuación>>

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Trujipata	1,969.78	1,969.78	1,969.78	1,969.78
Moyocorral_Alta	1,644.35	1,662.65	1,363.33	1,635.99
Asillo	1,559.70	1,622.44	1,293.15	1,551.78
Huayllabamba	1,556.98	1,556.98	1,290.89	1,549.07
Aymas	1,500.76	1,505.88	1,244.28	1,493.14
Illanya	1,417.17	1,417.17	1,417.17	1,417.17
Marchuasi	840.67	840.67	697.00	836.40
Ccorhuani_1	761.23	768.29	631.13	757.36

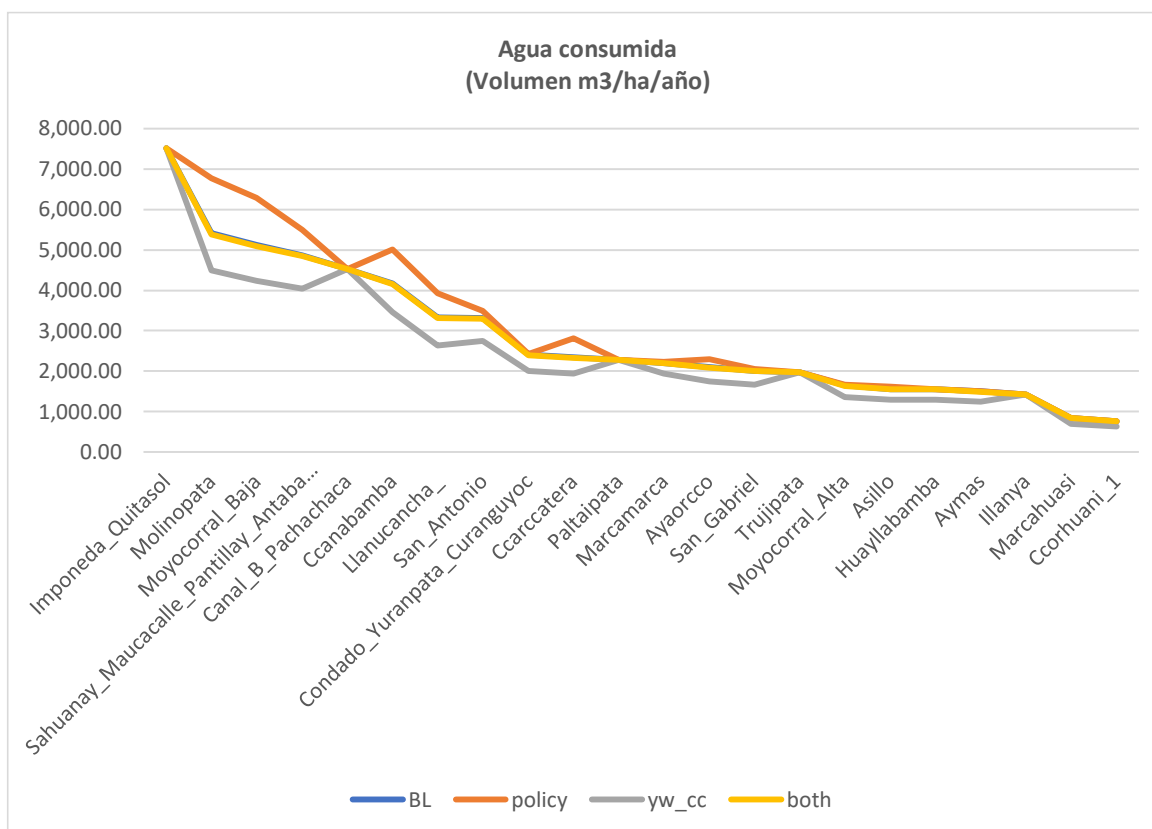


Figura 43: Optimización del consumo de agua por comunidad

5.2.2.6. Costo adicional para cubrir necesidades hídricas

A partir de la optimización, se puede determinar las comunidades que requieren más agua para garantizar la producción y las comunidades que no requieren agua adicional. Más adelante, se muestra una tabla, cuyos resultados numéricos son mayor a cero e igual a cero,

esto se interpreta de la siguiente manera: aquellas comunidades que muestran valores mayores a cero, significa que tienen que pagar un valor adicional por litro de agua, de esta manera cubrir la necesidad y garantizar las condiciones de producción mostrado en cada escenario, caso contrario con los resultados igual a cero “0”, esto significa que la comunidad no requiere agua adicional ya que pueden cubrir sus necesidades de recurso hídrico y garantizar las condiciones de producción mostrados en cada escenario.

En el escenario de política, la mayoría de las comunidades no pagarían soles adicionales por litro de agua adicional para garantizar la producción, esto respecto al escenario base. En cambio, en el escenario base, el escenario de cambio climático y el escenario conjunto si se tiene pagar soles adicionales por litro de agua adicional para garantizar la producción. Por ejemplo, la comunidad Ccorhuani requiere agua adicional, en el escenario base y escenario conjunto debe pagar 0.001soles por litro adicional, mientras que 0.003 soles por litro adicional en el escenario de cambio climático, evidenciando que el agua es más costosa en el escenario de cambio climático. Cero significa que no se paga soles adicionales por litro de agua adicional dado que con la cantidad de agua que disponen pueden cubrir sus necesidades de producción.

Tabla 26: Escenarios respecto al costo del agua (soles adicionales por litro de agua)

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Ccorhuani_1	0.001	0	0.003	0.001
Llanucancha_	0.005	0	0.006	0.005
Marcahuasi	0	0	0.002	0.000
Ayaorcco	0.004	0	0.008	0.004
Asillo	0.002	0	0.005	0.002
Ccanabamba	0.008	0.003	0.008	0.008
Huayllabamba	0.004	0.001	0.008	0.006
Molinopata	0.002	0	0.003	0.002
San_Antonio	0.002	0	0.003	0.002
Aymas	0.001	0	0.007	0.001
Ccarccatera	0.010	0.007	0.012	0.010
Paltaipata	0	0	0	0
Illanya	0	0	0	0

<<Continuación>>

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Trujipata	0	0	0	0
Imponeda_Quitashol	0	0	0.000	0
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	0.003	0	0.004	0.003
Moyocorral_Alta	0.002	0	0.004	0.002
Tamburco_	0	0	0	0
Canal_B_Pachachaca	0	0	0	0
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	0.001	0	0.007	0.001
San_Gabriel	0.011	0	0.020	0.014
Marcamarca	0.002	0	0.006	0.002
Moyocorral_Baja	0.006	0.002	0.009	0.007

Por otro lado, se muestra el costo adicional por metro cúbico de agua, se puede apreciar que San Gabriel y Ccarccatera pagarían S/20.26 y S/12.40 soles adicionales por metro cúbico de agua adicional en el escenario de cambio climático. Asimismo, en el escenario de cambio climático, la mayoría de las comunidades pagarían más soles adicionales por metro cúbico de agua comparado con el resto de los escenarios. Asimismo, el escenario de política donde se da una mejora en la eficiencia del uso del agua no se pagaría soles adicionales por metro cúbico de agua respecto al escenario base en la mayoría de las comunidades a excepción de Ccanabamba, Huayllabamba, Ccarccatera y Moyocorral Baja.

Tabla 27: Escenarios respecto al precio del agua (soles adicionales por metro cúbico)

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Ccorhuani_1	0.93	0	2.53	1.28
Llanucancha_	4.84	0	6.23	4.88
Marcahuasi	0	0	2.37	0.34
Ayaorcco	4.17	0	7.75	4.30
Asillo	1.52	0	4.67	1.72
Ccanabamba	7.62	3.32	8.40	7.65
Huayllabamba	4.34	0.96	7.65	6.22
Molinopata	1.67	0	3.47	1.71
San_Antonio	1.85	0	3.28	1.90
Aymas	0.95	0	7.19	1.17
Ccarccatera	10.37	6.55	12.40	10.47
Paltaipata	0	0	0	0
Illanya	0	0	0	0
Trujipata	0	0	0	0

<<Continuación>>

Comunidad	BL	policy	yw_cc	both
Imponeda_Quitaspal	0	0	0.00	0
Sahuanay_Maucacalle_Pantillay_Antabamba	3.00	0	4.40	3.06
Moyocorral_Alta	2.31	0	4.32	2.38
Tamburco_	0	0	0	0
Canal_B_Pachachaca	0	0	0	0
Condado_Yuranpata_Curanguyoc	0.98	0	6.54	1.22
San_Gabriel	11.00	0	20.26	13.81
Marcamarca	1.52	0	6.23	1.75
Moyocorral_Baja	6.36	1.91	8.91	6.64

4.3 PROPUESTA DE CONSERVACIÓN PRODUCTIVA DE LA AGROBIODIVERSIDAD Y SU VÍNCULO CON EL MHE

Se ha podido evidenciar la gran variedad de cultivos existentes en la microcuenca Mariño, esto significa la presencia de una agrobiodiversidad, estos cultivos formaron parte del análisis del MHE. Desde un enfoque de diversidad se puede clasificar los cultivos de la siguiente manera:

- Nativos: variedades de papas y maíz;
- Cultivares variables: frijol;
- Cultivares adaptados: alfalfa y
- Parientes silvestres: variedades de papa y maíz que no necesariamente son de consumo humano o de producción mercantil.

Los cultivos citados anteriormente, son *inputs* del MHE, cuyos resultados también involucran a este tipo de cultivos en cada uno de los escenarios. En ese sentido, se podría afirmar que el MHE permite también ensayar que pasaría con diversidad agrícola de darse ciertos escenarios, y en base a ello poder tomar decisiones. Se puede concluir que el MHE tiene implicancias en la agrobiodiversidad, dado que se encuentran fuertemente relacionados, por ejemplo, se determinó que el maíz amarillo (especie nativa) bajo el escenario de cambio climático presenta mayores ingresos y una mayor producción, mientras que la alfalfa (cultivar adaptado), es el cultivo más representativo de la microcuenca.

Respecto a la papa, se realizó un agrupamiento de todos los tipos de papa en una sola categoría denominada papa, pero es reconocido que el Perú presenta miles de variedades de papas, y es justo lo que se determinó en campo y esta variedad de papas involucra una gama de parientes silvestres. Por lo tanto, el MHE permite además determinar las diferentes circunstancias que se daría con los cultivos nativos bajo los diferentes escenarios mostrados con anterioridad, estos resultados permitirían la construcción de políticas enfocadas en los cultivos nativos.

Por otro lado, la información recogida en campo permitió la construcción de un marco de imagen de territorio, donde se define el rol e importancia de la conservación productiva, esto es que al existir cultivos nativos con información genética muy importante para seguridad alimentaria tanto de la presente y futuras generaciones, lleva a la conclusión que es importante el trabajo de políticas basados en promover la producción sí, pero manteniendo y preservando la diversidad, más aún cuando quedó demostrado que ciertos cultivos nativos como la papa, el maíz no se ven afectados fuertemente por el cambio climático.

Esta imagen de territorio, recoge variables económicas, sociales, agrícolas y ambientales que son propias y características de este tipo de agricultura, este ejercicio puede ser replicado para otras zonas agrícolas sin distinción, cuyos resultados permita la construcción de imagen de territorio propia de la zona y ayude a una mejor planificación de la agricultura tomando en cuenta los escenarios que se han recomendado en la presente investigación. Es así, que los resultados del MHE mostrados en cada escenario ayudará y orientará a una mejor gestión y planificación agraria para la toma de decisiones, sobre todo en la microcuenca Mariño. A continuación, se muestra una gráfica con la integración del MHE y la diversidad agrícola:

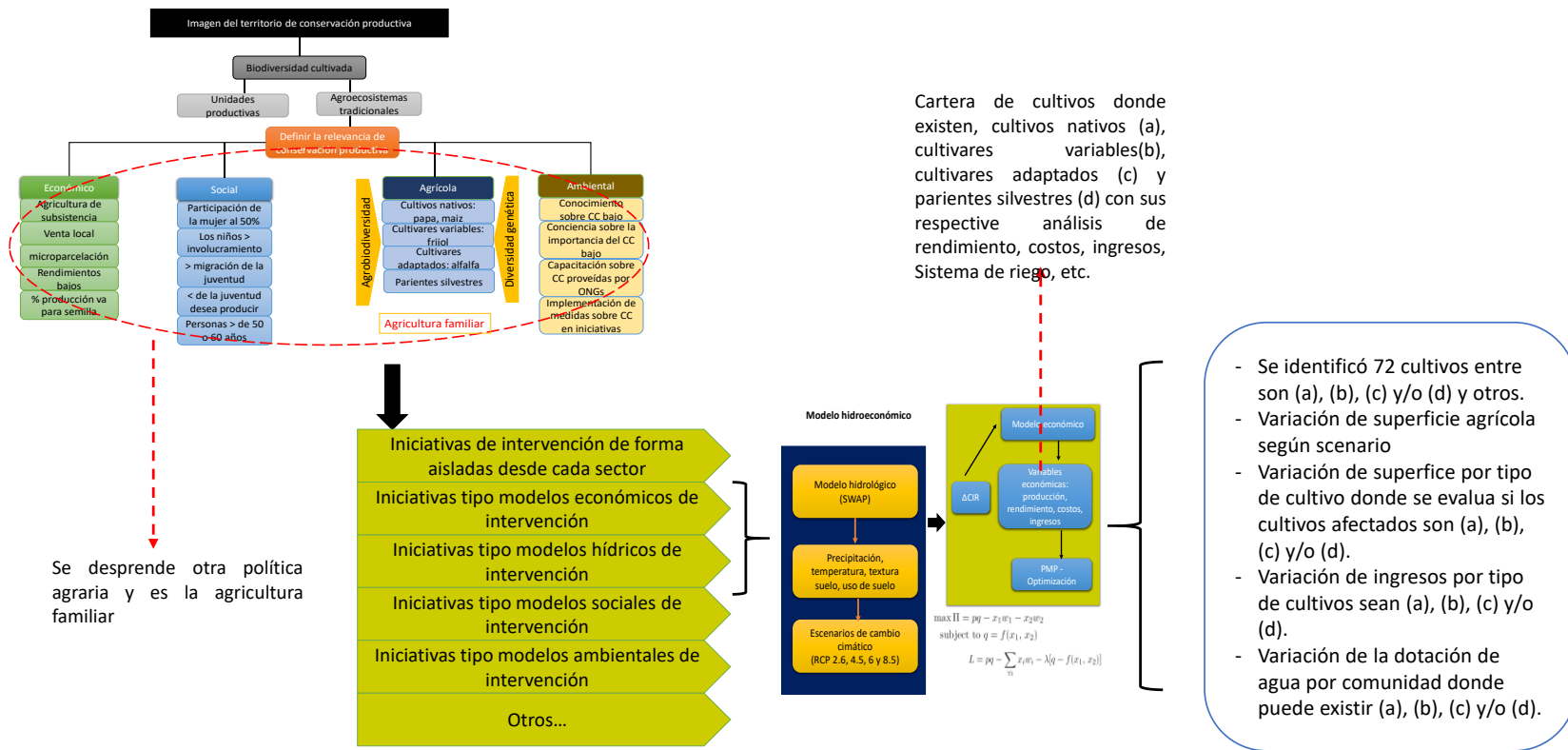


Figura 44: Vinculo de la agrobiodiversidad y el MHE para la microcuenca Mariño

Es importante resaltar la figura de agricultura familiar, definido como un modo de vida y de producción que practican hombres y mujeres de un mismo núcleo familiar en un territorio rural, quienes están a cargo de sistemas productivos diversificados, desarrollados dentro de la unidad productiva familiar, como son la producción agrícola, pecuaria, manejo forestal, industrial rural, pesquera artesanal, acuícola y apícola, entre otros, siendo esta heterogénea debido a sus características socioeconómicas, tecnológicas y por su ubicación territorial. La familia y la unidad productiva familiar están vinculadas y combinan funciones económicas, ambientales, productivas, sociales y culturales. Esta agricultura familiar de alguna manera es la explicación de porqué existe una diversidad de cultivos.

Los resultados de la encuesta, ayuda a confirmar las condiciones de agricultura familiar en la microcuenca Mariño, dado que existe una participación fuerte de la familia desde los niños hasta los mayores con un rol importante de la mujer. Por otro lado, omitiendo la producción de palta y alfalfa, quedan los cultivos maíz amarillo, maíz amiláceo, maíz choclo y papa como los cultivos más relevantes en la microcuenca conocidos como cultivos nativos. La alfalfa es un cultivo adaptado con una fuerte presencia en la microcuenca principalmente en la parte alta y media. Existe en poca proporción el frijol considerado un cultivar variable.

Por otro lado, la mayor parte de la producción se destina al mercado local, por lo tanto, la diversidad de cultivos de la microcuenca es vital para la dieta de las familias urbanas y rurales de Apurímac. Existe una fuerte microparcelación de los cultivos como se explicó anteriormente. Los rendimientos varían de acuerdo a tipo de escenario. Es importante mencionar, que los productores utilizan parte de su producción como semillas, esta actividad es costumbre transmitida de generación en generación y probablemente la explicación de la presencia de cultivos nativos, tal es el caso de la papa y el maíz, razón por la cual es importante relevar el rol de la agricultura familiar.

Finalmente, se ha verificado que los agricultores tienen un bajo nivel de conocimiento sobre el cambio climático y sus impactos, razón por la cual urge un trabajo conjunto con los diferentes actores presentes en la microcuenca, entre ellas las ONGs haciendo uso adecuados de los canales de comunicación como la radio.

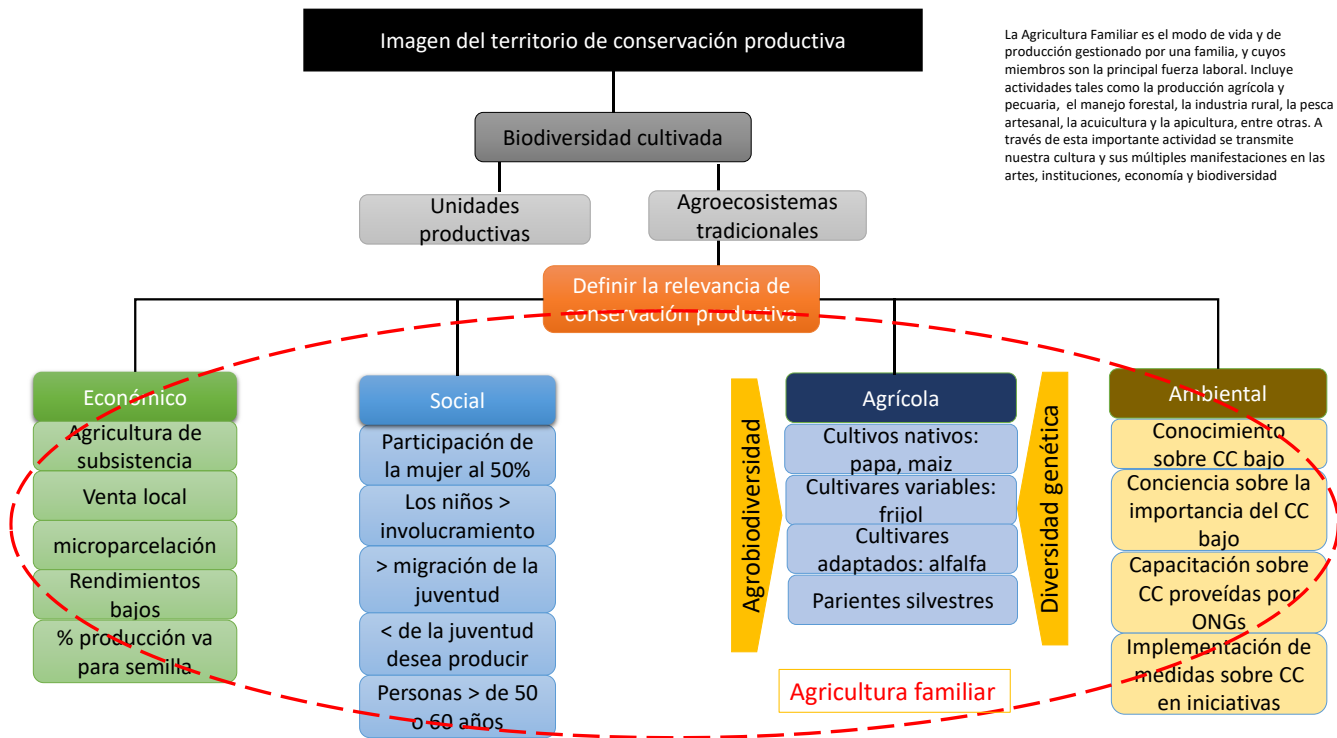


Figura 45: Propuesta de conservación productiva para la microcuenca Mariño

V. CONCLUSIONES

Después de aproximadamente 4 años de trabajo en la presente investigación, es importante mencionar que ha sido una gran satisfacción emprender, desarrollar y concluir todas las actividades relacionadas al estudio, más aún plasmarlas en forma de conclusiones, donde se podrá confirmar o negar las hipótesis planteadas y concretar los objetivos planteados en la tesis. Todos aspectos desarrollados en la investigación deben ser compartidos con los involucrados de la investigación y los tomadores de decisión no solo en la zona de donde proviene los datos, sino además con aquellos actores que provenga de ámbitos con características similares al área de investigación, para transmitir el mensaje sobre el impacto del cambio climático en la dotación de agua y sus implicancias en la agricultura y evaluar la respuesta de los productores agrarios frente a esto hecho, quienes presentan características propias de una agricultura familiar.

Para obtener los resultados de la investigación, se cumplió paulatinamente con su serie de pasos y actividades, los cuales tuvieron como punto de partida el análisis de un árbol de problemas para identificar el problema central de investigación, acompañado de visitas de reconocimiento y recojo de información en campo. Todo el proceso fue documentando, las visitas y reuniones gracias al apoyo del Programa de Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Asimismo, en dicho proceso se dio una profundización del Marco teórico y Revisión de Literatura tomando notas y citas.

Por otro lado, es importante destacar el aporte de los involucrados, donde se compartió sus costumbres y comprender su razonamiento y percepción, que permitieron diseñar adecuadamente los instrumentos de recojo de información. Respecto a algunos actores quienes están dentro del Estado, es importante el acompañamiento constante, dado que los funcionarios públicos están expuestos a una alta rotación. Finalmente, los resultados obedecen a los objetivos de la investigación, que fácilmente pueden ser tomados en cuenta para la toma de decisiones en ámbitos similares, no solo en zona andina sino en otras que presenten características similares en su agricultura, tal como se muestra:

- ✓ La primera hipótesis dice: *Existen factores técnicos, ambientales y económicos a tener en cuenta para evaluar impactos de la variabilidad del clima y la política de irrigación en los productores agrarios de la microcuenca Mariño que pueden ser recogidos a partir del modelamiento hidroeconómico*, la respuesta es sí. Tomando en cuenta el objetivo específico planteado *Identificar y analizar los factores técnicos, ambientales y económicos a tener en cuenta para evaluar los impactos de la variabilidad del clima y la política de irrigación en los productores agrarios en la microcuenca del río Mariño a partir de un modelamiento hidroeconómico*, se puede confirmar que la tercera parte de los productores tienen conocimiento sobre el cambio climático, manifestando que existe una variabilidad de la temperatura y la precipitación que viene afectando la agricultura, dado que hay una menor disponibilidad de agua, seguido de una mayor incidencia de plagas y una disminución de la productividad de los cultivos.
- ✓ Al evaluar los efectos del cambio climático, este impacta en la disponibilidad del recurso hídrico, para fue importante el análisis del modelo hídrico y sus escenarios de cambio climático, el cual tiene un fuerte impacto en la agricultura de la microcuenca la cual es representada mediante la Trayectoria de Concentración Representativa (RCP 2.6) donde hay una disminución de la precipitación igual al 17.09 por ciento para un periodo 2018 al 2065.
- ✓ Se identificó en la microcuenca, la existencia de uno (1) hasta nueve (9) turnos de agua por mes, dichos turnos son independiente del volumen de agua utilizado. Asimismo, se paga desde S/ 0.93 soles hasta S/ 4.79 soles por turno de agua. Las horas por turno varía desde 3 hasta 23 horas el turno. No cuentan con contómetro. No existe una herramienta y/o metodología adecuada de planificación sobre el uso del agua agrícola.
- ✓ La microparcelación es una realidad en toda la microcuenca, existen pocas parcelas con extensiones grandes y muchas parcelas con extensiones pequeñas. Por ejemplo, Trujipata presenta muchas parcelas con extensión menor a una hectárea (0.5 ha),

mientras que en San Gabriel existe pocas parcelas con extensiones grandes (2.5 ha). La mayoría de los productores son propietarios de la tierra formalizados o en proceso de formalización. La formalización abre la posibilidad de contar con un activo el cual permita la negociación y acceso al crédito a través del sistema financiero. Existe un total de 72 cultivos identificados en la microcuenca, entre cultivos, frutas y pastos.

- ✓ Respecto a la mano de obra, existe una participación igualitaria tanto de varones y mujeres en las actividades agrícolas, un fuerte involucramiento del resto de los miembros de la familia, por ende, se podría definir que existe una agricultura familiar en la microcuenca Mariño. La mayoría de los estudios revisados (Ahrends *et al.* 2008; Al-Amin & Ahmed, 2016; Blanco-Gutiérrez, Varela-Ortega, & Purkey, 2013; Cai & Rosegrant, 2004; Ponce *et al.* 2017)) consideran dentro de sus análisis como parcela promedio mayor a 0.5 ha, es por ello que la presente investigación presenta una particularidad en la agricultura y es la tendencia a la microparcelación, donde realizar el MHE es factible.
- ✓ La segunda hipótesis dice: *Se evidencia respuestas económicas adaptativas de los productores agrarios frente a impactos de la variabilidad del clima al ensayar una política agraria haciendo uso del modelamiento hidroeconómico*, la respuesta es sí y tomando en consideración el objetivo *Analizar y evaluar las respuestas económicas de los productores agrarios frente a impactos de la variabilidad del clima al ensayar una política agraria frente al cambio climático a partir del modelamiento hidroeconómico*, se puede afirmar que muchas comunidades producen a altos costos y por ende bajos ingresos netos, tal es el caso de Marcahuasi, Ccorhuani, Paltaipata, Asillo y Ayaorcco.
- ✓ Respecto al nivel de los ingresos para los tres escenarios (Escenario base, Escenario con cambio climático, Escenario de política), el nivel de ingresos es mayor en el escenario de política respecto a los demás escenarios, donde se incrementa la eficiencia en el uso del agua. Esto significa que si hay una mejora en el riego haciendo uso de tecnologías más eficientes que el riego por gravedad se podría mejorar las

condiciones de producción. Por otro lado, bajo el escenario de política se obtiene un ingreso neto promedio igual a S/ 1,240.02 miles de soles el cual es mayor a S/ 1,223.70; S/ 1,178.92 y S/ 1,222.71 miles de soles correspondientes a los escenarios base, reducción de la disponibilidad hídrica y escenario conjunto, representando un incremento de 1.33 por ciento mientras que en los otros escenarios hay una disminución de -3.66 por ciento y -0.08 por ciento respecto al año base, los resultados son similares a los obtenidos en por Ponce et al., (2017) en un análisis realizado en la cuenca del río Vergara, donde al aplicarse una política de riego se da un incremento en el nivel de ingresos netos.

- ✓ Las comunidades Ccorhuani, Illanya, Moyocorral Alta, Huayllabamba, Aymas, Trujipata, Marcahuasi, Paltaipata, Asillo, Ayaorcco presentan ingresos netos menores a treinta (30) mil soles, mientras que Canal B Pachachaca, presenta ingresos netos de cuatrocientos treinta y seis (436) mil soles siendo la comunidad con mayor ingreso neto comparada con las demás comunidades. Por otro lado, Imponeda y Quitasol presentan ingresos netos por encima de los cien (100) mil soles, pero menor a ciento cincuenta (150) mil soles. El resto de las comunidades generan ingresos por debajo de cien (100) mil soles.
- ✓ Respecto a la optimización conjunta de parcelas por comunidad, se puede apreciar que existe variaciones de superficie para la mayoría de las comunidades donde Imponeda, Canal B Pachachaca, San Antonio, Ccanabamba, Llanuncancha, Ccarccatera, Condado, Yuranpata, Curanguyoc, son las que presentan mayor superficie en cualquiera de los escenarios. Por otro lado, en el escenario de política se tiene un volumen acumulado de producción igual a 1,192.36 miles de toneladas siendo mayor comparada con el resto de los escenarios base, cambio climático y escenario conjunto con 1,141.47, 1,051.79 y 1,138.93 respectivamente.
- ✓ Los cultivos alfalfa y palta presentan mayor participación respecto al resto de los cultivos como la papa, el maíz amarillo, maíz amiláceo, la cebada (considerados productos nativos con alto valor nutricional), donde la alfalfa ocupa el primer lugar

de relevancia con una producción de 617.89tn y una disminución del -13.54 por ciento gracias al impacto del cambio climático, dicho producto es sembrado en la mayoría de las comunidades a excepción de San Gabriel y Tamburco. El segundo producto de mayor importancia, es la palta cuya producción no se vería afectada por el impacto del cambio climático. Respecto a las otras actividades como variedades de papa, maíz y la papa en conjunto presenta una disminución de -1.70 por ciento en la producción, mientras que el maíz amiláceo sumado a otras variedades tiene una disminución de -1.07 por ciento, mientras que el maíz choclo presentan una disminución de -1.01 por ciento en su nivel de producción.

- ✓ El maíz amarillo tiene un aumento de +4.31 por ciento. Respecto a las hortalizas y legumbres el pepinillo, zanahoria y lechuga presentan una mayor disminución en su producción de -27.65 por ciento, -12.78 por ciento y -18.12 por ciento respectivamente. El resto de las actividades como cebada, tomate, camote, alverja y frejol presentan disminución en menor medida. Mientras que el haba (actividad introducida, pero de manejo ancestral) aumenta su nivel de producción en 2.52 por ciento, mientras que el brócoli y la vainita no presenta variación. A diferencia de otros autores (Ponce, Blanco, & Giupponi, 2015; Jiang & Grafton, 2012; Torres *et al.* 2012) quienes evaluaron el efecto del cambio climático en el nivel de producción en todos los cultivos, donde presentan una disminución a diferencia que el Mariño donde algunos cultivos como el maíz y el haba aumentan su nivel de productividad debido al cambio climático o se ven afectados ligeramente, esto puede deberse a las condiciones climáticas o geográficas que presenta la zona andina.
- ✓ La tercera hipótesis dice: *Los resultados obtenidos en los escenarios donde se consideran los cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico colaboran a la toma de decisiones para una gestión sostenible de la agricultura andina.*, la respuesta es sí y tomando en cuenta el objetivo *Evaluar y analizar los escenarios donde se considere los cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico que orienten a la toma de decisiones.*, se puede mencionar, las comunidades utilizan dos fuentes de agua, secano y riego superficial

para cultivos transitorios y permanentes, donde el cambio climático manifestado con una reducción de disponibilidad hídrica, afecta a todas las comunidades, siendo las más afectadas Ayaorcco, Sahuanay, Maucacalle, pantillay y Antibamba, Condado, Yuranpata, Curanguyoc y Moyocorral Baja, Moyocorral Alta, Marcamarca, Ccarccatera, San Antonio, Huayllabamba, Ccanabamba, Asillo, Llanuncancha y Ccorhuani, donde la reducción de disponibilidad hídrica genera una reducción de la superficie bajo riego. Para algunas comunidades como Molinopata y Ccarccatera se genera un aumento en la superficie de secano, es posible que los productores prefieran incrementar la superficie mientras exista lluvias dado que en época de estiaje no contarían con recursos hídricos para riego.

- ✓ El escenario de política que representa la eficiencia en uso del agua, genera resultados diferenciados en algunas comunidades, pues se da un aumento o disminución de la superficie bajo riego. En el escenario conjunto con cambio climático y aplicación de una política, da como resultado una ligera reducción de superficie sembrada para la mayoría de las comunidades comparadas con el escenario base. Respecto a los cultivos, en un escenario con política se da un aumento de superficie destinada a la alfalfa y la palta, mientras que para el resto de los cultivos se mantiene o se reduce la superficie agrícola respecto al escenario base.
- ✓ Respecto a los cambios de dotación, disponibilidad, uso y transferencia del recurso hídrico, se puede apreciar que la dotación de agua es alta para todas las comunidades a excepción de Tamburco; sin embargo, al analizar el agua disponible donde la eficiencia es de 0.6 todas las comunidades disponen bajo dicha condición, sin embargo, al analizar la disponibilidad del recurso hídrico por escenario, el de cambio climático afecta fuertemente, por ejemplo, Trujipata con una reducción de -189 por ciento. Bajo esta situación, la transferencia de agua de las otras comunas (Llanuncancha, Marcahuasi, Paltaipata, Illanya, Imponeda-quitasol y Canal B Pachachaca) logra incrementar la demanda de agua en las comunidades con baja disponibilidad y la baja eficiencia en el uso de agua.

- ✓ Es necesario un análisis detallado para la construcción de políticas más realistas para mejorar la disponibilidad y uso de agua tomando la eficiencia del uso de agua y una mejor redistribución bajo una adecuada gestión de los canales de riego, sumado a ello la adecuada transferencia del agua no utilizada en algunas comunidades, sin dejar de lado las condiciones óptimas de dichos canales. Similares resultados se obtuvieron en otros estudios (Ponce *et al.* 2017; Ponce, Blanco, & Giupponi 2015) quienes también concluyen en que sus resultados colaboran al diseño de políticas.
- ✓ El costo adicional por metro cúbico de agua que podrían incurrir las comunidades, en el escenario de cambio climático para garantizar que sus necesidades de agua sean cubiertas y se garantice la producción, San Gabriel y Ccarccatera pagarían S/20.26 y S/12.40 soles adicionales por metro cúbico de agua adicional, donde en el escenario de política donde se mejora la eficiencia en el uso del agua no se pagaría soles adicionales por metro cúbico de agua respecto al escenario base en la mayoría de las comunidades a excepción de Ccanabamba, Huayllabamba, Ccarccatera y Moyocorral Baja.
- ✓ La cuarta hipótesis dice: *Los resultados del modelamiento hidroeconómico permite generar implicancias económicas en la agrobiodiversidad los cuales son importantes considerar al momento de diseñar políticas agrarias*, la respuesta es sí cuyo objetivo es *Evaluar las implicancias económicas para la agrobiodiversidad a partir de los resultados del modelamiento hidroeconómico los cuales ayudarían a diseñar políticas agrarias*. Varios de los cultivos considerados nativos, cultivo adaptado y cultivar variable al ser *inputs* del modelo hidroeconómico y ser factibles de modelación, cuyos resultados o salidas generan implicancias para la agrobiodiversidad dado que resultados en temas de superficie, productividad e ingresos vinculan directamente a dichos cultivos.
- ✓ La respuesta adaptativa de los agricultores frente a los escenarios principalmente el de cambio climático y el de política de irrigación, muestra como resultado la resistencia de algunos cultivos como el maíz (nativo), cultivos con mayor

participación en la microcuenca como la alfalfa (cultivar adaptado), se vería fuertemente afectado por el cambio climático. Mientras que, la papa (parientes silvestres) también es un cultivar adaptable dado que el cambio climático no lo afecta fuertemente y se puede incrementar su productividad con una adecuada política de irrigación, lo mismo sucede con el haba.

- ✓ En base a los resultados se afirma que el MHE tiene fuertes implicancias con la agrobiodiversidad. Se concluye que una forma adecuada de plasmar una política, es trabajar un análisis amplio de la agricultura en zona andina bajo el enfoque de Conservación Productiva tomando en cuenta la dinámica de la Agricultura Familiar existente en la microcuenca Mariño, cuyos miembros de la familia participan activamente como fuerza laboral, destacando el rol de la mujer con el manejo de semillas.

VI. RECOMENDACIONES

La presente tesis doctoral amplía la aplicación metodológica de una línea de investigación con el objetivo de *Evaluar la respuesta económica de los productores agrarios andinos frente a la variabilidad de la política de irrigación y el clima a partir del cálculo y/o optimización del uso agrícola del agua y superficie en la microcuenca Mariño además de evaluar las implicancias en la agrobiodiversidad*, donde se integran dos módulos hídrico y económico bajo el contexto del cambio climático en zona andina, ampliando el campo de la investigación en estos temas. Asimismo, la presente investigación cumplió con todos sus objetivos específicos permitiendo plantear las siguientes recomendaciones:

- La microparcelación es una realidad en toda la microcuenca Mariño y muy probable en toda la agricultura andina, el modelamiento es posible para este tipo de realidades, donde los resultados colaboran a un adecuado diseño de políticas de adaptación en base a la optimización de parcelas, productividad, agua para escenarios de política y cambio climático.
- La Autoridad Administrativa del Agua (AAA) en Apurímac y el programa Agrorural del Ministerio de Agricultura y Riego, como entidades del gobierno nacional deberían coordinar con la Junta de Usuarios del Río Mariño a fin de trabajar en conjunto con los productores en temas de sensibilización del cambio climático y sus impactos, del mismo modo, sería importante trabajar en herramientas de difusión de fácil acceso y comprensión para los agricultores, ello permitirá una adecuada planificación de las siembras y cosechas en función de los resultados del modelamiento hidroeconómico.
- Es importante que el Ministerio de Agricultura y Riego como ente rector, pueda modificar y/o actualizar las políticas agrarias que se vienen implementando, a fin de que se tenga claro cuáles serían los posibles escenarios que enfrentaría la agricultura andina bajo un marco de conservación productiva, tomando en cuenta las variables como la dotación de agua, disponibilidad de agua, uso de agua y transferencia de agua entre comunidades cuando existe un sistema de irrigación que las vincula.
- Se sugiere realizar estudios complementarios en base a los resultados de la presente investigación, los cuales colaboren a una actualización del Programa de Adaptación

al Cambio Climático (PACC-Perú), en especial un trabajo específico coordinado con la Autoridad Nacional del Agua, Agrorural y el Gobierno Regional de Apurímac.

- La presente investigación determinó la existencia de setenta y dos (72) cultivos en la microcuenca, entre frutales, hortalizas, legumbres y pastos. Existiendo una diversidad de cultivos en la microcuenca, dando paso a la posibilidad de plantear una iniciativa para declarar zona de agrobiodiversidad la microcuenca Mariño, tal como se hizo en Puno (Zona de Agrobiodiversidad Andenes de Cuyocuyo, en la provincia de Sandia).
- Es importante afianzar el trabajo sobre el empoderamiento de la mujer, dado que cumple un rol fundamental en el desarrollo de la agricultura y en la preservación de la diversidad agrícola, por su gestión en el manejo de semillas. Lo afirmado, se basa en los cultivos determinados como nativos, los cuales podría ser considerados en la construcción de una política adaptativa de la agricultura. Asimismo, en el diseño de las políticas, se debe considerar la realidad de la agricultura familiar, más aún en esta época de crisis sanitaria producto de la pandemia originado por el COVID-19 donde la principal preocupación es garantizar el abastecimiento de alimentos.

Finalmente, es previsible que la población seguirá incrementándose y con ello la demanda de alimentos y espacio territorial, donde los agricultores con apoyo del gobierno deben tomar decisiones en función de la sostenibilidad de la agricultura, para ello la presente investigación provee resultados y una aplicación metodológica que colabore al diseño y toma de decisiones para una agricultura en zona andina, en un contexto de cambio climático y evitar la tendencia a una agricultura en condiciones de subsistencia.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Naranjo, R. 2008. La biodiversidad en la agricultura. La importancia de las variedades locales. (U. Iberoamericana, Ed.) *Nuevas rutas para el desarrollo en América Latina: experiencias globales y locales.*, 239.
- Acosta, R., & Días-Diego, J. 2007. Y en sus manos la vida. Los cultivadores de las variedades tradicionales de Tentudía. *Centro de Desarrollo Comarcal de Tentudía.*
- Acosta-Naranjo, R., & Rodriguez-Franco, R. 2014. La biodiversidad cultivada. Actores sociales y estrategias en el contexto de la nueva ruralidad en España. *Agrociencia*, Agrociencia vol.48 no.1 México ene./feb. 2014. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000100008
- Ahrends, H., Mast, M., Rodgers, C., & Kunstmann, H. 2008. Coupled hydrologicaleconomic modeling for optimized irrigated cultivation in a semi-arid catchment of West Africa. *Environmental Modelling & Software* , 23, 385–395.
- A-Amin, A., & Ahmed, F. 2016. Food Security Challenge of Climate Change: An Analysis for Policy Selection. *Futures*, 50-63.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.04.002>
- Alí, A., & Erenstein, O. 2017. Assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and poverty in Pakistan. *Climate Risk Management*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.12.001>
- Altieri, M., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R., & Sikor, T. 1999. Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable. Recuperado el 05 de Abril de 2020, de <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- ANA. 2015. Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. *Autoridad Nacional del Agua*. Recuperado el 30 de 01 de 2020, de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/default_images/politica_y_estrategia_nacional_de_recursos_hidricos_ana.pdf
- ANA, A. 2014. Inventario de lagunas y glaciares. ANA. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de

http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/inventario_de_lagunas_del_peru_parte1.pdf

- Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R., & Williams, J. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of the American Water Resources Association*. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>
- Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., & Palutikof, J. 2008. Climate Change and Water. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
- Baumol, W. 1986. Productivity Growth, Convergence and welfare. What the Long-run data Show. *American Economic Review*, 1072-85.
- Bear, J., & Levin, O. 1970. Optimal utilization of an aquifer as an element of a water resource system: research period 1967–68. In: Levin, O. (Ed.), Selected Works in Operations Research and Hydraulics. *Israel Institute of Technology*, 64-279.
- Bedegué, J. 2014. “La Agricultura Familiar en Chile”, Serie Documento de Trabajo N° 152. *Grupo de Trabajo Desarrollo con Cohesión Territorial, programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. RIMISP*.
- Bekchanov, M., Sood, A., & Jeuland, M. 2015. Review of Hydro-economic Models to Address River Basin Management Problems: Structure, Applicatios and Research Gaps. *International Water Management Institute, IWMI Working Paper 167*.
- Bekchanov, M., Sood, A., Pinto, A., & Jeuland, M. 2017. Systematic Review of Water-Economy Modeling Applications. *Water Resour. Plann. Manage.*, 143(8) 1. doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000793.
- Berg, C., Mineau, M., & Rogers, S. 2016. Examining the ecosystem service of nutrient removal in a coastal watershed. *EcosystemServices*.
- Blanco, M., Cortignani, R., & Severini, S. 2008. Evaluating changes in cropping patterns due to the 2003 CAP reform. An ex-post analysis of different PMP approaches considering new activities. *In Comunicación presentada al 107th EAAE Seminar "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies"*.
- Blanco-Gutierrez, I., Varela-Ortega, C., & Purkey, D. 2013. Integrated assessment of policy interventions for promoting sustainable irrigation in semi-arid environments: a hydro-economic modeling approach. *J. Environ. Manag.*, 128, 144–160.

- Bocchiola, D., Brunetti, L., Soncini, A., Polinelli, F., & Gianinetto, M. 2019. Impact of climate change on agricultural productivity and food security in the Himalayas: A case study in Nepal. *Agricultural Systems*, 113-125.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.01.008>
- Bovarnick, A., Alpizar, F., & Schnell, C. 2010. La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: Una valoración económica de los ecosistemas. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*.
- Braat, L., & Lierop, W. 1987. Integrated economic ecological modeling. *Integrated economic ecological modeling*, 49-67.
- Brouwer, R., & Hofkes, M. 2008. Integrated hydro-economic modelling: approaches, key issues and future research directions. *Ecological Economics*, 66 (1), 16-22.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.02.009>
- Cacho, O., Marshall, G., & Milne, M. 2005. Transaction and abatement costs of carbon-sink projects in developing countries. *Environment and Development Economics* 10: 597–614, 10: 597–614.
- CAF. 2014. Guía para la Gestión de Recursos Hídricos en Cuencas de Montaña bajo el Efecto del cambio Climático. *Banco de Desarrollo de América Latina*.
- Cai, X. 2008. Implementation of holistic water resources-economic optimization models for river basin management—reflective experiences. *Environ. Model. Softw.*, 23, 2–18.
- Cai, X., & Rosegrant, M. 2004. Irrigation technology choices under hydrologic uncertainty: A case study from Maipo River Basin, Chile. *Water Resources Research* 40, 10.
- Cai, X., & Wang, D. 2006. Calibrating holistic water resources – economic models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132 (6), 414–423.
- Cai, X., McKinney, D., & Lasdon, L. 2002. A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya Basin. *Water Resources Research* 38(6), 21.1-21.14.
- Cai, X., McKinney, D., & Lasdon, L. 2003. Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. *Journal of Water Resources Planning* 129(1), 4-17.

- Cai, X., Mckinney, D., & Rosegrant, M. 2003. Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region. *Agricultural Systems* 76 (3), 1043–1066.
- Campbell, B., Vermeulen, S., Aggarwal, P., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A., Wollenberg E. 2016. Reducing risks to food security from climate change. *Global Food Security. Article in Press.*
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>
- Cardwell,, H., Cole, R., Cartwright, L., & Martin, L. 2006. Integrated water resources management: definitions and conceptual musings. *Journal of Contemporary Water Research and Education* (35), 8–18.
- Cavaliere, A., Maggi, M., & Stroffolini, F. 2017. Water losses and optimal network investments: Price regulation effects with municipalization and privatization. *Water Resources and Economics.*
- CENEAN. 2013. Cambio Climático: Bases Físicas. Fundación Biodiversidad. *Oficina Española de Cambio Climático Agencia Espacial de Meteorología. Centro Nacional de Educación Ambiental.*
- Chatterjee, B., Howitt, R., & Sexton, R. 1998. The optimal joint provision of water for irrigation and hydropower. *Journal of Environmental Economics and Management* 36(3), 295-313.
- Chavarri Velarde, E. 2008. Apuntes de clases del curso: Métodos de análisis en Ingeniería de Recursos Hídricos. *Escuela de Post-Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.*
- CHG, (. (2006). Régimen de explotación para el año 2007 de la unidad hidrogeológica de la Mancha Occidental y de un perímetro adicional de la unidad hidrogeológica de la sierra de Altomira. *CHG.*
- Cohon, J., & Marks, D. 1973. Multi-objective screening models and water resource investment. *Water Resources Research* 9(4), 826-836.
- CONAMA. 2008. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos. *Comisión Nacional de Medio Ambiente.*
- CONDESAN. 2014. Apoyo a la SUNASS y sus respectivas EPS en el diseño e implementación de mecanismos de compensación ambiental y manejo de cuenca en el marco de la Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento.

- Condori Quispe, E. 2016. Evaluación Hidrogeológica de la Microcuenca Mariño – Apurímac. *Universidad Nacional del Altiplano*. Recuperado el 28 de 08 de 2019, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5404>
- Connor, J., Schwabe, K., King, D., Kaczan, D., & Kirby, M. 2009. Impacts of climate change on lower Murray irrigation. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 53, 437-456.
- Cuenca, P., Arriagada, R., & Echevarria, C. 2016. How much deforestation do protected areas avoid in tropical Andean Landscape? *Environmental Science & Policy*.
- D.S. N° 009-2016-MINAM. 2016. Ley de Mecanismo de Retribución por servicios ecosistémicos. *Ministerio del Ambiente*.
- De Fraiture, C. 2007. Integrated water and food analysis at the global and basin level. An application of WATERSIM. *Water Resources Management*, 21, 185-198.
- De Morales, M., Cai, X., Ringler, C., Albuquerque, B., Vieira Da Rocha, S., & Amorim, C. 2011. Joint water quantity-quality management in a biofuel production area-integrated economic-hydrologic modeling analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management* 136(4), 502-511.
- Del Mármol, C., Frigolé, J., & Narotzky, S. 2010. Los Lindes del Patrimonio. Consumo y Valores del Pasado. 424.
- Developments In Water Science. 2017. Water Resources and water Management. *Developments in Water Science*.
- Dinar, A., & Nigatu, G. 2013. Distributional considerations of international water resources under externality: The case of Ethiopia, Sudan and Egypt on the Blue Nile. *Water Resources and Economics*.
- Divakar, L., Babel, M., Perret, S., & Das Gupta, A. 2011. Optimal allocation of bulk water supplies to competing use sectors based on economic criterion: An application to the Chao Phraya River Basin, Thailand. *Journal of Hydrology* 401(1-2), 22-35.
- Dorfman, R. 1965. Formal models in the design of water resource systems. *Water Resources Research* 1(3), 329-336.
- Dowlatabadi, H. 1995. Integrated assessment models of climate change: An incomplete overview. *Energy Policy*, 23,289-296.

- Downing, T. 2012. Views of the frontiers in climate change adaptation economics. *WIREs Clim. Chang*, 3,161-170.
- Draper, A., Jenkins, M., Kirby, K., Lund, J., & Howitt, R. 2003. Economic-engineering optimization for California water management. *Journal of Water Resources Planning and Management* 129(3), 155-164.
- Dupuit, J. 1844. De la mesure de l'utilité des travaux publics. *Annales des Ponts et Chaussées, Memoirs et Documents* 8 (2), 332–375.
- Ekelund, R., & Hebert, R. 1999. Secret origins of modern microeconomics: Dupuit and the engineers. *University of Chicago Press*.
- Esteve, P., Varela-Ortega, C., Blanco-Gutierrez, I., & Downing, T. 2015. A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. *Ecological Economics*, 120,49-58.
- FAO. 2000. La gestión integrada de la diversidad biológica para la alimentación y agricultura en la FAO. *Biodiversidad para la agricultura*, 46. Recuperado el 26 de agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/i0112s/i0112s.pdf>
- FAO. 2010. Adaptación de la agricultura al cambio climático. *Naciones para la Agricultura y la Alimentación*.
- FAO. 2013. Proposed FAO Working Definition of Family Farming for IYFF. Documento de trabajo.
- FAO. 2015. Pequeñas economías: reflexiones sobre la agricultura familiar. *Capítulo 13: Desafíos para la producción de alimentos: visión regional de la producción familiar 2011. por Manuel Chiriboga Vega*.
- FAO, N. U. 2019. FAO Digital Soil Map of the World (DSMW). *Land & Water*. Obtenido de fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1026564/
- FBS. 2015. Programa de Conservación de la Biodiversidad. *Fondo de Biodiversidad Sostenible*.
- Field, C., Barros, V., Mach, K., & Mastrandrea, M. 2014. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. In Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press: Cambridge, UK*.

- Fiering, M., & Jackson, B. 1971. Synthetic streamflows. *Water Resources Monograph Series. Washington, DC: American Geophysical Union.*
- Fisher, F., Huber-Lee, A., Amir, I., & Haddadin, M. 2005. Liquid Assets: An Economic Approach for Water Management and Conflict Resolution in the Middle East and Beyond. *Resources for the Future* pp. 242.
- Francou, B. 2012. Montañas, Glaciares, y sociedad Andina. *Revista de la Integración: Gestión Ambiental en los países de la Comunidad Andina*, 75-76.
- Fundación Biodiversidad. 2013. Cambio Climático: Bases Físicas. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC. *Fundación biodiversidad.*
- Fundación M.J. Bustamante De La Fuente. 2010. Cambio Climático en el Perú Regiones del Sur.
- Gavilán, L., Grau, J., & Oberhuber, T. 2011. Valoración económica de la biodiversidad, oportunidades y riesgos. *Ecologistas en acción*, 22.
- George, B., Malano, H., Davidson, B., Hellegers, P., Bharati, B., & Massuel, S. 2011. An integrated hydro-economic modelling framework to evaluate water allocation strategies I: Model development. *Agricultural Water Management* 98(5), 733-746.
- George, B., Malano, H., Davidson, B., Hellegers, P., Bharati, B., & Massuel, S. 2011. An integrated hydro-economic modelling framework to evaluate water allocation strategies II: Scenario assessment. *Agricultural Water Management* 98(5), 747-758.
- Gibbons, D. 1986. The economic value of water. *Resources for the Future.*
- Gisser, M., & Mercado, A. 1973. Economic aspects of ground water resources and replacement flows in semiarid agricultural areas . *American Journal of Agricultural Economics* , 55 (3), 461–466.
- Glenn, W. 1986. *Guía para la Evaluación de Proyectos de Desarrollo Agrícola, BID, Departamento de Desarrollo Económico y Social.* Washington D.C. , EE.UU.
- Gloria-Andes. 2012. Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales. *Red Andina de Monitoreo del Impacto del Cambio Climático sobre la Biodiversidad de Alta Montaña.*
- Gobierno Regional de Apurímac. 2012 . Plan de Ordenamiento Territorial de la Microcuenca Mariño. Proyecto de Gestión Integral de la Microcuenca Mariño-Abancay.

- Gohar, A., & Cashman, A. 2016. A methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare. *Agricultural Systems*, 51-64. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.008>
- González , J., & Velasco, R. 2008. Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. *Chil. J. Agric. Res.*, 68,56-68.
- Gopal, B. 2016. A conceptual framework for environmental flows assessment based on ecosystem services and their economic valuation. *Ecosystem Services*, 1.
- GORE, A. 2010. Caracterización ecológica económica de la microcuenca Mariño. *Memoria ZEE Mariño*.
- GORE, A., & CES GFA, A. 2011. Estudio Hidrológico para el Plan de Manejo Integral de los Recursos Hídricos para la Subregión Chanka. *Programa Apurimac II*.
- Grafton, R., & Jiang, Q. 2011. Economic effects of water recovery on irrigated agriculture in the Murray-Darling Basin. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 55(4), 487-499.
- Grafton, R., Libecap, D., Edwards, E., O'Brien, R., & Landry, C. 2012. Comparative assessment of water markets: Insights from the Murray-Darling Basin of Australia and the Western USA. *Water Policy* 14, 175-193.
- Graveline, N., Majone, B., Van Duinen, R., & Ansink, E. 2014. Hydro-economic modeling of water scarcity under global change: an application to the Ga llego river basin (Spain). *Reg Environ Change*, 119-132. doi:10.1007/s10113-013-0472-0
- GreenFacts. 2009. Recursos Hídricos: Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.
- Griffin, R. 2006. Water Resource Economics – The Analysis of Scarcity, Policies and Projects. *MIT Press*.
- Guan, D., & Hubacek, K. 2008. A new and integrated hydro-economic accounting and analytical framework for water resources: A case study for North China. *Journal of Environmental Management* , 88, 1200–1313.
- Gurluk, S., & Ward, F. 2009. Integrated basin management: Water and food policy options for Turkey. *Ecological Economics* 68(10), 2666-2678.

- Gutierrez, I., Varela-Ortega, C., & Purkey, D. 2013. Integrated assessment of policy interventions for promoting sustainable irrigation in semi-arid environments: A hydro-economic modeling approach. *Journal of Environmental Management* 128, 144-160.
- Hanemann, W. 1998. Determinants of urban water use. *Urban Water Demand Management and Planning*. McGraw-Hill, NY, 31–75.
- Hanemann, W. 2006. The economic conception of water In: *Water crisis: Myth or reality*. CRC Press. eds., Rogers, P.; Llamas M.R.; Cortina, L.M.
- Harou, J., & Lund, J. 2008. Ending groundwater overdraft in hydrologic-economic systems. *Hydrogeol. J.*, 16, 1039-1055.
- Harou, J., Pinte, D., Hansen, K., Rosenberg, D., Tilmant, A., Medellín-Azuara, J., Vicuna, S. 2009. HydroPlatform.org – an open-source generic software interface and web repository for water management models. *International Symposium on Environmental Software Systems, ISESS*.
- Harou, J., Pulido-Velazquez, M., Rosenberg, D., Meedelling-Azuara, J., Lund, J., & Howitt, R. 2009. Hydro-Economic Models: Concepts, Design, Applications and Future Prospects. *Journal of Hydrology*, 627–643.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.037>
- Hatchett, S., Horner, G., & Howitt, R. 1991. The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture, Chapter A Regional Mathematical Programming Model to Assess Drainage Control Policies. 465-489.
- Hawkins, B. 2008. Plants for Life: Medicinal Plant Conservation and Botanic Gardens. *Botanic Gardens Conservation International*.
- Hayek, F. 1950. *The Counter-Revolution of Science: Studies on the Abuse of Reason*. Liberty Fund Publishers, Indianapolis.
- Hearne, R., & Easter, H. 1997. The economic and financial gains from water markets in Chile. *Agricultural Economics* 15(3), 187-199.
- Heckeley, T. 2002. Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis. *Habilitation thesis. University of Bonn*. Recuperado el 29 de 08 de 2019, de http://www.ilr.uni-bonn.de/agpo/staff/heckeley/heckeley_hab.pdf

- Heckelei, T., & Britz, W. 2005. Models based on positive mathematical programming: state of the art and further extensions p 48–73. Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges. *Proceedings of the 89th European Seminar of the EAAE, Parma. 3–5 Feb University of Parma, Department of Economic and Quantitative Studies.*
- Heckelei, T., Witzke, H., & Henrichsmeyer, W. 2001. Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems. *Wissenschaftsverlag Vauk.*
- Hein, L., Van Koppen, K., Van Ierland, E., & Leidekker, J. 2016. Temporal scales, ecosystem dynamics, stakeholders and the valuation of ecosystems services. *Ecosystem Services*, 1.
- Heinz, I., Pulido-Velázquez, M., Lund, J., & Andreu, J. 2007. Hydro-economic modeling in river basin management: Implications and applications for the European Water Framework Directive . *Water Resources Management*, 21,1103-1125.
- Hirt, U., Kreins, P., Kuhn, U., Mahnkopf, J., Venohr, M., & Wendland, F. 2012. Management options to reduce future nitrogen emissions into rivers: A case study of the Weser River basin, Germany. *Agricultural Water Management* 115, 118-131.
- Holling, C. 1973. *Resilience and stability of ecosystems.*
- Howitt, R. 1995. Positive mathematical-programming. *American Journal of Agricultural Economics* , 77 (2), 329–342.
- Howitt, R. 2005. Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization.
- Howitt, R., Macewan, D., Medellín-Azuara, J., & Lund, J. 2010. Economic modeling of agriculture and water in California using the statewide agricultural production model. *University of California, Davis, C.A.*
- Huang, J., Wang, W., Cui, X., Wang, D., Liu, W., Liu, X., & Wang, S. 2019. Environmental risk-based hydroeconomic evaluation for alluvial aquifer management in arid river basin. *Science of the Total Environment*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134655>
- Hurd, B. 2015. Concepts and methods for assessing economic impacts from climate change on water resources. *Handbook of WaterEconomics* 56.
doi:10.4337/9781782549666.00009

- IICA. 2020. Poscosecha y Buenas Prácticas de Producción orientadas a la Agricultura Familiar. *Curso virtual*.
- INEI. 2005. Censo Nacional de Población y Vivienda. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*.
- INEI. 2020. Glosario de Términos. *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Recuperado el 03 de 03 de 2020, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1383/anexo02.pdf
- IPCC. 2000. The Emissions Scenarios of the Special Report on Emissions Scenarios (SRES). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*.
- IPCC. 2013. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom and New York*, 1535.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,.
- IPCC, P. I. 2019. Data Distribution Centre, AR5. *IPCC*. Obtenido de https://www.ipcc-data.org/sim/gcm_monthly/AR5/index.html
- Jenkins, M., Lund, J., Howit, R., Draper, A., Msangi, S., Tanaka, S., Marques, G. 2004. Optimization of California's Water Supply System: Results and Insights. *Journal of water resources planning and management*, 130:271-280. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2004)103:4(271)
- Jeuland, M. 2010. Economic implications of climate change for infrastructure planning in transboundary water systems: An example from the Blue Nile. *Water Resources Research* 46(11): W11556.
- Jeuland, M., Harshadeep, N., Escurra, J., Blackmore, D., & Sadoff, C. 2013. Implications of climate change for water resources development in the Ganges Basin. *Water Policy* 15(Suppl.1), 26-50.

- Jiang, Q., & Grafton, R. 2012. Economic effects of climate change in the Murray–Darling Basin, Australia. *Agricultural Systems*, 10-16.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.009>
- Jonkman, S., Bockarjova, M., Kok, M., & Bernardini, P. 2008. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. *Ecological Economics*, 77-90. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.12.022
- Joyce, B., Mehta, V., Purkey, D., Dale, L., & Hanemann, M. 2011. Modifying agricultural water management to adapt to climate change in California`s Central valley. *Clim. Chang.* , 109 (suppl.1) , S299-S316.
- Kantorovich, L. 1968. La asignación óptima de los recursos económicos.
- Kier, G., Mutke, J., Dinerstein, E., Ricketts, T., Kuper, W., Kreft, H., & Barthlott, W. 2005. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography*, 32: 1107-1116.
- Lagunes–Espinoza, L., Gallardo-López, M., Becerril-Hernández, H., & Bolaños-Aguilar, E. 2008. Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata* en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000100003
- Langins, J. 2004. Conserving the enlightenment: French military engineering from Vauban to the revolution. *MIT Press. Cambridge, Mass.*
- Lecca, E. 2016. Investigación Operativa.
- Lefkoff, L., & Gorelick, S. 1990. Simulating physical processes and economic behavior in saline, irrigated agriculture – model development. *Water Resources Research* , 26 (7), 1359–1369.
- León, R. 2017. Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura, considerando la incidencia del Cambio Climático. *Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.*
- Lujano Laura, E., Hidalgo Sanchez, L., Díaz Aguilar, R., Tapia AGuilar, B., & Lujano Laura, A. 2016. Cambios proyectados de los recursos hídricos bajo escenarios de emisiones RCP4.5 Y 8.5 de modelos climáticos globales del CMIP5 en el altiplano

- peruano. *Rev. Investig. Altoandin.*, Vol 18 N° 2: 195 - 204.
doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.200>
- Lund, J., Cai, X., & Characklis, G. 2006. Economic engineering of environmental and water resource systems. *Journal of Water Resources Planning and Management* 132 (6), 399–402.
- Maass, A., Hufschmidt, M., Dorfman, R., Thomas, H., Marglin, S., & Fair, G. 1962. Design of Water-Resources Systems. *Harvard University Press*.
- Mainuddin, M., Kirby, M., & Qureshi, E. 2007. Integrated hydrologic-economic modelling for analyzing water acquisition strategies in the Murray River basin. *Agricultural Water Management* 93(3), 123-135.
- Maneta, M., Torres, M., Wallender, W., Vosti, S., Howitt, R., Rodrigues, L., Panday, S. 2009. A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. *Water Resources Research*. doi:10.1029/2008WR007534
- Maneta, M., Torres, M., Wallender, W., Vosti, S., Howitt, R., Rodrigues, L., Panday, S. 2009. A spatially distributed hydro-economic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment. *Water Resources Research* 45: W11412.
- Mariño, M., & Simonovic, S. 2001. Integrated Water Resources Management. *Publ. no. 272. IAHS Press*.
- Mckinney, D., Cai, X., Rosegrant, M., Ringler, C., & Scott, C. 1999. Modeling water resources management at the basin level: Review and future directions. SWIM Paper No. 6. *International Water Management Institute (IWMI)*, 71.
- MEA. 2010. Biodiversidad, el consenso científico. Resumen del informe de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. *Evaluación de Ecosistemas del Milenio*.
- Medellín-Azuara, J., Howitt, R., Macewan, D., & Lund, J. 2011. Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. *Clim. Chang.* , 109:387–405.
- Meinke, H., Howden, S., Struik, P., Nelson, R., Rodriguez, D., & Chapman, S. 2009. Adaptation science for agriculture and natural resource management—urgency and theoretical basis . *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 1,69-76.

- MIDAS. 2019. Met Office MIDAS data - Message Types. *MIDAS*. Obtenido de <http://badc.nerc.ac.uk/home/index.html/>
- MINAGRI. 2015. Estrategia Nacional de Agricultura Familiar 2015-2021. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 27. Recuperado el 06 de 01 de 2020, de <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/2016/02/enaf.pdf>
- MINAM. 2014a. Segunda Comunicación Nacional. *Ministerio del Ambiente*.
- MINAM. 2014b. Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021. Plan de Acción del 2014 al 2018. *Ministerio del Ambiente*.
- MINAM. 2016. Tercera Comunicación Nacional. *Ministerio del Ambiente*.
- MINAM, M. 2016. Tercera Comunicación Nacional del Cambio Climático. Recuperado el 01 de 09 de 2019, de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- Moriondo, M., Bindi, M., Zbigniew, W., Kundzewicz, S. M., Chorynski, A., Matczak, P., Wreford, A. 2010. Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability. *Mitigation Adaptation Straetegie Global Change*, 657-679.
- Moy, W., Cohon, J., & Reville, C. 1986. A programming model for analysis of the reliability, resilience, and vulnerability of a water supply reservoir. *Water Resources Research* 22(4), 489-498.
- Mullick, R., Babel, M., & Perret, R. 2013. Marginal benefit-based optimal water allocation: Case of Teesta River Bangladesh. *Water Policy* 15, 126-146.
- Muñoz, M., Acosta, A., Martinez-Martinez, S., & Zornoza, R. 2015. Effect of South American grazing camelids on soil fertility and vegetation at the Bolivian Andean grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Newlin, B., Jenkins, M., Lund, J., & Howitt, R. 2002. Southern California water markets: Potential and limitations. *Journal of Water Resources Planning and Management* 128(1), 21-32.
- Noel, J., & Howitt, R. 1982. Conjunctive multibasin management – an optimal control approach. *Water Resources Research* , 18 (4), 753–763.
- ONU. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. *Organización de las Naciones Unidas*.

- Ossa-Moreno, J., McIntyre, N., Ali, S., Smart, J., & Rivera, D. 2018 . The Hydro-economics of Mining. *Ecological Economics*, 145 (2018) 368-379.
- Oviedo Ssandoval, A. 1999. *Alternativas para la optimización del uso del recurso hídrico en la microcuenca Mataragra Ancash*. Lima.
- PACC. 2012. Serie de investigación regional 6, Gestión del agua y los conflictos en su interrelación con el cambio climático en la región Apurímac. *Programa de Adaptación al Cambio Climático*.
- PACC Apurimac. 2012. Demanda hídrica actual y futura en la región Apurímac. Serie de investigación regional N° 4. *Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC-Perú*.
- Pan, Y., Marshall, S., & Maltby, L. 2016. Prioritising ecosystem services in Chinese rural and urban communities. *EcosystemServices*.
- Pandeya, B., Buytaert, W., Zulkafli, Z., Karpouzoglou, T., Mao, F., & Hannah, D. 2016. A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions. *Ecosystem Services*.
- Paris, Q. 1993. Lecture Notes in Mathematical Programming. *Department of Agricultural Economics, University of California, David*.
- PCMDI. 2019. Program for Climate Model Diagnosis & Intercomparison. Obtenido de <https://pcmdi.llnl.gov/>
- Peña-Haro, S., Pulido-Velazquez, M., & Sahuquillo, A. 2009. A hydro-economic modelling framework for optimal management of groundwater nitrate pollution from agriculture. *J. Hydrol.*, 373,193-203.
- Perez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernandez-Diaz, J.C., Hernandez-Trejo, V., & Marquez-Linares, M. 2016. Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. *Ecosystem Services*.
- Peroni, N., Hanazaki, N., & Begossi, A. 2008. Artisanal fishers' ethnobotany: From plant diversity use to agrobiodiversity management. *Environment Development and Sustainability*, 10(5):623-637.
- Ponce, D. 2002. *Universidad de San Diego*.

- Ponce, R., Blanco, M., & Giupponi, C. 2014. The economic impacts of climate change on the Chilean agricultural sector: A non-linear agricultural supply model. *Chil. J. Agric. Res.*, 74,404-412.
- Ponce, R., Blanco, M., & Giupponi, C. 2015. Welfare Effects of Water Variability in Agriculture. Insights from a Multimarket Model. *Water J.*, 7,2908-2923. doi: 10.3390/w7062908
- Ponce, R., Fernández, F., Stehr, A., & Vásquez-Lavín, F. 2017. Distributional impacts of climate change on basin communities: an integrated modeling approach. *Springer*, 1812,1813.
- Prévot, A.C., Cheval, H., Raymond, R., & Cosquer, A. 2018. Routine experiences of nature in cities can increase personal commitment toward biodiversity conservation. *Biological Conservation*, Volume 226, October 2018, Pages 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.008>
- Prodesarrollo, G. 2012. Proyecto de Gestión Integral de la Microcuenca Mariño Abancay - Anexo 1 Estudio Hidrológico. *Estudio Definitivo de los Sistemas de Riego, U.E. Pro Desarrollo Apurimac, CES Salzgitter GMBH*, 710.
- Pulido-Velázquez, M., Andreu, J., Sahuquillo, A., & Pulido-Velázquez, D. 2008. Hydroeconomic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain. *Ecological Economics*, 66, 51–65.
- Quasem, A., & Ferdous, A. 2015. Food Security Challenge of Climate Change: An Analysis for Policy Selection. *Futures*, 50-63. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2016.04.002>
- Qureshi, M., Connor, J., Kirby, M., & Mainuddin, M. 2007. Economic assessment of environmental flows in the Murray Basin. *Australian Journal of Agricultural and Resources Economics* 513, 283-303.
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., & Arnillas, C. 2014. Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. *Journal for Nature Conservation*.

- Revelle, C., Joeres, E., & Kirby, W. 1969. The linear decision rule in reservoir management and design: 1, development of the stochastic model. *Water Resources Research* 5(4), 767-777.
- Reynaud, A. 2016. Assessing the impact of full cost recovery of water services on European households. *Water Resources and Economics*.
- Reynaud, A., & Lanzasova, D. 2017. A Global Meta-Analysis of the Value of Ecosystem Services Provided by Lakes. *Ecological Economics*, 1.
- Ringler, C., & Cai, X. 2006. Valuing fisheries and wetlands using integrated economic-hydrologic modeling Mekong River basin. *Journal of Water Resources Planning and Management* 132(6), 480-487.
- Ringler, C., Huy, N., & Msangi, S. 2006. Water allocation policy modeling for the Dong Nai River basin: An integrated perspective. *Journal of American Water Resources Association* 42, 1465-1482.
- Ringler, C., Von Braun, J., & Rosegrant, M. 2004. Water policy analysis for the Mekong River basin. *Water International* 29(1), 30-42.
- Rochdane, S., Reichert, B., Messouli, M., Babqiqi, A., & Khebiza, M. 2012. Climate change impacts on water supply and demand in Rheraya Watershed (Morocco), with potential adaptation strategies. *Water*, 4,28-44.
- Roco, L., Engler, A., Bravo-Ureta, B., & Jara-Rojas, R. 2015. Farmers' perception of climate change in mediterranean Chile. *Reg Environ Change*, 15:867–879.
doi:10.1007/s10113-014-0669-x
- Rogers, P. 1969. A game theory approach to the problems of international river basins. *Water Resources Research* 5(4), 749-760.
- Rolando, J., Turin, C., Ramírez, D., Mares, V., Monerris, J., & Quiroz, R. 2017. Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 13.
- Romero, J. 2012. El bosque Alto-Andino: una oportunidad para llevar al educando al aprendizaje significativo y a las estrategias de conservación.

- Rosegrant, M., Ringler, C., Mckinney, D., Cai, X., Keller, A., & Donoso, G. 2000. Integrated economic–hydrologic water modeling at the basin scale: The Maipo River basin. *Agricultural Economics* 24(1), 33-46.
- Scheierling, S., Loomis, J., & Young, R. 2006. Irrigation water demand: a metaanalysis of price elasticities. *Water Resources Research* 42 (1).
- Schejtman, A. 1980. Economía campesina: lógica interna, articulación y persistencia. *Revista CEPAL* 11: 121–140.
- Seidi, A., & Lehmann, M. 2011. Valoración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados. *Taller para Mesoamerica sobre la actualización de EPANBs*.
- Senamhi, S. N. 2017. Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. *SENAMHI*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=monitoreo-decadal-precipitacion>
- Serageldin, I. 1995. Water resources management: A new policy for a sustainable future. *Water Int.*, 20, 15-21.
- SERNANP. 2019. Santuarios Nacionales del Perú. *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado*. Obtenido de <https://www.sernanp.gob.pe/de-ampay>
- SPDA. 2015. Agrobiodiversidad, Seguridad Alimentaria y Nutrición: Ensayos sobre la Realidad Peruana. (M. R. Muller, Ed.) *Sociedad Peruana de Derecho Ambiental*. Obtenido de https://spda.org.pe/?wpfb_dl=1023
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Midgley, P. 2013. Climate change 2013: The physical science basis. In Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press: Cambridge, UK*, 1535.
- Sukhdev, P. 2008. La Economía de los Ecosistemas y la biodiversidad. *Comisión Europea*.
- SWAT-CUP, S. 2019. SWAT-CUP is a calibration/uncertainty or sensitivity program interface for SWAT. Obtenido de <https://swat.tamu.edu/software/swat-cup/>
- Tacsi P., A. 1997. Zonificación y optimización de cédula de cultivo del valle de Pisco.
- Taha, H. 1987. *Investigación de Operaciones* (Ediciones Alfaomega ed.). Mexico.
- Tammi, I., Mustajärvi, K., & Rasinmaki, J. 2016. Integrating spatial valuation of ecosystem services into regional planning and development. *Ecosystem Services*.

- Tisdell, J. 2010. Acquiring water for environmental use in Australia: An analysis of policy options. *Water Resources Management* 24, 1515-1530.
- Torres, M., Maneta, M., Howitt, R., Vosti, S., Wallender, W., Bassoi, L., & Rogrigues, L. 2012. Economic impacts of regional water scarcity in the Sao Francisco River basin, Brazil: An application of a linked hydroeconomic model. *Environment and Development Economics* 17(2), 227-248.
- Tsur, Y., Roe, T., Dinar, A., & Doukkali, M. 2004. Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries. *Resources for the Future*.
- UE PRODESARROLLO, A. 2012. *Proyecto Gestión Integral de la MC Mariño - Estudio de Impacto Ambiental*. Abancay.
- UN, N. 2020. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado el 23 de 07 de 2020, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Rose, S. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109:5/31. doi:10.1007/s10584-011-0148-z
- Varela-Ortega, C. 2007. Policy-driven determinants of irrigation development and environmental sustainability: a case study in Spain. In: Molle, F., Berkoff, J. (Eds.), *Irrigation water pricing policy in context: exploring the gap between theory and practice*. *Comp.Asses. Wat.Mng, IWMI and CABI press*, 328-346.
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutierrez, I., Esteve, P., Bharwani, S., Fronzek, S., & Downing, T. 2014. How can irrigated agriculture adapt to climate change? Insights from the Guadiana Basin in Spain. *Reg Environ Change*. doi:10.1007/s10113-014-0720-y
- Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I., Swartz, H., & Downing, T. 2011. Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: a hydro-economic modeling framework . *Glob. Environ. Chang.*, 21,604-619.
- Ven, T., Maidment, D., & Larry, M. 1994. *Hidrología Aplicada*. McGrawHill.
- Ventrela, D., Charfeddine , M., Moriondo, M., Rinaldi, M., & Bindi, M. 2012. Agronomic adaptation strategies under climate chang`e for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization. *Reg. Environ. Chang.*, 12, 407-419.

- Vgouroux, Y., Barnaud, A., Scarcelli, N., & Thuillet, A.C. 2011. Biodiversity, evolution and adaptation of cultivated crops Biodiversité, évolution et adaptation des plantes cultivées. *Comptes Rendus Biologies*, Volume 334, Issues 5–6, May 2011, Pages 450-457. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.03.003>
- Villaorduña Caldas, L. 1985. Análisis Económico y Determinación de la Función de Producción de Papa: El caso de la Agricultura comercial del Valle del Mantaro. *Tesis*.
- Volk, M., Hirschfeld, J., Dehnhardt, A., Schmidt, G., Bohn, C., Liersch, S., & Gassman, P. 2008. Integrated ecological-economic modelling of water pollution abatement management options in the Upper Ems river basin. *Ecol. Econ.*, 66 (1), 66-76.
- Walker, B., & Salt, D. 2006. *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Washington, D.C.: Island Press.
- Ward, F., & Pulido-Velásquez, M. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *PNAS* 105(47): 18215-18220.
- WDC CLIMATE, T. 2019. DKRZ long term archive. *WDC CLIMATE*. Obtenido de <https://cera-www.dkrz.de/WDC/ua/cersearch/>
- Weyant, J. 1985. General economic equilibrium as a unifying concept in energy-economic modeling. *Manag. Sci.*, 31,548-563.
- Wheeler, T., & Von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science*, 341,508-513.
- WWF. 2005. Índice del Planeta Vivo.
- Ximing , C., Daene C., M., & Leon S., L. 2001. Piece by piece approach to solving large nonlinear water resources management models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 1.
- Yang, Y., Brown, C., Yu, W., & Savitsky, A. 2013. An introduction to the IBMR, a hydro-economic model for climate change impact assessment in Pakistan's Indus River basin. *Water International* 38(5), 632-650.
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & Huber-Lee, A. 2005. WEAP21 — a demand-, priority-, and preference-driven water planning model. Part 1: model characteristics. *Water Int.* , 30 (4), 487-500.

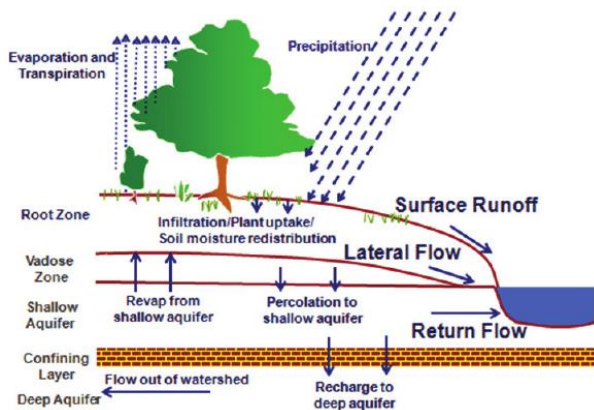
- Young, R. 1986. Why are there so few transactions among water users. *American Journal of Agricultural Economics* 68 (5), 1143–1151.
- Young, R. 2005. Determining the economic value of water: concepts and methods. *Resources for the Future*.
- Zamora Acosta, E. 2011. Sobre patrimonio y desarrollo. Aproximación al concepto de patrimonio cultural y su utilización en procesos de desarrollo territorial. *Pasos. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. Universidad de Sevilla*, Vol. 9 N° 1 págs. 101-113. 2011. doi:<https://doi.org/10.25145/j.pasos.2011.09.009>
- Zimmerer, K., De Haan, S., Jones, A., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Jiménez Olivencia, Y. 2019. The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, Volume 25, March 2019, 100192. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Modelamiento hídrico - SWAT (soil and water assesment tool)

La Herramienta de Evaluación de Suelo y Agua (SWAT por sus siglas en inglés) es un modelo semi distribuido y de dominio público, diseñado para medir el impacto de diversas prácticas de manejo de la tierra sobre la hidrología, los sedimentos y el transporte de contaminantes agrícolas en cuencas grandes y complejas, con distintos tipos de usos y condiciones de manejo de suelos, por largos periodos de tiempo (León, 2017).

Es desarrollado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y Servicio de Investigación Agrícola (ARS) para simular los efectos causados por los impactos de la gestión y el clima en el suministro de agua, sedimentos y rendimientos químicos agrícolas en las subcuencas y cuencas más grandes con diferentes suelos, uso de la tierra y las condiciones de manejo durante largos períodos de tiempo. El programa está dotado de una interfaz en QGIS para la definición de las características hidrológicas de las cuencas hidrográficas y de almacenamiento, así como la organización y la manipulación de los datos espaciales y tabulares relacionados. Los datos climáticos, precipitación y flujo de corriente se obtienen y se preparan de acuerdo con los requisitos de entrada SWAT. La Figura 5 muestra una visión global de los componentes del modelo SWAT, incluyendo la entrada, salida, los conjuntos de datos espaciales, y sus partes SIG.



Fases del ciclo hidrológico simulados por SWAT

Fuente: Researchgate (2019)

a. Componente hidrológico del SWAT

La simulación de la hidrología se realiza en dos divisiones separadas. Una de ellas es la fase terrestre del ciclo hidrológico que controla la cantidad de cargas de agua, sedimentos, nutrientes y pesticidas para el canal principal en cada subcuenca. Componentes hidrológicos simulados en la fase terrestre del ciclo hidrológico son el almacenamiento del dosel, la infiltración, redistribución, evapotranspiración, flujo subsuperficial lateral, escorrentía superficial, estanques, canales tributarios y retorno. La segunda división es el enrutamiento fase del ciclo hidrológico que se puede definir como el movimiento del agua, sedimentos, nutrientes y productos químicos orgánicos a través de la red de canales de la cuenca a la salida. En la fase terrestre del ciclo hidrológico, SWAT simula el ciclo hidrológico basado en la ecuación de balance hídrico, considerando la zona no saturada y el acuífero superficial por encima de la capa impermeable como una unidad, como se muestra en la ecuación siguiente:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{qw})_i$$

Donde:

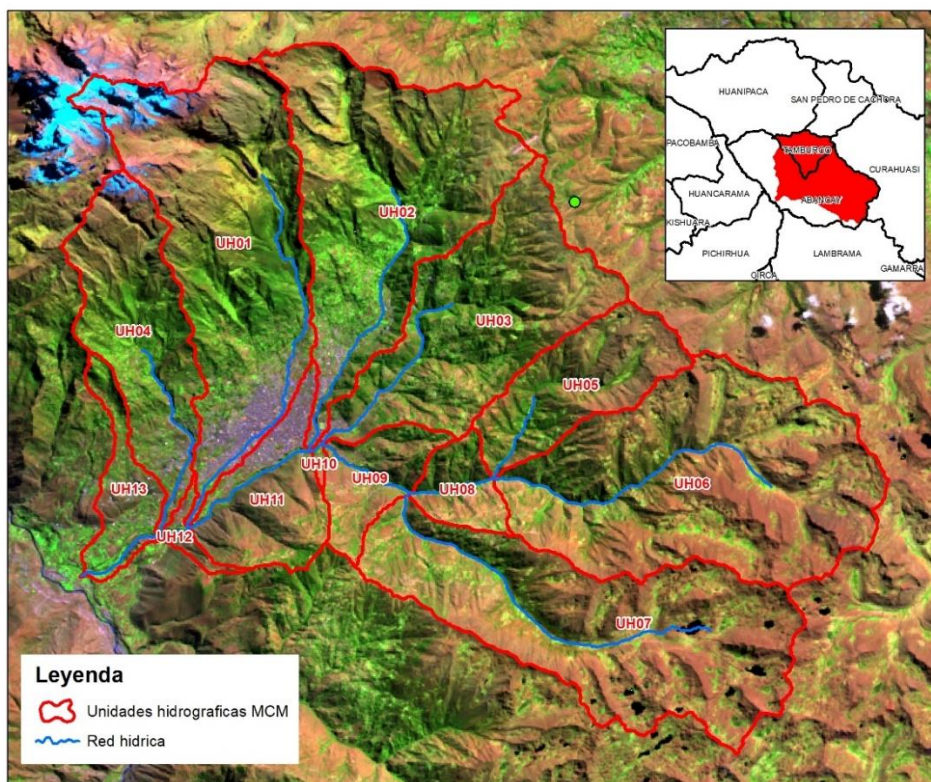
- SW_t : Contenido final de agua en el suelo (mm).
- SW_0 : Contenido inicial de agua del suelo en el día i (mm).
- t : Tiempo (días).
- R_{day} : Cantidad de precipitación en el día i (mm).
- Q_{surf} : Cantidad de escorrentía superficial por día (mm).
- E_a : Cantidad de evapotranspiración en el día (mm).
- W_{seep} : Cantidad de agua acumulada en la zona no saturada del perfil del suelo en el día i (mm).
- Q_{qw} : Cantidad de flujo de retorno en el día i (mm).

Respecto a la escorrentía el SWAT utiliza dos métodos para estimar el método del número de curva SCS (USDA-SCS, 1972) y el método de Green & Ampt infiltración (Green y Ampt,

1911). SWAT calcula la tasa de escorrentía pico con un método racional modificado. Hay muchos métodos que se desarrollan para estimar la evapotranspiración referencial (ET_o). Tres métodos se incorporan en SWAT: el método de Penman-Monteith (Monteith, 1965), el método Priestley-Taylor (Priestley y Taylor, 1972) y el método de Hargreaves (Hargreaves et al., 1985).

Recopilación de material cartográfico y estadístico

- **Unidades hidrográficas.** Hace referencia a la cartografía de cuencas hidrográficas delimitada a partir del inicio del río Mariño en el distrito de Abancay, a partir de ello se han delimitado 13 unidades hidrográficas en base a los ríos principales dentro de la microcuenca del río Mariño. A continuación, se muestra una gráfica y los parámetros básicos que se utilizó:



Ubicación de unidades hidrográficas de la microcuenca del río Mariño

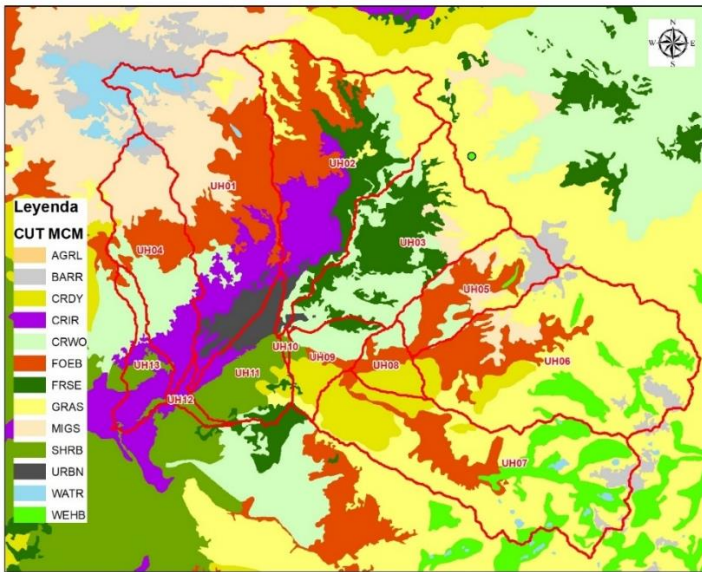
Fuente: Proyecto Pro Desarrollo (2012)

Parámetros básicos de las unidades hidrográficas de la microcuenca del río Mariño

Nombre de la fuente principal	Código Unidad Hidrográfica	Latitud	Longitud	Coordenada este (m)*	Coordenada norte (m)*	Cota promedio (msnm)	Cota mínima (msnm)	Cota máxima (msnm)	Área (has)	Perímetro (m)	Pendiente	Longitud de UH	Ancho de UH
Quebrada Chinchichaca	UH01	-13.59	-72.89	727857	8496494	3702	2093	5203	3454.31	44525	48.512566	17720.81	10.80
Quebrada Arapato	UH02	-13.58	-72.86	731842	8497641	3587	2377	4662	3288.33	42275	44.43104	14594.10	10.49
Río Simpe	UH03	-13.61	-72.83	734255	8494454	3410	2410	4210	2382.66	33625	46.410868	11347.92	8.65
Quebrada Nacchero	UH04	-13.61	-72.91	725707	8494250	3426	2012	4974	1678.48	30200	48.688762	11924.33	7.01
Quebrada Cancallayoc	UH05	-13.62	-72.81	736716	8492768	3765	2884	4323	1145.61	20700	50.986023	7820.68	5.57
Río Puruchaca	UH06	-13.65	-72.78	739813	8490212	4075	2884	4652	3949.03	36375	46.103866	12734.32	11.71
Río Atumpata	UH07	-13.68	-72.81	737205	8486635	4058	2646	4736	3527.39	42000	44.876252	14653.20	10.94
Río Puruchaca	UH08	-13.65	-72.84	733746	8490113	3113	2646	3795	406.66	11450	62.628266	3809.56	2.99
Río Puruchaca	UH09	-13.65	-72.86	731524	8490369	2884	2410	3579	607.28	15075	53.841085	4467.03	3.81
Río Puruchaca	UH10	-13.64	-72.87	730177	8490805	2565	2377	2973	30.72	3725	45.961482	1637.65	0.64
Río Mariño	UH11	-13.65	-72.88	728921	8489893	2692	2093	3528	973.31	19825	50.178933	6570.01	5.05
Río Mariño	UH12	-13.66	-72.90	726921	8488960	2333	2012	3212	121.45	11175	39.121525	2775.82	1.45
Río Mariño	UH13	-13.65	-72.92	725168	8490201	2331	1793	3564	545.78	19400	33.48681	7489.62	3.57

Fuente: Elaborado en base al centroide de cada unidad hidrográfica (2019)

- **Cobertura y Uso de la Tierra.** Hace referencia a la cartografía de las unidades de cobertura y uso de la tierra (CUT) del proceso de Zonificación Ecológica Económica de la región Apurímac a una escala de análisis de 1/100000, tal información ha sido reclasificada en unidades de la base de datos del modelo SWAT para su incorporación en la etapa de modelamiento hidrológico.



Mapa de cobertura y uso de la tierra del ámbito de estudio

Fuente: Proyecto Pro Desarrollo (2012)

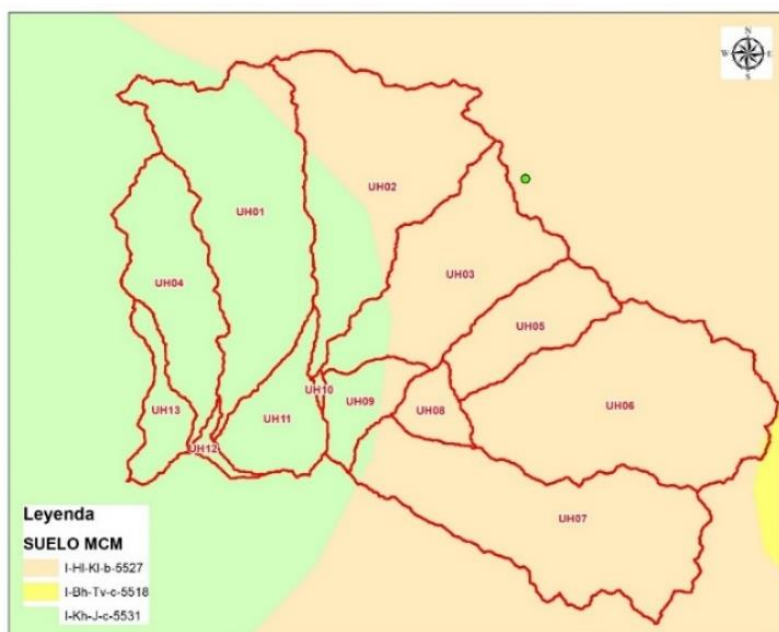
Reclasificación de unidades de cobertura y uso de la tierra a unidades de la base de datos del modelo SWAT del ámbito de estudio

NOMBRE CUT ZEE	RECLASIFICACIÓN SWAT	CÓDIGO
Afloramientos rocosos	Barren	BARR
Áreas quemadas	Barren	BARR
Tierras desnudas	Barren	BARR
Agroforestería bajo riego	Cropland/Woodland mosaic	CRWO
Agroforestería bajo secano	Cropland/Woodland mosaic	CRWO
Cultivos bajo riego con vegetación natural	Cropland/Woodland mosaic	CRWO
Arbustivo arbóreo abierto	Shrubland	SHRB
Arbustivo herbáceo	Mixed grassland/Shrubland	MIGS
Bofedales	Herbaceous wetland	WEHB
Bosques nativos	Evergreen broadleaf forest	FOEB
Cultivos bajo riego	Irrigated cropland and pasture	CRIR

NOMBRE CUT ZEE	RECLASIFICACIÓN SWAT	CÓDIGO
Cultivos bajo seco	Dryland cropland and pasture	CRDY
Cultivos bajo seco con vegetación natural	Dryland cropland and pasture	CRDY
Laymes	Dryland cropland and pasture	CRDY
Glaciares	Water	WATR
Lagunas	Water	WATR
Pajonales	Grassland	GRAS
Plantaciones forestales exóticas	Forest-Evergreen	FRSE
Tejido urbano	Residential	URBN
Cultivos permanentes bajo riego	Agricultural Land-Generic	AGRL

Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2019)

- **Suelos.** Hace referencia a la cartografía mundial de suelos (Harmonized World Soil Database) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, el cual se ha recortado para el ámbito de la microcuenca del río Mariño (FAO N. U., 2019).



Mapa de suelos de la base de datos mundial de la FAO recortada al ámbito de estudio

Fuente: FAO (2019)

Parámetros edáficos del mapa de suelos de la FAO

Código FAO del suelo (numérico)	5527	5518	5531
Código FAO del suelo (alfanumérico)	I-Hl-Kl-b-5527	I-Bh-Tv-c-5518	I-Kh-J-c-5531
Numero de capas	2	2	2
Grupo hidrológico	D	C	C
Máxima profundidad de raíces del perfil del suelo (mm).	690	670	690
Fracción porosa, en la cual no son atraídos los aniones	0.5	0.5	0.5
Fragmentos rocosos del perfil del suelo %	0.5	0.5	0.5
Clase textural	Franco	Franco	Franco
Profundidad del perfil (mm) HZ1	300	300	300
Densidad en volumen húmedo (g/cc) HZ1	1.3	1	1
Capacidad de agua disponible por capa de suelo (mmH ₂ O/mm de suelo) HZ1	0.122	0.122	0.096
Conductividad hidráulica de saturación (mm/hr). Resistencia al flujo de agua en la matriz del suelo HZ1	8.23	45.93	37.72
Contenido de carbono orgánico (% peso de suelo) HZ1	1.3	2.8	1.4
Contenido de arcilla (% peso de suelo) HZ1	23	19	21
Contenido de limo (%) HZ1	40	43	36
Contenido de arena (%) HZ1	38	39	42
Contenido fragmentos de roca (%) HZ1	0	0	0
Albedo en suelo húmedo (Refractancia por % granulométrico) HZ1	0.0399	0.0022	0.0329
Factor erodabilidad K suelo con la ecuación (datos textura y materia orgánica) HZ1	0.2798	0.2671	0.2759
Profundidad del perfil (mm) HZ2	1000	1000	1000
Densidad en volumen húmedo (g/cc) HZ2	1.4	1.1	1.2
Capacidad de agua disponible por capa de suelo (mmH ₂ O/mm de suelo) HZ2	0.122	0.122	0.096
Conductividad hidráulica de saturación (mm/hr). Resistencia al flujo de agua en la matriz del suelo HZ2	4.23	24.75	13.13
Contenido de carbono orgánico (% peso de suelo) HZ2	0.6	1.2	0.5
Contenido de arcilla (% peso de suelo) HZ2	29	21	24
Contenido de limo (%) HZ2	33	31	37
Contenido de arena (%) HZ2	37	47	40
Contenido fragmentos de roca (%) HZ2	0	0	0
Albedo en suelo húmedo (Refractancia por % granulométrico) HZ2	0.154	0.0484	0.1867
Factor erodabilidad K suelo con la ecuación (datos textura y materia orgánica) HZ2	0.2798	0.2671	0.2759

HZ: Horizonte edáfico

Fuente: FAO (2019)

Información climática

La información climática utilizada y disponible (precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima) para realizar el modelamiento hidrológico de la situación actual (1982-2013) proviene de la base de datos climáticos diaria del producto PISCO versión 2.0 (Peruvian Interpolated data of the's Climatological and hydrological Observations) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la razón de la utilización de esta información es que contiene datos diarios de variables de clima que son necesarios para su ingreso en el modelo hidrológico usado (SWAT) en vista a que a nivel del departamento de Apurímac la información disponible es a nivel mensual y para el ámbito de estudio no se obtuvo información diaria de las variables climáticas como precipitación, temperatura (SENAMHI, 2017).

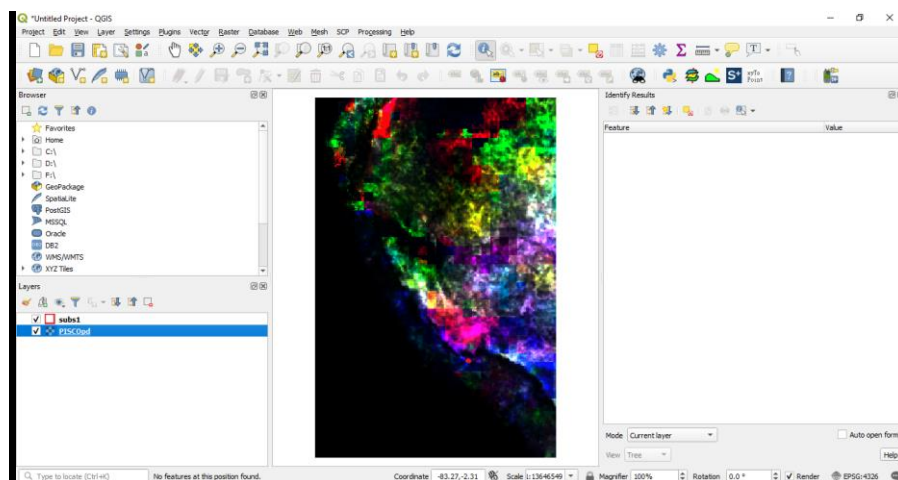
← → ↻ ⓘ No es seguro | ftp://ftp.senamhi.gob.pe

Índice de /

	Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
📁	DECADIARIOS/		28/5/18 19:00:00
📄	Estimación de umbrales de precipitación máxima a nivel nacional.pdf	3.2 MB	28/5/18 19:00:00
📄	LEER-SONICS-TIFF.txt	2.5 kB	28/5/18 19:00:00
📄	MANUAL_SONICS.pdf	4.4 MB	10/12/18 19:00:00
📁	PISCO/		2/4/19 6:03:00
📁	PISCO_Pd_v1.0/		28/5/18 19:00:00
📁	PISCO_Pd_v1.1/		28/5/18 19:00:00
📁	PISCO_Pd_v1.2/		28/5/18 19:00:00
📁	PISCO_temperatura/		10/12/18 19:00:00
📁	PISCO_v2.0/		28/5/18 19:00:00
📁	PISCOp_V2.1_beta/		25/6/18 19:00:00
📁	RASTER/		28/5/18 19:00:00
📁	files/		13/5/19 16:21:00

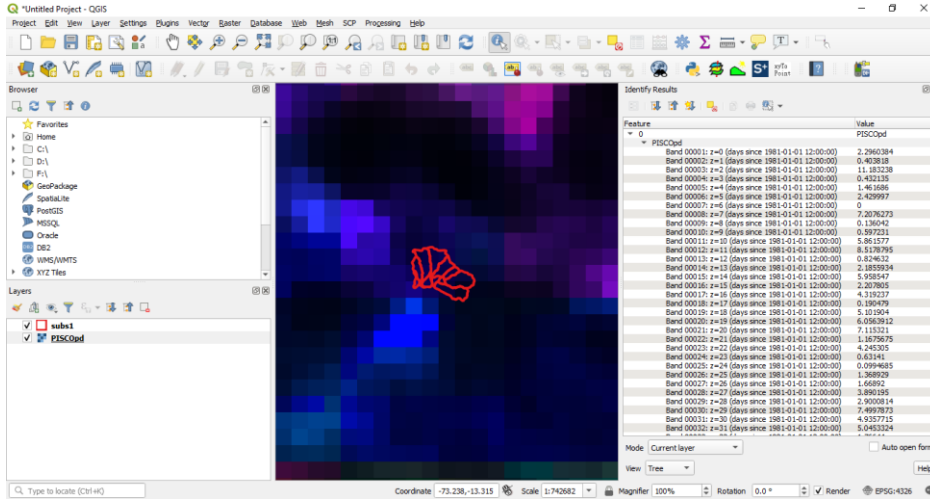
Interfaz de la página web de datos climáticos del producto PISCO del SENAMHI

Fuente: SENAMHI (2017)



Vista de la información en formato.NetCDF de datos de precipitación diaria del producto PISCO a nivel del ámbito de estudio

Fuente: SENAMHI (2017)



Vista de la información en formato.NetCDF y tabular de datos de precipitación diaria del producto PISCO a nivel del ámbito de estudio

Fuente: SENAMHI (2017)

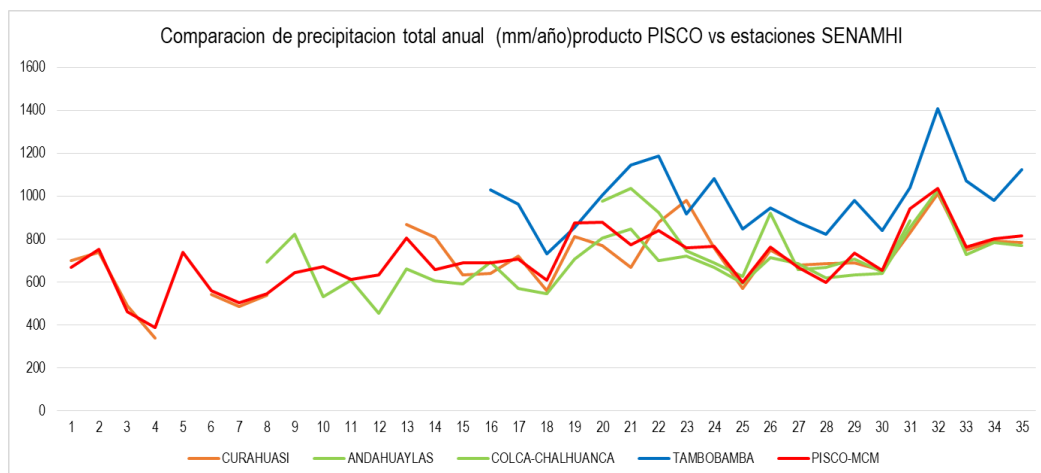
Para mostrar la coherencia de información del periodo 1982-2013 del producto PISCO se le ha comparado con información de precipitación total anual de estaciones climatológicas que administra el SENAMHI instaladas en el ámbito del departamento de Apurímac: Curahuasi, Andahuaylas, Colca-Chalhuanca y Tambobamba donde se podrá apreciar tanto en el gráfico como los datos existe una tendencia coherente entre las estaciones de Curahuasi, Andahuaylas, Colca-Chalhuanca y Tambobamba y la información de precipitación del producto PISCO. A continuación, se muestra el cuadro y gráfico:

Comparación estaciones del SENAMHI y el producto PISCO Abancay

Año	Precipitación total anual (mm)				PISCO-MCM
	Curahuasi	Andahuaylas	Colca-Chalhuanca	Tambobamba	
1981	700.3				669.4752167
1982	737.8				754.6103003
1983	491.6				464.0947367
1984	340.5				389.5110221
1985					740.7383806
1986	541.5				561.1398892
1987	488.7				504.5543694
1988	539.6	693.3			547.2896057
1989		825			645.8604799
1990		533.5			674.1128634
1991		610.5			612.1044518

Año	Precipitación total anual (mm)				
	Curahuasi	Andahuaylas	Colca-Chalhuanca	Tambobamba	PISCO-MCM
1992		454.2			634.7891716
1993	870	662.1			807.3700185
1994	810.6	605.3			657.8665974
1995	634.9	590.9			689.3621527
1996	642.6	693.7		1029.5	689.5258838
1997	721.1	570.7		964	706.5929559
1998	561.2	546.8		730.8	610.3817381
1999	811.8	707.8		854	875.2371595
2000	772.1	804.5	976.7	1007.2	879.9408322
2001	669	849.1	1037.9	1145.2	773.5996515
2002	878.8	702.6	924.1	1189.7	840.2635309
2003	980.9	721.8	746.7	918.5	759.2888918
2004	760.6	670.9	688.8	1081.8	768.2387047
2005	570.8	597.1	626.5	848.4	598.1008632
2006	750.2	713.9	921.9	945.4	764.7635403
2007	678.7	686.5	657.7	879.3	668.3197247
2008	687.8	620.7	669.2	825.1	597.9837329
2009	690.9	634.2	706.6	980.7	734.9629309
2010	654.9	639.7	647.1	841.9	655.5463444
2011	832.3	856.7	885.9	1040.4	941.9165176
2012	1012.9	1030.7		1409.5	1036.944016
2013	751.4	728.9		1073.1	764.1351099
2014	793.7	783.6		982.4	803.6187185
2015	783.3	770.3		1124.4	815.4677817

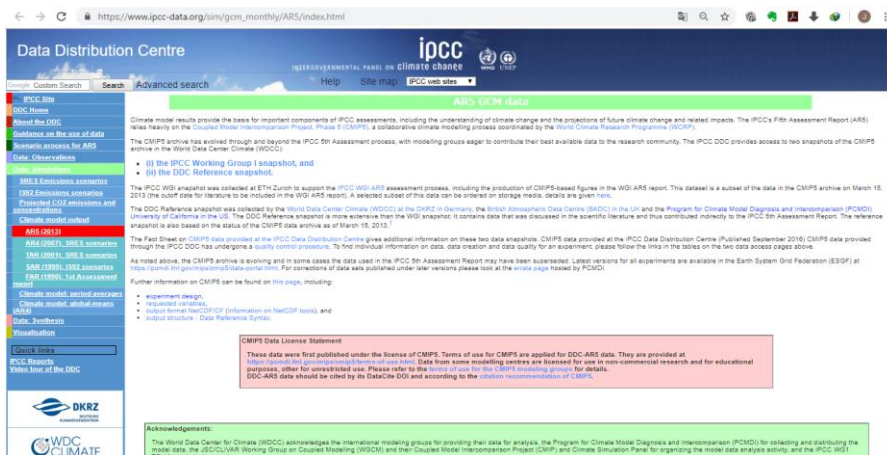
Fuente: Resultados del servicio de FONDECYT



Comparación de información SENAMHI y SWAT

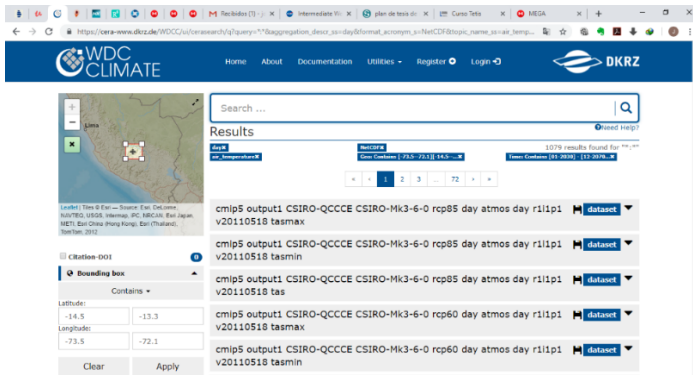
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el Centro de Distribución de Datos (DDC por sus siglas en inglés) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) recopila información del Centro de Datos Climáticos Mundiales-WDCC del Centro Alemán de Computo Climático (German Climate Computing Center-DKRZ), Centro de Datos Atmosféricos Británicos en el Reino Unido-BADC y el Programa de Diagnostico e Intercomparación de Datos Climáticos de la Universidad de California en los Estados Unidos (IPCC P. I., 2019) (WDC CLIMATE, 2019) (MIDAS, 2019) (PCMDI, 2019). La información climática usada para el modelamiento hidrológico de los escenarios de cambio climático 2018-2065 (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5) proviene del Centro de Datos Climáticos Mundiales-WDCC del Centro Alemán de Computo Climático, el modelo climático utilizado es el CSIRO-Mk3.0 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation-Mark model, version 3), del uso de este modelo climático existe los antecedente de la publicación del Ministerio del Ambiente y de un estudio realizado en el departamento de Puno sobre cambios proyectados de recursos hídricos bajo escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5, (Lujano Laura, Hidalgo Sanchez, Diaz Aguilar, Tapia Aguilar, & Lujano Laura, 2016) (MINAM, 2016).



Vista de la página web del Centro de Distribución de Datos

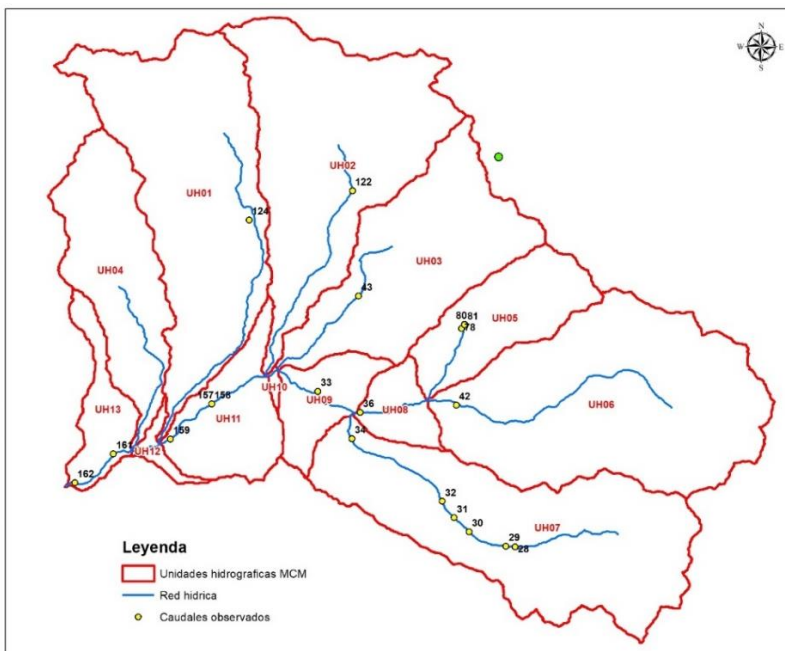
Fuente: Data Distribution Centre del IPCC (2019)



Vista de la página web de descarga de información climática futura

Fuente: Data Distribution Centre del IPCC (2019)

- **INFORMACION HIDROMETRICA.** La información hidrométrica corresponde a aforos de caudales medios mensuales medidos en el ámbito de la microcuenca del río Mariño realizado por la Unidad Ejecutora Pro-Desarrollo Apurímac del Gobierno Regional de Apurímac durante los meses de noviembre del 2011 a julio del 2012, esta información se usará para calibrar y validar el modelo hidrológico, la ubicación de la información se muestra en la siguiente figura:



Mapa de ubicación de puntos de aforos de caudales en el ámbito de la microcuenca del río Mariño

Fuente: Proyecto Pro Desarrollo (2012)

Ubicación de los puntos de aforos de caudales en el ámbito de la microcuenca del río Mariño

Código aforo	Unidad hidrografica	Provincia	Distrito	Comunidad	Fuente	Este	Norte	Cota
124	UH 01	Abancay	Tamburco	Sec. Sahuanay - Antabamba - Maucacalle	Quebrada	729490	8495662	3140
122	UH 02	Abancay	Tamburco	Sec. San Antonio	Quebrada	732450	8496496	2998
120	UH 02	Abancay	Tamburco	Sec. Kerapata	Rio	732262	8497277	3119
43	UH 03	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Rio	732598	8493416	2703
80	UH 05	Abancay	Abancay	Sec. Aymas alto	Quebrada	735626	8492565	3310
81	UH 05	Abancay	Abancay	Sec. Aymas alto	Quebrada	735622	8492553	3322
78	UH 05	Abancay	Abancay	Sec. Aymas alto	Rio	735541	8492440	3323
42	UH 06	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Quebrada	735364	8490204	3045
28	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Micaéla Bastidas - Viracochapata	Rio	737013	8486046	3913
29	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Rio	736750	8486073	3897
30	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Curanguyocc	Rio	735702	8486505	3690
31	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Rio	735272	8486916	3584
32	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Curanguyocc	Rio	734940	8487399	3480
34	UH 07	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Rio	732372	8489254	2708
35	UH 08	Abancay	Abancay	CC. Atumpata	Rio	733381	8490049	2706
36	UH 08	Abancay	Abancay	Sec. Aymas Bajo	Rio	732615	8490018	2649
37	UH 09	Abancay	Abancay	Sec. Condado	Quebrada	731618	8490351	2526
33	UH 09	Abancay	Abancay	Sec. Aymas Bajo	Rio	731407	8490643	2520
157	UH 11	Abancay	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	728367	8490305	2213
158	UH 11	Abancay	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	728366	8490304	2212
159	UH 11	Abancay	Abancay	CC. Micaéla Bastidas - Viracochapata	Rio	727176	8489286	2101
160	UH 12	Abancay	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	726244	8488977	2005
161	UH 13	Abancay	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	725543	8488870	1934
162	UH 13	Abancay	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	724432	8488038	1791

Fuente. Gobierno Regional de Apurímac.

Caudales aforados en l/s en el ámbito de la microcuenca del río Mariño

Código aforo	Distrito	Comunidad	Fuentes hídricas		2011		2012						
			Tipo de fuente	Nombre de las fuentes de agua	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Laguna	Quequeracocha	72.9	s/d	56.0	65.7	56.3	33.0	23.9	17.4	s/d
4	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Laguna	Alfallacocha	31.3	s/d	59.1	65.7	56.4	33.1	24.0	17.4	s/d
5	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Laguna	Moroccocha	3.5	s/d	19.2	21.0	18.1	10.7	7.7	5.6	s/d
8	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Laguna	Rontoccocha	86.6	s/d	334.1	366.6	315.7	186.8	135.6	98.6	s/d
14	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Laguna	Yanacocha Bajo	49.0	s/d	61.6	72.7	62.7	37.4	27.2	19.8	s/d
28	Abancay	CC.Micaéla Bastidas - Viracochapata	Rio	Union de salidas de lagunas Rontoccocha y Yanacocha	s/d	486.7	651.8	717.3	619.4	369.3	268.5	195.2	s/d
29	Abancay	CC. Atumpata	Rio	Rontoccocha (Aforo canal)	s/d	s/d	692.0	776.2	670.7	400.7	291.4	211.9	s/d
30	Abancay	CC. Curanguyocc	Rio	Rontoccocha (Aforo canal)	s/d	s/d	778.6	862.1	745.7	446.7	325.1	236.3	s/d
31	Abancay	CC. Atumpata	Rio	Rontoccocha (Aforo canal)	s/d	s/d	749.6	887.1	767.8	460.5	335.2	243.7	s/d
32	Abancay	CC. Curanguyocc	Rio	Rontoccocha (Aforo canal)	s/d	s/d	876.5	986.0	854.9	515.2	375.4	272.8	s/d
33	Abancay	Sec. Aymas Bajo	Rio	Mariño	s/d	s/d	2,658.3	2,989.5	2,630.5	1,642.7	1,204.7	874.5	s/d
34 (*)	Abancay	CC. Atumpata	Rio	Rontoccocha (1° bocatoma Mariño)	89.4	s/d	1,045.1	1,184.4	1,035.1	636.2	465.3	338.0	142.7
35	Abancay	CC. Atumpata	Rio	Puruchaca Parte Baja sector Atumpampa	427.1	829.0	1,436.2	1,724.7	1,517.0	946.5	694.0	503.8	491.2
36	Abancay	Sec. Aymas Bajo	Rio	Puruchaca	s/d	s/d	1,559.0	1,746.3	1,537.8	962.0	705.7	512.2	s/d

Código aforo	Distrito	Comunidad	Fuentes hídricas		2011		2012						
			Tipo de fuente	Nombre de las fuentes de agua	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
37	Abancay	Sec. Condado	Quebrada	Pucllaccpata	s/d	6.4	24.0	28.4	26.3	18.1	13.4	9.7	10.0
42	Abancay	CC. Atumpata	Quebrada	Chacabamba	s/d	s/d	1,164.5	1,319.3	1,152.7	708.1	306.4	376.1	s/d
43	Abancay	CC. Atumpata	Rio	Marcahuasi 3ª Bocatoma Canal Mariño	123.9	s/d	410.7	470.1	422.3	275.3	203.2	147.3	s/d
45	Abancay	CC. Curanguyoc	Manante	Uncayoc 1	s/d	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	s/d
46	Abancay	CC. Curanguyoc	Manante	Uncayoc 2	s/d	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	s/d
47	Abancay	CC. Curanguyoc	Manante	Yanamachay	s/d	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	s/d
78	Abancay	Sec. Aymas alto	Rio	Puruchaca	s/d	s/d	205.5	234.0	205.7	128.1	93.9	68.2	s/d
80	Abancay	Sec. Aymas alto	Quebrada	Pucapuca 1	s/d	0.4	2.6	3.2	2.8	4.6	1.4	1.0	s/d
81	Abancay	Sec. Aymas alto	Quebrada	Pucapuca 2	s/d	0.5	0.8	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3	s/d
120	Tamburco	Sec. Kerapata	Rio	Uchuccara	s/d	252.3	552.2	720.0	780.0	459.2	174.7	126.9	s/d
122	Tamburco	Sec. San Antonio	Quebrada	Pumahuaycco	s/d	3.0	11.6	3.2	4.5	8.0	9.6	6.9	4.9
124	Tamburco	Sec. Sahuanay - Antabamba - Maucacalle	Quebrada	Sahuanay	s/d	s/d	638.8	690.0	598.3	360.6	195.2	191.0	s/d
157	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	Mariño Q = Total	s/d	s/d	3,772.0	4,470.3	3,981.0	2,550.9	1,878.2	1,362.2	s/d
158	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	Mariño sector Upamayo (Aforo canal)	255.8	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
159	Abancay	CC. Micaéla Bastidas - Viracochapata	Rio	Mariño sector Upamayo (Aforo canal)	56.8	s/d	3,807.3	4,517.9	4,029.4	2,589.7	1,907.6	1,383.4	s/d
160	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	Mariño sector Upamayo (Aforo canal)	138.2	s/d	4,633.0	5,501.4	4,910.3	3,160.9	2,328.8	1,688.8	s/d
161	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	Mariño - Ñacchero	164.0	s/d	4,949.5	5,884.6	5,260.0	3,395.8	2,502.9	1,814.8	s/d
162	Abancay	Sec. Pachachaca	Rio	Mariño - Ñacchero	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Fuente. Gobierno Regional de Apurímac, s/d: Sin datos

- **INFORMACION ESTADISTICA.** Hace referencia a la información estadística de la Dirección Regional de Agricultura de Apurímac de la superficie sembrada por cultivo agrícola de los distritos de Abancay y Tamburco de la campaña agrícola 2017-2018.

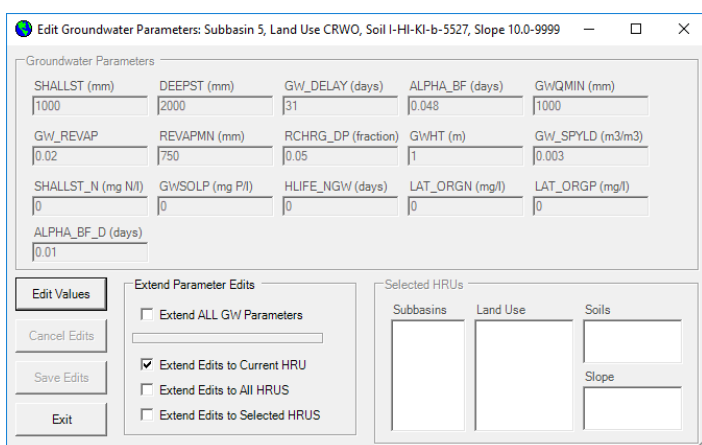
Modelamiento hidrológico

- **Calibración del modelo hidrológico.** La calibración del modelo hidrológico SWAT para la microcuenca del río Mariño se hizo para la Unidad Hidrográfica 07 (río Atumpata), debido a que el río de la UH 07 dispone de información hidrométrica, ello ha permitido mediante el software SWAT-CUP para calibrar los parámetros (SWAT-CUP, 2019). A continuación, se muestra los parámetros:

Parámetros del modelo hidrológico SWAT antes y después de la calibración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor sin calibrar	Valor calibrado
Groundwater delay	GW_DELAY	Días	31	324
Baseflow alpha factor	ALPHA_BF	Dias	0.048	0.30
Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur	GWQMN	mm	1000	1.80

Fuente: Resultados del servicio de FONDECYT



Parámetros del modelo hidrológico SWAT antes de ser calibrados

Fuente: SWAT-CUP (2019)

- **Análisis de bondad del modelo calibrado.** Se ha usado el coeficiente de eficiencia de **Nash-Sutcliffe** como criterio numérico de relación, ajuste y validez de los

caudales simulados del modelo hidrológico calibrado y de los caudales observados (aforos) en la Unidad Hidrográfica del río Atumpata, cuando su valor es más próximo a 1 (ó 100 en porcentaje) el modelo tiene mejor ajuste, la ecuación es la siguiente:

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Q_{obs,t} - Q_{sim,t})^2}{\sum_{t=1}^n (\overline{Q_{obs,t}} - Q_{obs,t})^2}$$

Donde;

$Q_{obs,t}$: Caudal observado proveniente de los aforos (m³/s).

$Q_{sim,t}$: Caudal simulado proveniente de la aplicación del modelo hidrológico (m³/s).

$\overline{Q_{obs,t}}$: Media de caudales observados durante el periodo de calibración.

Los resultados de la bondad de ajuste del modelo calibrado se muestran en el Anexo 5.

- **Validación del modelo hidrológico.** El proceso de validación del modelo hidrológico demuestra la capacidad del modelo para predecir caudales fuera del periodo de calibración, por la disponibilidad escasa de aforos de caudales de periodos prolongados se ha comparado la precipitación de las estaciones usadas para este estudio con los caudales simulados del modelamiento hidrológico y se ha calculado el Coeficiente de Correlación de Pearson para el periodo de precipitación mensual (mm/mes) y simulación mensual de caudal (m³/s) de 1984 a 2014. Los gráficos de la validación se muestran en el Anexo 6.
- **Generación de caudales medios mensuales.** En base a los parámetros del modelo calibrado en la Unidad Hidrográfica 07 (río Atumpata) y los datos climáticos históricos y de escenarios futuros se procedió a calcular los caudales mensuales promedio en las unidades hidrográficas de la microcuenca del río Mariño.

a. Generación de caudales medios mensuales históricos

La oferta hídrica de una unidad hidrográfica es la cantidad de volumen total de agua que dispone proveniente de diferentes fuentes, tales como aguas superficiales, aguas

subterráneas, aguas de recuperación, aguas de almacenamiento en represas, aguas de trasvase y otras fuentes hídricas. Los resultados se enfocan en la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales a nivel de unidades hidrográficas, para el caso de la oferta hídrica histórica se ha analizado el periodo comprendido entre los años 1982 a 2013. El aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales tiene como uso principal el riego de las áreas de cultivo (uso consuntivo) y el abastecimiento de agua poblacional, uso pecuario y generación eléctrica (uso no consuntivo).

b. Generación de caudales medios mensuales de escenario de cambio climático

En base al modelo calibrado y validado se procedió a modelar los caudales en base a datos del escenario climático RCP 2.6. El resultado de este análisis se muestra en el Anexo 7.

Requerimiento hídrico de los cultivos

En la microcuenca del río Mariño la actividad agrícola es variada, por la existencia y manejo de pisos diversos complementados por las variedades agroclimáticas. El nivel tecnológico de producción en su mayor parte es tradicional, sin embargo, a la fecha se está implementando actividades de mejoramiento de los sistemas de riego, lo cual en el mediano plazo tendrá una tendencia al mejoramiento de la productividad agrícola. Metodológicamente, para determinar el requerimiento hídrico a ser utilizado en el MHE a nivel del ámbito de estudio se ha sistematizado el área sembrada por cultivo en base a las estadísticas de la Dirección Regional Agraria de Apurímac (campana agrícola 2017-2018), el periodo vegetativo y al tipo de sistema de riego (por gravedad o riego) de cada especie se ha establecido el calendario de siembra de cultivos (cédula de cultivos) y los coeficientes de cultivo K_c que en el caso del ámbito de estudio se obtuvo de referencias de estudios y proyectos que se han realizado en el departamento. A continuación, se muestran los resultados:

Demanda de agua para uso agrícola de la microcuenca del río Mariño (periodo 2017-2018)

Cultivos	Área ha	%	Coeficientes de uso consuntivo mensualizados (kc)											
			jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Aji amarillo	4.00	0.0026	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Albahaca	3.59	0.0023	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Alfalfa	210.00	0.1342	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Arveja grano seco	11.43	0.0073	0.93	0.87	0.54								0.30	0.47
Arveja grano verde	28.56	0.0182	0.93	0.87	0.54								0.30	0.47
Betarraga	1.58	0.0010	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Brocoli	3.74	0.0024				0.66	0.50	1.00	1.00	1.09	1.00			
Cayhua	3.00	0.0019	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Calabaza	6.29	0.0040	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Camote	6.08	0.0039	0.75	1.05	1.00	0.50								0.37
Caña de azucar (para alcohol)	39.00	0.0249	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aguaymanto o capuli	7.75	0.0050	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cebada forrajera	4.71	0.0030			0.40	0.77	1.20	1.20	0.40					
Cebada grano	4.71	0.0030			0.40	0.77	1.20	1.20	0.40					
Chirimoya	7.00	0.0045	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cirolero	6.00	0.0038	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Col o repollo	4.25	0.0027	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Coliflor	1.17	0.0007	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Fresas y frutillas (semipermanente)	2.00	0.0013	0.88	0.88	0.75	0.75	0.75	0.88	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Granadilla	5.00	0.0032	0.88	0.88	0.75	0.75	0.75	0.88	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Granado	1.00	0.0006	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Haba grano seco	27.64	0.0177				1.20	0.46	0.82	1.06	1.09	0.92	0.55		
Haba grano verde	30.27	0.0193				1.20	0.46	0.82	1.06	1.09	0.92	0.55		

Cultivos	Área	%	Coeficientes de uso consuntivo mensualizados (kc)											
	ha		jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Higuera	3.00	0.0019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lechuga	5.03	0.0032	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Limon sutil	6.00	0.0038	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lucuma	2.00	0.0013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Maiz amarillo duro	143.75	0.0918				1.20	0.40	0.66	1.01	1.15	1.08	0.86		
Maiz amilaceo	373.49	0.2386				1.20	0.40	0.66	1.01	1.15	1.08	0.86		
Maiz choclo	6.20	0.0040				1.20	0.40	0.66	1.01	1.15	1.08	0.86		
Maiz morado	5.33	0.0034				1.20	0.40	0.66	1.01	1.15	1.08	0.86		
Mango	2.00	0.0013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Manzano	5.00	0.0032	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Melocotonero	11.00	0.0070	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Membrillo	3.00	0.0019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Naranja	2.50	0.0016	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Nispero	4.50	0.0029	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Nispero de agua cuello	3.00	0.0019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Oca	2.64	0.0017				0.37	0.75	1.05	1.00	0.50				
Olluco	18.64	0.0119				0.37	0.75	1.05	1.00	0.50				
Pacae o guabo	4.00	0.0026	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pallar grano seco	2.00	0.0013	1.06	1.09	0.92	0.55						1.20	0.46	0.82
Palto	82.40	0.0526	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Papa	57.19	0.0365				1.20	0.45	0.78	1.11	1.13	0.93			
Papaya	1.00	0.0006	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pasto elefante	2.00	0.0013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pasto sudan	17.20	0.0110	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pepinillo	5.42	0.0035	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00

Cultivos	Área	%	Coeficientes de uso consuntivo mensualizados (kc)											
	ha		jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Peral	9.00	0.0057	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Platano	2.00	0.0013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Quinua	2.90	0.0019				0.30	0.47	0.93	0.87	0.54				
Rocoto semipermanente	3.00	0.0019	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Sauco o arrayan	18.00	0.0115	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tara	31.00	0.0198	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tomate	32.00	0.0204	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Trebol	27.00	0.0172	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Trebol blanco	30.00	0.0192	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Trebol rojo	9.00	0.0057	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Trigo	8.63	0.0055					0.30	0.47	0.93	0.87	0.54	0.39		
Tuna	18.00	0.0115	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Yuca	5.75	0.0037	0.75	1.05	1.00	0.50								0.37
Zanahoria	4.45	0.0028	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Avena	2.00	0.0013				0.30	0.47	0.93	0.87	0.54				
Durazno	0.78	0.0005	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cebolla	5.00	0.0032	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Flores	1.00	0.0006	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00
Frejol	143.00	0.0914	1.00	0.86	0.60							0.10	0.30	0.70
Mandarina	0.045	0.0000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tarwi	17.00	0.0109				0.33	0.67	1.00	1.00	0.67	0.36	0.74		
Vainita	1.00	0.0006	1.00	1.00	0.67								0.33	0.67
Piña	0.002	0.0000	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Rye grass	6.59	0.0042	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Berenjena	0.10	0.0001	1.00	1.09	1.00							0.66	0.50	1.00

Cultivos	Área		Coeficientes de uso consuntivo mensualizados (kc)											
	ha	%	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Cereza	0.08	0.0001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aromaticas	1.00	0.0006				0.50	0.60	1.00	1.00	0.60	0.50			
TOTAL	1565.36	100.00%												
AREA CULTIVADA	AREA		855.53	855.53	864.96	1292.88	1287.67	1287.67	1287.67	1278.25	1252.07	1415.01	843.70	855.53
	%		54.65%	54.65%	55.26%	82.59%	82.26%	82.26%	82.26%	81.66%	79.99%	90.40%	53.90%	54.65%
Kc ponderado	---		0.99	0.98	0.90	1.07	0.69	0.84	1.01	1.06	1.01	0.81	0.80	0.92
Precipitacion media mensual	mm		6.14	5.80	15.16	34.12	60.66	81.04	123.65	161.07	136.50	58.53	11.51	3.35
ETP	mm		131.50	135.85	133.24	127.90	116.96	109.80	102.61	100.80	117.34	119.66	133.92	128.12
ETR (consumo teórico)	mm		130.50	132.98	120.38	136.61	80.48	92.27	103.20	106.50	119.05	97.23	106.97	117.30
PE 75%	mm		0.00	1.41	6.84	21.90	40.17	57.88	100.68	129.66	102.02	42.03	4.42	0.66
Demanda unitaria neta	m³/ha		1305.03	1315.69	1135.43	1147.13	403.07	343.88	25.17	0.00	170.30	552.03	1025.49	1166.41
Eficiencia de riego Econd x Edist x Eapl.	%		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Demanda bruta de agua	m³/ha		2629.12	2650.59	2287.45	2311.02	812.03	692.79	50.71	0.00	343.08	1112.12	2065.97	2349.86
Dias por mes	dias		31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30
Jornada de riego	hora		24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
MODULO DE RIEGO	l/seg/ha		0.98	0.99	0.88	0.86	0.31	0.26	0.02	0.00	0.13	0.43	0.77	0.91
Caudal de demanda en captación	l/seg		839.79	846.65	763.33	1115.54	403.40	333.07	24.38	0.00	160.38	607.12	650.78	775.61
	m³/seg		0.8398	0.8467	0.7633	1.1155	0.4034	0.3331	0.0244	0.0000	0.1604	0.6071	0.6508	0.7756
Volumen requerido por mes	m³		2,249,303.	2,267,67	1,978,559.	2,987,87	1,045,6	892,088.4			429,566	1,573,66	1,743,059.	2,010,385
			67	0.14	83	4.42	25.07	3	65,292.97	0.00	.58	2.28	72	.84

Fuente: Resultados del servicio de FONDECYT

Cálculo del requerimiento de agua por cultivo en la microcuenca del río Mariño (periodo 2017-2018)

Cultivos	Área		Requerimiento hídrico en m³/s											
	ha	%	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Aji amarillo	4.00	0.0026	0.00396	0.00441	0.00393	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00115	0.00188	0.00396
Albahaca	3.59	0.0023	0.00355	0.00396	0.00352	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00103	0.00169	0.00355
Alfalfa	210.00	0.1342	0.20771	0.21236	0.20632	0.16744	0.12534	0.08201	0.00305	0.00000	0.02419	0.12671	0.20455	0.20804
Arveja grano seco	11.43	0.0073	0.01052	0.01004	0.00579	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00307	0.00529
Arveja grano verde	28.56	0.0182	0.02627	0.02509	0.01445	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00768	0.01322
Betarraga	1.58	0.0010	0.00156	0.00174	0.00155	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00045	0.00074	0.00157
Brocoli	3.74	0.0024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00176	0.00053	0.00146	0.00005	0.00000	0.00043	0.00000	0.00000	0.00000
Cayhua	3.00	0.0019	0.00297	0.00331	0.00295	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00086	0.00141	0.00297
Calabaza	6.29	0.0040	0.00622	0.00693	0.00618	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00181	0.00296	0.00623
Camote	6.08	0.0039	0.00451	0.00646	0.00598	0.00192	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00221
Caña de azucar (para alcohol)	39.00	0.0249	0.03857	0.03944	0.03832	0.03110	0.02328	0.01523	0.00057	0.00000	0.00449	0.02353	0.03799	0.03864
Aguaymanto o capuli	7.75	0.0050	0.00767	0.00784	0.00761	0.00618	0.00463	0.00303	0.00011	0.00000	0.00089	0.00468	0.00755	0.00768
Cebada forrajera	4.71	0.0030	0.00000	0.00000	0.00170	0.00272	0.00367	0.00262	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Cebada grano	4.71	0.0030	0.00000	0.00000	0.00170	0.00272	0.00367	0.00262	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Chirimoya	7.00	0.0045	0.00692	0.00708	0.00688	0.00558	0.00418	0.00273	0.00010	0.00000	0.00081	0.00422	0.00682	0.00693
Cirolero	6.00	0.0038	0.00593	0.00607	0.00589	0.00478	0.00358	0.00234	0.00009	0.00000	0.00069	0.00362	0.00584	0.00594
Col o repollo	4.25	0.0027	0.00420	0.00469	0.00418	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00122	0.00200	0.00421
Coliflor	1.17	0.0007	0.00115	0.00129	0.00115	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00034	0.00055	0.00116
Fresas y frutillas (semiperman.)	2.00	0.0013	0.00174	0.00178	0.00145	0.00111	0.00074	0.00058	0.00000	0.00000	0.00023	0.00121	0.00195	0.00198
Granadilla	5.00	0.0032	0.00435	0.00444	0.00362	0.00278	0.00185	0.00146	0.00000	0.00000	0.00058	0.00302	0.00487	0.00495
Granado	1.00	0.0006	0.00099	0.00101	0.00098	0.00080	0.00060	0.00039	0.00001	0.00000	0.00012	0.00060	0.00097	0.00099

Cultivos	Área	%	Requerimiento hídrico en m ³ /s											
	ha		jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Haba grano seco	27.64	0.0177	0.00000	0.00000	0.00000	0.02735	0.00293	0.00668	0.00168	0.00000	0.00123	0.00511	0.00000	0.00000
Haba grano verde	30.27	0.0193	0.00000	0.00000	0.00000	0.02996	0.00321	0.00732	0.00184	0.00000	0.00135	0.00560	0.00000	0.00000
Higuera	3.00	0.0019	0.00297	0.00303	0.00295	0.00239	0.00179	0.00117	0.00004	0.00000	0.00035	0.00181	0.00292	0.00297
Lechuga	5.03	0.0032	0.00497	0.00555	0.00494	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00144	0.00237	0.00498
Limon sutil	6.00	0.0038	0.00593	0.00607	0.00589	0.00478	0.00358	0.00234	0.00009	0.00000	0.00069	0.00362	0.00584	0.00594
Lucuma	2.00	0.0013	0.00198	0.00202	0.00196	0.00159	0.00119	0.00078	0.00003	0.00000	0.00023	0.00121	0.00195	0.00198
Maiz amarillo duro	143.75	0.0918	0.00000	0.00000	0.00000	0.14227	0.00739	0.01577	0.00320	0.00000	0.02671	0.06802	0.00000	0.00000
Maiz amiláceo	373.49	0.2386	0.00000	0.00000	0.00000	0.36965	0.01920	0.04098	0.00832	0.00000	0.06939	0.17672	0.00000	0.00000
Maiz choclo	6.20	0.0040	0.00000	0.00000	0.00000	0.00614	0.00032	0.00068	0.00014	0.00000	0.00115	0.00293	0.00000	0.00000
Maiz morado	5.33	0.0034	0.00000	0.00000	0.00000	0.00528	0.00027	0.00059	0.00012	0.00000	0.00099	0.00252	0.00000	0.00000
Mango	2.00	0.0013	0.00198	0.00202	0.00196	0.00159	0.00119	0.00078	0.00003	0.00000	0.00023	0.00121	0.00195	0.00198
Manzano	5.00	0.0032	0.00495	0.00506	0.00491	0.00399	0.00298	0.00195	0.00007	0.00000	0.00058	0.00302	0.00487	0.00495
Melocotonero	11.00	0.0070	0.01088	0.01112	0.01081	0.00877	0.00657	0.00430	0.00016	0.00000	0.00127	0.00664	0.01071	0.01090
Membrillo	3.00	0.0019	0.00297	0.00303	0.00295	0.00239	0.00179	0.00117	0.00004	0.00000	0.00035	0.00181	0.00292	0.00297
Naranja	2.50	0.0016	0.00247	0.00253	0.00246	0.00199	0.00149	0.00098	0.00004	0.00000	0.00029	0.00151	0.00244	0.00248
Nispero	4.50	0.0029	0.00445	0.00455	0.00442	0.00359	0.00269	0.00176	0.00007	0.00000	0.00052	0.00272	0.00438	0.00446
Nispero de agua cuello	3.00	0.0019	0.00297	0.00303	0.00295	0.00239	0.00179	0.00117	0.00004	0.00000	0.00035	0.00181	0.00292	0.00297
Oca	2.64	0.0017	0.00000	0.00000	0.00000	0.00050	0.00097	0.00114	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Olluco	18.64	0.0119	0.00000	0.00000	0.00000	0.00356	0.00689	0.00805	0.00027	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Pacae o guabo	4.00	0.0026	0.00396	0.00404	0.00393	0.00319	0.00239	0.00156	0.00006	0.00000	0.00046	0.00241	0.00390	0.00396
Pallar grano seco	2.00	0.0013	0.00210	0.00221	0.00180	0.00073	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00158	0.00086	0.00162
Palto	82.40	0.0526	0.08150	0.08333	0.08096	0.06570	0.04918	0.03218	0.00120	0.00000	0.00949	0.04972	0.08026	0.08163
Papa	57.19	0.0365	0.00000	0.00000	0.00000	0.05660	0.00554	0.01194	0.00569	0.00000	0.00305	0.00000	0.00000	0.00000
Papaya	1.00	0.0006	0.00099	0.00101	0.00098	0.00080	0.00060	0.00039	0.00001	0.00000	0.00012	0.00060	0.00097	0.00099

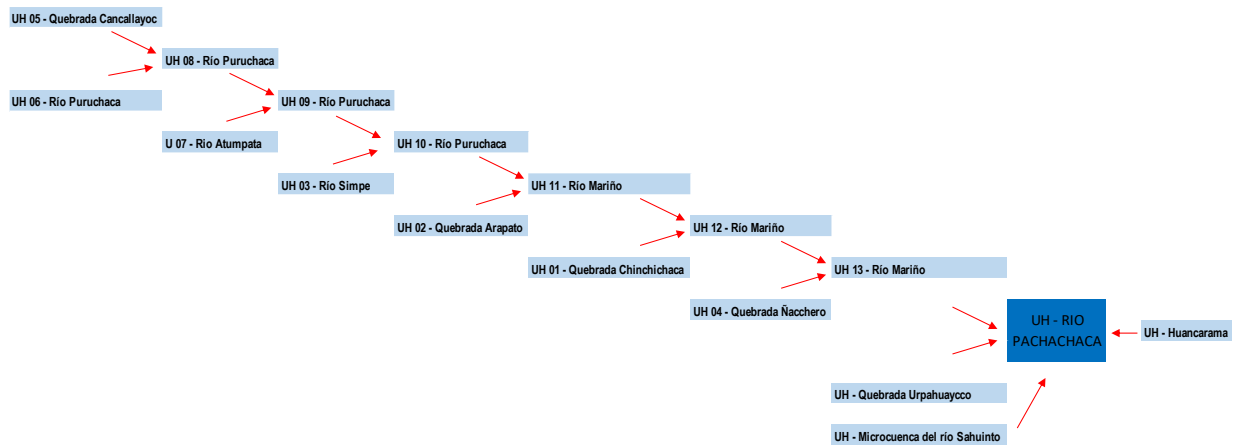
Cultivos	Área	%	Requerimiento hídrico en m ³ /s											
	ha		jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Pasto elefante	2.00	0.0013	0.00198	0.00202	0.00196	0.00159	0.00119	0.00078	0.00003	0.00000	0.00023	0.00121	0.00195	0.00198
Pasto sudan	17.20	0.0110	0.01701	0.01739	0.01690	0.01371	0.01027	0.00672	0.00025	0.00000	0.00198	0.01038	0.01675	0.01704
Pepinillo	5.42	0.0035	0.00536	0.00598	0.00532	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00156	0.00255	0.00537
Peral	9.00	0.0057	0.00890	0.00910	0.00884	0.00718	0.00537	0.00351	0.00013	0.00000	0.00104	0.00543	0.00877	0.00892
Platano	2.00	0.0013	0.00198	0.00202	0.00196	0.00159	0.00119	0.00078	0.00003	0.00000	0.00023	0.00121	0.00195	0.00198
Quinua	2.90	0.0019	0.00000	0.00000	0.00000	0.00036	0.00033	0.00096	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Rocoto semipermanente	3.00	0.0019	0.00297	0.00331	0.00295	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00086	0.00141	0.00297
Sauco o arrayan	18.00	0.0115	0.01780	0.01820	0.01768	0.01435	0.01074	0.00703	0.00026	0.00000	0.00207	0.01086	0.01753	0.01783
Tara	31.00	0.0198	0.03066	0.03135	0.03046	0.02472	0.01850	0.01211	0.00045	0.00000	0.00357	0.01870	0.03020	0.03071
Tomate	32.00	0.0204	0.03165	0.03530	0.03144	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00919	0.01505	0.03170
Trebol	27.00	0.0172	0.02671	0.02730	0.02653	0.02153	0.01612	0.01054	0.00039	0.00000	0.00311	0.01629	0.02630	0.02675
Trebol blanco	30.00	0.0192	0.02967	0.03034	0.02947	0.02392	0.01791	0.01172	0.00044	0.00000	0.00346	0.01810	0.02922	0.02972
Trebol rojo	9.00	0.0057	0.00890	0.00910	0.00884	0.00718	0.00537	0.00351	0.00013	0.00000	0.00104	0.00543	0.00877	0.00892
Trigo	8.63	0.0055	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00031	0.00000	0.00000
Tuna	18.00	0.0115	0.01780	0.01820	0.01768	0.01435	0.01074	0.00703	0.00026	0.00000	0.00207	0.01086	0.01753	0.01783
Yuca	5.75	0.0037	0.00427	0.00611	0.00565	0.00182	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00209
Zanahoria	4.45	0.0028	0.00440	0.00490	0.00437	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00128	0.00209	0.00440
Avena	2.00	0.0013	0.00000	0.00000	0.00000	0.00025	0.00023	0.00067	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Durazno	0.78	0.0005	0.00077	0.00079	0.00077	0.00062	0.00047	0.00030	0.00001	0.00000	0.00009	0.00047	0.00076	0.00077
Cebolla	5.00	0.0032	0.00495	0.00552	0.00491	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00144	0.00235	0.00495
Flores	1.00	0.0006	0.00099	0.00110	0.00098	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00029	0.00047	0.00099
Frejol	143.00	0.0914	0.14144	0.12415	0.08126	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.03846	0.09894
Mandarina	0.05	0.0000	0.00004	0.00005	0.00004	0.00004	0.00003	0.00002	0.00000	0.00000	0.00001	0.00003	0.00004	0.00004
Tarwi	17.00	0.0109	0.00000	0.00000	0.00000	0.00260	0.00505	0.00664	0.00025	0.00000	0.00000	0.00615	0.00000	0.00000

Cultivos	Área	%	Requerimiento hídrico en m ³ /s											
	ha		jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Vainita	1.00	0.0006	0.00099	0.00101	0.00064	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00030	0.00066
Piña	0.00	0.0000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Rye grass	6.59	0.0042	0.00652	0.00666	0.00647	0.00525	0.00393	0.00257	0.00010	0.00000	0.00076	0.00398	0.00642	0.00653
Berenjena	0.10	0.0001	0.00010	0.00011	0.00010	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00005	0.00010
Cereza	0.08	0.0001	0.00008	0.00008	0.00008	0.00006	0.00005	0.00003	0.00000	0.00000	0.00001	0.00005	0.00008	0.00008
Aromaticas	1.00	0.0006	0.00000	0.00000	0.00000	0.00032	0.00023	0.00039	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1565.36	100.0%	0.8398	0.8467	0.7633	1.1155	0.4037	0.3335	0.0299	0.0000	0.1709	0.6405	0.6508	0.7756

Fuente: Resultados del servicio de FONDECYT

Cascada de la infraestructura hídrica de riego en la microcuenca del río Mariño

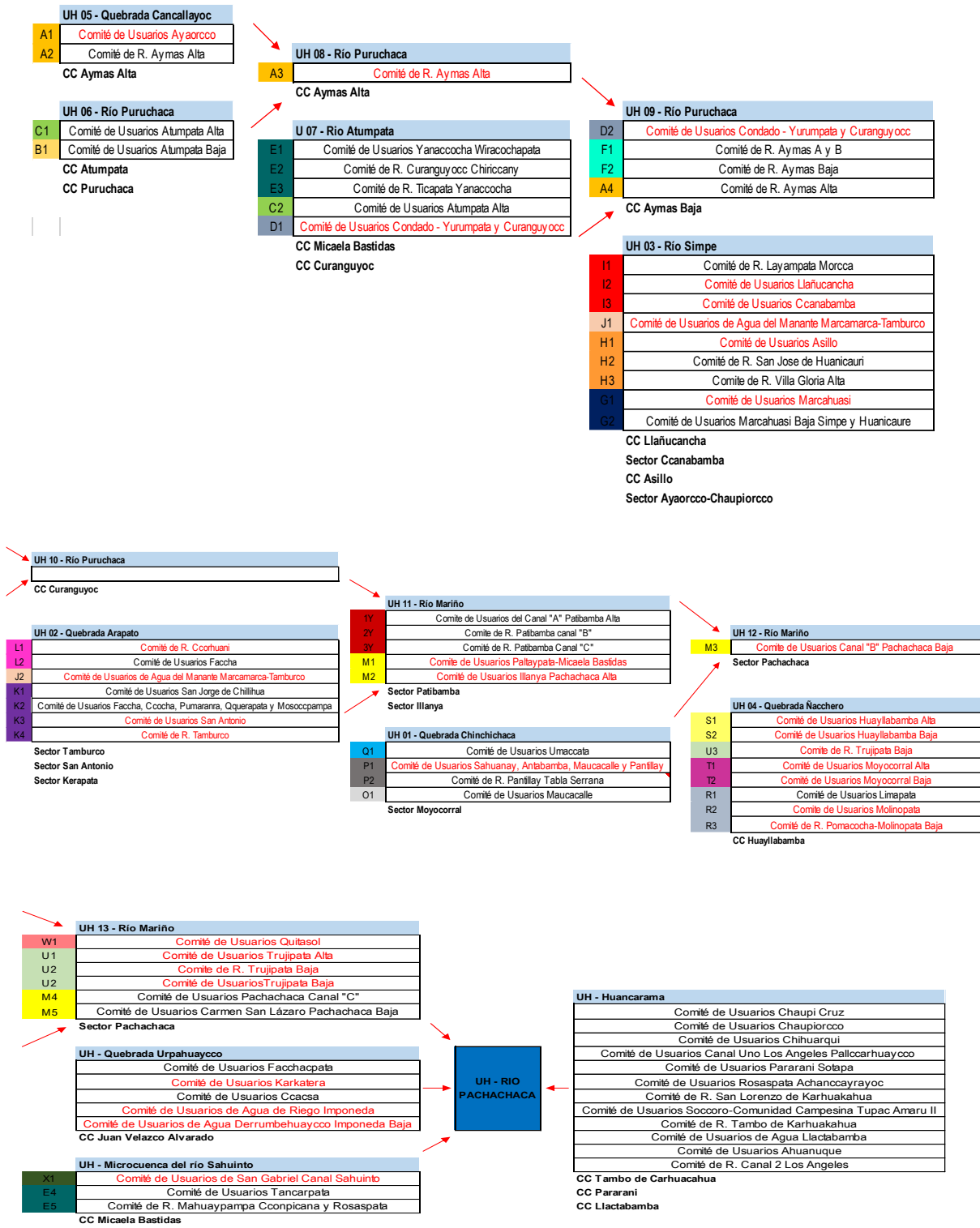
Se refiere a la conexión hidráulica de la infraestructura hídrica a lo largo de las comunidades o centros poblados, para ello se tomó en cuenta el ámbito de influencia de cada Comités de Usuarios de riego del distrito de Abancay y Tamburco a lo largo de las unidades hidrológicas del ámbito de la microcuenca del río Mariño las cuales tienen relación con los distritos de riego de Abancay y Tamburco de la provincia de Abancay. Dicho de otro modo, este análisis muestra la relación que tendrían las comunidades o centros poblados en torno a la distribución de agua de riego. Para ello se sigue dos momentos, primero la ubicación de las Unidades Hidrológicas (UH) hasta desembocar en el Río Pachachaca y luego la ubicación de las comités de acuerdo a las UH en el sentido aguas arriba hacia aguas abajo.



Cascada que muestra la distribución de las unidades hidrográficas en la microcuenca del río Mariño

Fuente: Elaboración propia

La primera aproximación en base a las UH no es suficiente pues no muestra la relación entre comunidades, para ello se hizo necesario desagregar cada UH en base a los comités de riego asociados, pues lo que interesa es ver la relación entre las comunidades. Cabe mencionar, que anteriormente se indicó que se parte de la premisa que los comités llevan el mismo nombre que la comunidad o centro poblado. A continuación, se muestran las gráficas donde se puede apreciar la relación entre comunidades tomando en cuenta los comités:



Cascada que muestra la distribución de las comunidades según las unidades hidrográficas en la microcuenca del río Mariño
Fuente: Elaboración propia

De las gráficas anteriores, se puede apreciar por ejemplo que la unidad hidrográfica 11 se sirve de la unidad hidrográfica 10 y 02, y dentro de la unidad hidrográfica 11, el comité Canal “A” Patibamba Alta, Patibamba Canal “B” y Patibamba Canal “C” se sirven en paralelo y son antes que el comité Paltaypata-Micaela Bastidas y el comité Illanya Pachachaca Alta siendo estos dos también en paralelo.

Anexo 2: Inventario de infraestructura hídrica

Cuenca Alta

- 1) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chiricpata
- 2) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Muñayoc
- 3) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Cedruyoc 1, 2
- 4) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Rosaspampa
- 5) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Unchibamba
- 6) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Huacabamba
- 7) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chacabamba
- 8) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Cuchipata Chinto
- 9) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Choccoparniyoc
- 10) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Lerguyoc
- 11) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Huallhuayoc
- 12) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chancalla
- 13) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Soro
- 14) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Aymas Bajo A
- 15) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Aymas Bajo B
- 16) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Aymas Alto
- 17) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chuyllurpata
- 18) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Povocargani
- 19) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccolccahuayco
- 20) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccoylluchumpayoc
- 21) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccacsá
- 22) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chicmuyoc
- 23) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccanabamba

- 24) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccocha Kerapata
- 25) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccorhuani
- 26) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chaupicruz
- 27) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Unchibamba A
- 28) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Tranca B
- 29) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Faccha
- 30) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Paquencia
- 31) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Hatumpampa
- 32) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Taralniyoc
- 33) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Yacupallca
- 34) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chilipata
- 35) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chanchiyoc
- 36) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Karkatera
- 37) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chilcapampa
- 38) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Manzanayoc
- 39) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Layanpata
- 40) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Hatun Huayco
- 41) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Wiracochapata
- 42) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccompicana A
- 43) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Ccompicana B
- 44) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Marcamarca
- 45) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Chanchispuquio
- 46) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Manzanayoc
- 47) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Pantillay Tabla Serrano
- 48) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Rosaspata Achanccarayuc
- 49) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Pucaurcco – Antabamba alta
- 50) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Condorumiyoc
- 51) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Miraflores
- 52) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Sahuanay Tamburco
- 53) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Sahuanay Maucacalle
- 54) Inventario de Infraestructura Actual – Canal San Antonio Alto

- 55) Inventario de Infraestructura Actual – Canal San Antonio Bajo
- 56) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Lateral San Antonio
- 57) Inventario de Infraestructura Actual – Canal San Jorge de Chillihua
- 58) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Marcuyoc
- 59) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Hatun Chirijani
- 60) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Hatunpuquio
- 61) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Tomapampa condado
- 62) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Cedrohuayco
- 63) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Huarmipampa Alta
- 64) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Huarmipampa Baja
- 65) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Paucachayoc
- 66) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Layanhuaycco
- 67) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Umaccata
- 68) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Arrayanniyoc
- 69) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Tunaspata
- 70) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Yanaccocha
- 71) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Yanaccocha Alta Chirijani
- 72) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Yanaccocha Baja
- 73) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Yanaccocha Ticapata

Cuenca Media

- 74) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Mariño

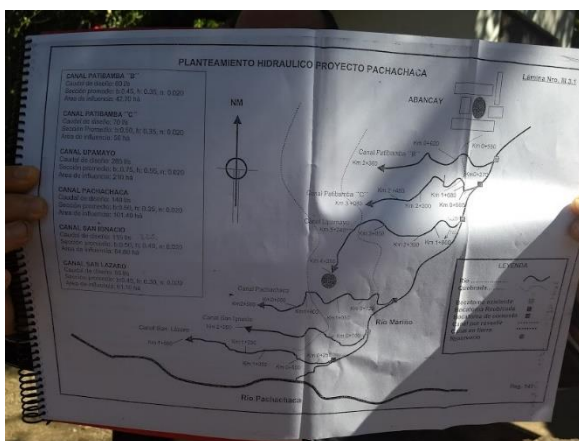
Cuenca Baja

- 75) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Pachacha B
- 76) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Pachacha C
- 77) Inventario de Infraestructura Actual – Canal San Gabriel
- 78) Inventario de Infraestructura Actual – Canal Paltaypata
- 79) Inventario de Infraestructura Actual – Canal San Lázaro.

Anexo 3: Salidas de campo

Primera visita: Reconocimiento de campo

La primera visita fue un reconocimiento de campo y de acercamiento a los actores relevantes de la microcuenca Mariño.



Segunda visita: encuesta piloto

Trabajo de campo: Primera visita



Jornada limpieza de canal Pachachaca



Toma de muestra Tamburco



Mapa de canales



Canal del río Mariño



Encuesta en Pachachaca

Tercera visita: encuesta final

De conformidad con el desarrollo de la tesis se realizó la encuesta final la cual consistió en un recojo de un total de 370 encuestas y 2 adicionales que fue parte de la responsable de investigación, haciendo un total de

372 encuestas. Es preciso mencionar que la Beca solo cubrió un total de 290 encuestas la diferencia fue cubierto por la responsable de la investigación. A continuación se muestra el detalle de las encuestas:

COMITÉS CUENCA ALTA	ENCUESTAS
Comité de Usuarios Llañucancha	14
Comité de Usuarios Sahuanay, Antabamba, Maucacalle y Pantillay	28
Comité de R. Ccorhuani	14
Comité de R. Trujipata Baja	18
Comité de Usuarios Condado, Yurumpata y Curanguyoc	10
Comité de Usuarios Moyocorral Baja	20
Comité de Usuarios Asillo	23
Comité de Usuarios Moyocorral Alta	11
Comité de Usuarios Marcahuasi	6
Comité de Usuarios Ayaorcco	12
Comité de Usuarios Ccanabamba	17
Comité de Usuarios Huayllabamba Alta	16
Comité de Usuarios de Agua del Manante Marcamarca-Tamburco	20
Comité de Usuarios karkatera	18
Comité de Usuarios San Antonio	21
COMITÉS CUENCA MEDIA	
Comité de Usuarios de Agua de Riego Imponeda - Quitasol	30
Aymas	10
Comité de Usuarios Molinopata	30
Comité de R. Tamburco	10
COMITÉS CUENCA BAJA	
Comité de Usuarios Paltaypata-Micaela Bastidas	12
Comité de Usuarios Canal B Pachachaca Baja	12
Comité de Usuarios Illanya Pachachaca Alta	10
Comité de Usuarios de San Gabriel Canal Sahuinto	10
TOTAL	372

Para el recojo de información se contó con 5 encuestadores que provenían de la zona de estudio. La ejecución de la encuesta se realizó en un plazo de 13 días incluyendo sábado y domingo.

Para la ejecución de la encuesta se tomó en cuenta los resultados de la encuesta piloto realizado en mayo 2018 el cual consistió en:

- Previo al viaje para ejecutar las encuestas, se procedió a diseñar la encuesta la cual constó de 81 preguntas, generándose un total de 40 versiones. Para el diseño de la encuesta se tomó en cuenta como herramientas: la encuesta nacional agropecuaria 2016, manual de la encuesta nacional agropecuaria 2016, los lineamientos metodológicos de estadística agraria del Ministerio de Agricultura y Riego.

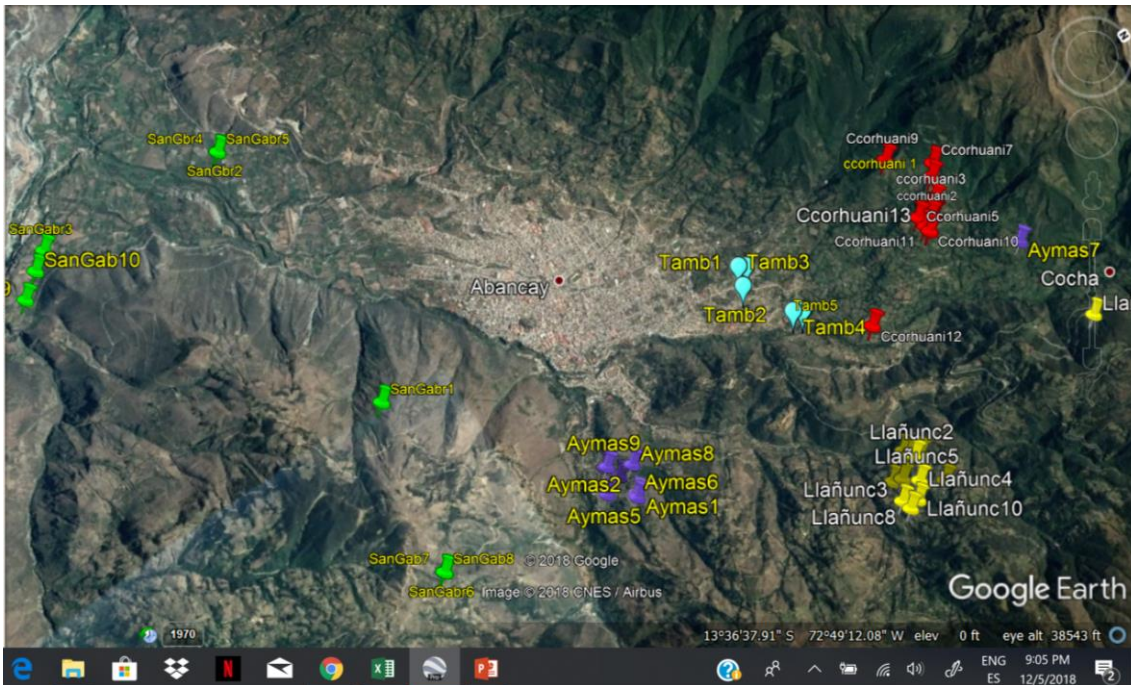
Rigurosidad en la ejecución de encuesta

Respecto a los encuestadores:

- Se realizó dos capacitaciones online y presencial.
- Las capacitación online constó de tres secciones grupales e individual con cada uno. Esto permitió no solo absolver consultas sino también mejorar el formato de las encuestas, para una mayor comprensión de los encuestadores
- Se utilizó en la capacitación el material de referencia para hacer la encuesta.



Posterior a ello se ejecutó la encuesta las cuales iniciaron todos los días a las 5 de la mañana y culminando a las 7 de la noche. Dicha encuesta se ejecutó en la zona y en la parcela, donde tomó las coordenadas con ayuda del teléfono celular para validar la originalidad. Otro estrategia fue visitar a los productores en las faenas que realizan en la misma comunidad.



Como parte del proceso antes de viajar a la zona donde se ejecutaría la encuesta se curso una carta dirigido al presidente de cada comité con la finalidad de ponerles en conocimiento sobre la ejecución de la encuesta y pueda brindar las facilidades durante su ejecución para ello se preparó cartas para oficializar las visitas.

Durante el recojo de información no hubo contratiempos. Asimismo, posterior al recojo de encuesta se realizó una reunión tipo gabinete para revisar las encuestas y verificar el contenido de las mismas y detectar errores.

Trabajo de campo



Por otro lado, se participó en una de las asambleas promovida por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio Apurímac Pachachaca, como parte del proceso de para facilitar le ejecución de las encuestas en los diferentes comités bajo su administración.



Por otro lado, el recojo de información de encuestas estuvo acompañado de un funcionario de la DRA de Abancay, con la finalidad de dar soporte al proceso. La misma DRA facilitó información secundaria para luego ser analizada en gabinete.

Finalmente se contó con la supervisión de la ejecución de la encuesta por parte del Patrocinador de la tesis el doctor Eric Rendon.

Luego del recojo de las encuestas, se procedió al procesamiento para luego llevar los resultados mediante una pasantía a la ciudad de Concepción en Chile y obtener los primeros resultados.

Durante el proceso se contó con el respaldo del programa de doctorado para la emisión de cartas y demás necesidades.

La Molina, 07 de setiembre de 2018

DERN: EPG-N°XXXX/2018

SEÑOR:

.....
 Presidente del Comité de Usuarios Sahuanay, Antabamba, Maucacalle y Pantillay
ABANCAY/TAMBURCO.-

Asunto: Solicita colaboración para facilitar la ejecución de encuestas para el Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible – UNALM

Me dirijo a usted, para saludarlo y manifestarle que el doctorado en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable (DERN-DS) de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú (UNALM), presenta ante usted a uno de nuestros investigadores de nuestra casa de estudio la Magister Scientiae Marianella Crispin Cunya, quien viene realizando una investigación en la Microcuencia Mariño ubicado en el departamento de Apurímac. Dicha investigación involucra la ejecución de encuestas a muestra de productores agrarios involucra su Comité a realizarse entre el 16 y 29 de setiembre de 2018.

En ese sentido, se solicita a usted y sus representados se puedan brindar las facilidades para que los encuestadores dispuestos por la Magister Marianella puedan ejecutar su labor. La información contenida en cada encuesta es de carácter confidencial y son considerados instrumentos académicos que colaborarían a una mejor gestión del agua agrícola dentro de su región.

Agradeciendo de antemano su gentil atención,

Anexo 4: Padrón de usuarios

Existe tres comités de usuarios la cual involucra una cantidad de comités y estos a su vez un padrón de usuarios del agua. La información sobre los comités y la cantidad de usuarios fue proporcionada por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Medio Apurímac Pachachaca (JUSHMAP). En base a la información proveída por el JUSHMAP, a continuación, se muestra el detalle de los comités, la cantidad de usuarios por comités y el área agrícola que se administra:

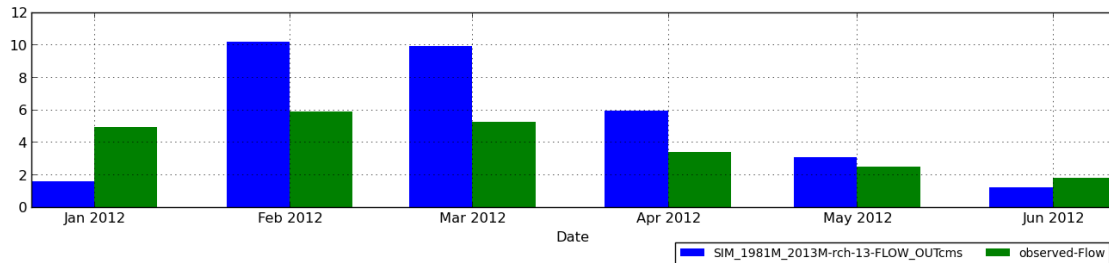
N°	Comité de Usuarios	N° usuarios	Área	
			Total	B. Riego
C	Comisión de usuarios Pachachaca			
1	Comité de Usuarios Carmen San Lázaro Pachachaca Baja	22	76.4437	54.0135
2	Comite de Usuarios Canal "B" Pachachaca Baja	35	129.0748	129.0748
3	Comité de Usuarios Pachachaca Canal "C"	22	85.0563	85.0563
4	Comite de Usuarios Paltaypata-Micaela Bastidas	22	259.3424	259.3424
5	Comite de Usuarios del Canal "A" Patibamba Alta			
6	Comite de R. Patibamba canal "B"			
7	Comité de R. Patibamba Canal "C"	26	30.7393	30.7393

8	Comité de Usuarios de San Gabriel Canal Sahuinto	50	116.4347	116.4347
9	Comité de Usuarios Illanya Pachachaca Alta	88	188.9324	81.0149
	SUB TOTAL	265	886.02358	755.6759
N°	Comité de Usuarios	N° usuarios	Área	
			Total	B. Riego
B	COMISION DE USUARIOS DEL SUB SECTOR HIDRAULICO ABANCA Y			
1	Comité de Usuarios Ahuanuque	43	37.5100	37.5100
2	Comité de Usuarios Asillo	82	41.3285	41.3285
3	Comité de Usuarios Atumpata Alta	92	144.7730	144.7729
4	Comité de Usuarios Ayaorcco	44	139.6979	139.6979
5	Comité de R. Aymas A y B			0.0000
6	Comité de R. Aymas Alta			0.0000
7	Comité de R. Canal 2 Los Angeles	66	167.2166	167.2166
8	Comité de Usuarios Ccaca	61	94.7232	94.7232
9	Comité de Usuarios Ccanabamba	63	239.6309	230.4076
10	Comité de Usuarios Faccha, Ccocha, Pumarana, Querapata y Mosocpampa	110	124.1998	124.0446
11	Comité de R. Ccorhuani	51	72.9810	51.6222
12	Comité de Usuarios Chaupi Cruz	13	22.5000	18.7000
13	Comité de Usuarios Chaupiorcco			0.0000
14	Comité de Usuarios Chihuarqui	28	10.1330	8.2599
15	Comité de Usuarios Condado - Yurumpata y Curanguyoc	37	196.4583	196.4583
16	Comité de R. Curanguyoc Chiriccany			
17	Comité de Usuarios Faccha	24	170.7206	34.1142
18	Comité de Usuarios Huayllabamba Alta	57	81.3994	81.3994
19	Comité de Usuarios Huayllabamba Baja	29	33.5410	33.5410
20	Comité de R. Layampata Morcca			
21	Comité de Usuarios Limapata	33	45.9525	45.9525
22	Comité de Usuarios Llañucancho	51	76.3070	76.3070
23	Comité de Usuarios Canal Uno Los Angeles Pallccarhuaycco	39	47.4997	47.4997
24	Comité de R. Mahuaypampa Cconpicana y Rosaspata			
25	Comité de Usuarios Marcahuasi Baja Simpe y Huanicaure	9	5.0238	5.0238
26	Comité de Usuarios de Agua del Manante Marcamarca-Tamburco	71	150.1501	112.9253
27	Comité de Usuarios Moyocorral Alta	39	101.8496	101.8496
28	Comité de Usuarios Pararani Sotapa	67	45.4265	41.5765
29	Comité de R. Pomacocha-Molinopata Baja	17	30.9673	30.9673
30	Comité de Usuarios Rosaspata Achanccayrayoc	30	57.6788	57.6788

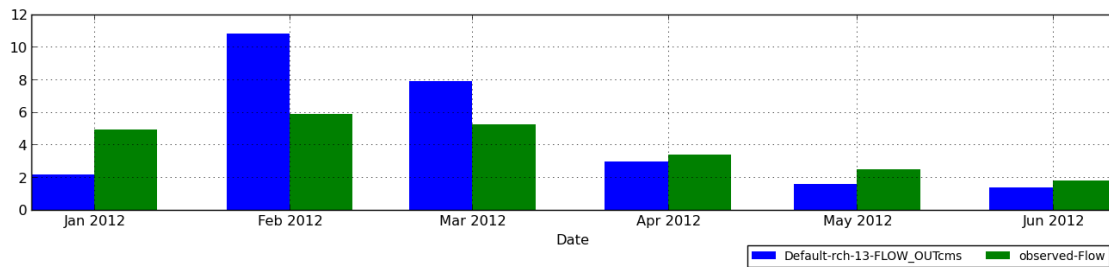
31	Comité de Usuarios Sahuanay, Antabamba, Maucacalle y Pantillay	100	148.3105	148.3105
32	Comité de Usuarios San Antonio	78	88.9016	88.9016
33	Comité de Usuarios San Jorge de Chillihua	36	97.5072	97.5072
34	Comité de R. San Lorenzo de Karhuakahua	60	90.8883	89.9380
35	Comité de Usuarios Soccoro-Comunidad Campesina Tupac Amaru II	36	41.7000	22.9850
36	Comité de R. Tambo de Karhuakahua	38	36.3800	36.3800
37	Comité de Usuarios Tancarpata	44	118.4000	118.4000
38	Comité de R. Ticapata yanacocha	35	78.9000	78.9000
39	Comité de Usuarios Trujipata Alta	54	111.5859	111.5859
40	Comité de Usuarios Trujipata Baja			
41	Comité de Usuarios Umaccata	52	70.2566	26.1300
42	Comité de Usuarios Yanacocha Wiracochapata	91	158.0425	37.8712
43	Comité de Usuarios Karkatera	91	3.5000	3.5000
44	Comité de Usuarios de Agua Llactabamba	55	58.2500	58.2500
45	Comité de Usuarios Facchacpata	69	215.3300	74.2653
	SUB TOTAL	1,995	3,455.6211	2,916.5015
N°	Comité de Usuarios	N° usuarios	Área	
			Total	B. Riego
A	COMISION DE USUARIOS DEL SUB SECTOR HIDRAULICO MARIÑO			
1	Comité de Usuarios Atumpata Baja	12	5.6672	5.6672
2	Comité de R. Aymas Baja	12	12.0540	12.0540
3	Comité de Usuarios de Agua de Riego Imponeda	36	111.7992	61.2950
4	Comité de Usuarios Marcahuasi	20	28.8784	28.8784
5	Comité de Usuarios Maucacalle	17	19.6181	15.5511
6	Comite de Usuarios Molinopata	94	144.0492	144.0492
7	Comité de Usuarios Moyocorral Baja	68	108.9883	108.9883
8	Comité de Usuarios Quitasol	47	135.8015	135.8015
9	Comité de R. San Jose de Huanicauri	9	11.2970	11.2970
10	Comité de R. Tamburco	30	36.7535	36.7535
11	Comite de R. Villa Gloria Alta	35	38.0314	38.0314
12	Comite de R. Trujipata Baja	65	126.7374	126.7374
	SUB TOTAL	445	779.6752	725.1040
	TOTAL	2,886	5,121.32	4,397.28

Fuente: JUSHMAP (2018)

Anexo 5: Resultados de la bondad de ajuste del modelo calibrado

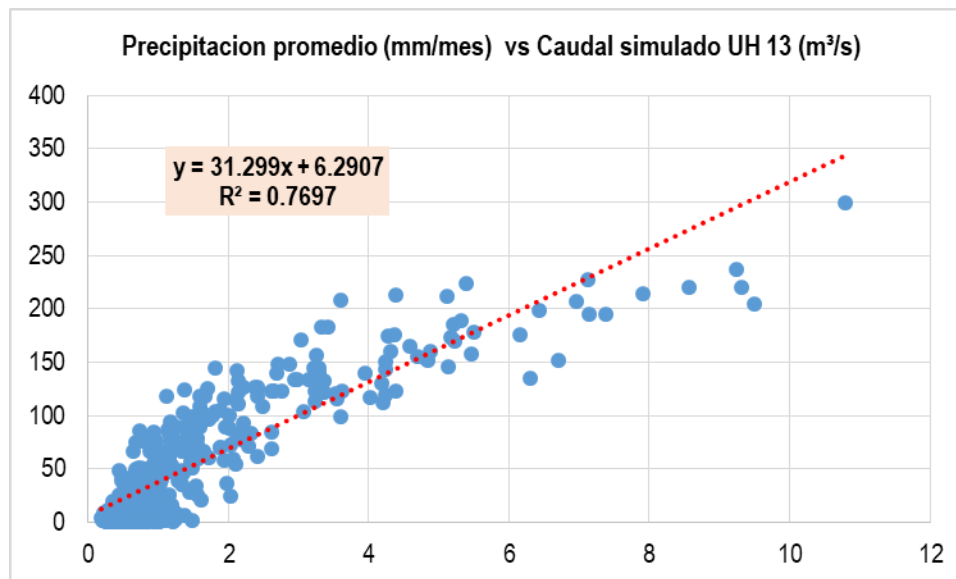


Caudales aforados y simulados de la Unidad Hidrográfica 13 antes de realizar la calibración (Coeficiente de correlación de Pearson = 0.71, Coeficiente de Eficiencia de Nash-Sutcliffe = -3.38).



Caudales aforados y simulados de la Unidad hidrográfica 13 después de realizar la calibración (Coeficiente de correlación de Pearson = 0.81, Coeficiente de Eficiencia de Nash-Sutcliffe = -1.99).

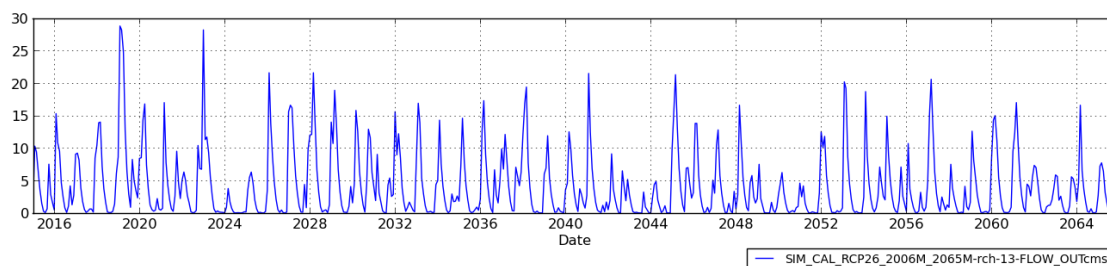
Anexo 6: Gráficos de Validaciones del Modelo Hidrológico



Comparación del periodo 1982 a 2013 de las precipitaciones promedio de la Estación PISCO-MCM con los caudales simulados de la Unidad hidrográfica UH 13.

Anexo 7: Generación de caudales medios mensuales de escenario de cambio climático RCP 2.6

En base al modelo calibrado y validado se ha procedido a modelar los caudales en base a datos del escenario climático RCP 2.6, se muestra a continuación los caudales para el periodo de 2018-2065.



Caudales generados para la Unidad Hidrográfica 13 para el periodo de enero de 2018 a diciembre de 2065 bajo el escenario de clima RCP 2.6.

Caudales generados expresados en m³/s de las 13 unidades hidrográficas de la microcuenca del río Mariño para el periodo de análisis de enero de 2018 a diciembre de 2065 bajo el escenario de cambio de climático RCP 2.6.

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2018/1	1.46	1.24	0.899	0.716	0.46	1.57	1.42	2.19	3.88	4.79	6.47	7.97	8.89
2018/2	1.64	1.4	1.01	0.802	0.515	1.72	1.56	2.42	4.28	5.3	7.19	8.88	9.91
2018/3	1.52	1.29	0.928	0.742	0.467	1.57	1.42	2.21	3.9	4.84	6.58	8.14	9.1
2018/4	0.448	0.508	0.374	0.215	0.174	0.614	0.536	0.85	1.46	1.84	2.46	2.93	3.22
2018/5	0.336	0.369	0.27	0.163	0.12	0.442	0.387	0.603	1.04	1.32	1.77	2.12	2.35
2018/6	0.305	0.331	0.242	0.149	0.107	0.395	0.345	0.537	0.932	1.18	1.58	1.9	2.11
2018/7	0.278	0.302	0.22	0.136	0.0978	0.359	0.315	0.489	0.848	1.07	1.44	1.73	1.92
2018/8	0.253	0.275	0.201	0.124	0.0892	0.327	0.286	0.446	0.772	0.975	1.31	1.57	1.75
2018/9	0.239	0.254	0.185	0.117	0.0821	0.301	0.264	0.41	0.712	0.899	1.21	1.46	1.62
2018/10	0.276	0.256	0.183	0.135	0.0845	0.292	0.258	0.403	0.705	0.89	1.22	1.51	1.69
2018/11	0.456	0.367	0.261	0.225	0.13	0.449	0.412	0.624	1.11	1.38	1.88	2.35	2.64
2018/12	1.21	1	0.73	0.608	0.366	1.31	1.21	1.81	3.24	3.98	5.35	6.61	7.4
2019/1	1.42	1.23	0.888	0.698	0.449	1.54	1.4	2.15	3.8	4.7	6.35	7.81	8.72
2019/2	4.09	3.51	2.54	2.01	1.29	4.39	3.99	6.15	10.9	13.5	18.2	22.4	25
2019/3	3.16	2.83	2.06	1.54	1.04	3.52	3.18	4.93	8.69	10.8	14.5	17.8	19.8
2019/4	2.51	2.26	1.64	1.22	0.809	2.74	2.46	3.85	6.75	8.41	11.4	14	15.6
2019/5	0.876	0.974	0.714	0.42	0.333	1.16	1.02	1.61	2.79	3.51	4.71	5.62	6.2
2019/6	0.682	0.74	0.539	0.33	0.241	0.869	0.761	1.19	2.06	2.61	3.53	4.24	4.69
2019/7	0.623	0.668	0.485	0.302	0.216	0.781	0.685	1.07	1.86	2.35	3.17	3.82	4.24
2019/8	0.568	0.608	0.443	0.276	0.197	0.712	0.624	0.974	1.69	2.14	2.89	3.48	3.86
2019/9	1.85	1.5	1.09	0.924	0.539	1.91	1.75	2.64	4.72	5.82	7.89	9.8	11
2019/10	0.808	0.851	0.625	0.389	0.294	1.02	0.899	1.42	2.46	3.09	4.16	5	5.52
2019/11	0.645	0.644	0.471	0.318	0.219	0.789	0.701	1.08	1.89	2.37	3.19	3.86	4.3
2019/12	0.617	0.61	0.448	0.306	0.212	0.774	0.694	1.06	1.86	2.31	3.1	3.74	4.16
2020/1	1.7	1.48	1.08	0.85	0.532	1.9	1.72	2.62	4.65	5.75	7.74	9.5	10.6

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2020/2	1.5	1.34	0.967	0.738	0.477	1.65	1.48	2.29	4.04	5.02	6.79	8.35	9.31
2020/3	2.2	1.87	1.35	1.08	0.673	2.3	2.09	3.22	5.7	7.06	9.58	11.8	13.2
2020/4	1.94	1.84	1.35	0.943	0.662	2.26	2.02	3.17	5.54	6.9	9.3	11.3	12.5
2020/5	0.641	0.725	0.532	0.312	0.241	0.872	0.763	1.2	2.07	2.61	3.5	4.17	4.6
2020/6	0.581	0.625	0.457	0.284	0.203	0.743	0.652	1.01	1.76	2.23	3	3.61	4
2020/7	0.528	0.567	0.414	0.258	0.184	0.674	0.592	0.921	1.6	2.02	2.72	3.27	3.63
2020/8	0.555	0.554	0.402	0.273	0.185	0.659	0.584	0.905	1.58	1.99	2.69	3.27	3.64
2020/9	0.477	0.498	0.363	0.233	0.163	0.589	0.517	0.807	1.4	1.77	2.39	2.89	3.21
2020/10	0.471	0.476	0.347	0.231	0.159	0.575	0.509	0.787	1.38	1.73	2.33	2.82	3.13
2020/11	0.764	0.638	0.464	0.382	0.228	0.829	0.757	1.14	2.02	2.5	3.36	4.15	4.66
2020/12	0.415	0.44	0.324	0.202	0.147	0.53	0.463	0.728	1.26	1.59	2.14	2.57	2.84
2021/1	0.371	0.372	0.271	0.183	0.127	0.458	0.408	0.627	1.1	1.37	1.85	2.23	2.48
2021/2	0.403	0.408	0.3	0.201	0.143	0.524	0.47	0.716	1.26	1.56	2.08	2.5	2.78
2021/3	2.97	2.46	1.77	1.46	0.889	3.05	2.78	4.26	7.58	9.37	12.7	15.8	17.7
2021/4	0.699	0.75	0.552	0.336	0.267	0.912	0.802	1.28	2.2	2.76	3.7	4.42	4.87
2021/5	0.405	0.451	0.332	0.198	0.149	0.544	0.476	0.743	1.29	1.62	2.18	2.6	2.87
2021/6	0.368	0.396	0.29	0.181	0.128	0.473	0.415	0.645	1.12	1.41	1.91	2.29	2.54
2021/7	0.336	0.36	0.264	0.165	0.117	0.43	0.377	0.586	1.02	1.28	1.73	2.08	2.31
2021/8	0.36	0.352	0.255	0.177	0.114	0.41	0.361	0.562	0.982	1.24	1.69	2.06	2.3
2021/9	0.697	0.581	0.426	0.354	0.212	0.771	0.707	1.06	1.89	2.32	3.12	3.84	4.31
2021/10	1.65	1.32	0.956	0.811	0.477	1.65	1.5	2.3	4.08	5.05	6.87	8.56	9.6
2021/11	0.46	0.508	0.378	0.227	0.182	0.656	0.582	0.903	1.57	1.95	2.59	3.07	3.38
2021/12	0.306	0.335	0.248	0.152	0.111	0.418	0.367	0.566	0.984	1.24	1.65	1.97	2.18
2022/1	1.08	0.905	0.647	0.532	0.321	1.13	1.03	1.56	2.77	3.43	4.66	5.77	6.47
2022/2	1.14	1.06	0.771	0.561	0.384	1.34	1.22	1.86	3.29	4.07	5.46	6.64	7.38
2022/3	0.768	0.706	0.51	0.372	0.245	0.837	0.742	1.17	2.04	2.56	3.48	4.28	4.76
2022/4	0.322	0.369	0.272	0.158	0.122	0.453	0.396	0.617	1.07	1.34	1.79	2.13	2.35
2022/5	0.345	0.348	0.254	0.169	0.116	0.424	0.376	0.579	1.01	1.27	1.71	2.07	2.3
2022/6	0.271	0.291	0.213	0.133	0.0941	0.351	0.308	0.477	0.829	1.04	1.41	1.69	1.87
2022/7	0.243	0.262	0.192	0.12	0.0847	0.317	0.278	0.43	0.747	0.941	1.26	1.52	1.68
2022/8	0.242	0.245	0.178	0.119	0.079	0.292	0.256	0.397	0.692	0.872	1.18	1.43	1.59
2022/9	0.299	0.262	0.187	0.147	0.087	0.3	0.266	0.415	0.73	0.919	1.26	1.57	1.77
2022/10	1.87	1.46	1.06	0.937	0.545	1.91	1.76	2.65	4.76	5.83	7.87	9.8	11
2022/11	0.698	0.7	0.515	0.336	0.251	0.86	0.76	1.2	2.09	2.61	3.5	4.22	4.66
2022/12	0.868	0.746	0.526	0.421	0.264	0.895	0.802	1.25	2.2	2.73	3.73	4.63	5.18
2023/1	4.22	3.69	2.67	2.08	1.35	4.64	4.21	6.47	11.4	14.2	19.1	23.5	26.1
2023/2	0.756	0.909	0.672	0.356	0.323	1.09	0.948	1.53	2.62	3.3	4.4	5.18	5.67
2023/3	1.41	1.26	0.906	0.693	0.441	1.54	1.39	2.14	3.77	4.69	6.36	7.81	8.72
2023/4	1.19	1.08	0.778	0.578	0.38	1.29	1.16	1.81	3.17	3.96	5.37	6.61	7.37
2023/5	0.636	0.672	0.489	0.306	0.225	0.798	0.7	1.1	1.91	2.4	3.24	3.9	4.32
2023/6	0.474	0.514	0.373	0.23	0.166	0.606	0.53	0.828	1.44	1.81	2.45	2.94	3.26
2023/7	0.435	0.465	0.337	0.211	0.15	0.546	0.478	0.746	1.29	1.64	2.21	2.66	2.96
2023/8	0.394	0.422	0.306	0.191	0.136	0.496	0.434	0.678	1.18	1.49	2.01	2.42	2.68
2023/9	0.422	0.412	0.295	0.205	0.136	0.475	0.419	0.655	1.14	1.44	1.97	2.4	2.68
2023/10	0.344	0.366	0.266	0.167	0.119	0.43	0.376	0.588	1.02	1.29	1.74	2.1	2.33
2023/11	0.322	0.331	0.239	0.157	0.107	0.385	0.337	0.527	0.915	1.16	1.57	1.91	2.12
2023/12	0.29	0.3	0.217	0.141	0.0967	0.349	0.305	0.478	0.829	1.05	1.42	1.72	1.92

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2024/1	0.253	0.27	0.196	0.123	0.0872	0.316	0.277	0.432	0.749	0.947	1.28	1.54	1.71
2024/2	0.432	0.34	0.233	0.211	0.117	0.364	0.329	0.519	0.917	1.15	1.62	2.07	2.34
2024/3	0.848	0.699	0.488	0.415	0.251	0.864	0.793	1.21	2.15	2.64	3.59	4.46	5.01
2024/4	0.41	0.381	0.274	0.201	0.131	0.462	0.412	0.64	1.12	1.4	1.9	2.32	2.59
2024/5	0.2	0.221	0.16	0.0973	0.0715	0.264	0.232	0.36	0.624	0.785	1.06	1.26	1.4
2024/6	0.176	0.192	0.138	0.0864	0.0613	0.228	0.2	0.309	0.537	0.676	0.911	1.09	1.22
2024/7	0.16	0.174	0.125	0.0784	0.0555	0.206	0.181	0.28	0.485	0.612	0.823	0.989	1.1
2024/8	0.159	0.164	0.118	0.0778	0.0523	0.193	0.169	0.262	0.456	0.575	0.778	0.943	1.05
2024/9	0.145	0.149	0.107	0.0711	0.048	0.175	0.153	0.238	0.414	0.522	0.706	0.856	0.954
2024/10	0.121	0.132	0.0952	0.0597	0.0424	0.157	0.137	0.213	0.368	0.464	0.625	0.75	0.833
2024/11	0.123	0.125	0.0898	0.0607	0.0398	0.146	0.128	0.199	0.346	0.437	0.592	0.719	0.802
2024/12	0.149	0.13	0.0913	0.0735	0.0452	0.144	0.128	0.203	0.353	0.446	0.616	0.77	0.867
2025/1	0.136	0.119	0.0839	0.0667	0.04	0.133	0.117	0.185	0.324	0.408	0.564	0.704	0.791
2025/2	0.818	0.56	0.379	0.401	0.204	0.629	0.581	0.902	1.62	2.01	2.81	3.65	4.16
2025/3	0.96	0.807	0.58	0.471	0.302	1.01	0.923	1.42	2.52	3.11	4.2	5.19	5.79
2025/4	0.756	0.65	0.467	0.366	0.235	0.786	0.707	1.11	1.95	2.42	3.28	4.06	4.53
2025/5	0.421	0.396	0.288	0.209	0.141	0.497	0.446	0.688	1.21	1.5	2.02	2.46	2.73
2025/6	0.174	0.2	0.146	0.0859	0.0653	0.243	0.212	0.329	0.57	0.717	0.96	1.14	1.26
2025/7	0.158	0.176	0.128	0.0781	0.057	0.212	0.186	0.288	0.498	0.628	0.842	1.01	1.11
2025/8	0.145	0.161	0.117	0.0721	0.0519	0.193	0.169	0.262	0.454	0.572	0.767	0.918	1.02
2025/9	0.156	0.157	0.113	0.0768	0.0508	0.183	0.161	0.25	0.435	0.549	0.746	0.907	1.01
2025/10	0.119	0.135	0.0986	0.0591	0.0441	0.163	0.142	0.221	0.382	0.481	0.644	0.768	0.849
2025/11	0.107	0.121	0.0881	0.0536	0.0393	0.146	0.127	0.197	0.34	0.429	0.574	0.686	0.759
2025/12	0.158	0.135	0.0951	0.0783	0.0479	0.15	0.134	0.212	0.37	0.467	0.648	0.811	0.914
2026/1	0.734	0.505	0.334	0.361	0.18	0.583	0.554	0.828	1.51	1.85	2.57	3.33	3.79
2026/2	3.35	2.88	2.08	1.64	1.06	3.6	3.27	5.04	8.93	11	14.9	18.4	20.5
2026/3	1.48	1.34	0.967	0.721	0.49	1.65	1.49	2.32	4.08	5.06	6.83	8.36	9.29
2026/4	0.598	0.635	0.464	0.288	0.225	0.775	0.686	1.08	1.87	2.34	3.14	3.76	4.14
2026/5	0.402	0.407	0.294	0.196	0.137	0.484	0.429	0.667	1.16	1.46	1.98	2.39	2.66
2026/6	0.296	0.32	0.231	0.143	0.103	0.373	0.327	0.51	0.885	1.12	1.51	1.82	2.02
2026/7	0.266	0.288	0.207	0.129	0.092	0.334	0.293	0.457	0.792	1	1.35	1.63	1.81
2026/8	0.246	0.264	0.19	0.119	0.0842	0.306	0.268	0.418	0.725	0.917	1.24	1.5	1.66
2026/9	0.313	0.287	0.204	0.152	0.0964	0.33	0.293	0.458	0.801	1.01	1.38	1.7	1.91
2026/10	0.202	0.223	0.161	0.0981	0.072	0.26	0.227	0.356	0.615	0.777	1.05	1.26	1.39
2026/11	0.184	0.199	0.143	0.0895	0.0637	0.231	0.202	0.315	0.546	0.691	0.933	1.12	1.25
2026/12	0.211	0.197	0.14	0.103	0.0642	0.22	0.194	0.305	0.532	0.673	0.926	1.15	1.28
2027/1	2.66	2.18	1.57	1.31	0.799	2.76	2.53	3.85	6.86	8.45	11.4	14.2	15.9
2027/2	2.19	1.96	1.42	1.08	0.724	2.48	2.25	3.46	6.12	7.56	10.2	12.4	13.8
2027/3	1.87	1.61	1.16	0.906	0.579	1.94	1.75	2.73	4.81	5.98	8.13	10.1	11.2
2027/4	0.786	0.83	0.608	0.378	0.293	1.01	0.893	1.41	2.44	3.06	4.1	4.91	5.42
2027/5	0.558	0.554	0.402	0.272	0.187	0.665	0.59	0.916	1.6	2.01	2.71	3.29	3.66
2027/6	0.483	0.48	0.348	0.236	0.159	0.572	0.505	0.784	1.37	1.72	2.33	2.83	3.16
2027/7	0.369	0.397	0.288	0.179	0.128	0.469	0.412	0.64	1.11	1.4	1.89	2.28	2.53
2027/8	0.346	0.363	0.263	0.168	0.116	0.425	0.373	0.58	1.01	1.27	1.73	2.08	2.32
2027/9	0.32	0.334	0.242	0.156	0.108	0.391	0.343	0.535	0.929	1.17	1.59	1.92	2.13
2027/10	0.974	0.788	0.57	0.485	0.285	1.01	0.928	1.4	2.5	3.08	4.16	5.17	5.8
2027/11	0.272	0.302	0.223	0.134	0.0999	0.37	0.325	0.504	0.874	1.1	1.47	1.75	1.94
2027/12	1.83	1.46	1.04	0.907	0.531	1.85	1.69	2.57	4.59	5.64	7.65	9.54	10.7

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2028/1	1.64	1.45	1.05	0.798	0.524	1.78	1.6	2.49	4.38	5.44	7.37	9.06	10.1
2028/2	1.44	1.27	0.919	0.701	0.458	1.57	1.41	2.19	3.86	4.79	6.48	7.96	8.88
2028/3	2.87	2.48	1.79	1.41	0.9	3.08	2.8	4.31	7.62	9.44	12.8	15.7	17.6
2028/4	1.22	1.24	0.909	0.586	0.443	1.52	1.34	2.12	3.68	4.6	6.18	7.44	8.22
2028/5	0.564	0.629	0.459	0.273	0.207	0.749	0.655	1.03	1.78	2.24	3.01	3.6	3.98
2028/6	0.513	0.55	0.4	0.249	0.178	0.65	0.569	0.887	1.54	1.95	2.63	3.16	3.51
2028/7	0.469	0.501	0.364	0.228	0.162	0.591	0.518	0.807	1.4	1.77	2.39	2.88	3.19
2028/8	0.428	0.457	0.332	0.208	0.148	0.539	0.472	0.736	1.28	1.61	2.18	2.63	2.92
2028/9	0.467	0.452	0.325	0.227	0.147	0.52	0.457	0.716	1.25	1.58	2.15	2.64	2.95
2028/10	0.444	0.433	0.311	0.216	0.145	0.509	0.452	0.704	1.23	1.54	2.1	2.56	2.85
2028/11	0.325	0.351	0.255	0.158	0.114	0.414	0.363	0.567	0.982	1.24	1.67	2.01	2.23
2028/12	0.545	0.457	0.32	0.267	0.161	0.548	0.499	0.762	1.35	1.68	2.29	2.86	3.21
2029/1	2.5	2.03	1.46	1.23	0.736	2.53	2.31	3.53	6.29	7.77	10.6	13.1	14.7
2029/2	1.29	1.22	0.89	0.63	0.446	1.53	1.38	2.13	3.74	4.64	6.24	7.58	8.4
2029/3	2.56	2.2	1.58	1.25	0.794	2.71	2.45	3.79	6.7	8.31	11.2	13.9	15.5
2029/4	1.31	1.28	0.931	0.631	0.455	1.54	1.37	2.16	3.76	4.71	6.35	7.71	8.54
2029/5	0.559	0.632	0.462	0.27	0.209	0.754	0.66	1.04	1.79	2.26	3.03	3.61	3.99
2029/6	0.506	0.547	0.398	0.245	0.178	0.646	0.566	0.883	1.53	1.93	2.61	3.14	3.48
2029/7	0.461	0.498	0.362	0.224	0.161	0.587	0.514	0.802	1.39	1.76	2.37	2.85	3.16
2029/8	0.429	0.457	0.331	0.208	0.148	0.536	0.47	0.733	1.27	1.61	2.17	2.62	2.91
2029/9	0.39	0.418	0.304	0.189	0.136	0.493	0.432	0.674	1.17	1.48	1.99	2.4	2.66
2029/10	0.359	0.381	0.277	0.174	0.123	0.447	0.392	0.612	1.06	1.34	1.81	2.19	2.43
2029/11	0.511	0.454	0.32	0.249	0.155	0.522	0.469	0.73	1.28	1.61	2.21	2.73	3.07
2029/12	1.02	0.811	0.573	0.504	0.289	1	0.922	1.39	2.49	3.07	4.19	5.24	5.9
2030/1	0.415	0.455	0.334	0.199	0.157	0.546	0.479	0.76	1.31	1.65	2.21	2.64	2.91
2030/2	0.889	0.777	0.557	0.435	0.276	0.952	0.86	1.32	2.34	2.9	3.94	4.86	5.43
2030/3	2.58	2.15	1.55	1.27	0.784	2.68	2.45	3.75	6.66	8.23	11.2	13.8	15.4
2030/4	1.25	1.21	0.882	0.602	0.437	1.46	1.3	2.06	3.59	4.48	6.04	7.34	8.12
2030/5	0.463	0.533	0.391	0.223	0.178	0.638	0.558	0.877	1.51	1.91	2.56	3.04	3.35
2030/6	0.422	0.455	0.33	0.204	0.147	0.533	0.468	0.73	1.27	1.6	2.16	2.6	2.88
2030/7	0.38	0.411	0.298	0.184	0.132	0.481	0.422	0.658	1.14	1.44	1.95	2.35	2.6
2030/8	0.346	0.374	0.271	0.168	0.121	0.438	0.384	0.599	1.04	1.31	1.77	2.13	2.37
2030/9	1.07	0.841	0.607	0.535	0.304	1.09	1	1.5	2.69	3.31	4.47	5.58	6.28
2030/10	2.02	1.74	1.26	0.988	0.63	2.14	1.93	3	5.29	6.57	8.89	11	12.3
2030/11	1.4	1.25	0.902	0.683	0.449	1.53	1.38	2.15	3.77	4.69	6.34	7.78	8.67
2030/12	0.594	0.616	0.451	0.29	0.214	0.757	0.671	1.04	1.82	2.27	3.05	3.67	4.07
2031/1	0.622	0.606	0.441	0.304	0.206	0.738	0.656	1.01	1.78	2.22	3	3.64	4.05
2031/2	0.438	0.469	0.343	0.215	0.156	0.574	0.507	0.783	1.36	1.71	2.3	2.75	3.05
2031/3	1.66	1.44	1.04	0.813	0.514	1.77	1.6	2.47	4.36	5.42	7.34	9.05	10.1
2031/4	0.419	0.49	0.361	0.203	0.164	0.596	0.521	0.817	1.41	1.77	2.37	2.81	3.09
2031/5	0.414	0.427	0.31	0.203	0.14	0.507	0.446	0.693	1.21	1.52	2.06	2.49	2.77
2031/6	0.348	0.377	0.275	0.17	0.122	0.451	0.395	0.614	1.07	1.34	1.81	2.17	2.41
2031/7	0.314	0.34	0.248	0.154	0.11	0.405	0.355	0.551	0.958	1.21	1.63	1.96	2.17
2031/8	0.286	0.309	0.225	0.14	0.0996	0.368	0.323	0.501	0.87	1.1	1.48	1.78	1.97
2031/9	1.05	0.772	0.554	0.526	0.279	0.992	0.917	1.37	2.47	3.03	4.13	5.21	5.89
2031/10	0.826	0.76	0.554	0.401	0.273	0.937	0.838	1.31	2.29	2.85	3.85	4.7	5.22
2031/11	0.291	0.333	0.247	0.144	0.111	0.415	0.364	0.564	0.977	1.23	1.64	1.94	2.14

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2031/12	0.509	0.494	0.356	0.254	0.178	0.65	0.591	0.889	1.57	1.93	2.58	3.11	3.46
2032/1	2.54	2.15	1.55	1.24	0.772	2.65	2.41	3.71	6.57	8.14	11	13.7	15.3
2032/2	1.03	1.01	0.742	0.508	0.371	1.3	1.17	1.8	3.16	3.91	5.23	6.29	6.97
2032/3	1.7	1.49	1.07	0.835	0.532	1.83	1.66	2.56	4.52	5.6	7.59	9.35	10.4
2032/4	0.874	0.9	0.658	0.422	0.314	1.09	0.963	1.52	2.63	3.3	4.44	5.34	5.91
2032/5	0.42	0.461	0.336	0.204	0.15	0.547	0.479	0.748	1.29	1.64	2.21	2.64	2.93
2032/6	0.382	0.409	0.298	0.186	0.131	0.483	0.423	0.658	1.14	1.44	1.95	2.35	2.61
2032/7	0.356	0.376	0.273	0.174	0.12	0.442	0.387	0.602	1.05	1.32	1.79	2.16	2.4
2032/8	0.48	0.424	0.303	0.236	0.145	0.504	0.454	0.697	1.23	1.54	2.1	2.59	2.91
2032/9	0.627	0.496	0.349	0.308	0.164	0.56	0.502	0.781	1.39	1.74	2.41	3.06	3.46
2032/10	0.31	0.344	0.255	0.151	0.116	0.432	0.38	0.589	1.02	1.28	1.7	2.02	2.23
2032/11	0.253	0.272	0.2	0.125	0.0881	0.333	0.292	0.45	0.783	0.985	1.32	1.58	1.76
2032/12	0.267	0.262	0.19	0.132	0.0854	0.313	0.276	0.426	0.745	0.938	1.27	1.55	1.73
2033/1	1.57	1.33	0.931	0.773	0.485	1.67	1.52	2.32	4.13	5.08	6.88	8.51	9.52
2033/2	2.46	2.19	1.59	1.2	0.793	2.7	2.43	3.78	6.65	8.26	11.2	13.7	15.3
2033/3	1.58	1.46	1.06	0.771	0.527	1.81	1.63	2.53	4.44	5.51	7.43	9.06	10.1
2033/4	0.396	0.449	0.326	0.19	0.147	0.53	0.463	0.728	1.26	1.58	2.13	2.55	2.81
2033/5	0.452	0.429	0.305	0.218	0.14	0.488	0.43	0.674	1.18	1.49	2.03	2.5	2.8
2033/6	0.329	0.353	0.254	0.159	0.113	0.411	0.36	0.562	0.974	1.23	1.67	2.01	2.23
2033/7	0.318	0.325	0.233	0.154	0.103	0.374	0.328	0.511	0.889	1.12	1.53	1.86	2.07
2033/8	0.302	0.302	0.216	0.146	0.0958	0.346	0.303	0.473	0.824	1.04	1.42	1.74	1.94
2033/9	0.303	0.292	0.208	0.147	0.0948	0.33	0.29	0.456	0.795	1	1.38	1.69	1.89
2033/10	0.236	0.248	0.178	0.115	0.0798	0.287	0.251	0.393	0.681	0.861	1.17	1.41	1.57
2033/11	0.237	0.23	0.164	0.116	0.0751	0.26	0.228	0.358	0.623	0.788	1.08	1.32	1.48
2033/12	0.978	0.724	0.494	0.477	0.26	0.829	0.766	1.18	2.11	2.61	3.62	4.63	5.25
2034/1	0.86	0.789	0.566	0.416	0.289	0.972	0.875	1.36	2.39	2.96	4	4.89	5.43
2034/2	2.28	1.94	1.39	1.12	0.698	2.4	2.18	3.35	5.94	7.35	9.96	12.3	13.8
2034/3	0.739	0.761	0.555	0.357	0.277	0.937	0.833	1.31	2.28	2.84	3.81	4.57	5.05
2034/4	0.368	0.394	0.285	0.176	0.129	0.459	0.4	0.633	1.09	1.38	1.87	2.25	2.49
2034/5	0.281	0.305	0.219	0.136	0.0971	0.352	0.307	0.481	0.832	1.05	1.43	1.72	1.91
2034/6	0.256	0.275	0.197	0.124	0.087	0.315	0.275	0.431	0.745	0.945	1.28	1.55	1.72
2034/7	0.233	0.25	0.18	0.113	0.0792	0.287	0.25	0.392	0.678	0.859	1.17	1.41	1.56
2034/8	0.291	0.265	0.187	0.141	0.088	0.299	0.266	0.415	0.727	0.917	1.26	1.56	1.75
2034/9	0.768	0.567	0.402	0.38	0.202	0.684	0.631	0.959	1.72	2.13	2.92	3.72	4.21
2034/10	0.335	0.353	0.254	0.164	0.131	0.449	0.402	0.626	1.09	1.34	1.79	2.14	2.37
2034/11	0.466	0.379	0.263	0.226	0.128	0.427	0.38	0.599	1.05	1.32	1.83	2.31	2.61
2034/12	0.566	0.535	0.371	0.27	0.195	0.639	0.564	0.901	1.56	1.94	2.63	3.22	3.58
2035/1	0.427	0.369	0.255	0.203	0.125	0.409	0.36	0.578	1.01	1.26	1.75	2.19	2.46
2035/2	1.33	1.06	0.755	0.649	0.379	1.28	1.16	1.79	3.19	3.95	5.4	6.77	7.61
2035/3	2.02	1.7	1.22	0.986	0.624	2.09	1.89	2.94	5.2	6.43	8.73	10.8	12.1
2035/4	0.564	0.614	0.449	0.272	0.219	0.753	0.662	1.05	1.81	2.27	3.04	3.62	3.99
2035/5	0.329	0.375	0.272	0.158	0.123	0.445	0.387	0.61	1.05	1.32	1.78	2.12	2.35
2035/6	0.298	0.324	0.233	0.144	0.104	0.377	0.328	0.515	0.89	1.13	1.52	1.83	2.03
2035/7	0.271	0.295	0.212	0.131	0.0942	0.342	0.298	0.468	0.808	1.02	1.38	1.67	1.85
2035/8	0.246	0.268	0.193	0.119	0.0858	0.311	0.27	0.425	0.734	0.928	1.26	1.51	1.68
2035/9	0.258	0.259	0.185	0.125	0.0831	0.295	0.257	0.406	0.704	0.891	1.22	1.48	1.65
2035/10	0.307	0.284	0.202	0.15	0.097	0.332	0.295	0.461	0.806	1.01	1.38	1.7	1.9
2035/11	0.368	0.315	0.222	0.18	0.11	0.381	0.345	0.528	0.934	1.16	1.58	1.96	2.2

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2035/12	0.253	0.239	0.17	0.123	0.0818	0.282	0.251	0.391	0.682	0.854	1.16	1.42	1.59
2036/1	0.555	0.442	0.317	0.277	0.159	0.576	0.527	0.79	1.41	1.74	2.34	2.91	3.28
2036/2	2.29	1.91	1.38	1.13	0.696	2.41	2.21	3.36	5.98	7.38	9.97	12.3	13.8
2036/3	2.25	2.02	1.47	1.1	0.744	2.52	2.28	3.54	6.23	7.71	10.4	12.7	14.2
2036/4	0.632	0.665	0.486	0.302	0.232	0.795	0.696	1.11	1.92	2.41	3.24	3.9	4.3
2036/5	0.362	0.4	0.291	0.175	0.131	0.475	0.415	0.649	1.12	1.42	1.91	2.29	2.53
2036/6	0.329	0.351	0.255	0.16	0.113	0.412	0.361	0.563	0.976	1.23	1.67	2.01	2.23
2036/7	0.299	0.319	0.232	0.146	0.102	0.375	0.327	0.511	0.886	1.12	1.51	1.82	2.03
2036/8	0.273	0.291	0.211	0.133	0.0934	0.341	0.298	0.465	0.806	1.02	1.38	1.66	1.84
2036/9	1.38	1.04	0.748	0.694	0.375	1.32	1.23	1.83	3.31	4.07	5.53	6.96	7.86
2036/10	0.36	0.428	0.319	0.173	0.152	0.532	0.465	0.738	1.27	1.59	2.11	2.48	2.72
2036/11	0.254	0.278	0.204	0.126	0.0906	0.337	0.295	0.457	0.794	1	1.34	1.61	1.78
2036/12	0.901	0.76	0.541	0.445	0.272	0.943	0.855	1.31	2.33	2.88	3.9	4.84	5.42
2037/1	1.76	1.48	1.06	0.867	0.533	1.83	1.67	2.55	4.54	5.61	7.61	9.42	10.6
2037/2	0.745	0.786	0.576	0.36	0.287	0.978	0.868	1.37	2.37	2.96	3.95	4.72	5.2
2037/3	1.67	1.41	1.01	0.816	0.505	1.73	1.57	2.42	4.28	5.31	7.21	8.93	9.98
2037/4	0.857	0.812	0.588	0.414	0.285	0.968	0.86	1.35	2.36	2.96	4.01	4.89	5.44
2037/5	0.404	0.445	0.325	0.196	0.146	0.527	0.461	0.723	1.25	1.58	2.13	2.55	2.82
2037/6	0.353	0.382	0.278	0.172	0.123	0.45	0.394	0.614	1.06	1.34	1.82	2.18	2.42
2037/7	0.328	0.349	0.253	0.16	0.112	0.409	0.358	0.558	0.97	1.23	1.66	2	2.22
2037/8	0.343	0.343	0.247	0.167	0.113	0.4	0.352	0.55	0.958	1.21	1.64	2	2.23
2037/9	1.37	1.07	0.78	0.688	0.392	1.41	1.3	1.95	3.49	4.28	5.78	7.19	8.09
2037/10	0.875	0.802	0.587	0.435	0.29	1.02	0.924	1.42	2.5	3.09	4.16	5.06	5.64
2037/11	0.55	0.555	0.408	0.269	0.194	0.691	0.612	0.954	1.66	2.08	2.78	3.35	3.71
2037/12	0.995	0.905	0.658	0.494	0.329	1.17	1.06	1.61	2.85	3.51	4.71	5.75	6.4
2038/1	1.85	1.6	1.16	0.908	0.58	1.99	1.8	2.78	4.91	6.08	8.23	10.1	11.3
2038/2	2.34	2.04	1.47	1.15	0.736	2.53	2.29	3.53	6.24	7.73	10.4	12.9	14.3
2038/3	2.33	2.12	1.54	1.14	0.765	2.61	2.35	3.65	6.42	7.98	10.8	13.2	14.7
2038/4	0.586	0.651	0.476	0.283	0.218	0.776	0.679	1.07	1.85	2.33	3.13	3.74	4.13
2038/5	0.503	0.54	0.393	0.245	0.174	0.638	0.559	0.872	1.51	1.91	2.58	3.1	3.45
2038/6	0.455	0.486	0.354	0.222	0.157	0.574	0.502	0.783	1.36	1.72	2.32	2.79	3.1
2038/7	0.416	0.444	0.323	0.203	0.143	0.523	0.458	0.714	1.24	1.57	2.12	2.55	2.83
2038/8	0.379	0.404	0.294	0.184	0.13	0.476	0.417	0.65	1.13	1.43	1.93	2.32	2.58
2038/9	0.395	0.395	0.286	0.193	0.131	0.462	0.407	0.636	1.11	1.4	1.9	2.31	2.57
2038/10	0.314	0.336	0.245	0.153	0.109	0.397	0.347	0.542	0.939	1.19	1.6	1.93	2.14
2038/11	0.285	0.305	0.222	0.139	0.0985	0.36	0.315	0.49	0.85	1.07	1.45	1.75	1.94
2038/12	0.26	0.278	0.202	0.127	0.0897	0.328	0.286	0.447	0.774	0.979	1.32	1.59	1.76
2039/1	1.33	1.03	0.718	0.66	0.367	1.22	1.12	1.71	3.07	3.8	5.22	6.6	7.46
2039/2	1.34	1.17	0.845	0.654	0.427	1.45	1.31	2.03	3.58	4.44	6	7.38	8.23
2039/3	1.61	1.42	1.02	0.784	0.513	1.73	1.55	2.43	4.27	5.3	7.19	8.85	9.86
2039/4	0.383	0.462	0.34	0.183	0.157	0.556	0.484	0.767	1.32	1.66	2.22	2.62	2.87
2039/5	0.349	0.373	0.271	0.169	0.12	0.434	0.38	0.595	1.03	1.3	1.77	2.13	2.36
2039/6	0.308	0.333	0.241	0.15	0.107	0.388	0.339	0.53	0.918	1.16	1.57	1.89	2.1
2039/7	0.281	0.303	0.22	0.136	0.0972	0.353	0.308	0.482	0.835	1.06	1.43	1.72	1.91
2039/8	0.279	0.289	0.209	0.136	0.0959	0.339	0.299	0.466	0.81	1.02	1.38	1.67	1.86
2039/9	0.422	0.347	0.244	0.207	0.117	0.392	0.352	0.547	0.968	1.22	1.68	2.12	2.39
2039/10	0.262	0.27	0.196	0.127	0.0891	0.314	0.275	0.434	0.751	0.949	1.28	1.55	1.73

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2039/11	0.225	0.223	0.159	0.11	0.0733	0.254	0.224	0.351	0.61	0.771	1.05	1.28	1.43
2039/12	0.183	0.198	0.144	0.0889	0.0644	0.231	0.202	0.317	0.547	0.693	0.935	1.12	1.25
2040/1	0.843	0.624	0.415	0.408	0.218	0.731	0.672	1.03	1.84	2.26	3.13	4	4.53
2040/2	0.911	0.775	0.554	0.447	0.283	0.968	0.882	1.35	2.4	2.96	4	4.94	5.52
2040/3	1.81	1.51	1.08	0.883	0.546	1.82	1.65	2.57	4.54	5.63	7.67	9.54	10.7
2040/4	1.01	0.878	0.628	0.49	0.314	1.05	0.948	1.48	2.61	3.24	4.41	5.45	6.08
2040/5	0.386	0.456	0.333	0.183	0.155	0.551	0.481	0.761	1.31	1.65	2.2	2.6	2.85
2040/6	0.318	0.355	0.256	0.153	0.115	0.42	0.368	0.575	0.995	1.25	1.69	2.02	2.23
2040/7	0.288	0.318	0.229	0.14	0.103	0.375	0.329	0.512	0.887	1.12	1.51	1.81	2
2040/8	0.288	0.302	0.216	0.14	0.1	0.356	0.314	0.488	0.849	1.07	1.45	1.74	1.94
2040/9	0.924	0.654	0.459	0.458	0.23	0.773	0.711	1.08	1.95	2.42	3.35	4.3	4.88
2040/10	0.371	0.407	0.302	0.181	0.145	0.522	0.462	0.718	1.25	1.55	2.06	2.44	2.69
2040/11	0.242	0.266	0.196	0.121	0.0878	0.334	0.295	0.451	0.786	0.984	1.31	1.56	1.73
2040/12	0.299	0.267	0.19	0.149	0.0921	0.314	0.282	0.435	0.765	0.958	1.31	1.62	1.82
2041/1	0.679	0.536	0.357	0.333	0.191	0.665	0.613	0.922	1.65	2.01	2.75	3.45	3.89
2041/2	3.49	2.99	2.15	1.72	1.09	3.75	3.41	5.23	9.28	11.5	15.5	19.1	21.3
2041/3	1.31	1.24	0.895	0.633	0.45	1.52	1.36	2.13	3.73	4.63	6.24	7.59	8.42
2041/4	0.44	0.525	0.384	0.21	0.179	0.638	0.557	0.881	1.51	1.9	2.54	3	3.29
2041/5	0.403	0.424	0.306	0.196	0.14	0.51	0.45	0.697	1.21	1.52	2.05	2.47	2.75
2041/6	0.331	0.359	0.259	0.161	0.115	0.426	0.374	0.58	1.01	1.27	1.71	2.06	2.28
2041/7	0.353	0.35	0.25	0.172	0.115	0.412	0.364	0.564	0.986	1.24	1.68	2.05	2.29
2041/8	0.304	0.316	0.227	0.148	0.102	0.371	0.326	0.507	0.881	1.11	1.5	1.82	2.02
2041/9	0.258	0.278	0.2	0.125	0.0898	0.33	0.289	0.449	0.779	0.982	1.32	1.59	1.77
2041/10	0.49	0.376	0.257	0.239	0.13	0.41	0.374	0.583	1.04	1.3	1.81	2.32	2.63
2041/11	0.223	0.257	0.188	0.108	0.0865	0.312	0.273	0.428	0.737	0.927	1.24	1.47	1.62
2041/12	0.499	0.394	0.265	0.241	0.137	0.442	0.403	0.627	1.11	1.38	1.92	2.43	2.75
2042/1	0.264	0.25	0.175	0.127	0.0849	0.292	0.26	0.406	0.708	0.885	1.21	1.48	1.65
2042/2	0.531	0.426	0.291	0.256	0.148	0.5	0.451	0.699	1.24	1.53	2.11	2.66	2.99
2042/3	1.56	1.32	0.949	0.765	0.48	1.64	1.48	2.29	4.05	5.02	6.8	8.41	9.4
2042/4	0.258	0.337	0.247	0.121	0.117	0.411	0.356	0.57	0.971	1.22	1.62	1.89	2.06
2042/5	0.221	0.247	0.177	0.106	0.0792	0.289	0.252	0.395	0.682	0.861	1.16	1.39	1.54
2042/6	0.2	0.22	0.157	0.0964	0.0701	0.257	0.224	0.35	0.605	0.764	1.03	1.24	1.37
2042/7	0.186	0.202	0.144	0.0898	0.0643	0.235	0.205	0.321	0.554	0.7	0.947	1.14	1.26
2042/8	0.166	0.183	0.131	0.0801	0.0583	0.213	0.186	0.29	0.502	0.634	0.856	1.03	1.14
2042/9	1.29	0.953	0.68	0.64	0.348	1.18	1.09	1.66	2.98	3.67	5.01	6.34	7.16
2042/10	0.494	0.5	0.366	0.24	0.184	0.633	0.566	0.883	1.54	1.91	2.55	3.06	3.38
2042/11	0.188	0.218	0.16	0.0929	0.0718	0.268	0.235	0.364	0.629	0.79	1.05	1.25	1.38
2042/12	0.981	0.778	0.523	0.47	0.274	0.9	0.811	1.27	2.24	2.77	3.84	4.85	5.46
2043/1	0.403	0.428	0.306	0.19	0.152	0.513	0.451	0.72	1.24	1.55	2.08	2.5	2.75
2043/2	0.2	0.23	0.163	0.0946	0.0736	0.267	0.231	0.365	0.628	0.792	1.07	1.28	1.41
2043/3	0.172	0.191	0.134	0.0817	0.0599	0.22	0.191	0.299	0.516	0.651	0.883	1.06	1.18
2043/4	0.165	0.176	0.123	0.0786	0.0551	0.2	0.174	0.273	0.472	0.597	0.812	0.984	1.09
2043/5	0.172	0.172	0.12	0.0817	0.0543	0.193	0.168	0.265	0.459	0.58	0.794	0.972	1.08
2043/6	0.135	0.148	0.104	0.064	0.0464	0.169	0.146	0.231	0.397	0.502	0.68	0.82	0.91
2043/7	0.118	0.131	0.092	0.0563	0.0411	0.15	0.13	0.204	0.351	0.444	0.601	0.723	0.802
2043/8	0.106	0.118	0.0832	0.0508	0.0372	0.136	0.117	0.184	0.317	0.401	0.542	0.652	0.723
2043/9	0.825	0.538	0.374	0.411	0.197	0.655	0.614	0.921	1.68	2.06	2.85	3.7	4.22
2043/10	0.187	0.227	0.171	0.0899	0.0818	0.297	0.26	0.409	0.703	0.875	1.15	1.34	1.47

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2043/11	0.107	0.123	0.0903	0.0537	0.0402	0.157	0.138	0.211	0.365	0.456	0.604	0.715	0.791
2043/12	0.0981	0.108	0.0784	0.0496	0.0343	0.136	0.119	0.181	0.316	0.395	0.525	0.627	0.698
2044/1	0.0882	0.0972	0.0709	0.0447	0.031	0.123	0.108	0.164	0.285	0.356	0.474	0.566	0.628
2044/2	0.574	0.42	0.268	0.278	0.154	0.488	0.451	0.695	1.24	1.51	2.11	2.7	3.06
2044/3	0.825	0.69	0.485	0.402	0.252	0.86	0.784	1.2	2.13	2.62	3.56	4.41	4.93
2044/4	0.619	0.573	0.412	0.298	0.203	0.695	0.619	0.972	1.7	2.12	2.86	3.5	3.89
2044/5	0.163	0.178	0.126	0.0779	0.0576	0.21	0.183	0.286	0.494	0.621	0.839	1.01	1.12
2044/6	0.134	0.149	0.105	0.0645	0.0468	0.176	0.153	0.238	0.411	0.518	0.699	0.838	0.929
2044/7	0.118	0.132	0.093	0.057	0.0412	0.156	0.135	0.21	0.363	0.457	0.616	0.738	0.819
2044/8	0.182	0.163	0.113	0.0898	0.0583	0.199	0.182	0.276	0.487	0.602	0.817	1	1.13
2044/9	0.333	0.252	0.174	0.163	0.0862	0.291	0.264	0.407	0.725	0.901	1.25	1.59	1.8
2044/10	0.0884	0.107	0.0761	0.0428	0.0347	0.128	0.111	0.174	0.297	0.373	0.499	0.59	0.65
2044/11	0.0795	0.0902	0.0635	0.0389	0.0283	0.106	0.0916	0.143	0.245	0.309	0.415	0.498	0.552
2044/12	0.0769	0.0834	0.0584	0.0376	0.0259	0.0969	0.084	0.131	0.225	0.284	0.384	0.463	0.515
2045/1	1.77	1.42	1	0.877	0.526	1.75	1.61	2.46	4.38	5.4	7.35	9.18	10.3
2045/2	2.43	2.09	1.5	1.19	0.762	2.58	2.34	3.62	6.39	7.92	10.7	13.2	14.8
2045/3	2.7	2.33	1.68	1.32	0.856	2.89	2.62	4.06	7.17	8.87	12	14.8	16.5
2045/4	0.899	0.935	0.681	0.427	0.335	1.12	0.983	1.57	2.71	3.4	4.58	5.51	6.07
2045/5	0.424	0.472	0.342	0.203	0.155	0.548	0.477	0.755	1.3	1.65	2.23	2.67	2.95
2045/6	0.387	0.413	0.297	0.186	0.132	0.472	0.412	0.648	1.12	1.42	1.93	2.33	2.59
2045/7	0.344	0.37	0.266	0.166	0.118	0.424	0.37	0.581	1	1.27	1.73	2.09	2.31
2045/8	0.328	0.344	0.247	0.158	0.11	0.391	0.342	0.537	0.93	1.18	1.6	1.95	2.16
2045/9	1.51	1.13	0.805	0.751	0.409	1.39	1.28	1.95	3.49	4.31	5.9	7.46	8.43
2045/10	1.01	0.921	0.668	0.491	0.334	1.14	1.02	1.59	2.79	3.47	4.68	5.72	6.36
2045/11	0.459	0.5	0.366	0.221	0.17	0.601	0.526	0.832	1.44	1.81	2.43	2.9	3.2
2045/12	0.328	0.36	0.263	0.161	0.117	0.432	0.379	0.589	1.02	1.29	1.73	2.07	2.29
2046/1	0.741	0.643	0.44	0.357	0.225	0.74	0.66	1.04	1.83	2.27	3.13	3.89	4.37
2046/2	2.43	2.1	1.51	1.19	0.76	2.6	2.36	3.63	6.43	7.95	10.8	13.3	14.8
2046/3	1.7	1.61	1.17	0.822	0.579	1.97	1.76	2.76	4.82	6	8.09	9.85	10.9
2046/4	0.511	0.562	0.408	0.246	0.19	0.673	0.591	0.929	1.61	2.02	2.71	3.25	3.58
2046/5	0.413	0.439	0.315	0.198	0.141	0.503	0.438	0.69	1.19	1.51	2.06	2.48	2.76
2046/6	0.368	0.395	0.283	0.177	0.126	0.453	0.395	0.621	1.07	1.36	1.85	2.23	2.47
2046/7	0.333	0.358	0.257	0.16	0.115	0.411	0.358	0.564	0.974	1.23	1.67	2.02	2.24
2046/8	0.335	0.339	0.242	0.162	0.11	0.384	0.335	0.529	0.917	1.16	1.59	1.94	2.16
2046/9	0.467	0.399	0.28	0.226	0.135	0.439	0.393	0.618	1.09	1.37	1.9	2.38	2.68
2046/10	0.259	0.281	0.203	0.125	0.0911	0.325	0.282	0.446	0.769	0.973	1.32	1.59	1.76
2046/11	0.384	0.316	0.216	0.186	0.106	0.335	0.302	0.475	0.837	1.06	1.48	1.88	2.12
2046/12	1.09	0.863	0.581	0.529	0.303	0.991	0.915	1.4	2.5	3.09	4.27	5.4	6.09
2047/1	0.556	0.588	0.425	0.269	0.216	0.738	0.662	1.03	1.79	2.22	2.97	3.54	3.9
2047/2	1.63	1.41	1.01	0.793	0.507	1.72	1.56	2.41	4.26	5.28	7.17	8.85	9.87
2047/3	1.74	1.49	1.06	0.847	0.533	1.8	1.62	2.52	4.45	5.53	7.52	9.32	10.4
2047/4	0.378	0.471	0.343	0.177	0.16	0.556	0.483	0.773	1.32	1.67	2.23	2.62	2.87
2047/5	0.335	0.367	0.263	0.16	0.117	0.419	0.365	0.575	0.993	1.26	1.71	2.05	2.28
2047/6	0.304	0.331	0.236	0.146	0.105	0.375	0.327	0.515	0.889	1.13	1.53	1.85	2.05
2047/7	0.277	0.301	0.215	0.133	0.0957	0.342	0.298	0.469	0.809	1.03	1.39	1.68	1.86
2047/8	0.265	0.28	0.199	0.127	0.0889	0.316	0.276	0.434	0.75	0.952	1.3	1.57	1.75
2047/9	0.58	0.435	0.301	0.282	0.149	0.483	0.44	0.682	1.22	1.52	2.12	2.72	3.09

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2047/10	0.272	0.288	0.208	0.131	0.0959	0.336	0.295	0.465	0.803	1.01	1.37	1.65	1.82
2047/11	0.194	0.215	0.154	0.0936	0.0689	0.248	0.217	0.339	0.586	0.741	1	1.2	1.33
2047/12	0.774	0.593	0.421	0.385	0.217	0.765	0.71	1.06	1.91	2.33	3.16	3.96	4.47
2048/1	0.22	0.234	0.17	0.106	0.078	0.278	0.244	0.384	0.663	0.835	1.12	1.35	1.5
2048/2	0.595	0.521	0.374	0.294	0.185	0.651	0.591	0.9	1.6	1.98	2.67	3.29	3.67
2048/3	2.73	2.25	1.62	1.34	0.823	2.81	2.57	3.93	6.99	8.63	11.7	14.5	16.2
2048/4	0.906	0.943	0.69	0.434	0.342	1.15	1.02	1.62	2.8	3.5	4.69	5.62	6.2
2048/5	0.348	0.397	0.29	0.168	0.131	0.472	0.413	0.648	1.12	1.41	1.9	2.26	2.49
2048/6	0.315	0.339	0.245	0.153	0.108	0.396	0.347	0.54	0.938	1.19	1.6	1.93	2.14
2048/7	0.287	0.308	0.223	0.14	0.0984	0.359	0.314	0.49	0.85	1.07	1.45	1.75	1.95
2048/8	0.319	0.307	0.22	0.156	0.102	0.357	0.316	0.492	0.86	1.08	1.48	1.81	2.02
2048/9	1.02	0.766	0.55	0.51	0.272	0.961	0.882	1.33	2.39	2.95	4.03	5.08	5.74
2048/10	0.825	0.788	0.577	0.405	0.285	0.999	0.898	1.39	2.43	3.02	4.04	4.9	5.43
2048/11	0.313	0.318	0.232	0.154	0.108	0.389	0.344	0.532	0.928	1.16	1.57	1.89	2.1
2048/12	0.307	0.303	0.222	0.153	0.105	0.387	0.347	0.527	0.927	1.15	1.54	1.86	2.07
2049/1	0.611	0.483	0.348	0.305	0.17	0.614	0.56	0.843	1.51	1.86	2.53	3.16	3.56
2049/2	1.25	1.13	0.825	0.616	0.409	1.43	1.29	1.99	3.51	4.34	5.84	7.14	7.94
2049/3	0.316	0.323	0.238	0.158	0.114	0.415	0.371	0.567	0.993	1.23	1.65	1.98	2.19
2049/4	0.27	0.261	0.191	0.134	0.0839	0.317	0.28	0.43	0.755	0.948	1.28	1.56	1.75
2049/5	0.2	0.211	0.156	0.1	0.0682	0.263	0.232	0.354	0.618	0.775	1.04	1.25	1.39
2049/6	0.182	0.191	0.141	0.0909	0.0615	0.237	0.209	0.319	0.557	0.699	0.936	1.12	1.25
2049/7	0.166	0.174	0.128	0.0829	0.056	0.216	0.19	0.29	0.507	0.636	0.852	1.02	1.14
2049/8	0.165	0.163	0.119	0.0827	0.0521	0.199	0.175	0.268	0.469	0.59	0.796	0.967	1.08
2049/9	0.502	0.332	0.23	0.25	0.117	0.39	0.361	0.545	0.99	1.22	1.71	2.23	2.54
2049/10	0.194	0.205	0.153	0.0957	0.0711	0.264	0.233	0.36	0.626	0.781	1.03	1.24	1.36
2049/11	0.119	0.129	0.0961	0.0604	0.0424	0.167	0.147	0.223	0.388	0.485	0.642	0.765	0.85
2049/12	0.268	0.214	0.146	0.131	0.0766	0.262	0.236	0.364	0.644	0.792	1.08	1.36	1.53
2050/1	0.7	0.493	0.322	0.337	0.174	0.595	0.543	0.829	1.49	1.81	2.52	3.24	3.68
2050/2	0.793	0.724	0.521	0.387	0.267	0.923	0.834	1.29	2.26	2.79	3.75	4.57	5.08
2050/3	0.908	0.793	0.57	0.444	0.287	0.983	0.886	1.37	2.42	3	4.06	5	5.57
2050/4	0.295	0.291	0.212	0.145	0.104	0.376	0.335	0.516	0.903	1.12	1.49	1.8	2
2050/5	0.177	0.182	0.131	0.086	0.0586	0.223	0.195	0.301	0.524	0.656	0.884	1.07	1.19
2050/6	0.143	0.154	0.111	0.0699	0.0488	0.191	0.166	0.255	0.443	0.555	0.744	0.894	0.993
2050/7	0.13	0.139	0.0994	0.0636	0.0437	0.171	0.149	0.229	0.397	0.497	0.667	0.803	0.893
2050/8	0.19	0.152	0.106	0.0928	0.0493	0.172	0.151	0.236	0.415	0.523	0.728	0.924	1.05
2050/9	0.187	0.162	0.114	0.0909	0.0553	0.19	0.169	0.263	0.462	0.577	0.79	0.983	1.1
2050/10	0.136	0.124	0.088	0.0666	0.0416	0.147	0.129	0.201	0.351	0.44	0.6	0.741	0.83
2050/11	0.281	0.181	0.118	0.138	0.0653	0.185	0.173	0.27	0.487	0.607	0.872	1.16	1.34
2050/12	0.254	0.215	0.149	0.121	0.0783	0.257	0.232	0.362	0.635	0.786	1.07	1.33	1.49
2051/1	0.858	0.706	0.476	0.409	0.253	0.829	0.753	1.17	2.07	2.55	3.5	4.39	4.92
2051/2	0.473	0.403	0.284	0.23	0.149	0.5	0.455	0.701	1.24	1.53	2.07	2.56	2.85
2051/3	0.547	0.507	0.364	0.264	0.179	0.614	0.547	0.858	1.5	1.87	2.53	3.09	3.44
2051/4	0.13	0.146	0.103	0.0609	0.0463	0.168	0.145	0.229	0.393	0.497	0.672	0.807	0.892
2051/5	0.118	0.126	0.0876	0.0556	0.0387	0.142	0.123	0.193	0.332	0.421	0.573	0.695	0.772
2051/6	0.103	0.114	0.0794	0.0487	0.0351	0.129	0.111	0.175	0.301	0.381	0.516	0.623	0.691
2051/7	0.0934	0.102	0.0712	0.0443	0.0314	0.116	0.0996	0.157	0.269	0.341	0.462	0.559	0.62
2051/8	0.135	0.115	0.0784	0.0648	0.035	0.122	0.106	0.168	0.293	0.373	0.521	0.661	0.746
2051/9	0.101	0.0983	0.0682	0.0482	0.0318	0.109	0.0944	0.15	0.259	0.328	0.449	0.553	0.618

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2051/10	0.0678	0.0771	0.0541	0.0323	0.0242	0.088	0.0754	0.119	0.203	0.258	0.347	0.417	0.46
2051/11	0.0608	0.0685	0.048	0.0291	0.0214	0.0777	0.0664	0.105	0.178	0.227	0.305	0.368	0.407
2051/12	0.691	0.432	0.287	0.343	0.162	0.482	0.451	0.696	1.26	1.55	2.2	2.92	3.35
2052/1	1.9	1.65	1.19	0.928	0.611	2.06	1.87	2.9	5.12	6.33	8.54	10.5	11.7
2052/2	1.11	0.984	0.708	0.54	0.358	1.2	1.08	1.69	2.97	3.69	4.99	6.14	6.84
2052/3	1.4	1.15	0.818	0.681	0.413	1.38	1.25	1.94	3.43	4.26	5.81	7.26	8.13
2052/4	0.32	0.403	0.296	0.151	0.14	0.487	0.423	0.676	1.15	1.45	1.93	2.27	2.48
2052/5	0.286	0.313	0.226	0.138	0.101	0.363	0.317	0.497	0.86	1.09	1.47	1.77	1.96
2052/6	0.249	0.275	0.199	0.12	0.0883	0.319	0.278	0.436	0.753	0.954	1.29	1.55	1.71
2052/7	0.228	0.251	0.181	0.11	0.0805	0.291	0.253	0.397	0.686	0.869	1.17	1.41	1.56
2052/8	0.213	0.231	0.166	0.103	0.0738	0.267	0.232	0.364	0.63	0.798	1.08	1.3	1.44
2052/9	0.19	0.209	0.151	0.0917	0.0672	0.242	0.211	0.331	0.571	0.724	0.978	1.17	1.3
2052/10	0.259	0.232	0.162	0.125	0.0801	0.253	0.226	0.358	0.625	0.789	1.09	1.36	1.52
2052/11	0.191	0.192	0.138	0.0927	0.0637	0.219	0.191	0.303	0.523	0.663	0.904	1.1	1.23
2052/12	0.211	0.191	0.135	0.102	0.0644	0.211	0.187	0.296	0.516	0.653	0.9	1.12	1.25
2053/1	0.298	0.24	0.16	0.144	0.0901	0.256	0.239	0.374	0.661	0.823	1.15	1.46	1.65
2053/2	3.48	2.84	2.02	1.72	1.03	3.5	3.21	4.91	8.75	10.8	14.7	18.3	20.5
2053/3	2.3	2.05	1.48	1.11	0.749	2.51	2.26	3.53	6.2	7.7	10.4	12.8	14.2
2053/4	0.426	0.537	0.396	0.201	0.186	0.643	0.559	0.894	1.53	1.93	2.57	3.01	3.29
2053/5	0.372	0.409	0.295	0.179	0.132	0.47	0.411	0.647	1.12	1.42	1.92	2.31	2.55
2053/6	0.34	0.368	0.265	0.164	0.118	0.421	0.369	0.579	1	1.27	1.72	2.08	2.3
2053/7	0.311	0.336	0.242	0.15	0.108	0.384	0.337	0.528	0.914	1.16	1.57	1.89	2.1
2053/8	0.286	0.308	0.221	0.138	0.0985	0.351	0.307	0.482	0.834	1.06	1.44	1.73	1.92
2053/9	0.303	0.301	0.215	0.146	0.098	0.338	0.296	0.468	0.812	1.03	1.41	1.72	1.92
2053/10	0.234	0.256	0.185	0.113	0.0825	0.293	0.256	0.403	0.695	0.882	1.19	1.44	1.59
2053/11	0.213	0.231	0.167	0.103	0.0745	0.265	0.231	0.363	0.627	0.796	1.08	1.3	1.44
2053/12	0.212	0.217	0.156	0.103	0.0698	0.245	0.214	0.337	0.584	0.742	1.01	1.23	1.37
2054/1	0.643	0.484	0.334	0.315	0.174	0.584	0.546	0.82	1.48	1.81	2.49	3.15	3.56
2054/2	3.11	2.65	1.91	1.53	0.972	3.34	3.06	4.67	8.29	10.2	13.8	17	19
2054/3	0.818	0.832	0.607	0.39	0.297	0.997	0.881	1.4	2.43	3.04	4.1	4.94	5.45
2054/4	0.351	0.376	0.272	0.169	0.124	0.437	0.384	0.603	1.04	1.32	1.78	2.15	2.38
2054/5	0.302	0.319	0.23	0.146	0.102	0.365	0.321	0.501	0.87	1.1	1.5	1.81	2.01
2054/6	0.266	0.285	0.206	0.129	0.0911	0.328	0.288	0.45	0.779	0.988	1.34	1.61	1.79
2054/7	0.271	0.271	0.194	0.131	0.087	0.307	0.27	0.422	0.735	0.931	1.27	1.55	1.73
2054/8	0.386	0.319	0.224	0.19	0.108	0.361	0.325	0.504	0.892	1.12	1.55	1.95	2.2
2054/9	0.663	0.482	0.342	0.329	0.17	0.583	0.534	0.812	1.46	1.81	2.48	3.17	3.59
2054/10	1.16	0.921	0.662	0.575	0.337	1.16	1.06	1.61	2.88	3.55	4.82	6.02	6.76
2054/11	0.367	0.434	0.324	0.177	0.154	0.546	0.478	0.756	1.3	1.63	2.16	2.54	2.78
2054/12	0.25	0.276	0.204	0.124	0.0912	0.345	0.304	0.467	0.812	1.02	1.36	1.62	1.79
2055/1	0.433	0.366	0.256	0.214	0.126	0.433	0.389	0.601	1.06	1.32	1.81	2.26	2.54
2055/2	2.56	2.14	1.53	1.25	0.782	2.67	2.43	3.73	6.62	8.18	11.1	13.7	15.3
2055/3	0.981	0.927	0.671	0.472	0.332	1.12	0.997	1.57	2.74	3.42	4.62	5.64	6.25
2055/4	0.389	0.445	0.326	0.187	0.149	0.537	0.469	0.738	1.27	1.6	2.15	2.55	2.81
2055/5	0.334	0.362	0.262	0.162	0.118	0.43	0.377	0.587	1.02	1.28	1.73	2.08	2.31
2055/6	0.309	0.332	0.24	0.15	0.107	0.393	0.344	0.536	0.93	1.17	1.58	1.9	2.11
2055/7	0.318	0.317	0.228	0.155	0.103	0.369	0.325	0.507	0.882	1.11	1.51	1.84	2.05
2055/8	0.252	0.274	0.199	0.123	0.0888	0.326	0.285	0.444	0.77	0.971	1.31	1.57	1.74

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2055/9	0.624	0.45	0.312	0.307	0.159	0.51	0.47	0.722	1.29	1.61	2.25	2.89	3.28
2055/10	1.21	1.05	0.761	0.595	0.381	1.31	1.19	1.83	3.25	4.02	5.42	6.67	7.44
2055/11	0.256	0.312	0.231	0.125	0.107	0.388	0.339	0.531	0.914	1.15	1.52	1.79	1.96
2055/12	0.229	0.253	0.185	0.113	0.0822	0.307	0.27	0.416	0.724	0.91	1.22	1.46	1.62
2056/1	0.219	0.231	0.169	0.108	0.0752	0.278	0.245	0.378	0.659	0.829	1.12	1.34	1.5
2056/2	1.99	1.62	1.13	0.968	0.59	1.91	1.75	2.71	4.8	5.95	8.16	10.2	11.5
2056/3	0.394	0.447	0.326	0.188	0.16	0.54	0.475	0.756	1.3	1.63	2.18	2.59	2.84
2056/4	0.28	0.297	0.213	0.134	0.0962	0.341	0.299	0.47	0.813	1.03	1.39	1.69	1.87
2056/5	0.225	0.247	0.177	0.109	0.079	0.285	0.249	0.39	0.675	0.854	1.16	1.39	1.54
2056/6	0.217	0.23	0.165	0.105	0.0733	0.263	0.23	0.36	0.624	0.791	1.07	1.3	1.44
2056/7	0.183	0.203	0.146	0.0885	0.0648	0.234	0.204	0.32	0.552	0.7	0.944	1.13	1.26
2056/8	0.256	0.219	0.152	0.124	0.0724	0.237	0.211	0.332	0.582	0.737	1.03	1.29	1.46
2056/9	0.73	0.546	0.393	0.363	0.198	0.689	0.637	0.959	1.73	2.12	2.88	3.64	4.11
2056/10	0.159	0.193	0.144	0.0787	0.0659	0.247	0.218	0.336	0.581	0.726	0.956	1.12	1.23
2056/11	0.145	0.157	0.116	0.0727	0.0508	0.195	0.172	0.262	0.457	0.574	0.765	0.915	1.02
2056/12	0.308	0.227	0.151	0.152	0.0838	0.248	0.232	0.357	0.638	0.792	1.11	1.43	1.63
2057/1	0.991	0.763	0.527	0.486	0.273	0.898	0.827	1.27	2.26	2.8	3.85	4.87	5.5
2057/2	2.22	1.93	1.39	1.08	0.705	2.38	2.16	3.34	5.9	7.31	9.88	12.2	13.6
2057/3	2.59	2.24	1.62	1.26	0.82	2.77	2.51	3.89	6.87	8.51	11.5	14.2	15.8
2057/4	0.998	0.994	0.722	0.48	0.356	1.2	1.07	1.69	2.93	3.66	4.93	5.96	6.59
2057/5	0.432	0.485	0.352	0.208	0.16	0.57	0.499	0.784	1.35	1.71	2.3	2.75	3.04
2057/6	0.384	0.422	0.305	0.186	0.137	0.492	0.432	0.675	1.17	1.48	2	2.39	2.65
2057/7	0.35	0.383	0.277	0.169	0.124	0.446	0.391	0.61	1.06	1.34	1.81	2.17	2.4
2057/8	0.336	0.356	0.257	0.163	0.115	0.411	0.361	0.565	0.98	1.24	1.68	2.03	2.25
2057/9	0.765	0.603	0.43	0.382	0.215	0.761	0.703	1.05	1.89	2.32	3.15	3.95	4.45
2057/10	0.44	0.44	0.321	0.214	0.15	0.53	0.468	0.734	1.28	1.6	2.16	2.62	2.9
2057/11	0.258	0.285	0.208	0.127	0.0935	0.344	0.302	0.469	0.813	1.02	1.37	1.64	1.82
2057/12	0.457	0.397	0.271	0.223	0.136	0.469	0.421	0.651	1.15	1.42	1.95	2.42	2.72
2058/1	0.345	0.351	0.249	0.168	0.124	0.431	0.384	0.598	1.04	1.29	1.74	2.1	2.33
2058/2	1.53	1.26	0.885	0.752	0.448	1.53	1.39	2.14	3.81	4.7	6.41	8	8.97
2058/3	0.537	0.55	0.4	0.258	0.195	0.667	0.589	0.933	1.61	2.02	2.72	3.27	3.62
2058/4	0.292	0.311	0.224	0.14	0.104	0.369	0.323	0.508	0.879	1.11	1.49	1.8	1.99
2058/5	0.22	0.243	0.175	0.106	0.0779	0.284	0.248	0.388	0.671	0.848	1.15	1.37	1.52
2058/6	0.198	0.216	0.155	0.0962	0.0686	0.251	0.219	0.342	0.592	0.749	1.01	1.22	1.35
2058/7	0.18	0.196	0.141	0.0876	0.0624	0.228	0.199	0.311	0.537	0.679	0.919	1.11	1.23
2058/8	0.198	0.191	0.136	0.0964	0.0626	0.217	0.191	0.299	0.52	0.657	0.9	1.1	1.24
2058/9	0.155	0.17	0.122	0.0753	0.0549	0.199	0.173	0.272	0.469	0.592	0.799	0.96	1.06
2058/10	0.91	0.639	0.442	0.45	0.231	0.748	0.698	1.06	1.92	2.37	3.28	4.22	4.8
2058/11	0.163	0.222	0.165	0.0775	0.0785	0.277	0.241	0.384	0.653	0.819	1.08	1.25	1.36
2058/12	0.131	0.148	0.107	0.0647	0.0476	0.175	0.153	0.239	0.412	0.52	0.698	0.835	0.926
2059/1	0.423	0.36	0.234	0.202	0.131	0.389	0.352	0.562	0.983	1.22	1.7	2.14	2.4
2059/2	2.19	1.83	1.29	1.06	0.664	2.22	2.02	3.12	5.54	6.84	9.31	11.6	12.9
2059/3	0.954	0.863	0.619	0.46	0.312	1.04	0.932	1.46	2.56	3.19	4.32	5.31	5.9
2059/4	0.423	0.445	0.32	0.201	0.152	0.519	0.455	0.726	1.25	1.57	2.13	2.57	2.84
2059/5	0.28	0.294	0.209	0.133	0.0949	0.331	0.289	0.457	0.79	1	1.36	1.65	1.84
2059/6	0.235	0.252	0.178	0.112	0.0799	0.282	0.245	0.388	0.669	0.85	1.16	1.4	1.56
2059/7	0.205	0.225	0.159	0.0978	0.0707	0.252	0.219	0.346	0.597	0.758	1.03	1.24	1.38
2059/8	0.185	0.203	0.144	0.0883	0.064	0.229	0.198	0.313	0.539	0.685	0.931	1.12	1.25

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2059/9	0.216	0.204	0.142	0.103	0.0649	0.221	0.193	0.306	0.531	0.675	0.933	1.16	1.29
2059/10	0.203	0.196	0.138	0.0975	0.0649	0.215	0.188	0.3	0.519	0.659	0.906	1.12	1.25
2059/11	0.138	0.156	0.111	0.0657	0.0499	0.176	0.153	0.242	0.415	0.527	0.713	0.855	0.945
2059/12	0.25	0.194	0.132	0.121	0.0661	0.197	0.177	0.284	0.499	0.632	0.896	1.15	1.31
2060/1	1.58	1.24	0.866	0.775	0.454	1.51	1.4	2.13	3.81	4.68	6.4	8.03	9.03
2060/2	1.99	1.72	1.24	0.971	0.629	2.12	1.92	2.98	5.26	6.52	8.82	10.9	12.1
2060/3	1.75	1.48	1.06	0.85	0.535	1.78	1.61	2.51	4.43	5.5	7.49	9.29	10.4
2060/4	0.91	0.899	0.651	0.437	0.321	1.09	0.967	1.52	2.65	3.31	4.46	5.4	5.97
2060/5	0.397	0.453	0.328	0.19	0.149	0.533	0.466	0.733	1.26	1.6	2.15	2.56	2.82
2060/6	0.358	0.395	0.284	0.172	0.127	0.459	0.402	0.629	1.09	1.38	1.86	2.23	2.47
2060/7	0.326	0.359	0.259	0.157	0.116	0.417	0.365	0.572	0.989	1.25	1.69	2.03	2.25
2060/8	0.3	0.329	0.237	0.145	0.106	0.381	0.334	0.522	0.904	1.14	1.55	1.86	2.06
2060/9	0.276	0.301	0.217	0.133	0.0969	0.349	0.306	0.478	0.828	1.05	1.42	1.7	1.89
2060/10	0.247	0.273	0.196	0.119	0.088	0.317	0.277	0.433	0.749	0.947	1.28	1.53	1.7
2060/11	0.276	0.267	0.19	0.134	0.0882	0.299	0.263	0.415	0.722	0.914	1.25	1.54	1.72
2060/12	0.393	0.323	0.221	0.189	0.111	0.345	0.31	0.492	0.864	1.09	1.52	1.93	2.17
2061/1	1.78	1.48	1.05	0.878	0.538	1.82	1.67	2.55	4.54	5.61	7.61	9.45	10.6
2061/2	1.72	1.6	1.16	0.833	0.579	1.95	1.74	2.74	4.79	5.97	8.06	9.84	10.9
2061/3	2.34	1.95	1.4	1.15	0.706	2.38	2.17	3.34	5.93	7.34	9.98	12.4	13.9
2061/4	0.797	0.877	0.641	0.379	0.312	1.06	0.929	1.48	2.55	3.2	4.29	5.12	5.62
2061/5	0.435	0.484	0.35	0.209	0.158	0.56	0.49	0.772	1.33	1.69	2.28	2.73	3.02
2061/6	0.396	0.427	0.307	0.191	0.137	0.49	0.429	0.673	1.17	1.48	2	2.41	2.68
2061/7	0.358	0.387	0.278	0.172	0.124	0.443	0.388	0.609	1.05	1.33	1.81	2.18	2.42
2061/8	0.338	0.357	0.257	0.163	0.115	0.407	0.357	0.56	0.971	1.23	1.67	2.02	2.25
2061/9	1.07	0.8	0.569	0.534	0.285	0.98	0.901	1.36	2.45	3.03	4.15	5.26	5.95
2061/10	0.632	0.629	0.46	0.308	0.225	0.784	0.7	1.09	1.9	2.37	3.17	3.83	4.24
2061/11	0.449	0.421	0.302	0.221	0.145	0.511	0.458	0.706	1.24	1.55	2.09	2.56	2.86
2061/12	1.05	0.886	0.633	0.515	0.315	1.09	0.985	1.52	2.69	3.33	4.52	5.6	6.27
2062/1	1.19	1.04	0.753	0.581	0.375	1.29	1.17	1.8	3.17	3.94	5.33	6.55	7.31
2062/2	0.878	0.842	0.611	0.426	0.302	1.03	0.925	1.45	2.52	3.14	4.23	5.14	5.7
2062/3	0.627	0.618	0.448	0.307	0.215	0.758	0.676	1.05	1.83	2.29	3.08	3.73	4.14
2062/4	0.38	0.394	0.285	0.184	0.13	0.466	0.41	0.64	1.11	1.4	1.89	2.29	2.54
2062/5	0.299	0.326	0.237	0.146	0.105	0.387	0.339	0.527	0.915	1.15	1.56	1.87	2.07
2062/6	0.268	0.293	0.213	0.131	0.0941	0.347	0.304	0.473	0.82	1.03	1.39	1.67	1.86
2062/7	0.244	0.266	0.193	0.119	0.0855	0.315	0.276	0.429	0.744	0.939	1.26	1.52	1.68
2062/8	0.457	0.35	0.243	0.224	0.118	0.391	0.354	0.548	0.975	1.22	1.7	2.17	2.47
2062/9	0.384	0.35	0.253	0.188	0.119	0.421	0.373	0.582	1.02	1.28	1.73	2.12	2.37
2062/10	0.348	0.307	0.22	0.171	0.107	0.379	0.342	0.523	0.922	1.15	1.55	1.91	2.14
2062/11	0.495	0.421	0.304	0.248	0.155	0.569	0.52	0.778	1.39	1.7	2.27	2.78	3.11
2062/12	0.725	0.618	0.444	0.358	0.219	0.776	0.701	1.07	1.9	2.35	3.18	3.93	4.4
2063/1	0.904	0.815	0.588	0.442	0.295	1.01	0.914	1.42	2.49	3.09	4.16	5.1	5.67
2063/2	0.775	0.71	0.513	0.38	0.255	0.887	0.798	1.23	2.17	2.69	3.62	4.42	4.92
2063/3	0.238	0.267	0.195	0.117	0.0905	0.336	0.295	0.457	0.792	0.989	1.32	1.57	1.73
2063/4	0.491	0.397	0.283	0.244	0.138	0.484	0.437	0.67	1.19	1.48	2.02	2.53	2.85
2063/5	0.251	0.253	0.186	0.126	0.083	0.318	0.281	0.43	0.753	0.941	1.26	1.52	1.7
2063/6	0.178	0.195	0.143	0.089	0.0627	0.245	0.214	0.328	0.571	0.716	0.956	1.14	1.27
2063/7	0.161	0.175	0.129	0.0804	0.0562	0.22	0.192	0.294	0.511	0.641	0.857	1.02	1.14

FECHA	UH 01	UH 02	UH 03	UH 04	UH 05	UH 06	UH 07	UH 08	UH 09	UH 10	UH 11	UH 12	UH 13
2063/8	0.157	0.164	0.12	0.0785	0.0529	0.204	0.178	0.274	0.477	0.598	0.802	0.965	1.07
2063/9	0.379	0.266	0.182	0.188	0.0952	0.306	0.285	0.432	0.779	0.965	1.35	1.74	1.98
2063/10	1.02	0.793	0.572	0.51	0.293	1.02	0.937	1.42	2.54	3.12	4.22	5.28	5.93
2063/11	0.686	0.596	0.43	0.334	0.217	0.738	0.663	1.03	1.81	2.25	3.04	3.75	4.18
2063/12	0.462	0.429	0.306	0.222	0.152	0.531	0.473	0.736	1.29	1.6	2.15	2.63	2.92
2064/1	0.188	0.218	0.16	0.0925	0.0727	0.274	0.239	0.371	0.64	0.801	1.07	1.26	1.39
2064/2	0.979	0.82	0.585	0.484	0.3	1.04	0.952	1.45	2.57	3.17	4.28	5.29	5.92
2064/3	2.54	2.15	1.55	1.24	0.781	2.65	2.4	3.72	6.58	8.15	11.1	13.7	15.3
2064/4	0.368	0.486	0.361	0.174	0.171	0.601	0.521	0.834	1.42	1.78	2.36	2.75	2.99
2064/5	0.317	0.35	0.254	0.154	0.113	0.417	0.364	0.568	0.984	1.24	1.67	2	2.22
2064/6	0.288	0.312	0.226	0.14	0.1	0.371	0.324	0.504	0.874	1.1	1.49	1.79	1.98
2064/7	0.277	0.29	0.209	0.135	0.0929	0.341	0.298	0.465	0.807	1.02	1.38	1.67	1.85
2064/8	0.251	0.265	0.192	0.122	0.0852	0.313	0.273	0.426	0.739	0.933	1.26	1.52	1.69
2064/9	0.369	0.313	0.219	0.18	0.106	0.349	0.312	0.49	0.861	1.08	1.5	1.88	2.12
2064/10	0.199	0.223	0.162	0.0971	0.0729	0.267	0.233	0.364	0.628	0.792	1.06	1.27	1.4
2064/11	0.18	0.196	0.143	0.0881	0.0633	0.233	0.203	0.317	0.548	0.692	0.931	1.12	1.24
2064/12	0.216	0.197	0.14	0.106	0.0677	0.223	0.196	0.311	0.541	0.683	0.94	1.16	1.31
2065/1	0.686	0.505	0.349	0.336	0.182	0.585	0.534	0.829	1.48	1.83	2.54	3.25	3.68
2065/2	1.32	1.18	0.854	0.656	0.434	1.51	1.37	2.09	3.71	4.57	6.14	7.51	8.37
2065/3	1.24	1.03	0.741	0.6	0.369	1.23	1.11	1.74	3.06	3.81	5.2	6.48	7.25
2065/4	0.682	0.642	0.466	0.332	0.231	0.789	0.705	1.1	1.93	2.4	3.24	3.94	4.38
2065/5	0.252	0.293	0.214	0.121	0.097	0.351	0.306	0.481	0.828	1.04	1.4	1.66	1.83
2065/6	0.236	0.253	0.183	0.115	0.0809	0.296	0.258	0.403	0.698	0.883	1.2	1.44	1.6
2065/7	0.207	0.226	0.164	0.101	0.0724	0.266	0.231	0.361	0.625	0.79	1.07	1.28	1.42
2065/8	0.188	0.205	0.149	0.0917	0.0657	0.241	0.21	0.328	0.567	0.718	0.968	1.16	1.29
2065/9	0.956	0.737	0.535	0.483	0.269	0.972	0.897	1.34	2.41	2.95	3.98	4.97	5.6
2065/10	0.55	0.504	0.367	0.269	0.183	0.631	0.566	0.88	1.54	1.92	2.58	3.15	3.5
2065/11	0.18	0.208	0.154	0.0892	0.0692	0.259	0.227	0.352	0.608	0.763	1.01	1.2	1.33
2065/12	0.164	0.178	0.131	0.0821	0.0576	0.22	0.193	0.296	0.515	0.648	0.867	1.04	1.15