

Avances de Investigación

Recursos naturales,
industrias extractivas
y conflictos sociales

Cambios en la actividad agropecuaria en un contexto de cambio climático y estrés hídrico. El caso de las cuencas de Ica y Pampas

Andrea Ramos
Karla Vergara

27

**Cambios en la actividad agropecuaria en un
contexto de cambio climático y estrés hídrico.
El caso de las cuencas de Ica y Pampas**

Avances de Investigación 27

Cambios en la actividad agropecuaria en un contexto de cambio climático y estrés hídrico. El caso de las cuencas de Ica y Pampas¹

Andrea Ramos²
Karla Vergara³

-
- 1 Este estudio fue posible gracias al apoyo del International Development Research Centre (IDRC), Canadá, en el marco de una beca otorgada a investigadores junior por Think Tank Initiative, a través del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Las autoras agradecen de manera especial los comentarios de Javier Escobal y Carmen Ponce durante el desarrollo del estudio. Asimismo, este documento contó con la valiosa colaboración en el análisis multitemporal de Lucía Guardamino y Aderly Yap.
 - 2 Andrea Ramos es asistente de investigación de GRADE.
 - 3 Karla Vergara es investigadora asistente de GRADE.

La serie Avances de Investigación, impulsada por el Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE), busca difundir los resultados en proceso de los estudios que realizan sus investigadores. En concordancia con los objetivos de la institución, su propósito es realizar investigación académica rigurosa con un alto grado de objetividad, para estimular y enriquecer el debate, el diseño y la implementación de políticas públicas.

Las opiniones y recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad de sus autoras y no representan necesariamente los puntos de vista de GRADE ni de las instituciones auspiciadoras.

Las autoras declaran que no tienen conflicto de interés vinculado a la realización del presente estudio, sus resultados o la interpretación de estos.

Esta publicación se llevó a cabo con la ayuda de una subvención del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Canadá, en el marco de la Iniciativa Think Tank.

Lima, mayo del 2017

Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)
Av. Grau 915, Barranco, Lima 4, Perú
Apartado postal 18-0572 Lima 18
Teléfono: 247-9988
www.grade.org.pe



Esta publicación cuenta con una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Director de investigación: Santiago Cueto

Corrección de estilo: Rocío Moscoso

Asistente de edición: Diana Balcázar

Diseño de carátula: Elena González

Diagramación: Amaurí Valls M.

Impresión: Impresiones y Ediciones Arteta E.I.R.L.

Cajamarca 239C, Barranco, Lima, Perú. Teléfono: 247-4305 / 265-5146

Índice

Abreviaciones	7
Introducción	9
1. Marco conceptual	13
2. Metodología	19
2.1. <i>Delimitación y zonificación de las cuencas hidrográficas</i>	19
2.2. <i>Adecuación y análisis multitemporal de los Censos Nacionales Agropecuarios</i>	20
2.3. <i>Análisis multitemporal de los graciare y las lagunas</i>	22
2.4. <i>Índice de Herfindahl (IH)</i>	27
2.5. <i>Sobrepastoreo</i>	27
3. Área de estudio	33
3.1. <i>Cuenca del río Pampas</i>	34
3.2. <i>Cuenca del río Ica</i>	37
4. Cambio climático y estrés hídrico	41
4.1. <i>Situación hídrica de las cuencas</i>	41
4.2. <i>Análisis multitemporal de los glaciares</i>	44
4.3. <i>Análisis multitemporal de las lagunas</i>	45
5. Cambios en la actividad agropecuaria	49
5.1. <i>Cambios en la actividad agrícola</i>	49
5.2. <i>Cambios en la actividad pecuaria</i>	69

6. Análisis de los cambios	75
6.1. <i>Cambios en la zona baja de la CRI</i>	75
6.2. <i>Cambios en la zona media de la CRI</i>	78
6.3. <i>Cambios en la zona alta de la CRI</i>	80
6.4. <i>Cambios en la zona baja de la CRP</i>	82
6.5. <i>Cambios en la zona media de la CRP</i>	84
6.6. <i>Cambios en la zona alta de la CRP</i>	87
7. Conclusiones	91
8. Reflexión y alcance	95
Referencias bibliográficas	99
Anexo	109

ABREVIACIONES

ALA	Administración Local del Agua
ANA	Autoridad Nacional del Agua
BCRP	Banco Central de Reserva del Perú
CCA	Capacidad de carga animal actual
CCO	Capacidad de carga óptima
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CMS	Consumo de materia seca
CTB	Cooperación Técnica Belga
CRI	Cuenca del río Ica
CRP	Cuenca del río Pampas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
FUE	Factor de utilización eficiente
IH	Índice de Herfindahl
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
MINAM	Ministerio del Ambiente del Perú
NDSI	Índice de diferencia normalizada de nieve (por sus siglas en inglés)
NDWI	Índice de diferencia normalizada de agua (por sus siglas en inglés)
DEM	Modelo digital de elevación (por sus siglas en inglés)

ONG	Organismo no gubernamental
PMS	Producción de materia seca
PETACC	Proyecto Especial Tambo-Ccaracocha
UA	Unidad agropecuaria
UAE	Unidad animal equivalente
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés)

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios advierten que, durante la última década, gran parte de los conflictos sociales han estado vinculados al tema de los recursos hídricos y su disponibilidad. Sobre la base de los informes realizados por la Defensoría del Pueblo, Pereyra (2009) encontró que, entre el 2004 y el 2006, hubo 122 conflictos por el agua en los departamentos de Cajamarca, Lambayeque y Piura, de los cuales 61 estaban relacionados con el uso agrario. Del mismo modo, Panfichi y Coronel (2011) encontraron que entre julio del 2006 y julio del 2010 hubo 115 conflictos relacionados con los recursos hídricos, y solo 22% de estos fueron resueltos. Asimismo, en el 2014, el ex secretario general de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) detalló que en la cartera de esta entidad existían alrededor de 600 expedientes vinculados a conflictos por el agua (Barja 2014).

La mayoría de estos conflictos se deben a la contraposición entre las demandas de agua de dos grupos: por un lado, los actores privados —agroindustrias, empresas hidroeléctricas, mineras, etcétera—; y, por el otro, las comunidades campesinas y nativas y los productores —que necesitan el agua para producir—, e incluso la población que consume este recurso. Entre los conflictos más importantes se encuentran el de la población de Huaylas (Áncash) con la empresa hidroeléctrica Duke Energy; el de Conga (Cajamarca) por la pretensión de drenar varias lagunas para extraer oro; el proyecto de irrigación Majes-Sihuas II por la derivación del agua de Espinar (Cusco) hacia Arequipa; y el Proyecto

Especial Tambo-Ccaracocha (PETACC), que trasvasa aguas de la cuenca del río Pampas (CRP) hacia la cuenca del río Ica (CRI) (Urteaga 2014).

El PETACC comprende, entre otras acciones, el represamiento del sistema de las lagunas nacientes del río Pampas (Huancavelica) —Ccaracocha, Choclococha y Orccococha, entre otras— para satisfacer las demandas de la agricultura de exportación de las partes bajas de la CRI —trasvase de 492 millones de metros cúbicos anuales—. Desde su creación en 1950 hasta la actualidad, el Gobierno Regional de Huancavelica, y sobre todo las comunidades de las partes altas, han mostrado su rechazo al proyecto porque prioriza las demandas de agua de la región Ica frente a Huancavelica, como se observa en la denuncia de la comunidad campesina indígena de Carhuancho ante el Tribunal Latinoamericano de Agua, en el 2006. Además, desde ese año está planeada la ejecución del proyecto Choclococha Desarrollado, que implica una ampliación del trasvase existente mediante la construcción de la presa Tambo, el canal colector Ingahuasi —que trasvasaría 52 millones de metros cúbicos anuales— y la refacción de obras existentes (Ministerio de Economía y Finanzas 2011).

A pesar de que existen estudios que advierten sobre la escasez hídrica en la CRI, la promoción de un modelo agrícola con gran demanda de agua parece ignorar tal aviso. Desde la década de 1990, en las zonas bajas de Ica, bajo una visión sectorial, se promueven grandes proyectos de irrigación para la agricultura de agroexportación que demandan un uso intensivo del recurso hídrico. Es decir, no consideran la escasez hídrica del departamento de Ica, la oferta y las diversas demandas de agua de la CRP, ni los efectos actuales y futuros del cambio climático en la disponibilidad hídrica de la CRP para la sostenibilidad de los trasvases proyectados.

En la actualidad, en la zona de estudio, las investigaciones no presentan información concreta sobre los efectos del cambio climático

en los recursos hídricos de las cuencas, sobre todo en las lagunas que forman parte del PETACC y que son un recurso fundamental para las comunidades altoandinas de ambas cuencas. Tampoco se cuenta con estudios que identifiquen los cambios que han experimentado las actividades agropecuarias, y cómo se relacionan con el cambio climático y el estrés hídrico. Asimismo, la mayoría de investigaciones presentan limitaciones en cuanto al ámbito de análisis, pues se han centrado en las comunidades alpaqueras altoandinas de Huancavelica y en las poblaciones de las zonas medias y altas de la CRI, dejando de lado a las poblaciones de la sierra de Ayacucho y Apurímac, que forman parte y también dependen del recurso hídrico de la CRP.

Por ello, el objetivo de este estudio es identificar los cambios en las actividades agropecuarias de ambas cuencas mediante el análisis comparativo de los Censos Nacionales Agropecuarios (CENAGRO) de 1994 y el 2012, en un contexto de cambio climático y estrés hídrico. En la zona de estudio, este contexto se evidencia en el retroceso glaciar acelerado —visible mediante el análisis multitemporal de glaciares y lagunas—, así como en información secundaria sobre disponibilidad hídrica. A partir de las transformaciones identificadas en las actividades agropecuarias, se formulan hipótesis sobre los factores que las originan, y se identifican y analizan aquellos relacionados con los cambios físicos encontrados. Finalmente, a la luz de estos resultados, el estudio reflexiona acerca de la congruencia entre la demanda actual y futura de agua por parte de la actividad agrícola de las zonas bajas de la CRI y de la sostenibilidad del PETACC, así como de posibles alternativas para hacer frente a futuros conflictos relacionados con el recurso hídrico.

El estudio está organizado en siete secciones. La primera corresponde al marco teórico, el cual aborda principalmente el enfoque de cuencas como unidad de análisis territorial para analizar el efecto del cambio climático y el estrés hídrico en las actividades agropecuarias.

La segunda sección desarrolla los métodos y procedimientos utilizados en el estudio. La tercera describe el territorio de ambas cuencas, la CRI y la CRP. La cuarta detalla la situación hídrica actual de las cuencas, así como los resultados del análisis multitemporal de glaciares y lagunas. En la quinta se identifican los principales cambios en las actividades agropecuarias de ambas cuencas. En la sexta sección se elaboran hipótesis sobre las causas y efectos de los cambios identificados, así como de la interrelación entre estos. En la séptima se presentan las conclusiones sobre los hallazgos encontrados. Finalmente, en la última sección se discuten los aportes del estudio y las futuras líneas de investigación.

1. MARCO CONCEPTUAL

Los territorios son el resultado de la acción humana. Esta se manifiesta de manera dinámica, estableciendo estructuras concretas que buscan ejercer poder sobre los recursos y las personas, mediante la delimitación y el control de áreas específicas (Sack 1996). Estas áreas forman parte de un proyecto político e integran las narrativas sociales existentes (Damonte 2011). Son espacios en los que se producen relaciones sociales entre diversos actores cuyos espacios sociales se superponen. Esta construcción del espacio social se genera mediante a) las representaciones del espacio, que es el espacio concebido y dominante en la sociedad; b) los espacios de representación, que son los experimentados directamente por sus habitantes y usuarios; y c) las prácticas espaciales, que son el espacio percibido que integra las relaciones sociales de producción y reproducción (Lefebvre 1991).

Además de considerar al territorio como espacio social o “vivido” (Santos 1998), es necesario abordarlo tomando en cuenta dos tendencias: a) la tendencia de mundialización, que implica la expansión —y su consecuente imposición por todos los lugares del mundo— de las relaciones capitalistas de producción; y b) la tendencia de la globalización, que homogeneiza las costumbres y los usos, sobre todo respecto al consumo individual (González Fuenzalida 2011). Una comprensión adecuada del territorio implica una visión integrada de los múltiples factores y actores sociales que intervienen en este (González 2011). Por lo tanto, como señala Galarza (2002), se debe considerar

que el territorio es también un “agente del desarrollo” y no un almacén pasivo de recursos de una población, y que puede ser visto como elemento catalizador, generador de sinergias y de entornos favorables para el desarrollo.

Para el presente estudio, el territorio debe ser entendido no solo como un espacio definido por límites políticos, en el que se ejerce poder, sino también como “una construcción social en donde residen las interacciones de los actores sociales que habitan en él y que es nutrida por sus prácticas. Los territorios están interconectados con otros territorios, son dinámicos y claves para promover un desarrollo sostenible” (Barrantes y otros 2016: 54). Sobre la base de este concepto, proponemos un enfoque territorial en el cual el territorio es entendido como un espacio unitario, tridimensional, dinámico y funcional.

La primera dimensión es *el espacio físico*, definido por el concepto *cuenca hidrográfica*. Se entiende por *cuenca hidrográfica* el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural; es decir, que drena sus aguas al mar mediante un único río, o que vierte sus aguas en otro río principal. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. En el Perú, la actual propuesta de gestión de recursos hídricos busca regular administrativamente los recursos naturales separando el territorio por cuencas hidrográficas, perfilándolas como “unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua”.

Las cuencas hidrográficas pueden ser subdivididas en parte alta, media y baja, según un criterio de altitud y otros parámetros de relieve. Esta división también refleja la segunda dimensión de análisis, *la configuración espacial*, que involucra la distribución poblacional, los sistemas de producción, la accesibilidad, entre otros. En el Perú, las partes altas de las cuencas hidrográficas se caracterizan por una

distribución poblacional dispersa, con sistemas de producción agro-pastoril destinados al autoconsumo y la venta en mercados regionales. La parte media tiene una distribución poblacional más uniforme; su sistema de producción depende de las condiciones climáticas y topográficas, y su población también se dedica al rubro de servicios. La parte baja presenta una concentración de población, actividades y servicios, y en ella se realiza una heterogeneidad de quehaceres: se cultiva en los valles agrícolas, se prestan servicios, entre otras.

El Perú presenta una gran variedad de climas debido a la existencia de factores modificadores del clima, tales como la presencia de la cordillera de los Andes, la corriente oceánica peruana, el anticiclón del Pacífico Sur, la contracorriente oceánica ecuatorial o corriente de El Niño, el anticiclón del Atlántico Sur y el ciclón ecuatorial. Esta diversidad, que se presenta en diferentes escalas, complica el estudio del impacto del cambio climático en nuestro territorio, pues este puede verse afectado o beneficiado de diferentes modos. Esto impide hablar de un efecto central del cambio climático (Torres y Gómez 2008).

No obstante, la evidencia de un rápido cambio climático en nuestro territorio está claramente vinculada al acelerado proceso de desglaciación y su efecto en la variación de la oferta de agua (Bradley y otros 2009, Breshears y otros 2008, Días y otros 2003, Rabatel y otros 2013, Zimmer y otros 2014). Por tanto, considerar la división de las cuencas hidrográficas es relevante para entender la repercusión de los problemas de disponibilidad y acceso al agua, así como para identificar los efectos de la reducción paulatina de los glaciares por el cambio climático en las poblaciones de esas zonas.

Hay una vieja relación entre las culturas andinas y la variabilidad climática. Incluso, existe la percepción de que la variabilidad climática no es un problema en los Andes, pues acompaña al poblador andino desde hace más de 5000 años, y por eso se la considera más bien

una condición de trabajo (Torres y Gómez 2008). Los productores agropecuarios han venido modificando sus prácticas para lidiar con la variabilidad y los cambios climáticos desde hace siglos; incluso, gran parte de sus patrones constituyen una respuesta a cambios acontecidos en su entorno (Clements y otros 2013, Ravines 1978, Torres y Gómez 2008). No obstante, en la actualidad y en el futuro, el cambio climático amenaza los medios de vida de los productores con la ocurrencia más frecuente de condiciones extremas impredecibles, como sequías, inundaciones y heladas. Esto ha motivado que, en diferentes partes del mundo, se desarrollen tecnologías y prácticas para facilitar la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario. Investigaciones como las de Altieri y Nicholls (2009), Clements y otros (2013), Galindo y otros (2014), Howden y otros (2007), Morton (2007), y Ponce y otros (2015), dan cuenta de la existencia de estrategias de adaptación que los agricultores adoptan para manejar los riesgos climáticos y mantener la productividad de sus actividades.

Sin embargo, la capacidad adaptativa de los individuos, hogares y comunidades puede verse condicionada por el acceso y control sobre los recursos naturales, humanos, sociales, físicos y económicos (CARE 2010). Por ejemplo, las decisiones políticas o los proyectos de inversión sobre sus territorios y recursos pueden limitar los procesos de adaptación en marcha.

Este último aspecto nos lleva a analizar la tercera dimensión del territorio: *el espacio de la contrariedad y las resistencias* (Oslender 2002). Este espacio es originado por las contradicciones entre las decisiones políticas —representaciones del espacio— y la realidad social —espacios representados— (Lefebvre 1991). El “territorio conflictivo” de las cuencas obedece a un conjunto de decisiones y políticas tomadas a lo largo de la historia, que han generado contradicciones incoherentes con la realidad física territorial de las cuencas. Es preciso explicar estas

decisiones para proponer recomendaciones o acciones que compatibilicen las decisiones políticas, la acción social y las diversas actividades con la realidad hídrica de las cuencas en un contexto de cambio climático.

En este sentido, el cambio climático, las decisiones políticas y el mercado son fuerzas que generan nuevas transformaciones en el sector rural. Esta “nueva ruralidad” promueve el incremento de actividades rurales no agropecuarias como una estrategia de supervivencia viable para las familias rurales, dado que la actividad agropecuaria se vuelve riesgosa. Por lo tanto, la agenda de las propuestas de políticas públicas es promover el desarrollo rural concentrándose no solo en la agricultura campesina, sino también en sectores importantes como el empleo rural, la sostenibilidad ambiental, la equidad, la participación social, la descentralización, el desarrollo local y el empoderamiento (Trivelli, Escobal y Revesz 2009).

2. METODOLOGÍA

La investigación tiene un enfoque interdisciplinario y aplica métodos cuantitativos que consisten en el análisis estadístico de variables socioeconómicas y físicas. Para los objetivos del estudio, se desarrollaron los cinco procedimientos que describimos seguidamente.

2.1. Delimitación y zonificación de las cuencas hidrográficas

Se seleccionaron como áreas de estudio la CRI y la CRP. La delimitación hidrográfica de estas cuencas ya fue elaborada por la ANA en el 2009, por lo que, para el presente trabajo, se utiliza esta delimitación en formato *shapefile*.⁴ A partir de estos datos, el primer paso consiste en el establecimiento de la extensión y delimitación de la CRI y la CRP en el nivel de los límites político-administrativos. Para ello, se cruza el *shapefile* de las cuencas hidrográficas (Autoridad Nacional del Agua 2009) con el de los límites departamentales y distritales (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2010).

El segundo paso consiste en la subdivisión de las cuencas en zonas⁵ identificadas mediante criterios de altitud, topografía (World Vision

4 Un *shapefile* es un formato de almacenamiento de datos vectoriales que recoge la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un *shapefile* se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

5 Para su estudio, planificación o manejo, las cuencas hidrográficas son generalmente divididas en las unidades espaciales de zona alta, media y baja.

2001) y función hidrológica (Garrido y otros 2010) para cada cuenca. En términos operacionales, implica la elaboración de un modelo digital de elevación (DEM) que proporciona la altitud, una imagen de sombras (*hillshade*) y un mapa de pendientes de 90 metros de resolución, que permiten analizar la topografía. Estas capas son superpuestas con los *shapefile* de los ríos elaborados por la ANA (2014) para la delimitación de zonas.

En ambas cuencas, la diferencia altitudinal —entre el rango de 0 a 2500 metros sobre el nivel del mar—, y su relación con el relieve y la forma del terreno, permiten diferenciar las partes accidentadas —montañas y laderas— de la parte alta, las onduladas y planas —valles— de la parte media, así como la zona por donde discurre el río principal y sus afluentes —el cauce— de la parte baja. Asimismo, la información proporcionada por los estudios previos realizados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) (Peña y otros 2010) para la CRI y por la Administración Local del Agua (ALA) Ayacucho (2010) para la CRP permitieron identificar las zonas funcionales⁶ de las cuencas y mejorar la delimitación de cada una de las partes. Con esta zonificación se procede a identificar los distritos por zonas mediante la delimitación zonal en formato *raster* de cada cuenca, con los límites distritales en formato *shapefile* del INEI (2010).

2.2. Adecuación y análisis multitemporal de los Censos Nacionales Agropecuarios

Para el empleo de las bases de datos del III CENAGRO (1994) y el IV CENAGRO (2012) en la caracterización socioeconómica y el análisis de

6 Las zonas funcionales son subdivisiones de las cuencas sobre la base de su función hidrológica. Las zonas funcionales pueden ser tres: a) el área de colecta o captación, b) el área de almacenamiento hídrico y c) la zona de descarga.

los cambios intercensales experimentados fue necesario trabajar con la información de ambas bases de datos en los niveles de cuencas y zonas de cuenca, a partir de la delimitación geográfica realizada.

Dado que el CENAGRO 2012 ya incorpora información sobre la cuenca hidrográfica a la cual pertenecen las unidades agropecuarias censadas, fue necesario compatibilizar esta clasificación con la información georreferenciada de las cuencas (Autoridad Nacional del Agua 2009) y distritos (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2010). Al cruzar la información, se encontraron distritos cuyo territorio pertenecía a más de una cuenca o no era considerado por CENAGRO como parte de las cuencas estudiadas, pero sí por la delimitación física realizada.⁷ En estos casos, se utilizaron los siguientes criterios:

- a) El distrito pertenece a la cuenca si más del 50% de su territorio está ubicado en esta.⁸
- b) Si el distrito no tiene más del 50% de su territorio en la cuenca, se trabaja solo con los centros poblados que sí pertenecen a dicha cuenca. Mediante el *shapefile* de cuencas hidrográficas de la ANA se identifican estos centros poblados y se realiza un emparejamiento con la variable de centros poblados de CENAGRO.⁹ Cabe mencionar que, en este proceso, no todos los centros poblados se emparejan, por lo que estos no son considerados en el análisis.

7 Caracoca, Laramate, Lucanas, Pacobamba, Santa Ana, San Pedro de Calco y Sañayca son distritos con una importante proporción de territorio perteneciente a la CRP, pero que CENAGRO considera como parte de otras cuencas colindantes.

8 Los distritos de Sañayca y San Pedro de Calco se consideraron, en su totalidad, como parte de la CRP, ya que una gran extensión de su territorio se ubica en esta cuenca

9 Este es el caso de los distritos de Caracoca, Laramate, Lucanas, Pacobamba y Santa Ana.

2.3. Análisis multitemporal de los glaciares y las lagunas

Este análisis da luces sobre el aceleramiento de la desglaciación en la zona de estudio y sus implicancias en la oferta hídrica para las actividades agropecuarias. Mediante imágenes satelitales, se analiza el comportamiento de los glaciares y lagunas —cambios en la superficie de nieve perpetua y espejo de agua, respectivamente— que conforman la cordillera Chonta en el área de estudio, entre 1988 y el 2014. En un primer momento, la intención del análisis multitemporal era estudiar las imágenes de los años de los censos agropecuarios, 1994 y 2012, y entre estos, imágenes satelitales cada cinco años. Sin embargo, la disponibilidad y calidad de las imágenes no permitió que se utilizaran las de estos años, por lo que al final se trabajó con imágenes satelitales correspondientes a 1988, 1993, 1998, 2003, 2008 y 2014.

Para la selección de imágenes satelitales del área de estudio, se recurrió a la base de datos de imágenes de los sensores Landsat 5 TM (Thematic Mapper, TM) y 8 OLI (Operational Land Imager, OLI) que posee el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Esta información, disponible de forma gratuita, muestra una resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal conveniente para el análisis multitemporal de glaciares y lagunas. Los instrumentos de los sensores observan la Tierra con diferentes filtros o “bandas” que son sensibles a la energía de la luz solar reflejada por la superficie del planeta. Cada banda es sensible a una parte distinta de esta radiación, definida por su longitud de onda: Landsat-5 posee siete bandas y Landsat 8, nueve.

Se seleccionaron escenas del sensor Landsat 5 TM para los años 1988, 1993, 1998, 2003 y 2008, y del Landsat 8 OLI para el 2014 (tabla 1). Las imágenes fueron seleccionadas tomando en cuenta tres criterios establecidos en Guardamino (2014) y Yap (2015): a) las imágenes se tomaron durante la temporada seca —junio a setiembre—,

que es la más adecuada debido a que las imprecisiones relacionadas con la nieve estacional son mínimas; por tanto, la delimitación de glaciares y lagunas se hace más precisa. b) Las imágenes cuentan con el nivel de corrección L1T (Level 1 Standard Terrain Correction) y el nivel de calidad 9; es decir, el mejor nivel de corrección y calidad que la USGS ofrece en sus productos, y que indica que las imágenes han pasado por un proceso de corrección geométrica y radiométrica. c) Las escenas seleccionadas muestran el menor porcentaje de cobertura de nubes sobre el área de estudio, lo cual evita errores en los valores de los píxeles debido a que esa época se caracteriza por el bajo contenido de humedad en la atmósfera.

Tabla 1
Imágenes satelitales utilizadas en el análisis

Fecha	Código de imagen satelital	Sensor	Cobertura de nubes (%)	Bandas utilizadas
06/07/1988	LT50060691988188CUB00	5 TM	8	1, 2, 3, 4, 5 y 7
03/09/1992	LT50060691992247CUB00	5 TM	12	1, 2, 3, 4, 5 y 7
03/08/1998	LT50060691998215COA02	5 TM	7	1, 2, 3, 4, 5 y 7
01/08/2003	LT50060692003213CUB01	5 TM	10	1, 2, 3, 4, 5 y 7
27/06/2008	LT50060692008179CUB00	5 TM	18	1, 2, 3, 4, 5 y 7
12/06/2014	LC80060692014163LGN00	8 OLI	6	2, 3, 4, 6, 7 y 8

Fuente: USGS. Elaboración propia.

Definidas las imágenes que se utilizarán, se procede a identificar las áreas glaciares y lagunares para poder analizar la relación existente entre el deshielo de los glaciares de la cordillera Chonta y los cambios en las lagunas: incremento o disminución de las superficies lagunares, o formación de lagunas nuevas. Para ello, se aplican el índice de diferencia normalizada de nieve (Normalized Difference Snow Index,

NDSI) y el índice de diferencia normalizada de agua (Normalized Difference Water Index, NDWI). Ambos índices son calculados con los modelos de identificación semiautomatizados desarrollados por Guardamino (2014) y Yap (2015) con la herramienta ModelBuilder del *software* ArcGIS 10.1.

Análisis de las superficies glaciares

El NDSI es un algoritmo utilizado para la discriminación de áreas donde la nieve está presente. Devuelve resultados entre -1 y 1, y el umbral para la nieve registra valores típicamente superiores a 0,4. El algoritmo es el siguiente:

$$NDSI = (banda\ verde) - (banda\ SWIR) / (banda\ verde) + (banda\ SWIR)$$

El NDSI utiliza la banda verde¹⁰ y la infrarroja de onda corta (SWIR)¹¹ porque ambas permiten una mejor discriminación de los cuerpos de agua. La banda verde se caracteriza por su mayor penetración de la luz de profundidad en el agua; y la SWIR, por su alta absorción del agua y alta reflectancia para suelos y rocas.

Análisis de superficies lagunares

El NDWI resalta las características del agua y reduce al mínimo el resto de los cuerpos. El valor de NDWI oscila entre -1 y 1. El algoritmo es el siguiente:

10 Banda 2 en el sensor 5TM y banda 3 en el sensor 8 OLI.

11 Bandas 5 y 7 en el sensor 5 TM, y bandas 6 y 7 en el sensor 8 OLI.

$$NDWI = (banda NIR) - (banda blue) / (banda NIR) + (banda blue)$$

El NDWI se obtiene mediante las bandas azul¹² e infrarrojo cercano (NIR).¹³ Estas bandas se usan para delinear los cuerpos de agua; sobre todo, ayudan a contrastar los cuerpos de agua del suelo.

Análisis multitemporal

Una vez obtenidos el NDSI y NDWI para cada imagen satelital analizada, se establecen los umbrales para discriminar las superficies glaciares y lagunares. En ambos casos, la definición de umbrales se realizó en forma manual, pero con el apoyo visual de la combinación de las bandas 7, 4 y 3 de las imágenes Landsat 5 TM, y la combinación 8, 4 y 3

Tabla 2
Umbrales determinados para el análisis de superficies glaciares (NDSI) y lagunares (NDWI) para cada imagen Landsat

Código de imagen satelital	Sensor	Umbral NDSI	Umbral NDWI
LT50060691988188CUB00	5 TM	0,50	-0,8 a -0,30
LT50060691992247CUB00	5 TM	0,54	-0,70 a -0,23
LT50060691998215COA02	5 TM	0,50	-0,8 a -0,35
LT50060692003213CUB01	5 TM	0,50	-0,82 a -0,3
LT50060692008179CUB00	5 TM	0,45	-0,78 a -0,34
LC80060692014163LGN00	8 OLI	0,50	-0,27 a -0,03

Fuente: USGS. Elaboración propia.

¹² Banda 1 en el sensor 5 TM y banda 2 en el sensor 8 OLI.

¹³ Banda 4 en el sensor 5 TM y banda 5 en el sensor 8 OLI.

en Landsat 8 OLI.¹⁴ Estas composiciones de bandas fueron utilizadas en ambos casos porque permiten detectar claramente las superficies glaciares y lagunares. Las composiciones de bandas fueron empleadas en el proceso de identificación de los umbrales óptimos correspondientes tanto a glaciares como a lagunas (ver tabla 2), y también en el proceso de edición manual de los polígonos obtenidos.

Pese a que los algoritmos discriminan las superficies glaciares y lagunares con bastante precisión, también existen situaciones que hacen variar el rango de reflectividad de varios píxeles en la imagen satelital, como por ejemplo, confusión con zonas de sombras, agua congelada, cantidad de sedimentos de las lagunas, entre otros (Frey y otros 2010). Por ello, los resultados del proceso semiautomatizado fueron revisados y editados manualmente mediante la generación de un *raster* de sombras (*Hillshade*) y otro de pendientes (*Slope*) a partir del SRTM DEM v.3 para eliminar las confusiones en la clasificación entre sombras y lagunas. Asimismo, los resultados se verificaron con los inventarios de glaciares y lagunas del Perú elaborados por la Autoridad Nacional del Agua (2014a, 2014b) sobre la base de imágenes Landsat 2009 e imágenes de alta resolución que ofrece Google Earth Pro, y que permiten verificar superficies lagunares o glaciares.

Posteriormente a la revisión manual, se utilizó la herramienta *raster to polygon* para convertir los archivos de formato GRID a *shapefile* con el fin de calcular las áreas de glaciares y lagunas. Por último, se aplicó un filtro de unidad mínima de análisis. Para el caso de glaciares, se eliminaron los polígonos que poseían un área menor de 3600 m² (4 píxeles); este límite fue establecido teniendo en cuenta la poca cantidad de glaciares en el área de estudio y el hecho de que, en el marco del inventario de glaciares, la Autoridad Nacional del Agua (2014b) definió

14 Estas combinaciones conforman la composición de “falso color”, que ayuda a diferenciar los cuerpos de agua mostrándola en tonos de verde intenso.

una superficie mínima de 5 píxeles. En el caso de lagunas, la superficie mínima de detección de lagunas se determinó en 2700 m² (3 píxeles).

2.4. Índice de Herfindahl (IH)

Siguiendo la metodología utilizada en el estudio de Ponce y otros (2015), para calcular el nivel de diversificación de la cartera de cultivos de las UA se construye y analiza el IH en cada zona de las cuencas hidrográficas estudiadas para los años 1994 y 2012.

El IH alcanza su valor máximo en 1, cuando la concentración de cultivos es completa, y el mínimo en 0, cuando la diversificación es extrema. A continuación, se detalla su fórmula, donde i representa el cultivo, S_i la participación de la superficie del cultivo i en la superficie cultivada total, y N el número de cultivos en la zona de estudio.

$$IH = \frac{1 - \sum_i (S_i)^2}{1 - \frac{1}{N}}$$

Es necesario precisar que el índice se calcula para ambos años censales con el fin de analizar cambios en el nivel macro en la cartera de cultivos o número de cultivos. No es posible evaluar cambios en el nivel micro debido a las restricciones del CENAGRO; por ejemplo, no se pueden evaluar cambios en las variedades o cultivares, los cuales indicarían la pérdida o el incremento de la biodiversidad de cultivos.

2.5. Sobrepastoreo

Para analizar la existencia de sobrepastoreo, se estima la capacidad de carga óptima (CCO) y la capacidad de carga actual (CCA). El

indicador de CCO es definido por Holechek y otros (citado por Castellaro y Escanilla 2011) como el “número promedio de animales domésticos y/o silvestres que pueden ser mantenidos en una unidad de superficie en forma productiva por un determinado período de pastoreo, sin dar lugar a que la pradera se deteriore”. Este indicador puede ser calculado en forma independiente para cada tipo de animal y pastura. Sin embargo, si se busca estimar la CCO de un área de gran extensión, se debe considerar la totalidad de animales que pastorean en esta y las características de sus diferentes tipos de pastura.

En general, los estudios que estiman la CCO coinciden en que se calcula a partir de la razón entre la producción forrajera de una superficie —controlando por la cantidad, calidad y uso eficiente de las distintas pasturas— y el consumo forrajero animal. Pero como no todos coinciden en la forma de calcular la producción forrajera, la fórmula del indicador de CCO varía ligeramente entre autores. Así, Pacheco (2007) indica que la ecuación para calcular el número de animales que se pueden pastorear anualmente en cada hectárea de pradera natural es la siguiente:

$$CCO = \frac{[PMS(\text{kg}/\text{ha}/\text{año})] \cdot [FUE]}{CMS(\text{kg}/\text{animal}/\text{año})} \quad (1)$$

Donde *PMS* es la producción de forraje en kilos de materia seca/hectárea/año; *FUE* es el factor de utilización eficiente de las praderas, que permite su productividad en el tiempo, y depende del tipo de pastizal y de su condición —la autora asume un *FUE* de 50% para praderas naturales—; y el *CMS* es el consumo de forraje en kilos de materia seca por animal al año —el estudio establece que, en el caso de las alpacas, el *CMS* es el 2,5% de su peso vivo—. Por otro lado, Castellaro y Escanilla (2011) plantean que la CCO resulta de la relación de los requerimientos de la unidad animal y la oferta energética promedio proporcionada por los forrajes del pastizal:

$$CCO = \frac{[PMS.PSP.MD]_{(kg/ha/año)} \cdot [FUE]}{CMS_{(kg/animal/año)}} \quad (2)$$

Donde *PSP* representa el porcentaje de especies palatables presentes en el pastizal —suma de los porcentajes de especies deseables y menos deseables— y *MD* es la concentración energética promedio de las especies. Además, para determinar el *FUE* se utiliza la información provista por Holechek (1988), la cual relaciona el *FUE* según el tipo de pradera y el nivel de precipitación anual:

Tabla 3
Guías de utilización para algunos tipos de praderas

Precipitación anual (mm)	% de uso de especies claves en pastoreo moderado	Tipos de praderas
130-300	30-40	Gramíneas y matorrales semidesérticos
300-500	30-40	Gramíneas en coirón
250-1000	40-50	Gramíneas cortas
250-1000	50-60	Praderas mediterráneas anuales
400-1300	20-30	Tundra alpina
650-1000	45-55	Gramíneas altas

Fuente: Castellaro y Escanilla (2011), modificado de Holechek (1988).

La investigación se alimenta de las metodologías presentadas para realizar el cálculo del indicador de CCO para el área de estudio.¹⁵ Debido a las restricciones informativas, se decide utilizar la ecuación (1)

15 No se considera el estudio de (Florez 2005), el cual calcula la CCO de praderas altoandinas según la condición del pastizal —desde excelente hasta muy pobre—, para ovinos, alpacas, vacunos y vicuñas. Con el fin de determinar la condición del pastizal, se calculan índices con distinto peso, que, sumados, otorgan un puntaje de 0 a 100 según la menor o mayor condición del pastizal, respectivamente. Dado que el cálculo de los índices requiere información detallada obtenida in situ, y la información disponible para el área de estudio es insuficiente, este estudio no ha sido considerado en la presente investigación.

en vez de la (2) para estimar la CCO. Para el *PMS* se establece un nivel mínimo de 680 kg/ha/año y otro máximo de 1409 kg/ha/año, según la información del estudio de Machaca (2010) en la Reserva Natural Salinas Aguada Blanca (Arequipa), para un pastizal del tipo pajonal.¹⁶ Con respecto al *FUE*, se establece que es de 45%, lo cual corresponde a una pradera de gramíneas cortas con una precipitación de entre 250-1000 mm, de acuerdo con la tabla 3, ya que según Peña y otros (2010), la precipitación anual promedio en la zona de Choclococha es de 720 mm.

Para determinar el *CMS* se utiliza la información provista por Castellaro y Escanilla (2011) para los vacunos y ovinos, y a partir de la ecuación para unidades animales equivalentes (UAE)¹⁷ que proveen los autores, se estima la UAE y el *CMS* de alpacas y llamas (tabla 4). Una vez obtenido el UAE para los distintos animales que pastean en las praderas altoandinas del área de estudio, se establece como animal de referencia a la alpaca —por lo tanto, su UAE es igual que 1— y se estima el equivalente para el resto de animales. De este modo, solo basta con calcular el indicador de CCO para la alpaca, y sobre la base de la información disponible se obtiene una CCO mínima (con un *PMS* mínimo) y una máxima (con un *PMS* máximo). Asimismo, la CCA se estima mediante el ratio de la cantidad de pasto total entre el número de animales en el área de estudio. En este caso, también se convierten todos los animales a su equivalente en alpacas (tabla 5).

16 De acuerdo con el *Mapa nacional de cobertura vegetal* (Ministerio del Ambiente 2015), en las partes altas de la CRP y la CRI el mayor porcentaje de cobertura vegetal corresponde a pajonales. El área cubierta por bofedales es mínima.

17 $UAE = \left(\frac{W}{w}\right)^{0.75}$ donde W es el peso del animal por estimar; y w , el peso del animal de referencia. UAE es un factor de conversión animal que permite homogeneizar a los diferentes animales, controlando por el tamaño y requerimiento de MS de cada tipo de animal que pastorea en el área estudiada.

Tabla 4
Unidades animales equivalentes y promedio de CMS

Especie o categoría de animal adulto	UAE (alpaca)	CMS diario (kg)
Vaca seca de 454 kg	3,99	11,00
Oveja adulta de 53 kg	0,87	2,40
Alpaca adulta de 65 kg ¹	1,00	2,76
Llama adulta de 120 kg ¹	1,61	4,44

¹ Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1996).
Fuente: Castellaro y Escanilla (2011), adaptado de USDA-NRCS 2003.

Tabla 5
Pasto total y cantidad de animales equivalentes a alpacas

Área de estudio	Pasto total (ha)		Alpacas (cantidad) ¹	
	1994	2012	1994	2012
Cuenca Ica-alta	71 135,38	83 810,34	255 901	95 030
Cuenca Pampas-media	261 557,11	216 129,08	735 312	699 072
Cuenca Pampas-alta	575 468,06	571 337,12	1 032 039	1 009 797

Nota: Pasto total es la suma del pasto natural más el cultivado. El número de alpacas incluye a los vacunos, ovinos y llamas convertidos a su equivalente en alpacas.

Fuentes: CENAGRO 1994 y 2012. Elaboración propia.

Finalmente, la CCO es comparada con la CCA, que es el ratio entre las hectáreas de pasto (natural más cultivado) y el número de alpacas (cuando los demás animales se convierten a su equivalente en alpacas usando las UAE). Se determina si hay sobrepastoreo mediante la siguiente regla:

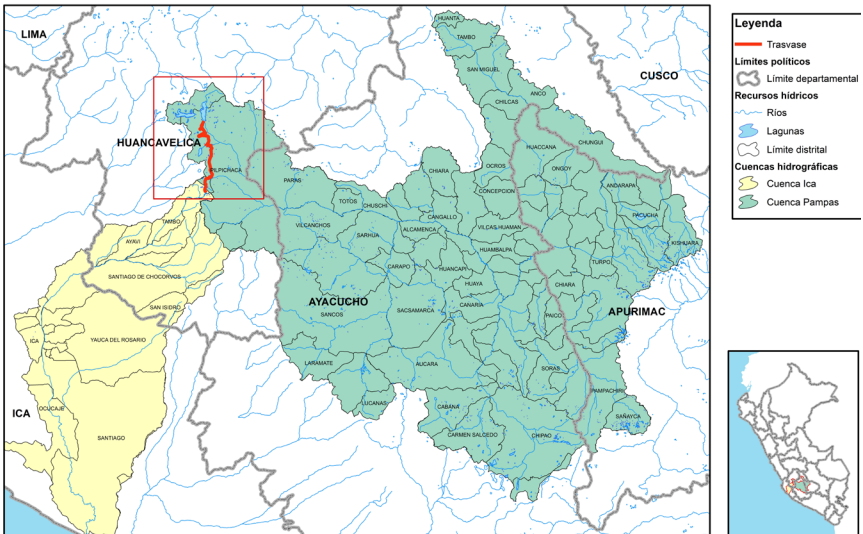
Si $CCA > CCO$ entonces SOBREPASTOREO

Si $CCA \leq CCO$ entonces NO SOBREPASTOREO

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio contiene dos grandes ámbitos hidrográficos: la vertiente del Pacífico, conformada por la CRI; y la del Atlántico, por la CRP. La CRI está localizada en los departamentos de Huancavelica e Ica, mientras que la CRP comprende parte de los territorios de los departamentos de Apurímac, Ayacucho y Huancavelica (ilustración 1).

Ilustración 1
Mapa del área de estudio



Fuentes: Autoridad Nacional del Agua (2009) e Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). Elaboración propia.

3.1. Cuenca del río Pampas

La cuenca hidrográfica del río Pampas se localiza en la sierra central-sur del Perú y pertenece a la vertiente del Atlántico. La cuenca presenta una superficie de drenaje de 23 236,37 km², desde sus nacientes —en las lagunas Choclococha y Orcocochoa—, aproximadamente a 4454 metros de altitud. Desde ahí toma una dirección de oeste a este hasta su desembocadura en la margen izquierda del río Apurímac, aproximadamente a 975 metros de altitud (Administración Local del Agua Ayacucho 2010). La mayor parte de esta cuenca se extiende en el departamento de Ayacucho (15 780,81 km², 36,25% del territorio departamental).

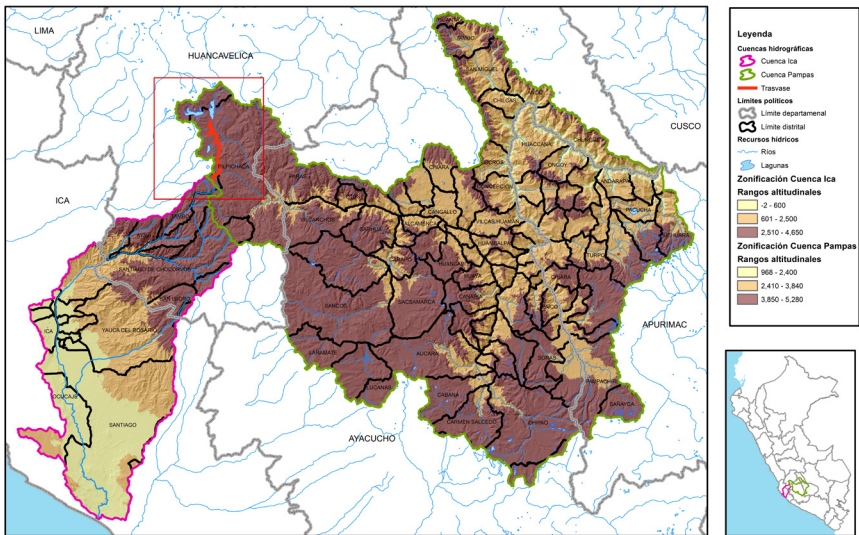
Los tributarios o unidades hidrográficas más importantes que conforman la cuenca son los ríos Alto Pampas (Huancavelica); Caracha, Sondondo y Torobamba (Ayacucho); y Chicha y Bajo Pampas (Apurímac). Desde sus nacientes en las lagunas de Choclococha y Orcocochoa (Alto Pampas), el río Pampas sigue su recorrido en dirección sureste hasta la confluencia con el río Sondondo. En ese punto toma rumbo norte hasta la confluencia con el río Torobamba, y nuevamente cambia su recorrido en dirección sureste hasta desembocar en la margen izquierda del río Apurímac.

Las obras de trasvase de la parte alta de la CRP hacia Ica comprenden el sistema Choclococha, constituido por un conjunto de embalses y obras hidráulicas: laguna Orcocochoa, embalses Choclococha y Ccaracochoa, y canal colector Choclococha. Estas obras permiten la derivación trasandina de los recursos hídricos regulados y naturales de una parte de la zona alta de la CRP, para incrementar las disponibilidades del río Ica en estiaje (Administración Local del Agua Ayacucho 2010).

La cuenca presenta un territorio muy accidentado y un clima muy variado debido a la diversidad de pisos altitudinales. Las precipitaciones

ocurren entre noviembre y abril, y esporádicamente de mayo a octubre (Administración Local del Agua Ayacucho 2010). La parte alta de la cuenca comprende un rango entre los 3850 a los 5280 metros de altitud; la parte media, entre los 2410 a los 3840 metros de altitud; y la parte baja, desde los 968 hasta los 2400 metros de altitud (ilustración 2).

Ilustración 2
Mapa de la delimitación de las zonas de la cuenca y sus distritos



Fuentes: Autoridad Nacional del Agua (2009) e Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). Elaboración propia.

En cuanto a los límites político-administrativos y zonas de la cuenca, la parte alta comprende 2 distritos en 2 provincias del departamento de Huancavelica, 23 distritos en 7 provincias de Ayacucho, y 8 distritos en 2 provincias de Apurímac. La parte media abarca 33 distritos en 8 provincias de Ayacucho, y 13 distritos en 2 provincias de Apurímac. Por último, la parte baja está constituida por 2 distritos de una provincia de Ayacucho, y 5 distritos en 2 provincias de Apurímac.

En la tabla 1-A se pueden observar con mayor detalle los distritos y provincias comprendidos en cada zona de la cuenca.¹⁸

La CRP es la cuenca que presenta un mayor número de UA y personas, en especial en la parte media, que, como se señaló, es la que comprende mayor número de distritos (tabla 1-A). Resalta el hecho de que, en todas las zonas de la cuenca, la cifra total de personas en las UA, así como el número de las UA, ha disminuido entre 1994 y el 2012. Las UA con condición jurídica de comunidad campesina se ubican principalmente en las partes media (217 comunidades campesinas) y alta de la CRP (138 comunidades campesinas), y su número no varía significativamente entre los años censales. En cuanto a la superficie total y promedio de las UA, la parte alta de la CRP es la que abarca una mayor extensión del territorio; sin embargo, se observa una reducción del promedio de la superficie agropecuaria que poseen las UA (tabla 3-A).

En la CRP, tanto la actividad agrícola como la pecuaria son las más desarrolladas. La producción agrícola en las tres zonas —alta, media y baja— está destinada principalmente al autoconsumo, mientras que la producción pecuaria se suele destinar a la venta. En la parte baja de la CRP, el 98,1% de las UA realizan actividad agrícola; los principales cultivos son alfalfa, cacao, café, frijol, haba, maíz, palta, papa, trigo y vergel. De estos, solo el frijol y la palta poseen una importante producción destinada a la venta. La cría de vacunos y ovinos es extendida en esta zona. En la parte media, el 97,5% de las UA se dedican a la agricultura; los principales cultivos son alfalfa, avena, cebada, haba, maíz, palta, papa, pasto cultivado, quinua y trigo. La quinua y la palta

18 En el 2010, el distrito de San Miguel (Ayacucho) se dividió en dos, San Miguel y Samugari; y en 1995, el distrito de Pacucha (Apurímac) se dividió en Pacucha y Kaquiabamba. En lo que respecta al distrito de San Miguel, se decidió incluir como parte de la CRP a San Miguel y Samugari, mientras que en el caso del distrito de Pacucha, se decidió que tanto Pacucha como Kaquiabamba pertenezcan a la zona media de la cuenca.

son los cultivos con mayor porcentaje de producción destinada a la venta, pero su área sembrada es reducida. Los cultivos que ocupan mayor extensión son maíz, papa y pasto, destinados al autoconsumo.

Por último, en la parte alta, el 91,6% de las UA están destinadas a la agricultura para autoconsumo de alfalfa, avena, cebada, haba, maíz, papa, pasto cultivado, oca, olluco y trigo. En esta zona, la actividad ganadera es muy importante para la subsistencia del hogar, pues de la venta de esta producción se obtienen los ingresos. Los principales animales criados son los ovinos y los camélidos sudamericanos, en especial las alpacas, cuya fibra es de gran valor en el mercado. Cabe resaltar que en esta zona el cultivo de pasto abarca grandes extensiones, ya que es utilizado como alimento para el ganado.

3.2. Cuenca del río Ica

La cuenca hidrográfica del río Ica se localiza en la costa y la sierra central del Perú, y pertenece a la vertiente del Pacífico. La cuenca presenta una superficie de drenaje de 7188,5 km² (Peña y otros 2010). Este sistema hidrográfico tiene su origen en un grupo de pequeñas lagunas situadas en la parte alta de la cuenca, de las cuales la más conocida es la de Pariona. Inicialmente, estos cuerpos de agua dan origen a los ríos Tambo, Olaya y Santiago de Chocorvos, y los dos últimos dan origen al río Jatunchaca, el cual, a su vez, en su confluencia con el río Tambo, a la altura de la localidad de Ticocca, da origen al río Ica (Instituto Nacional de Recursos Naturales 1994).

La cuenca presenta una morfología sinuosa y alargada de dirección preferencial norte-sur. La parte alta se caracteriza por terrenos abruptos de fuerte pendiente y en muchos sectores forma valles muy jóvenes; la parte media tiene una ampliación suave y una disminución

de la pendiente; y la parte baja, que forma la zona agrícola del valle, se extiende hasta la desembocadura en el mar. A los 2400 km² se encuentra la zona húmeda, donde se produce la mayor parte de la precipitación pluvial que alimenta y recarga los acuíferos subterráneos y las aguas superficiales de la CRI (Peña y otros 2010). La parte alta de la cuenca comprende un rango entre los 2510 a los 4250 metros de altitud; la parte media, entre los 601 a los 2500 metros de altitud; y la parte baja, desde los 0 hasta los 600 metros de altitud (ilustración 2).

Desde 1960, el PETACC construye embalses y otros sistemas, lo cual ha generado la sobreexplotación de las aguas subterráneas. El sistema regulado que conforman las lagunas Choclococha y Ccaracochoa suministra al valle un flujo anual de 170 millones de metros cúbicos de agua. Entre mayo-junio y setiembre-diciembre, las aguas se distribuyen desde la laguna de Choclococha, ubicada en la parte alta, hacia el valle de Ica por el río Ica; a la altura de Los Molinos, las aguas del río se captan por medio de la bocatoma La Achirana. Luego, el agua se distribuye a los terrenos agrícolas ubicados en el valle de Ica, tanto por medio del canal La Achirana como por el río Ica; el área total irrigada es de aproximadamente 400 km², mientras que el consumo anual llega a 300 millones de metros cúbicos. En contraposición, la parte alta de la cuenca sufre un constante déficit de agua y no tiene acceso a las aguas del trasvase (Peña y otros 2010).

En cuanto a los límites político-administrativos y las zonas de la cuenca, la parte alta está conformada por 9 distritos de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. La parte media comprende 3 distritos de la provincia de Ica, departamento de Ica; mientras que la parte baja abarca 11 distritos ubicados en la provincia de Ica, departamento de Ica (tabla 1-A).

La parte baja de la CRI abarca un mayor número de UA y de personas. Al igual que en la CRP, entre 1994 y el 2012 el número total de

las UA, así como el de sus miembros, ha disminuido (tabla 2-A). Con respecto a la superficie total y promedio de las UA, en 1994 la parte alta era la más extensa, mientras que en el 2012 lo es la parte media. Asimismo, entre los años de análisis, la superficie total de la cuenca media se ha incrementado notablemente debido a que, en el 2012, 5 UA del distrito de Yauca del Rosario, que abarcan más de 20 000 hectáreas cada una, asumieron la condición jurídica de comunidad campesina. Además, el promedio de hectáreas por UA ha aumentado entre 1994 y el 2012 (tabla 4-A). Por último, cabe resaltar que en la CRI se ha intensificado la concentración de tierras: en 1994, las UA de más de 100 hectáreas representaban menos del 1% y concentraban alrededor del 50% de las tierras, mientras que en el 2012 las UA de esta extensión representan alrededor del 0,5% y concentran aproximadamente el 95% de las tierras.

En el plano económico, se observa (tabla 5-A) que las UA de la parte baja de la CRI se dedican fundamentalmente a la agricultura; son muy pocas aquellas que se dedican a actividades económicas distintas de la agropecuaria. Entre 1994 y el 2012, el número de UA que desarrollan actividades diferentes de la agricultura o ganadería se redujo en 5,9 puntos porcentuales. La agricultura que se desarrolla en la parte baja de la cuenca consiste en cultivos destinados más a la venta que al autoconsumo. Entre los principales cultivos resaltan el algodón, el espárrago, la granada, el maíz, la naranja, la palta, el pallar, la pecana y la vid; y entre los principales animales, las aves y los porcinos.

Asimismo, la parte media también se dedica principalmente a la agricultura; y en menor medida, a la actividad pecuaria. Los cultivos más comunes son alfalfa, algodón, frijol, garbanzo, maíz, mango, palta, pallar, pecana y vid. Algunos de estos cultivos —como el algodón, la palta, la pecana y la vid— son destinados principalmente a la venta en el mercado.

Por otro lado, en la parte alta de la CRI se observa que la ganadería tiene gran importancia; así, en el 2012, el 75,3% de las UA participaban en esta actividad, principalmente criando alpacas, ovinos y vacunos. Si bien la agricultura también es importante en esta parte, a diferencia de lo que ocurre en las zonas baja y media de la cuenca, la producción está destinada al autoconsumo más que a la venta —a excepción de la palta—. Los cultivos con mayor superficie sembrada son alfalfa, cebada, frijol, habas, maíz, naranja, palta, papa, pasto cultivado y vergel.

4. CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTRÉS HÍDRICO

4.1. Situación hídrica de las cuencas

Un balance hídrico efectuado por Peña y otros (2010) en la CRI para el periodo 1963-2005 encontró que existe un desequilibrio y un déficit del recurso hídrico promedio anual del orden de 682 396 mm/año. Además, se halló que más del 80% de los recursos hídricos que se consumen en el valle de Ica proceden del agua subterránea, y que solo gracias al aporte del sistema Choclococha se puede satisfacer la demanda y se ha logrado un desequilibrio hídrico positivo (17 604 mm/año). Sin embargo, el estudio señala que este exceso es insuficiente debido a la escasez de agua y al incremento de la demanda hídrica generado por el crecimiento poblacional y la intensificación de la actividad agrícola del valle de Ica.

Un gran porcentaje de la producción agrícola y las exportaciones que produce el Perú provienen del valle de Ica, gracias a que es uno de los más fértiles y su clima es adecuado para la producción de ciertos cultivos. No obstante, esta actividad genera una gran demanda de recursos hídricos, por lo cual la explotación de agua subterránea es intensa. A ello se le suma un deficiente uso, asignación y conservación del agua, lo que muestra la ausencia de un manejo integral en la utilización de las aguas subterráneas y superficiales que permita la sostenibilidad de esta actividad.

Junto con las precipitaciones estacionales, la cordillera Chonta, de picos temporalmente nevados, es una de las principales fuentes

de agua que alimenta las lagunas de Ccaracocha, Choclococha y Orcococha. Estas lagunas son las principales fuentes del sistema hídrico del río Pampas debido a su gran tamaño y aporte al sistema hidrológico; sin embargo, la cuenca presenta limitaciones de acceso al agua en el departamento de Huancavelica porque el enorme potencial hídrico es aprovechado por otros departamentos (Ministerio del Ambiente y Cooperación Técnica Belga Perú 2013). De acuerdo con el estudio desarrollado por Administración Local del Agua Ayacucho (2010: 103), el río Pampas solamente recibe aportes de la laguna Choclococha cuando esta presenta un exceso de agua; es decir, “cuando el nivel de agua supera la cota del aliviadero de demasías de la represa de Choclococha, entonces el rebose del agua comienza a escurrir al cauce del río Pampas”.

En contraposición con lo señalado, un balance hídrico de la situación actual efectuado por Administración Local del Agua Ayacucho (2010) señala que la oferta está conformada por los caudales medios mensuales de las subcuencas Alto Pampas, Bajo Pampas, Caracha, Chicha, Medio Pampas, Sondondo y Torobamba. Con una demanda de 218,78 hectómetros cúbicos (hm^3) para una superficie de 30 982,19 hectáreas de riego, se obtiene que el nivel de cobertura promedio es del 96-100% entre enero-diciembre, lo cual es positivo. El estudio señala, además, que solo la subcuenca Torobamba presenta las más bajas coberturas debido a su alta demanda (aproximadamente 52,48 hm^3). Es decir, en la actualidad en general no se presentan déficits en la CRP.

Sin embargo, es necesario precisar que dicho estudio realizó ajustes para el cálculo de la disponibilidad hídrica, dado que las estaciones hidrométricas y meteorológicas no contaban con series de tiempo suficientes ni actualizadas. Asimismo, el estudio recomienda que se determine el caudal ecológico en cada una de las subcuencas,

con el fin de ajustar el balance hídrico de la cuenca; además, aconseja que, con el propósito de evaluar los escenarios en el futuro, se estime la oferta hídrica de la cuenca para los próximos 25 años considerando el efecto del cambio climático sobre la lluvia y la temperatura.

Los estudios señalados evidencian que la CRI se encuentra en peligro debido a la escasez hídrica que afronta y al inadecuado diseño de los proyectos de irrigación. Incluso los estudios realizados por la Administración Local del Agua Ayacucho (2010) y Peña y otros (2010) indican que el río Pampas solo recibe agua de la laguna Choclococha cuando existe un excedente de esta, y que el proyecto Choclococha muestra una reducida eficiencia porque solo el 30% de las aguas represadas llega hasta los cultivos de Ica. Por tanto, se concluye que cualquier ampliación de este tipo de proyectos podría afectar la calidad de vida de las poblaciones de ambas cuencas.

El retroceso glaciar es una de las evidencias de que las cuencas en estudio experimentan un proceso de cambio climático. Este retroceso es comprobado por un estudio de la Autoridad Nacional del Agua (2014a) en el que se resalta que el glaciar que más superficie ha perdido entre los años 1970-2009 es el Chonta, una de las nacientes y fuente de la laguna Choclococha. Sin embargo, pese a estos estudios, no se sabe con certeza cuánto aporta el glaciar al sistema de lagunas del trasvase ni a los bofedales, por lo cual se recomienda tener precaución en autorizar actividades que pongan en riesgo el ecosistema (Salazar 2014).

El presente análisis busca complementar el estudio realizado por la ANA sobre el comportamiento glaciar hasta la actualidad, así como analizar el comportamiento de las lagunas que alimentan ambas cuencas. Asimismo, mediante el análisis del comportamiento glaciar y lagunar se pretende contar con una primera aproximación a la interacción o aporte glaciar al sistema de lagunas.

4.2. Análisis multitemporal de los glaciares

Como se observa en la tabla 6, desde 1988 (año base), la superficie glaciar ha sufrido un retroceso constante. Para 1992, el área analizada de la cordillera Chonta había perdido más del 68% de su superficie en solo cuatro años. En 1998, perdió más del 54% con relación a 1992; y en el 2003, perdió también más del 50% en comparación con 1998. Para el 2008 —cinco años después—, la superficie retrocedió 88% de lo que el glaciar tenía en el 2003, y en el 2014 continuó retrocediendo hasta llegar a una superficie de 2700 m².

Es necesario precisar que los dos últimos años de análisis se han resaltado en negrita porque, a pesar de que el modelo arroja esas superficies como área glaciar, al contrastar el análisis con las imágenes satelitales disponibles en Google Earth se aprecia que, mucho antes del 2008, la parte analizada de la cordillera Chonta ya no contaba con superficie glaciar o nieve perpetua. Es decir, las superficies obtenidas para el 2008 y el 2014 son nieve estacional, lo cual significa que los glaciares del área de estudio ya se han extinguido.

Tabla 6
Resultados del análisis multitemporal de glaciares

Año	Superficie (m ²) por período (%)	Tasa de reducción acumulada (%)	Tasa de reducción
1988	458 100		
1992	144 000	68,57	68,57
1998	65 700	54,38	85,66
2003	31 500	52,05	93,12
2008	3600	88,57	99,21
2014	2700	25,00	99,41

Elaboración propia.

Los resultados obtenidos son consistentes con el estudio llevado a cabo por la Autoridad Nacional del Agua (2014a) sobre la dinámica de los glaciares. De acuerdo con dicho estudio, el cambio de cobertura glaciar en toda la cordillera Chonta es uno de los más acelerados. Entre 1970 y el 2009, la cordillera Chonta experimentó una pérdida de superficie glaciar de 16,45 km², equivalente al 92,16% con respecto a los 17,85 km². Además, el estudio indica que en esta cordillera han desaparecido 66 glaciares entre esos años: de 95 en 1970 a 29 en el 2009.

4.3. Análisis multitemporal de las lagunas

Como se observa en la tabla 7, entre 1988 y 1992 todas las lagunas experimentaron un proceso de reducción tanto de su número como de su espejo de agua. Este panorama cambió entre los años 1992 y 1998, 1998 y 2003, y 2003 y 2008, en los que se incrementó tanto el número de lagunas como su espejo de agua. Esta tendencia se relaciona con el acelerado proceso de derretimiento glaciar de la cordillera Chonta, así como con el incremento de la precipitación por efectos de algún fenómeno meteorológico extraordinario —como un evento El Niño— o a la hidrogeología de la zona.

Sin embargo, entre el 2008 y el 2014 vuelve a apreciarse una disminución significativa del área lagunar y un incremento de la cantidad de lagunas. Este último fenómeno sucede sobre todo en lagunas que anteriormente presentaban una amplia extensión y que, como producto de su reducción, se han fraccionado en más de un cuerpo de agua.

Tabla 7
Resultados del análisis multitemporal de lagunas

Año	Área (m ²)	Número
1988	48 187844,12	188
1992	42 022 805,13	117
1998	46 088 107,19	171
2003	77 076 900,55	170
2008	85 311 000,45	183
2014	50 024 700,04	191

Elaboración propia.

Cuando se analiza el comportamiento individual de las lagunas, se aprecian con mayor facilidad los cambios que estas experimentan (ilustración 1-A). Así, se tiene que, en el 2003, el espejo de agua de la laguna Choclococha medía aproximadamente 16 419 600 m²; para el 2008, se redujo a 15 838 200 m²; y para el 2014, alcanzó su nivel más bajo desde 1988: en este lapso, bajó de 15 671 700 m² a 14 881 500 m². Es evidente que Choclococha está experimentando un retroceso de su área lagunar y que, posiblemente, este hecho guarde relación directa con la disminución del aporte glaciar.

El caso de la laguna de Orcococha es más complejo. En el 2003, esta poseía un espejo de agua de 15 374 700 m², que para el 2008 se había reducido significativamente a 13 294 800 m². Sin embargo, en el 2014, el espejo de agua se incrementó a 15 769 800 m², con lo cual alcanzó incluso un tamaño mayor que en el 2003.

En la laguna de Caracocha ocurrió el mismo fenómeno: en el 2003, el espejo de agua medía 6 904 800 m², pero para el 2008 había experimentado una reducción bastante significativa, pues estaba en 5 776 200 m². Sin embargo, en el 2014, al igual que en Orcococha, el perímetro lagunar aumentó a 6 298 200 m².

Si bien no se puede afirmar que se esté experimentando una reducción generalizada de los espejos de agua de todas las lagunas del área de estudio, ni siquiera de las más importantes, es necesario subrayar que la laguna Choclococha, principal fuente de agua del sistema Choclococha, sí presenta una disminución sostenida a partir de 1988. Como se ha señalado anteriormente, el comportamiento ambivalente del resto de lagunas puede deberse a un incremento de lluvias producto de un evento El Niño, a la alimentación de los cuerpos de agua por el acelerado retroceso glaciar, a la hidrogeología de las lagunas o a cambios sostenidos en el comportamiento de la precipitación en el ámbito local. Lamentablemente, esta información no es recogida por las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.

5. CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA

Esta sección identifica los principales cambios, entre los años 1994 y 2012, en las actividades agropecuarias de las zonas de las cuencas estudiadas. En lo que respecta a la actividad agrícola, se examinan los cambios en la superficie agrícola, en las características de la cartera de cultivos, su superficie y destino, así como en las prácticas de manejo empleadas. En cuanto a la actividad pecuaria, se observan los cambios en el tipo de ganado y su número, en las prácticas pecuarias aplicadas, y en la cantidad y calidad de los pastos.

5.1. Cambios en la actividad agrícola

Entre las diferentes zonas de las cuencas se identifican cambios heterogéneos (tabla 8), que obedecen a modificaciones en la superficie de los tipos de cultivos (tabla 9). Por un lado, entre 1994 y el 2012 la parte alta de la CRI y la baja de la CRP presentaron una reducción en su superficie agrícola y cultivada. En el caso de la parte alta de la CRI, esto se debe a la disminución de cultivos transitorios, asociados y pastos cultivados; mientras que en la parte baja de la CRP, a la reducción de los cultivos permanentes, así como también de los transitorios y asociados. Por el contrario, en las partes baja y media de la CRI, y en la zona alta de la CRP, se observa un incremento significativo de la superficie agrícola y cultivada. En el caso de la parte media de la CRI,

esto se debe a un aumento de los cultivos permanentes; mientras que, en la baja, se debe tanto al incremento de los cultivos permanentes como de los pastos cultivados. En la parte alta de la CRP, el aumento se explica por el incremento de los pastos cultivados y de los cultivos transitorios. Por otro lado, en la parte media de la CRP no se han producido cambios en la superficie agrícola, pero sí en la cultivada, lo cual obedece al aumento de la superficie de pastos cultivados.

Tabla 8
Superficie agrícola y cultivada
(Hectáreas totales y promedio por UA)

Cuenca	Superficie agrícola		Superficie cultivada	
	1994	2012	1994	2012
Cuenca Ica-baja	32 089	77 986	29 795	37 663
	3,18	6,48	2,95	3,13
Cuenca Ica-media	5053	21 297	4436	5900
	1,90	6,15	1,67	1,70
Cuenca Ica-alta	26 306	13 401	13 217	7684
	3,25	5,56	1,63	3,19
Cuenca Pampas-baja	27 722	13 246	16 263	6313
	2,67	1,37	1,57	0,65
Cuenca Pampas-media	87 316	87 553	48 968	53 888
	2,16	1,72	1,21	1,06
Cuenca Pampas-alta	45 047	106 237	26 949	81 410
	1,62	4,01	0,97	3,08

Fuentes: INEI III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Tabla 9
Superficie cultivada por tipos de cultivos (hectáreas)

Tipo de cultivo	Año	Cuenca del río Ica			Cuenca del río Pampas		
		Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Cultivo permanente	1994	6166,81	449,19	22,33	4522,95	3141,86	128,55
	2012	19 967,81	2784,32	492,94	1525,39	3259,02	142,21
Cultivo transitorio	1994	15 562,84	2544,58	6798,19	10 409,90	41 411,48	20 632,37
	2012	13 129,30	2114,38	4399,95	4212,68	40 045,88	35 891,63
Cultivo asociado	1994	7590,80	1279,95	822,90	1295,55	1938,61	1731,36
	2012	1361,29	883,49	8,44	390,54	2147,28	1290,80
Cultivo forestal	1994	114,87	38,77	5,26	8,00	1828,14	2755,67
	2012	26,56	0,11	0,00	4,58	243,21	6,95
Pastos cultivados	1994	359,58	123,07	5568,02	26,85	647,71	1700,66
	2012	3178,20	117,99	2782,21	179,73	8192,98	44 078,73

Fuentes: INEI III CENEGRO 1994, IV CENEGRO 2012. Elaboración propia.

Para analizar si entre los censos de 1994 y el 2012 los productores han aumentado el número de cultivos de sus UA en las diferentes zonas, se estima el índice de Herfindahl (IH), que mide la concentración o diversificación de la cartera de cultivos. En la zona baja de la CRI, el IH no sufre un cambio significativo, sino que mantiene un alto nivel de concentración en la cartera de cultivos de las UA —alrededor de 0,8-0,9—. En la zona media, el índice disminuye, pero su valor continúa representando un nivel elevado de concentración —alrededor de 0,8—. En cambio, en la zona alta sí se aprecia una tendencia significativa hacia la diversificación de los cultivos (tabla 10).

En el caso de la CRP, las zonas baja y media muestran una tendencia hacia la concentración de su cartera de cultivos, pero en menor magnitud que en la CRI. En contraste, la zona alta de la CRP muestra una tendencia inversa, pues alcanza el nivel más bajo del IH

—alrededor de 0,60— en toda el área de estudio. En general, para el 2012, las zonas baja y media de la CRI son las que muestran un mayor IH —lo cual denota la presencia de mayor concentración—, mientras que las partes altas de ambas cuencas presentan el nivel más bajo de IH, relacionado con mayor diversidad de cultivos.

A la luz de los cambios encontrados, cabe analizar cuáles son los cultivos específicos relacionados con estos. Para ello, en cada zona de las cuencas se analizan los 15 principales cultivos sembrados en las UA de acuerdo con su superficie cultivada en el 2012. Asimismo, se calcula el promedio de hectáreas cultivadas por UA, el número de UA que siembran el cultivo, el porcentaje de UA que destinan su producción a la venta y el tipo de mercado al cual va dirigida esta.

Tabla 10
Índice de concentración de cultivos (IH)

Año	Cuenca Ica			Cuenca Pampas		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
1994	0,88	0,89	0,70	0,62	0,60	0,65
2012	0,89	0,79	0,62	0,70	0,65	0,60

Fuentes: INEI, III CENEGRO 1994, IV CENEGRO 2012. Elaboración propia.

Nota: IH = 1, concentración extrema; IH = 0, diversificación extrema.

En la parte baja de la CRI, entre los cultivos con más de 1000 hectáreas en el 2012 se encuentran el algodón, el espárrago, el maíz, la palta, el pallar, el pasto y la vid (tabla 11). Además, se observa que, entre estos cultivos, a excepción del algodón, la superficie cultivada experimentó un incremento de más del 100%. También se encuentra que los cultivos con mayor superficie promedio por UA —mayor de 10 hectáreas— en el 2012 fueron el espárrago, la granada, la naranja,

el pasto cultivado y el tomate; entre estos, los que mostraron un mayor incremento fueron la granada, el pasto y el tomate. Por otra parte, los cultivos que abarcaron un mayor número de UA en el 2012 fueron el algodón, el espárrago, el maíz, el mango, el pallar, la pecana, el vergel y la vid, todos con más de 400 UA. Entre estos, se observó un incremento significativo en el número de UA que siembran espárrago, pecana y vid. Por último, resalta que los cultivos de esta zona están orientados principalmente hacia la venta. En el 2012, más del 90% de las UA destinaron a la venta su producción de algodón, alcachofa, espárrago, granada y zapallo, y más del 50% en el caso del maíz, la pecana, la palta y la vid. Entre 1994 y el 2012 se incrementó el

Tabla 11
Principales cultivos en la parte baja de la cuenca del río Pampas,
según orden, superficie, UA y destino de la producción

Cultivo	Orden		Superficie		Promedio por UA		UA		Venta (%)	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Vid	2	1	2889,7	7911,1	1,28	1,89	2251	4183	50,51	55,30
Espárrago	4	2	2147,2	7274,5	11,01	16,84	195	432	95,90	99,77
Maíz	8	3	611,0	5071,9	1,14	8,30	534	611	53,93	63,34
Algodón	1	4	7829,7	4698,5	3,44	2,35	2277	2000	96,09	99,80
Pallar	3	5	2161,9	3158,8	0,70	0,89	3067	3562	40,23	49,33
Pasto	31	6	16,5	3002,6	1,65	214,47	10	14	80,00	42,86
Palta	20	7	94,2	1620,7	1,06	7,57	89	214	73,03	76,64
Pecana	13	8	315,7	881,2	2,41	1,42	131	622	84,73	86,50
Naranja	10	9	450,5	803,0	5,63	10,71	80	75	81,25	54,67
Granada	44	10	5,1	508,5	0,72	18,16	7	28	100,00	96,43
Vergel	5	11	1085,4	325,3	0,57	0,29	1915	1134	40,16	35,27
Mango	9	12	543,2	320,7	0,71	0,44	760	724	31,18	36,60
Zapallo	21	13	90,7	271,6	4,12	3,72	22	73	86,36	91,78
Tomate	6	14	1008,5	220,3	7,00	22,03	144	10	95,14	40,00
Alcachofa	54	15	3,0	211,8	2,95	7,30	1	29	100,00	100,00

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

porcentaje de UA que destinaron al mercado ambos tipos de cultivos, con excepción de la granada, cuyo porcentaje de UA que la destinan a la venta disminuyó ligeramente.

En la parte media de la CRI, entre los cultivos con más de 1000 hectáreas en el 2012, se encuentran el maíz y la vid, mientras que en 1994 estaba solo el algodón (tabla 12). Además, resalta un incremento en la superficie sembrada de garbanzo, maíz, mango, naranja, palta, sandía y vid; en cambio, al igual que en la parte baja de la CRI, la superficie cultivada de algodón disminuyó entre estos años. Asimismo, los cultivos sembrados en un mayor número de UA en el 2012 fueron el garbanzo, el maíz, el mango, el pallar y la vid. El número de UA que producen todos estos cultivos también se incrementó entre esos años,

Tabla 12
Principales cultivos en la parte media de la cuenca del río Ica

Cultivo	Orden		Superficie		Promedio por UA		UA		Venta	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Vid	7	1	151,37	1629,59	0,54	1,30	281	1256	60,1	37,9
Maíz	2	2	311,47	1087,68	1,31	1,57	237	695	43,5	65,3
Palta	14	3	20,81	732,20	0,87	2,12	24	346	50,0	70,5
Algodón	1	4	1407,85	555,72	2,61	1,37	540	405	99,3	93,1
Garbanzo	19	5	10,62	508,77	0,76	0,97	14	522	64,3	63,8
Pallar	4	6	215,19	379,60	0,61	0,57	353	670	43,9	48,8
Pecana	9	7	84,37	220,86	3,67	1,09	23	203	73,9	70,0
Mango	15	8	16,96	148,39	0,12	0,12	137	1209	29,2	39,5
Alfalfa	8	9	123,07	119,99	0,86	0,83	143	144	5,6	28,5
Frijol	12	10	26,66	108,11	0,78	1,16	34	93	32,4	76,3
Vergel	5	11	169,99	96,17	0,23	1,13	738	85	40,2	18,8
Papa	10	12	81,13	74,62	0,76	0,65	107	114	36,4	13,2
Sandía	20	13	9,50	71,68	1,58	3,98	6	18	83,3	100,0
Tuna	17	14	15,00	40,59	15,00	1,27	1	32	100,0	96,9
Naranja	30	15	0,58	31,92	0,10	0,84	6	38	0,0	36,8

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

a excepción del algodón y el vergel. Por último, al igual que en la parte baja, en ese lapso los cultivos se orientaban principalmente a la venta. Resalta el incremento del porcentaje de UA que destinaban a la venta su producción de frijol, maíz, naranjo, palta y sandía; en cuanto a la papa, el vergel y la vid, este porcentaje más bien se reduce.

En la parte alta de la CRI, la agricultura se destina principalmente al autoconsumo, aunque entre 1994 y el 2012 se incrementó el número de UA cuya producción estaba destinada a la venta (tabla 13). Se encuentra que, de los 15 cultivos principales del 2012, solo 4 —el ajo, el frijol, la naranja y la palta— se destinaban primordialmente a

Tabla 13
Principales cultivos en la parte alta de la cuenca del río Ica, según orden, superficie, UA y destino de la producción

Cultivo	Orden		Superficie (ha)		Promedio por UA (ha)		UA		Venta UA (%)	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Maíz	4	1	1573,36	2781,53	0,61	2,84	2562	981	1,9	7,2
Alfalfa	1	2	5554,22	1428,26	0,97	0,65	5712	2,211	5,9	14,2
Pasto	17	3	13,80	1353,94	0,77	112,83	18	12	0,0	0,0
Papa	3	4	1650,83	930,90	0,59	0,68	2805	1371	2,5	6,6
Naranja	34	5	0,80	200,35	0,20	66,78	4	3	0,0	100,0
Haba	6	6	602,26	179,96	0,51	0,27	1189	661	2,0	6,4
Cebada	2	7	1679,33	167,54	0,85	0,61	1968	276	1,9	7,2
Vergel	13	8	26,43	153,36	0,25	3,07	105	50	3,8	18,0
Palta	37	9	0,73	131,66	0,18	2,74	4	48	0,0	95,8
Frijol	18	10	10,75	127,27	0,45	2,83	24	45	0,0	71,1
Trigo	5	11	692,32	110,76	0,65	0,87	1066	128	1,8	7,8
Oca	7	12	320,44	73,12	0,53	0,31	600	233	1,8	6,4
Ajo	9	13	42,06	6,41	0,67	0,32	63	20	20,6	70,0
Olluco	12	14	26,76	5,12	0,64	0,26	42	20	0,0	20,0
Arveja	15	15	16,97	4,45	0,55	0,37	31	12	3,2	25,0

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

la venta; de estos, en los casos del frijol y la palta se produjo un incremento tanto del número de UA que los producen como de la superficie cultivada. En contraste, los cultivos de autoconsumo —como la alfalfa, la arveja, la cebada, el haba, la papa, la oca, el olluco y el trigo— muestran una superficie sembrada menor que la de 1994; y en algunos casos —alfalfa, arveja, cebada, haba, oca y olluco—, menos hectáreas por UA. Resalta el caso del maíz, que pese a continuar siendo un cultivo principalmente destinado al autoconsumo, experimenta un gran incremento en su superficie sembrada.

Por otro lado, en la parte baja de la CRP, entre 1994 y el 2012 la mayoría de los cultivos experimentó una contracción tanto de su superficie sembrada —con excepción de la alfalfa, la caña de azúcar, la oca, el olluco, la palta y la tara— como de la superficie cultivada por UA —excepto la caña de azúcar, la palta y la tuna— y del número de UA que se dedican a su producción —excepto la alfalfa, la oca, el olluco, la palta y la tara— (tabla 14). Asimismo, la agricultura de autoconsumo y la destinada a la venta son igualmente importantes. Para el 2012, los cultivos principalmente destinados al mercado fueron cacao, café, caña de azúcar, frijol, palta, tara y tuna; mientras que los destinados al autoconsumo, alfalfa, haba, maíz, oca, olluco, papa y trigo.

En la parte media de la CRP, entre los años censales, 11 de los 15 cultivos principales han experimentado un aumento de su superficie cultivada (tabla 15). Asimismo, estos han incrementado ligeramente su superficie promedio por UA —excepto el olluco— y el número de UA en los que se siembran —menos la arveja y el maíz—. En contraste, se observa una reducción de la superficie sembrada y de la cantidad de UA que siembran haba, cacao, cebada y trigo. A diferencia de las anteriores zonas de estudio, cultivos que eran esencialmente de autoconsumo —como la arveja, el olluco, la papa y la quinua— ahora también son destinados al mercado por una parte de las UA, si bien

Tabla 14
Principales cultivos en la parte baja de la cuenca del río Pampas,
según orden, superficie, UA y destino de la producción

Cultivo	Orden		Superficie		Promedio por UA		UA		Venta UA (%)	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Maíz	1	1	5302,56	2868,94	0,35	0,29	15 153	9947	2,4	10,0
Papa	5	2	1100,30	753,80	0,30	0,24	3679	3090	4,2	13,9
Palta	24	3	12,15	439,55	0,32	0,42	38	1037	42,1	91,2
Vergel	8	4	462,29	405,16	0,32	0,30	1425	1354	28,4	47,6
Cacao	2	5	2340,39	247,80	1,19	0,91	1961	271	91,5	97,0
Haba	9	6	392,46	197,83	0,32	0,20	1239	971	3,4	10,0
Frijol	6	7	594,43	173,46	0,46	0,35	1301	498	21,0	60,2
Alfalfa	19	8	26,82	146,84	0,29	0,17	94	886	9,6	5,5
Café	3	9	1453,50	127,66	1,12	0,91	1294	140	92,6	94,3
Trigo	4	10	1178,60	124,41	0,42	0,21	2815	583	2,6	6,5
Tuna	14	11	152,80	106,95	0,58	0,63	262	169	58,4	64,5
Tara	56	12	1,00	87,39	1,00	0,47	1	187	100,0	69,0
Oca	15	13	54,13	81,25	0,21	0,25	259	325	2,7	13,8
Caña de azúcar	16	14	47,05	48,31	0,33	0,51	141	95	26,2	86,3
Olluco	20	15	26,00	44,16	0,19	0,18	139	241	2,2	8,3

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

la mayoría continúa destinándolos al autoconsumo. Se identifican claramente tres cultivos destinados principalmente al mercado: el cacao, la naranja y la palta. Entre los años censales, tanto la naranja como la palta experimentaron un aumento en el número de UA, en el promedio de hectáreas sembradas en las UA, en la superficie cultivada y en la orientación hacia la venta. Caso aparte es el del cacao, que sufrió una reducción tanto de su superficie cultivada como del número de UA en los que se siembra.

Tabla 15
Principales cultivos en la parte media de la cuenca del río Pampas,
según orden, superficie, UA y destino de la producción

Cultivo	Orden		Superficie		Promedio por UA		UA		Venta UA (%)	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Maíz	1	1	17 499,97	19 058,50	0,31	0,37	56 388	50 918	3,9	12,1
Papa	2	2	7955,96	11 330,66	0,39	0,47	20 492	24 302	15,6	43,6
Pasto	22	3	63,15	6215,01	0,69	6,15	92	1011	2,2	4,7
Trigo	3	4	4524,48	1965,63	0,33	0,31	13 875	6331	3,9	8,1
Alfalfa	12	5	534,29	1951,86	0,28	0,29	1893	6743	11,3	8,1
Haba	5	6	2178,31	1849,11	0,23	0,23	9425	8164	3,8	13,5
Avena	6	7	1245,80	1811,68	0,56	0,69	2221	2621	3,0	9,7
Cebada	4	8	4032,44	1647,89	0,29	0,27	14 078	6097	3,3	7,5
Quinua	21	9	111,71	1050,86	0,29	0,55	385	1909	5,5	41,2
Palta	27	10	8,30	951,42	0,12	0,55	70	1730	38,6	85,7
Trébol	28	11	8,07	627,08	0,45	0,47	18	1342	16,7	5,3
Arveja	11	12	544,13	598,40	0,23	0,31	2320	1905	4,7	33,1
Naranja	20	13	198,63	584,57	1,32	3,25	151	180	47,7	65,0
Cacao	7	14	909,71	567,47	1,22	1,20	746	471	82,2	99,6
Olluco	13	15	436,12	519,67	0,23	0,22	1882	2352	3,8	30,0

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Por último, en la parte alta de la CRP también se observa, en la mayoría de cultivos, un incremento de la superficie sembrada, del promedio sembrado por UA y del número de UA en los que se cultiva (tabla 16). Asimismo, es evidente que la mayoría de cultivos son de autoconsumo; solo el eucalipto y el frijol son destinados principalmente al mercado. Al igual que en la parte media de la cuenca, en el caso de algunos cultivos que eran propiamente de autoconsumo —como el olluco, la papa y la quinua— se ha incrementado de manera significativa el porcentaje de UA que los destinan a la venta (casi el 50%), la superficie cultivada en las UA y el promedio de hectáreas por UA. En

lo que respecta a los cultivos de autoconsumo, en general se observa que ha aumentado la superficie sembrada de alfalfa, arveja, avena, haba, maíz, papa, olluco, quinua, trigo y vergel. Un caso interesante es el del maíz, que muestra un aumento significativo de la superficie cultivada tanto en la zona media como en la parte alta de la CRP.

Tabla 16
Principales cultivos en la parte alta de la cuenca del río Pampas, según orden, superficie, UA y destino de la producción

Cultivo	Orden		Superficie		Promedio por UA		UA		Venta UA (%)	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Pasto	17	1	31,69	42 140,35	0,83	120,06	38	351	0,0	2,3
Maíz	1	2	7272,88	15 690,87	0,26	0,69	27 695	22 595	3,1	8,2
Papa	2	3	5398,21	12 655,09	0,40	0,79	13 525	15 940	17,4	46,3
Cebada	3	4	3142,49	2503,50	0,28	0,35	11 362	7122	5,2	11,7
Haba	6	5	1511,98	1871,55	0,19	0,23	8111	8177	3,4	18,0
Alfalfa	5	6	1667,60	1869,29	0,48	0,27	3456	6824	6,3	9,4
Trigo	8	7	826,30	1099,27	0,26	0,36	3139	3044	5,2	4,2
Olluco	10	8	267,05	800,73	0,32	0,30	839	2700	4,3	43,7
Eucalipto	4	9	2730,26	608,37	16,75	27,65	163	22	17,8	77,3
Oca	9	10	554,02	399,76	0,27	0,19	2023	2065	1,9	16,9
Avena	16	11	40,14	275,27	0,25	0,36	160	762	6,9	32,7
Quinua	20	12	24,98	255,99	0,15	0,34	169	762	8,9	42,7
Vergel	11	13	218,95	235,63	0,19	0,25	1166	956	19,8	27,8
Arveja	13	14	94,00	210,14	0,16	0,35	586	608	7,5	22,4
Frijol	15	15	45,52	159,21	0,28	0,40	161	399	37,3	86,5

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

El análisis de los cambios en los cultivos entre 1994 y el 2012 muestra que, en todas las zonas de la CRI y la CRP, el porcentaje de UA que destinan su producción a la venta se ha incrementado. Sin embargo, en la zona alta de la CRI, y en la media y alta de la CRP, los

Tabla 17
Principal destino de venta de las UA

Área de estudio	Destino de la venta 2012 (UA)			Venta
	Nacional	Exterior	Agroindustria	
Ica-baja	8020	333	185	8425
	95,19%	3,95%	2,20%	
Ica-media	2979	41	26	3036
	98,12%	1,35%	0,86%	
Ica-alta	673	0	0	673
	100,00%	0,00%	0,00%	
Pampas-baja	4262	12	10	4282
	99,53%	0,28%	0,23%	
Pampas-media	23 856	60	15	23 918
	99,74%	0,25%	0,06%	
Pampas-alta	15 178	15	4	15 192
	99,91%	0,10%	0,03%	

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

cultivos continúan siendo destinados principalmente al autoconsumo. Al profundizar en el tipo de mercado al que están destinados los 15 cultivos principales, se encuentra que, en todas las zonas de ambas cuencas, más del 90% de las UA dirigen la mayor parte de su producción al mercado nacional (tabla 17). También se observa que, en las partes baja y media de la CRI, un porcentaje significativo de UA vende su producción al mercado exterior y/o a la agroindustria.¹⁹

En la parte baja de la CRI, la cartera de cultivos destinada al mercado externo está conformada por alcachofa, espárrago, granada, naranja, palta, pecana, tomate, vid y zapallo; mientras que la desti-

¹⁹ Parte de la producción es vendida como insumo para elaborar otro producto (transformación), de modo que se le añade un valor agregado.

Tabla 18
Superficie cultivada destinada a la venta en mercados exteriores y agroindustria en el área de estudio, 2012

Cuenca	Superficie cultivada (ha) ²⁰	% de la superficie cultivada	Promedio por UA	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	UA	% UA
Ica-baja	10 367,46	27,53	18,38	0,01	638,19	54,38	564	4,68
Ica-media	1892,02	32,07	28,24	0,03	527,90	72,31	67	1,93
Pampas-baja	11,78	0,19	0,49	0,06	3,50	0,69	24	0,25
Pampas-media	46,84	0,09	0,55	0,03	4,00	0,73	85	0,16
Pampas-alta	19,38	0,02	0,59	0,03	2,00	0,49	33	0,12
Total	12 337,47	6,40	15,96	0,01	638,19	51,62	773	0,74

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

nada a la agroindustria está compuesta por alcachofa, algodón, espárrago, maíz, pallar, vergel y vid. Entre estos cultivos, la alcachofa, el algodón, el espárrago, la granada y el tomate son los que cuentan con mayor porcentaje de UA que los destinan al mercado exterior o a la agroindustria.

En lo que respecta a la zona media de la CRI, el porcentaje de las UA que destinan sus cultivos a mercados exteriores o a la agroindustria es bastante reducido. Entre estos cultivos se encuentran el algodón, el maíz, la naranja, la palta y la pecana (tabla 8-A).

Según CENAGRO 2012, la superficie cultivada destinada a la venta en el mercado exterior y a la agroindustria es de 10 367,46 hectáreas en la parte baja y 1892,02 hectáreas en la parte media de la CRI, lo cual representa el 27,53% y el 32,07% de la superficie cultivada total de esas zonas, respectivamente (tabla 18). Esto ilustra que, efectiva-

²⁰ Superficie total del cultivo de las UA que destinan la mayor parte de la producción a la venta en mercados exteriores y/o a la agroindustria.

mente, es en las partes baja y media de la CRI donde se concentra la superficie cultivada para agroexportación y agroindustria. Incluso se observa una alta desviación estándar entre estas UA, lo cual refleja una gran desigualdad en el tamaño de la superficie; por ejemplo, existen UA con menos de 0,5 hectáreas y otras con más de 500.

Con respecto a las prácticas agrícolas que acompañan a los cambios encontrados en la superficie de los cultivos, se analizan dos: las relacionadas con la adopción del sistema de riego, y las vinculadas al uso de fertilizantes y agroquímicos. Con excepción de la parte media de la CRI, entre 1994 y el 2012 en el área de estudio se intensificó el uso de riego para fines agrícolas (tabla 19). En la CRI, a diferencia de la CRP, el porcentaje de UA que cuentan con riego es elevado (mayor del 80%) para ambos años. Por otra parte, en la CRP, el uso de riego era limitado en 1994 y ha experimentado una intensificación para el 2012, sobre todo en la zona baja. Resalta también el caso de la parte alta, donde la proporción de superficie cultivada bajo riego se eleva, pero el porcentaje de UA se reduce.

Tabla 19
Superficie cultivada bajo riego en el área de estudio
(porcentaje)

Área de estudio	1994		2012	
	ha	UA	ha	UA
Cuenca Ica-baja	99,81	99,84	99,98	99,94
Cuenca Ica-media	99,40	99,56	78,52	82,07
Cuenca Ica-alta	80,71	91,36	95,42	98,08
Cuenca Pampas-baja	19,44	45,74	48,73	69,82
Cuenca Pampas-media	46,07	77,07	58,19	77,75
Cuenca Pampas-alta	61,73	87,78	73,02	81,78

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

En toda el área de estudio, en 1994 en más del 90% de la superficie cultivada se utilizaba un sistema de riego por gravedad, mientras que, en el 2012, en las partes baja y media de la CRI disminuyó significativamente este porcentaje debido a que los agricultores optaron por sistemas de riego más eficientes, como aspersión y goteo (tabla 20). Por el contrario, en la parte alta de la CRI, y en la media y alta de la CRP, se observa un incremento del porcentaje de superficie bajo riego por gravedad, que llega a representar casi el 100%. En estas partes también se ha incrementado la proporción de superficie bajo riego por aspersión, aunque en menor medida que en las demás zonas del área de estudio.

Tabla 20
Superficie cultivada según tipo de riego
(porcentaje)

Área de estudio	Gravedad		Aspersión		Goteo		Otro	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Cuenca Ica-baja	96,35	80,32	0,95	5,65	6,02	28,55	0,55	0,04
Cuenca Ica-media	99,24	72,76	2,79	21,86	2,88	32,22	0,09	0,00
Cuenca Ica-alta	98,69	99,99	0,43	0,92	0,70	0,16	0,50	0,01
Cuenca Pampas-baja	98,84	95,88	0,39	10,20	0,63	0,06	0,33	0,10
Cuenca Pampas-media	97,95	98,79	1,57	3,85	0,36	1,76	0,18	0,08
Cuenca Pampas-alta	98,61	99,75	0,84	0,98	0,30	0,01	0,44	0,02

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Al desagregar la superficie cultivada bajo riego según los principales cultivos producidos en ambas cuencas (tabla 21 y tabla 22), se observa que, tanto en 1994 como en el 2012, en la zona baja de la CRI la superficie cultivada de los 15 cultivos principales es cubierta casi en su totalidad por algún sistema de riego. En la zona media

también se observa que casi todos los cultivos están bajo riego; sin embargo, en algunos —como las legumbres (garbanzo, pallar, frijol) y frutales (tuna)— hay una disminución importante del área bajo riego. En la parte alta resalta el incremento de la superficie cultivada bajo riego de los cultivos, excepto por la papa, que sí experimenta una reducción (tabla 21).

Tabla 21
Superficie cultivada bajo riego en la CRI, según cultivos
(porcentaje)

Cultivo	Baja CRI		Cultivo	Media CRI		Cultivo	Alta CRI	
	1994	2012		1994	2012		1994	2012
Vid	99,98	99,98	Vid	100,00	99,99	Maíz	91,90	99,96
Espárrago	100,00	100,00	Maíz	100,00	86,15	Alfalfa	94,05	99,96
Maíz	99,95	100,00	Palta	100,00	99,93	Pasto	89,13	100,00
Algodón	99,75	100,00	Algodón	100,00	61,79	Papa	83,70	66,68
Pallar	99,13	99,81	Garbanzo	87,57	0,85	Naranja	100,00	100,00
Pasto	100,00	100,00	Pallar	100,00	39,81	Haba	82,11	98,28
Palta	100,00	100,00	Pecana	100,00	99,49	Cebada	44,42	85,68
Pecana	99,93	100,00	Mango	100,00	99,99	Vergel	96,03	100,00
Naranja	100,00	100,00	Alfalfa	100,00	100,00	Palta	100,00	100,00
Granada	100,00	100,00	Frijol	100,00	57,81	Frijol	77,21	100,00
Vergel	99,97	100,00	Vergel	100,00	20,79	Trigo	34,66	90,39
Mango	100,00	99,99	Papa	100,00	98,93	Oca	73,64	98,89
Zapallo	100,00	100,00	Sandía	100,00	98,60	Ajo	96,43	100,00
Tomate	100,00	100,00	Tuna	100,00	50,62	Olluco	65,43	100,00
Alcachofa	100,00	100,00	Naranja	100,00	100,00	Arveja	91,16	100,00

Fuentes: INEL, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

En general, la superficie de cultivos bajo riego es inferior en la CRP que en la CRI en ambos años. En el 2012, esta superficie aumenta, pero continúa siendo menor del 50%. No obstante, en la parte baja, cultivos como la alfalfa, la caña de azúcar, la palta y el

vergel presentan una alta cobertura de riego tanto en 1994 como en el 2012. Lo contrario ocurre con el cacao, el café, la oca y el olluco, debido a que constituyen cultivos de secano.

En la zona media, los cambios que experimentan los cultivos en función de su superficie de riego son muy diversos. En primer lugar, se identifican cultivos que mantienen una importante superficie bajo riego en ambos años, como la alfalfa, el maíz, la palta, el pasto y el trébol. Luego, se encuentran otros cultivos —como la arveja, el haba, el trigo y la papa— cuya superficie bajo riego se incrementa. En contraste, cultivos como la avena, la cebada, la naranja —cuyo caso resalta— y el pasto sufren una contracción. Por último, cultivos

Tabla 22
Superficie cultivada bajo riego en la CRP, según cultivos
(porcentaje)

Cultivo	Baja CRP		Cultivo	Media CRP		Cultivo	Alta CRP	
	1994	2012		1994	2012		1994	2012
Maíz	36,02	48,06	Maíz	69,60	70,91	Pasto	28,79	82,88
Papa	15,76	30,61	Papa	43,48	48,57	Maíz	90,84	75,23
Palta	87,14	99,19	Pasto	95,74	77,09	Papa	50,65	53,80
Vergel	76,91	95,22	Trigo	20,73	32,92	Cebada	41,76	31,54
Cacao	0,15	0,00	Alfalfa	95,43	98,21	Haba	62,98	59,26
Haba	8,69	17,44	Haba	31,84	33,85	Alfalfa	98,91	98,13
Frijol	17,74	24,60	Avena	46,04	35,40	Trigo	53,68	31,95
Alfalfa	69,94	94,81	Cebada	23,71	16,07	Olluco	43,69	20,67
Café	0,09	0,35	Quinua	28,48	22,20	Eucalipto	0,82	99,15
Trigo	7,14	26,77	Palta	92,83	91,70	Oca	52,49	24,99
Tuna	28,65	10,40	Trébol	98,79	97,76	Avena	41,61	30,37
Tara	0,00	45,93	Arveja	26,46	65,54	Quinua	54,65	30,43
Oca	7,11	3,14	Naranja	98,02	7,63	Vergel	88,06	96,87
Caña de azúcar	76,68	99,97	Cacao	0,01	0,00	Arveja	58,88	26,92
Olluco	5,21	7,90	Olluco	20,94	17,60	Frijol	82,96	74,11

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

de secano como el cacao, el olluco, la cebada y la quinua mantienen una superficie irrigada baja. En la parte alta destaca el incremento de la superficie cultivada bajo riego de eucalipto, pasto y vergel. En cuanto a los cultivos tradicionales de la zona, se observa que todos disminuyen su superficie bajo riego, sobre todo la arveja, el maíz, la oca, el olluco, la quinua y el trigo (tabla 22).

Con el fin de complementar la información sobre la disponibilidad del recurso hídrico en la zona de estudio, se analizan los cambios en las percepciones de los productores respecto a la disponibilidad de agua para fines agrícolas. La aproximación se produce mediante la variación intercensal de la superficie agrícola no trabajada debido, principalmente, a la falta de agua.

En las partes baja y media de la CRI —territorio beneficiado por el proyecto PETACC—, se observa que, entre 1994 y el 2012, la superficie agrícola no trabajada se incrementó (tabla 6-A) debido a la falta de agua (tabla 23). En la parte baja, en 1994 la superficie no trabajada por falta de agua correspondía al 34%, mientras que en el 2012 había ascendido a más del 90%. En las zonas media y alta de la cuenca, esta superficie ya representaba más del 70% en 1994, y se incrementó a más del 90% para el 2012. Esta situación refleja el estrés hídrico registrado en la cuenca, así como su intensificación.

En toda la CRP, la superficie no trabajada ha disminuido sustancialmente entre 1994 y el 2012 (tabla 6-A); sin embargo, la superficie que no es trabajada por falta de agua se ha incrementado en las partes baja y alta (tabla 23). A diferencia de 1994, cuando la mayor superficie agrícola no trabajada debía esta condición a las dificultades para obtener crédito, semillas, mano de obra u otros recursos, en el 2012 la principal razón para no sembrar en las zonas baja y media de la CRP es la falta de recurso hídrico. En este panorama, resalta el cambio observado en la disponibilidad de agua para sembrar en la parte baja: en 1994, la superficie agrícola no trabajada debido a la falta de agua

no era de una proporción considerable (apenas 5,68%); sin embargo, en el 2012, este porcentaje se eleva a niveles similares que los de las otras zonas de la cuenca. Estos hallazgos evidencian problemas de disponibilidad y/o acceso al recurso hídrico para la actividad agrícola atribuibles a cambios en el régimen de las precipitaciones, dado que en esta cuenca la lluvia es la principal fuente de agua.

Tabla 23
Causa principal por la que no se sembró en las tierras agrícolas
(hectáreas y porcentaje)

Área de estudio	Falta de agua		Salinidad, erosión o mal drenaje		Falta de crédito, semilla, mano de obra		Otras razones	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Cuenca	135,16	29 470,32	25,00	74,97	138,67	988,33	235,50	933,54
Ica- baja	33,86%	93,65%	6,26%	0,24%	34,74%	3,14%	59,00%	2,97%
Cuenca	133,00	12 958,68	17,50	0,00	133,00	193,52	29,93	56,10
Ica- media	73,71%	98,11%	9,70%	0,00%	73,71%	1,47%	16,59%	0,42%
Cuenca	3300,28	1108,44	3,58	0,20	3443,31	59,69	250,93	1,88
Ica- alta	88,70%	94,72%	0,10%	0,02%	92,54%	5,10%	6,74%	0,16%
Cuenca	278,56	340,92	60,38	58,95	892,86	197,80	3926,18	27,31
Pampas-baja	5,68%	54,55%	1,23%	9,43%	18,20%	31,65%	80,05%	4,37%
Cuenca	2610,99	1783,36	222,44	73,29	4580,33	1297,02	5346,51	146,25
Pampas-media	25,34%	54,04%	2,16%	2,22%	44,45%	39,30%	51,88%	4,43%
Cuenca	1215,29	1334,91	42,18	44,12	2136,97	650,90	1366,49	87,73
Pampas-alta	33,73%	63,04%	1,17%	2,08%	59,32%	30,74%	37,93%	4,14%

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Respecto al uso de insumos para la mejora de la producción agrícola, el porcentaje de UA que utilizan abonos orgánicos —guano, estiércol u otro— se ha incrementado en ambas cuencas (tabla 24). Los mayores porcentajes de UA que emplean estos abonos se registran en la CRP y en la parte alta de la CRI.

En el caso de los fertilizantes químicos, también se observa un incremento generalizado del porcentaje de UA que los utilizan, excepto en la parte media de la CRI. En la parte baja de esta cuenca se encuentra el mayor porcentaje de UA que utilizan este tipo de fertilizantes, lo que se explica por la presencia de cultivos de agroexportación y agroindustria, que requieren una alta productividad del suelo. En cuanto a la CRP, las partes media y alta presentan el mayor incremento en el uso de fertilizantes químicos (cerca de 10 puntos porcentuales).

Tabla 24
Utilización de abonos orgánicos y fertilizantes
químicos en las actividades agrícolas

Cuenca	Guano, estiércol u otro abono orgánico				Fertilizantes químicos			
	1994		2012		1994		2012	
	UA	%	UA	%	UA	%	UA	%
Cuenca Ica-baja	4468	44,3	5765	47,9	4473	44,3	5381	44,7
Cuenca Ica-media	893	33,6	1251	36,1	851	32,0	945	27,3
Cuenca Ica-alta	2358	29,1	1668	69,2	885	10,9	368	15,3
Cuenca Pampas-baja	5226	50,3	7497	77,6	1333	12,8	1573	16,3
Cuenca Pampas-media	28 565	70,8	40 694	80,0	9958	24,7	17 682	34,8
Cuenca Pampas-alta	16 856	60,6	19 759	74,6	6405	23,0	9440	35,7
Área de estudio	58 366	58,7	76 634	73,0	23 905	24,1	35 389	33,7

Fuentes: INEL, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Respecto a los insecticidas químicos, en todas las zonas de estudio se identifica una disminución de su uso, con excepción de la parte alta de la CRP (tabla 25). En contraste, el uso de insecticidas no químicos se ha incrementado en la mayoría de zonas, excepto en la parte baja de la CRP, que presenta una disminución porcentual menor de 1. Si bien estos cambios sugieren que los productores eligen insumos

ecológicos, por otra parte, se ha incrementado la aplicación de herbicidas y fungicidas en todas las zonas de ambas cuencas, aunque no de manera intensiva.

Tabla 25
Utilización de insecticidas químicos y no químicos, herbicidas y fungicidas en las actividades agrícolas

Cuenca	Año	Insecticidas químicos		Insecticidas no químicos o biológicos		Herbicidas		Fungicidas	
		UA	%	UA	%	UA	%	UA	%
Cuenca Ica-baja	1994	6629	65,7	598	5,9	499	4,9	2167	21,5
	2012	4630	38,5	1378	11,4	2697	22,4	2915	24,2
Cuenca Ica-media	1994	1624	61,1	40	1,5	36	1,4	541	20,4
	2012	1334	38,5	290	8,4	550	15,9	601	17,4
Cuenca Ica-alta	1994	1710	21,1	175	2,2	121	1,5	215	2,7
	2012	477	19,8	76	3,2	205	8,5	109	4,5
Cuenca Pampas-baja	1994	2523	24,3	326	3,1	186	1,8	683	6,6
	2012	1688	17,5	225	2,3	485	5,0	878	9,1
Cuenca Pampas-media	1994	13 146	32,6	1348	3,3	1625	4,0	8036	19,9
	2012	15 791	31,0	1896	3,7	3379	6,6	12 213	24,0
Cuenca Pampas-alta	1994	8023	28,8	1090	3,9	912	3,3	5494	19,8
	2012	8686	32,8	1212	4,6	1579	6,0	6590	24,9
Área de estudio	1994	33 655	33,9	3577	3,6	3379	3,4	17 136	17,2
	2012	32 606	31,1	5077	4,8	8895	8,5	23 306	22,2

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

5.2. Cambios en la actividad pecuaria

En lo que respecta a la producción pecuaria, se cuenta con datos acerca de la evolución del número de animales mayores: alpacas, llamas, ovinos, porcinos y vacunos. En las partes bajas de ambas cuencas, así

Tabla 26
Cantidad de ganado según tipo
(número de UA, cantidad de animales y promedio de animales por UA)

Cuenca	Vacunos		Ovinos		Porcinos		Alpacas		Llamas	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Cuenca	1631	722	852	661	2317	1701	0	11	0	6
Ica-baja	8620	5476	4857	3873	9540	10 232	0	32	0	31
	0,85	0,45	0,48	0,32	0,94	0,85	0	0	0	0
Cuenca	482	206	214	88	526	391	0	2	0	1
Ica-media	3883	2164	1545	783	1503	1342	0	2	0	1
	1,46	0,62	0,58	0,23	0,56	0,39	0	0	0	0
Cuenca	5498	1499	4588	1126	2649	572	591	186	479	65
Ica-alta	38 546	15 183	94 150	27 449	5646	1179	9415	8069	6832	1604
	4,67	6,13	11,42	11,08	0,68	0,48	1,14	3,26	0,83	0,65
Cuenca	6108	5424	3431	3116	6257	5318	15	16	6	29
Pampas - Baja	32 352	27 942	27 446	25,807	17 126	11 080	83	45	12	53
	3,11	2,87	2,64	2,65	1,65	1,14	0,01	0	0	0,01
Cuenca	24 424	25 697	15 737	13,066	23 673	20 650	145	110	351	238
Pampas-media	123 321	137 043	267 540	164 647	68 703	53 290	3981	4919	4470	2981
	3,05	2,65	6,62	3,19	1,70	1,03	0,10	0,10	0,11	0,06
Cuenca	17 435	15 662	13 224	9709	12 220	9151	3759	3042	3511	1476
Pampas-alta	113 773	140 640	415 673	239 731	36 300	26 475	131 859	202 301	53 013	23 940
	4,05	5,05	14,81	8,61	1,29	0,95	4,70	7,26	1,89	0,86

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

como en la media de la CRI, las UA se dedican principalmente a la crianza de vacunos, ovinos y porcinos.

En las tres zonas se observa una disminución de a) la cantidad total de animales, b) la cantidad promedio de animales por UA y c) el número de UA que los crían, salvo en el caso de la parte baja de la CRI, en la que se ha incrementado el número de porcinos. En la parte alta de la CRI, la población de alpacas, llamas, ovinos, porcinos y vacunos ha sufrido una disminución importante entre los años evaluados. Solo en el caso de las alpacas y los vacunos la cantidad promedio que manejan las UA ha aumentado, a pesar de la disminución de las UA que se dedican a su crianza. En cambio, en las partes media y alta de la CRP la población de alpacas y vacunos se ha incrementado, al igual que su cantidad promedio por UA. Sin embargo, en esta zona también se identifica una disminución del ganado llamero, porcino y ovino; este último ha sufrido una reducción generalizada en todas las zonas de ambas cuencas.

En vista de que en las partes media y alta de la CRP se ha reducido la población de ovinos, porcinos y llamas, y se ha incrementado la de vacunos y alpacas, cabe analizar si estos cambios se relacionan con la utilización de prácticas de manejo pecuario. En general, en toda el área de estudio se observa un aumento de las UA en las que el ganado es vacunado y bañado contra los parásitos, y se practica la inseminación artificial.

En cuanto al manejo de enfermedades, tanto las partes altas de ambas cuencas como la parte baja de la CRI presentan el mayor porcentaje de UA en las que se vacuna a los animales. Por otro lado, la parte alta de la CRI y la baja de la CRP muestran un mayor porcentaje de UA en las que se aplican baños contra parásitos. En cambio, en lo que respecta al empleo de prácticas de reproducción selectiva del ganado, el mayor porcentaje de UA que realizan inseminación artificial está en las partes baja y media de la CRI (tabla 27).

Tabla 27
Utilización de prácticas pecuarias

Cuenca	Año	Vacunación		Baño contra parásitos		Inseminación artificial	
		UA	%	UA	%	UA	%
Cuenca Ica-baja	1994	2124	43,91	1145	23,67	161	3,33
	2012	3002	76,41	1949	49,61	211	5,37
Cuenca Ica-media	1994	511	43,64	266	22,72	9	0,77
	2012	718	70,46	433	42,49	26	2,55
Cuenca Ica-alta	1994	3969	61,04	2658	40,88	25	0,38
	2012	1696	90,99	1125	60,35	28	1,50
Cuenca Pampas-baja	1994	3333	35,29	2136	22,62	50	0,53
	2012	5799	67,05	4650	53,76	162	1,87
Cuenca Pampas-media	1994	13 996	40,31	8582	24,72	165	0,48
	2012	28 325	69,69	17 637	43,39	790	1,94
Cuenca Pampas-alta	1994	10 820	44,07	8232	33,53	107	0,44
	2012	17 472	72,99	11 042	46,13	294	1,23

Fuentes: INEL, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Para analizar los cambios en los pastizales como fuente principal de alimento del ganado, se calcula la superficie de pastos naturales diferenciando si son manejados²¹ o no. Resalta la gran diferencia en la extensión de pastos entre la parte baja de la CRI y el resto del área de estudio. En la parte baja de la CRI la superficie de pastos es reducida, e incluso ha experimentado una disminución entre 1994 y el 2012. En la parte media de la CRI y la baja de la CRP se observa un gran incremento de los pastos naturales por el aumento de los pastos no manejados. En la parte alta de la CRI, la extensión de pastos naturales aumentó en cerca de 20 000 hectáreas entre 1994 y el 2012, pero la superficie de pastos manejados disminuyó. En las partes medias y altas

21 Los pastos manejados, cercados o no, están bajo riego y abonados; es decir, existe un manejo agronómico que incluye la rotación del ganado (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2013).

Tabla 28
Superficie de pastos naturales, según manejo (hectáreas)

Cuenca	1994			2012		
	Manejados	No manejados	Total	Manejados	No manejados	Total
Cuenca Ica-baja	31,7 20,5%	122,8 79,5%	154,4	13,9 26,3%	38,9 73,7%	52,8
Cuenca Ica-media	30,5 1,1%	2828,3 98,9%	2858,8	2,2 0,0%	130 667,2 100,0%	130 669,4
Cuenca Ica-alta	5157,7 7,9%	60 409,6 92,1%	65 567,4	1365,6 1,7%	79 662,6 98,3%	81 028,1
Cuenca Pampas-baja	688,5 0,7%	102 681,2 99,3%	103 369,7	386,5 0,3%	118 769,4 99,7%	119 155,9
Cuenca Pampas-media	4771,9 1,8%	256 137,4 98,2%	260 909,4	39 627,4 19,1%	168 308,7 80,9%	207 936,1
Cuenca Pampas-alta	41 865,6 7,3%	531 901,8 92,7%	573 767,4	75 258,1 14,3%	452 000,3 85,7%	527 258,4

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994 y IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

de la CRP sucede lo contrario, pues la superficie de pastos naturales decrece en su conjunto debido a que han disminuido los pastos no manejados, mientras que la superficie de pastos manejados sí presenta un gran incremento (tabla 28).

En vista de que en algunas zonas se observa que la crianza de animales se ha incrementado mientras que la extensión de pastos ha disminuido, cabe analizar los cambios en su estado y si existe presencia de sobrepastoreo. Tal como se señaló, en las partes baja y media de la CRI la ganadería no constituye una actividad fundamental para las UA, y si bien se crían animales, la mayoría son porcinos, que no consumen pastos. Por lo tanto, solo se considera relevante analizar la presencia de sobrepastoreo en la zona alta de la CRI y en la CRP.²²

22 El análisis excluye la parte baja de la CRP debido a que no se cuenta con información sobre el tipo de pasto que predomina en la zona.

Para ello, se utiliza la estimación de la CCA y CCO en función del número de animales por hectárea y extensión de pastos en la zona.

Los resultados para la CCO mínima y máxima para 1994 y el 2012 evidencian la existencia de sobrepastoreo en las partes altas de ambas cuencas, así como en la media de la CRP (tabla 29). Solo en la parte alta de la CRI ha disminuido considerablemente el sobrepastoreo debido a la reducción del número de alpacas, llamas, ovinos y vacunos, y al incremento de las zonas con pasto. En la parte media de la CRP el sobrepastoreo está aumentando, y es el mayor del área de estudio. En esta zona, la población de alpacas y vacunos se ha incrementado, pero los pastos naturales se han reducido. En la parte alta de la CRP, el número de animales se mantiene prácticamente estable, dado que las alpacas y los vacunos aumentan, pero se reducen considerablemente las llamas y los ovinos. Además, otro cambio que se contrarresta es la disminución de los pastos naturales versus el aumento de los cultivados.

Tabla 29
Sobrepastoreo, capacidad de carga actual y óptima
(Animales por hectáreas)

Área de estudio	CCA		CCO		Sobrepastoreo (CCO mínimo)		Sobrepastoreo (CCO máximo)	
	1994	2012	Mínima	Máxima	1994	2012	1994	2012
Cuenca Ica-alta	3,60	1,13	0,30	0,63	3,29	0,83	2,97	0,50
Cuenca Pampas-media	2,81	3,23	0,30	0,63	2,51	2,93	2,18	2,61
Cuenca Pampas-alta	1,79	1,77	0,30	0,63	1,49	1,46	1,16	1,14

Fuentes: CENAGRO 1994 y 2012. Elaboración propia.

6. ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS

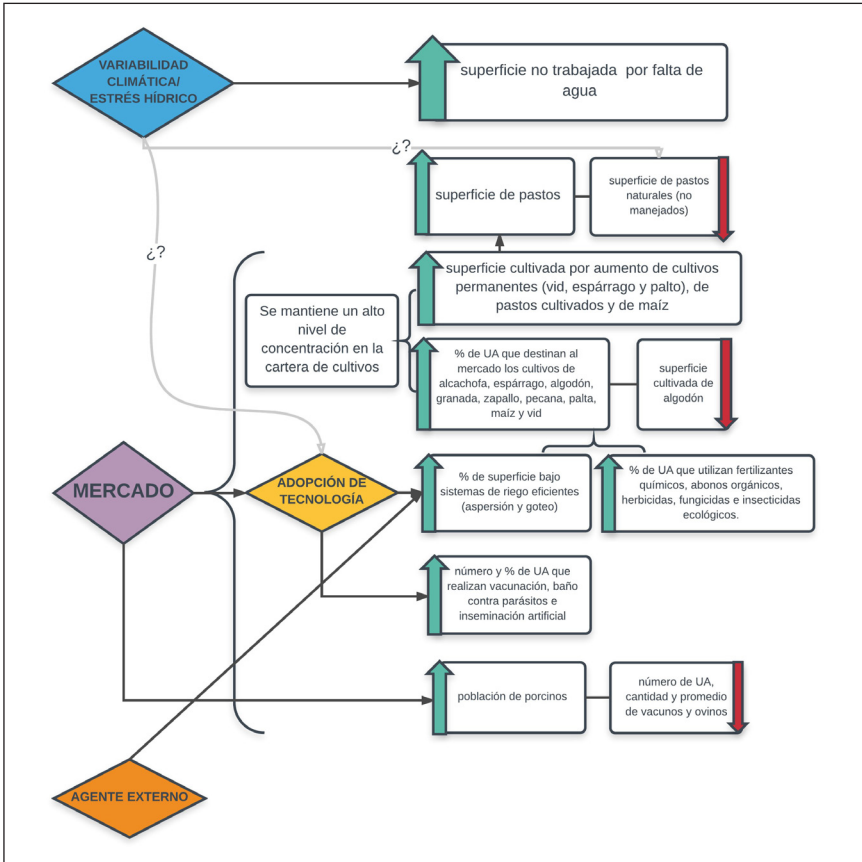
Anteriormente se han descrito los cambios que han experimentado las actividades productivas —agrícolas y pecuarias— en las cuencas estudiadas. En esta sección se resaltan los principales cambios identificados en la actividad agropecuaria para cada zona de las cuencas en estudio y se elaboran hipótesis sobre sus causas y efectos, así como acerca de la interrelación entre estos cambios.

6.1. Cambios en la zona baja de la CRI

En la zona baja de la CRI coexisten principalmente dos fuerzas: la variabilidad climática y el estrés hídrico, y el mercado. A pesar de la sobreexplotación de las aguas subterráneas del valle, del retroceso del espejo lagunar que alimenta el sistema de riego del PETACC, y del aumento de la superficie no trabajada por falta de agua que reportan los productores, los cambios ocurridos en la actividad agropecuaria no responden a estos tres factores, sino a las fuerzas del mercado. Tanto es así que el mercado ha promovido la expansión y priorización de cultivos con alta rentabilidad y de agroexportación, lo que ha generado que se mantenga un alto nivel de concentración de la cartera de cultivos.

Ilustración 3

Flujograma de cambios en la actividad agropecuaria, zona baja de la CRI



Elaboración propia.

En la zona baja de la CRI, la superficie cultivada experimentó un aumento relacionado principalmente con cultivos permanentes —en especial vid, espárrago y palta—, maíz y pastos cultivados. Asimismo, aumentó el porcentaje de UA que destinan a la venta la producción de alcachofa, algodón, espárrago, granada, maíz, palta, pecana, vid y

zapallo. En el caso del algodón, a pesar de este aumento, su superficie cultivada disminuyó notablemente. De acuerdo con la sucursal de Huancayo del Banco Central de Reserva del Perú (2016), la producción de algodón ha venido cayendo a través de los años debido a que los agricultores orientan su trabajo hacia otros cultivos más rentables y con menor volatilidad e incertidumbre en los precios en chacra.

Esta orientación se refleja en el mantenimiento de la superficie bajo riego de cultivos destinados a la venta como mango, naranja, palta, pecana, sandía y vid; en el aumento del porcentaje de la superficie regada con sistemas eficientes —aspersión y goteo—; y en el incremento del porcentaje de UA en las que se utilizan fertilizantes químicos, abonos orgánicos, herbicidas, fungicidas e insecticidas ecológicos. De acuerdo con el Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2016), las plantaciones con fines de exportación se encuentran sometidas a un adecuado riego tecnificado, que aprovecha las aguas del subsuelo y limita la expansión de la frontera agrícola; es decir, las nuevas siembras de cultivos permanentes se realizan a expensas de reducir el cultivo de otros productos.

Con respecto al sector pecuario, a pesar del incremento en el porcentaje de UA cuyos productores aplican la vacunación, los baños antiparásitos y la inseminación artificial, el número de estas UA, así como el promedio y la cantidad de vacunos y ovinos, disminuyó notablemente. No obstante, la población de porcinos sí aumentó en forma considerable. De acuerdo con la Asociación Peruana de Porcicultores (ASOPORCI), en el 2012 se registró un importante crecimiento porcentual de carne porcina debido al mayor número de cerdos madres en las granjas comerciales con producción tecnificada. Este tipo de granjas se sitúan principalmente en la costa; Ica y Lambayeque constituyen los principales centros de producción (Agencia Peruana de Noticias 2013).

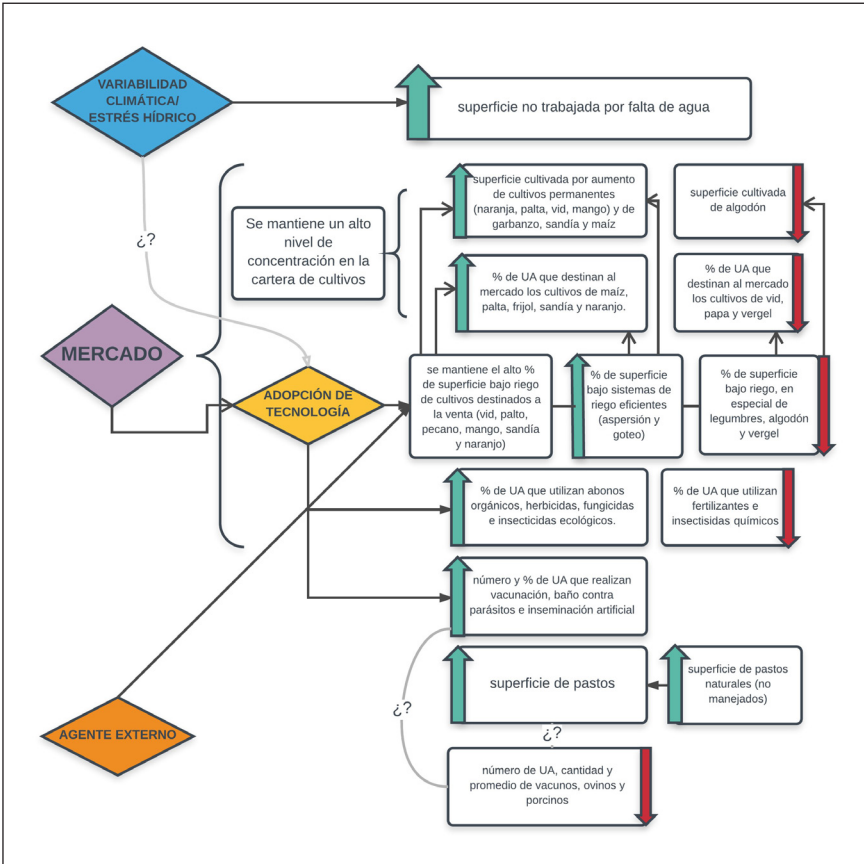
6.2. Cambios en la zona media de la CRI

La zona media también forma parte del área beneficiada por el PETACC, lo cual hace posible el desarrollo de la agricultura a pesar del estrés hídrico que enfrenta. Así, son principalmente las fuerzas del mercado las que guían los cambios observados e impulsan la adopción de la tecnología necesaria para incrementar la producción agrícola comercial. Por ello, al igual que en la zona baja, las UA se especializan en la producción de cultivos con alta rentabilidad. Por lo tanto, se observa un aumento en la superficie de cultivos destinados al mercado como la naranja, el mango, la palta y la vid. También se ha incrementado el número de UA que destinan a la venta cultivos como el maíz y la sandía. Un alto porcentaje de la superficie que alberga estos cultivos es regado con sistemas cada vez más eficientes en el uso del agua, como la aspersión y el goteo. Esta adopción puede estar relacionada con el hecho de que los agricultores son más conscientes de la escasez de agua y de la incertidumbre con respecto a las precipitaciones.

Por el contrario, se ha reducido la superficie bajo riego de cultivos con menor rentabilidad —como el algodón—, de autoconsumo y/o cuya producción destinada a la venta ha descendido —vergel y algunas legumbres—. A su vez, se observa un aumento en el porcentaje de UA que aplican prácticas adecuadas de manejo agrícola, como abonar y utilizar herbicidas, fungicidas e insecticidas ecológicos en vez de fertilizantes e insecticidas químicos.

La actividad ganadera en la zona está constituida principalmente por la crianza de animales menores (Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo 2012c) y, en menor medida, de vacunos, ovinos y porcinos. A pesar del aumento de los pastos naturales y de la mayor adopción de buenas prácticas pecuarias, se registra un descenso tanto en la población de estos animales mayores como en

Ilustración 4 Flujograma de cambios en la actividad agropecuaria, zona media de la CRI



Elaboración propia.

el número de UA que los crían. Aún no queda claro cuál es el factor que ha desencadenado este cambio, pero una hipótesis es que esté relacionado con la mayor rentabilidad y facilidad en la crianza de animales menores.

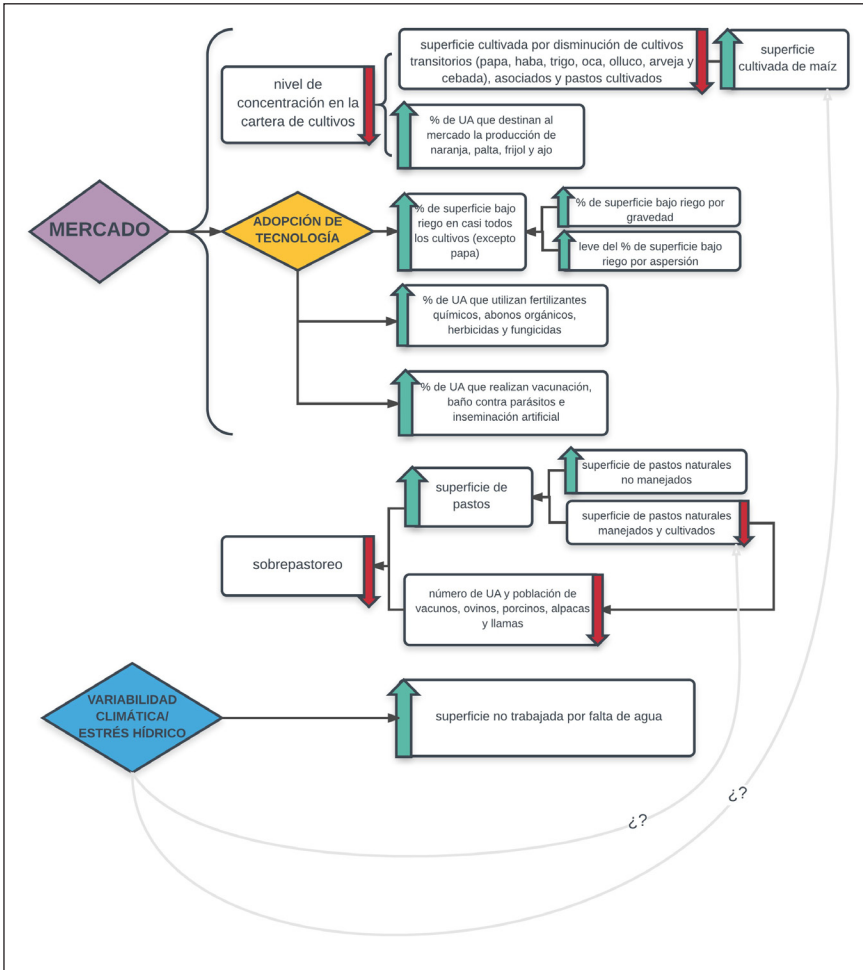
6.3. Cambios en la zona alta de la CRI

La zona alta de la CRI viene atravesando un constante déficit de agua. A diferencia de las zonas baja y media, el estrés hídrico no ha sido suavizado, dado que esta zona carece de acceso a las aguas del trasvase. Por ende, el porcentaje de superficie no trabajada por falta de agua se ha incrementado. La agricultura está destinada principalmente al autoconsumo y el número de cultivos con alta rentabilidad es reducido, por lo cual las UA optan cada vez más por diversificar su cartera de cultivos y, de esta manera, autosostenerse.

En la zona alta de la CRI, disminuyó la superficie destinada a los cultivos permanentes —arveja, cebada, haba, papa, oca, olluco, trigo—, a los asociados y a los pastos cultivados. Por el contrario, la superficie cultivada del maíz experimentó un incremento considerable, lo cual, según el Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2012a), se debe a los precios favorables en chacra y a factores climatológicos benignos durante el proceso de crecimiento. Asimismo, para asegurar la rentabilidad agrícola, las UA optan por cultivos de mercado; por eso se observa el aumento del número de UA que cultivan ajo, naranja, palta y trigo para la venta.

Ante el déficit de agua —generado por la inestabilidad de las precipitaciones— y la necesidad de sostener la actividad, los productores han aumentado la superficie bajo riego en casi todos sus cultivos. Especialmente, han optado por el sistema de riego por gravedad, aunque el porcentaje de superficie bajo riego por aspersión también ha experimentado un leve incremento. De igual forma, el aumento del porcentaje de UA que utilizan tanto fertilizantes químicos como abonos orgánicos, herbicidas, fungicidas e insecticidas ecológicos evidencia que los productores buscan asegurar la productividad y producción de su siembra.

Ilustración 5 Flujograma de cambios en la actividad agropecuaria, zona alta de la CRI



Elaboración propia.

La actividad pecuaria ha sufrido un retroceso en esta zona. A pesar de que ha aumentado el porcentaje de UA en las que se aplica vacunación, baños contra parásitos e inseminación artificial, así como

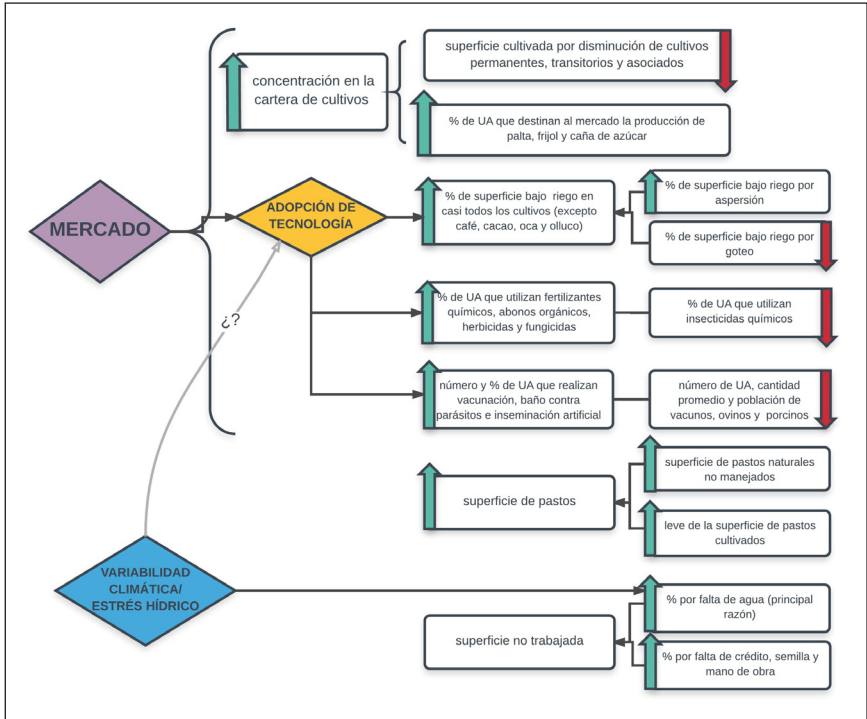
la superficie de pasto, el número de UA, el promedio y la cantidad de todos los animales mayores ha disminuido. El único efecto positivo de esta disminución y del aumento de pastos es que el sobrepastoreo ha descendido levemente en la zona.

6.4. Cambios en la zona baja de la CRP

En la zona baja de la CRP, la superficie cultivada experimentó una reducción considerable, debido a que tanto los cultivos permanentes como los transitorios y asociados disminuyeron su superficie en conjunto. Esta disminución de la superficie está relacionada con la variabilidad de las precipitaciones y el estrés hídrico: entre los años censales, el porcentaje de superficie no trabajada por falta de agua ha aumentado al punto de convertirse en la principal razón para el no uso. No obstante, el porcentaje de superficie no trabajada por falta de créditos, semillas y mano de obra también ha aumentado.

Sin embargo, al igual que en la zona baja de la CRI, los agricultores apuestan por la mejora de la producción y rentabilidad de la actividad. Así, el porcentaje de UA que destinan a la venta su producción de caña de azúcar, frijol y palta ha aumentado. Esta tendencia a la siembra de cultivos de mercado ha generado, a su vez, un aumento en la concentración de la cartera de cultivos de la zona. Asimismo, la mejora de la producción agrícola se refleja en el aumento de la superficie bajo riego de la mayoría de cultivos, excepto del cacao, café, oca y olluco, que son cultivos de secano; incluso se ha elevado el porcentaje de la superficie con riego por aspersión, pero ha disminuido el riego tecnificado por goteo. El número de agricultores que buscan mejorar su productividad y producción también ha aumentado: el porcentaje de UA en las que se utilizan tanto fertilizantes químicos como abonos

Ilustración 6 Flujograma de cambios en la actividad agropecuaria, zona baja de la CRP



Elaboración propia.

orgánicos, herbicidas, fungicidas e insecticidas ecológicos se ha incrementado, mientras que ha disminuido el uso de insecticidas químicos.

En relación con la actividad pecuaria, a pesar de que ha aumentado tanto el porcentaje de las UA en las que se realizan prácticas de manejo —vacunación, baños medicados e inseminación artificial— como la superficie de los pastos —naturales y cultivados—, entre los años censales ha disminuido considerablemente el número de UA, el promedio de animales por UA y la cantidad total de vacunos, ovinos

y porcinos. El BCRP Sucursal de Huancayo (2012b) también registra que ha disminuido la producción de carne y derivados de los animales, y que han aumentado las áreas cultivadas de pasto. Sin embargo, el documento tampoco logra explicar este fenómeno, por lo que queda pendiente una aclaración acerca del porqué se ha reducido la producción pecuaria.

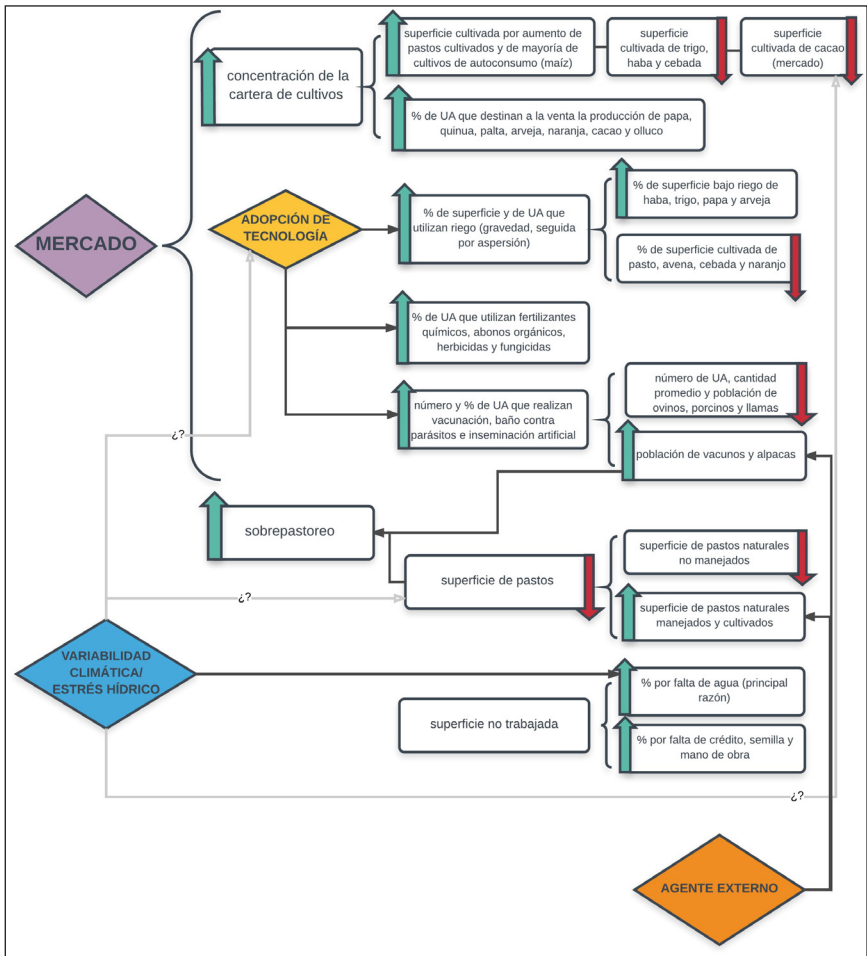
6.5. Cambios en la zona media de la CRP

La zona media de la CRP es un área especializada tanto en la producción agrícola como en la pecuaria, y en la que coexisten la producción comercial y la de autoconsumo. Las actividades realizadas en la zona dependen estrictamente de las condiciones climáticas favorables, la presencia de precipitaciones y el acceso al recurso hídrico. Sin embargo, en la actualidad esta área está afectada por la disminución de las principales fuentes de agua, lo que obviamente limita la disponibilidad de este recurso; esto se refleja en el aumento del porcentaje de UA que identifican la falta de agua como la principal razón para dejar de trabajar la tierra. Adicionalmente, aunque en menor medida, la falta de financiamiento, de semillas y de mano de obra crecen en importancia como razones por las que no se sembró.

En esta zona se está incrementando la superficie de pastos cultivados y de la mayoría de cultivos de autoconsumo, en especial de maíz. Según el Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2012a), el gran aumento de los pastos cultivados responde a la presencia del exproyecto de irrigación Río Cachi, que intervino principalmente en las provincias de Huanta y Huamanga. Asimismo, se ha incrementado el porcentaje de UA que destinan a la venta su producción de arveja, cacao, naranja, olluco, papa, palta y quinua.

El aumento de la superficie cultivada podría estar respondiendo a incentivos de mercado, pues se ofrecen mejores precios y hay mayor demanda en especial para el maíz, la papa y la quinua.

Ilustración 7
Flujograma de cambios en la actividad agropecuaria,
zona media de la CRP



Elaboración propia.

En cambio, la disminución de la superficie sembrada de cacao, cebada, haba y trigo podría estar relacionada con la inestabilidad del comportamiento de las variables climáticas. En el caso del cacao —cultivo de mercado y con precios en alza—, el descenso quizá se explique por las variaciones en las precipitaciones y la temperatura, dado que es un cultivo altamente sensible a estos cambios (Ministerio de Agricultura y Riego 2016).

En general, en la zona media de la cuenca ha aumentado el porcentaje de superficie y de UA que utilizan riego, en especial de gravedad, aunque también con sistemas más eficientes, como la aspersión. Los cultivos con mayor superficie bajo riego son la arveja, el haba, la papa y el trigo; y los que menor superficie irrigada tienen son la avena, la cebada, la naranja y el pasto. También se está incrementando el porcentaje de UA que aplican buenas prácticas para mejorar la producción agrícola y su productividad.

En lo que respecta a la producción pecuaria, está destinada principalmente a la comercialización de derivados como carne, leche y fibra. Los animales con mayor población y mejor cotizados en el mercado son los vacunos y las alpacas, que al igual que los ovinos y las llamas, se alimentan principalmente de pasto. Los pastos en esta zona son abundantes, pero se están reduciendo debido a las desfavorables condiciones del clima y la escasez de agua. Esto explica el descenso del número de ovinos y llamas, que constituyen una competencia en alimento para especies más rentables como las vacas y las alpacas.

Dada la importancia de la ganadería para la generación de ingresos, el Gobierno peruano y algunos agentes externos han posibilitado un aumento del número de vacas y alpacas mediante la expansión de los pastos cultivados y el manejo de pastos naturales gracias a proyectos como Río Cachi. Adicionalmente, se ha incrementado el número y porcentaje de UA en las que el ganado es sometido a vacunaciones,

baños contra parásitos e inseminación, lo cual contribuye a la mejora de la producción y productividad ganadera. A pesar de los intentos de distintos agentes por hacer frente a la reducción y deterioro de los pastos por efecto del cambio climático y la sobrepoblación ganadera, el sobrepastoreo no solo persiste en la zona, sino que se intensifica.

6.6. Cambios en la zona alta de la CRP

Pese a que las zonas altoandinas de Huancavelica forman parte de las obras de trasvase del sistema Choclococha, en la zona alta de la cuenca el porcentaje de superficie no trabajada por falta de agua ha aumentado, e incluso este factor se ha convertido en la principal razón para no sembrar. Por otra parte, el porcentaje de superficie no trabajada por falta de créditos, semillas y mano de obra también ha aumentado. A pesar de ello, la superficie cultivada se ha incrementado como consecuencia del aumento de la superficie de cultivos permanentes, en especial del maíz. Asimismo, se observa un incremento del porcentaje de UA en las que se destina a la venta la producción de eucalipto, frijol, olluco, papa y quinua. Esto muestra que si bien la agricultura en la zona es principalmente de autoconsumo, los conductores de las UA optan cada vez más por introducir su producción al mercado y diversificar su cartera de cultivos. Empero, cultivos tradicionales como la cebada y la oca sí han sufrido una disminución importante de su superficie.

Al igual que en la parte alta de la CRI, los agricultores buscan asegurar la productividad y producción de su siembra. De esta manera, se observa un incremento del porcentaje de UA en las que se utilizan fertilizantes químicos, así como abonos orgánicos, herbicidas, fungicidas e insecticidas ecológicos. Del mismo modo, ante el déficit de agua

superficie regada por aspersión también ha experimentado un leve incremento. Los cultivos que muestran un aumento de su porcentaje bajo riego son el vergel, el eucalipto y los pastos; es decir, cultivos que no están directamente relacionados con la producción agrícola, sino con actividades complementarias como agroforestería, huertos y producción de pastos para la actividad pecuaria. Por el contrario, nuevamente se observa que cultivos tradicionales —arveja, maíz, oca, quinua y trigo— han experimentado una disminución significativa de su superficie bajo riego.

La actividad pecuaria ha experimentado un incremento, por un lado, del número y porcentaje de UA que realizan prácticas de manejo —vacunación, baños medicados e inseminación artificial—; y por otro, del porcentaje de superficie de pastos naturales manejados y cultivados. Estos cambios, que han posibilitado un incremento de la población de vacunos y alpacas, han sido promovidos por los proyectos mencionados en la zona media de la cuenca, cuyo fin es ayudar a los productores a insertarse en la dinámica de mercado. Sin embargo, el promedio y la población de ovinos, porcinos y llamas, así como el número de UA en que se crían, ha disminuido justamente porque estos animales compiten en alimento con las especies más rentables. Por otro lado, un efecto positivo de su disminución, así como del aumento de pastos naturales manejados y cultivados, es que el sobrepastoreo se ha reducido levemente en la zona, a pesar de que la superficie de pastos en su conjunto ha disminuido.

7. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es mostrar que las cuencas analizadas se enmarcan en un contexto de cambio climático y estrés hídrico, y que este tiene efectos en las actividades agropecuarias. El empleo de métodos cuantitativos para el análisis multitemporal de cambios en el comportamiento de los glaciares, lagunas y actividades económicas ha permitido identificar cambios físicos y socioeconómicos no solo en las zonas en conflicto, sino también en todos los ámbitos que dependen de las fuentes hídricas en cuestión. De este modo, el análisis territorial de las cuencas de los ríos Ica y Pampas, así como de los distritos que conforman sus zonas altas, medias y bajas, ha posibilitado diferenciar la configuración socioeconómica de las cuencas, y los efectos que el estrés hídrico y el cambio climático tienen en estas poblaciones y sus actividades.

Una de las evidencias de que las cuencas en estudio experimentan un proceso de cambio climático es el retroceso glaciar. Los resultados obtenidos en el análisis multitemporal de glaciares del área de estudio perteneciente a la cordillera Chonta muestran que, desde 1988 (año base) hasta el 2014, la superficie glaciar ha sufrido un retroceso constante, y que desde mucho antes del 2008 carece de nieve perpetua. Esta reducción/desaparición tiene una influencia directa en la laguna Choclococha, fuente principal del trasvase, cuya superficie está experimentando un retroceso desde 1988. Este cambio tiene y tendrá implicancias sobre todo en las actividades agropecuarias, que dependen de esta fuente de agua para el riego.

La sobreexplotación de las aguas subterráneas que existe en el valle de la CRI ha generado que, desde 1960, se construyan embalses y otros sistemas para el Proyecto Especial Tambo Ccaracocha (PETACC), localizado en las zonas altas de la CRI y la CRP. Este proyecto permite la derivación trasandina de los recursos hídricos regulados y naturales con el fin de incrementar la disponibilidad de agua en estiaje únicamente para las zonas baja y media de la CRI. En consecuencia, las zonas altas de la CRI y la CRP atraviesan un constante déficit de agua y no tienen acceso a las aguas del trasvase; la CRP solo recibe agua de la laguna Choclococha cuando existe un excedente.

A pesar del estrés hídrico que afrontan las zonas baja y media de la CRI, los cambios en la actividad agropecuaria responden más a fuerzas del mercado —*boom* de la agroexportación— que a los efectos del cambio climático. Las fuerzas de mercado impulsan la especialización de las UA y el incremento de la superficie de cultivos altamente rentables: espárrago, palto, vid y otros frutales. Asimismo, impulsan la adopción de tecnologías de riego y de insumos para mejorar la productividad y producción de estos cultivos. Este mayor acceso al recurso hídrico se hace posible por la intervención del Estado mediante el PETACC. Por otro lado, con respecto a la actividad pecuaria, a pesar del aumento de prácticas de manejo del ganado, la producción se ha reducido dado que no constituye la principal fuente de ingresos. No obstante, la crianza de porcinos en la zona baja se ha intensificado, y constituye uno de los principales centros de producción de carne a nivel nacional.

A diferencia de las zonas baja y media de la CRI, en las demás zonas del área de estudio las fuerzas de mercado no predominan sobre los efectos de la variabilidad climática, sino que ambos factores tienen igual influencia sobre los cambios en la actividad agrícola. En la zona alta de la CRI, es evidente que la principal razón de que se haya reducido la superficie sembrada de todos los cultivos es el estrés

hídrico, y no la insuficiencia de otros factores de producción, como sucede en toda la CRP. Sin embargo, frente a la escasez hídrica, los conductores de las UA han optado por intensificar el riego, lo que se traduce en un incremento de la superficie irrigada por gravedad y, de manera menos significativa, de la superficie bajo riego por aspersión.

En la zona alta de la CRI, así como en toda la CRP, las fuerzas de mercado han impulsado que en las UA se prioricen los cultivos destinados a la venta. El incremento de la superficie cultivada es un ejemplo del efecto conjunto del mercado y la variabilidad climática. Los precios favorables en chacra del maíz han generado que un mayor porcentaje de UA destinen el cultivo a la venta. Asimismo, el aumento de la temperatura y la aplicación de sistemas de riego han permitido que el maíz amplíe su rango altitudinal, y ahora puede crecer en las diferentes zonas de las cuencas. Además, en todas estas zonas se ha incrementado el uso de abonos, fertilizantes y plaguicidas, con el fin de combatir la proliferación de plagas y enfermedades causadas por el aumento de la temperatura y los cambios en la precipitación, así como también para mejorar la productividad y producción.

En lo que respecta a la actividad ganadera, coexisten tres fuerzas desencadenantes de cambios: el mercado, el cambio climático y la acción de actores externos. En la zona alta de la CRI y en la baja de la CRP han disminuido fuertemente tanto la población de animales mayores como el número de UA que los crían, lo que ha contribuido al incremento de pastos naturales y a un descenso del sobrepastoreo. Este cambio podría ser producto de la reducción de la rentabilidad ganadera y de la transición hacia una agricultura cada vez más comercial. Hay que anotar que, a pesar de esta reducción, tanto en estas zonas como en toda el área de estudio ha aumentado el porcentaje de UA que han mejorado el manejo del ganado mediante la aplicación de vacunas, baños medicados e inseminación artificial.

A diferencia de la zona alta de la CRI y baja de la CRP, en las zonas media y alta de la CRP, donde la actividad ganadera es la principal fuente de ingresos, los precios de los subproductos pecuarios han aumentado y, a lo largo de los años, se ha intensificado la crianza de animales. La sobrepoblación de animales, así como los efectos del cambio climático, contribuyeron al deterioro de los pastos naturales, lo que representaba una restricción. Sin embargo, guiados por los incentivos de mercado, los agricultores incrementaron la crianza de los animales rentables —vacas y alpacas— a costa de la disminución de ovinos y llamas, los cuales compiten en alimento con los primeros. Asimismo, agentes externos —Estado y ONG— han invertido en proyectos que permiten manejar y sembrar pastos. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, el sobrepastoreo persiste en ambas zonas e incluso se ha intensificado en la zona media.

8. REFLEXIÓN Y ALCANCE

Realizar un análisis territorial a través de cuencas hidrográficas ha sido relevante para entender la repercusión de los problemas de disponibilidad y acceso al agua de las poblaciones agrícolas y ganaderas en la CRI y la CRP. El desarrollo de la actividad agropecuaria de las UA está condicionado por el acceso y control sobre los recursos naturales, humanos, sociales, físicos y económicos. En el estudio se ha identificado que los productores implementan diversas estrategias para enfrentarse a los *shocks* de vulnerabilidad relacionados con el cambio climático y la presencia del trasvase. Sin embargo, en algunos casos, estas estrategias son costosas y sofisticadas, y su adopción está restringida únicamente a los conductores de UA que cuentan con mayor poder adquisitivo (Muñoz 2016). Y en otros casos, su sostenibilidad está limitada por el recurso hídrico —por ejemplo los sistemas de riego—, cuya disponibilidad será cada vez más incierta y escasa, según las proyecciones del clima (Ministerio del Ambiente 2016).

Los principales cultivos sembrados en las zonas baja y media de la CRI, y destinados a la agroexportación, tienen requerimientos de agua muy altos. Así, la alcachofa, el espárrago, la palta y la uva son cultivos con una *gran huella hídrica azul*; es decir, requieren grandes volúmenes de agua de riego para su producción (Autoridad Nacional del Agua 2015), lo cual no es coherente con la realidad de estrés hídrico que afronta la cuenca. Además, más del 50% de la superficie de estos cultivos se encuentra en manos de los conductores de las UA de mayor

tamaño —más de 100 hectáreas—, que en su mayoría son grandes empresas agroexportadoras; en este caso, la explotación del recurso solo responde a los incentivos de mercado para la maximización de beneficios privados, lo cual lleva al deterioro del recurso común y a la consecuente escasez (Muñoz 2016).

Por otro lado, los sistemas agrícolas y pecuarios tradicionales de la CRP y la parte alta de la CRI son especialmente vulnerables, debido a que dependen de la biodiversidad de los ecosistemas y de las condiciones climáticas. Por ejemplo, para esta población, la ganadería constituye la principal fuente de generación de ingresos. Pero esta fuente depende estrictamente de los pastos y del recurso hídrico de los bofedales y humedales altoandinos, que están disminuyendo no solo por los efectos del estrés hídrico y cambio climático, sino también por el trasvase. Las características socioeconómicas y demográficas, así como el contexto político desventajoso, al parecer están limitando la capacidad de la población para hacer frente a estos efectos. La presión que el cambio climático ejerce sobre las actividades de subsistencia tiene consecuencias negativas en la seguridad alimentaria, pues exagera la condición de pobreza y desnutrición de estos agricultores; además, pone en riesgo su sostenibilidad, dado que los efectos negativos motivan su salida de la actividad.

Observando estos resultados, se hace evidente la falta de una visión integrada, lo cual explica la fuerte contradicción entre la realidad física y las fuerzas sociales. Esta contradicción pone en peligro el bienestar de las poblaciones ubicadas en la zona alta de la CRI y en toda la CRP, así como la sostenibilidad del sistema de trasvase. La desaparición de los glaciares de la cordillera Chonta, la reducción del espejo de agua de la laguna Choclococha, y la percepción de que está disminuyendo la disponibilidad y el acceso a los recursos hídricos, evidencian la incompatibilidad entre, por un lado, la cartera de cultivos del modelo

agroexportador de las zonas baja y media de la CRI y, por el otro, la realidad de la cuenca. Si bien el uso de agua en estos cultivos es apropiado y económicamente ventajoso para la generación de divisas, la viabilidad económica solo se logra en el corto plazo, a costa de la sostenibilidad ambiental en el largo plazo.

Además, los resultados climáticos para la CRI muestran que, para el 2030, habrá una reducción de la precipitación de hasta -5,4%, y un aumento de +0,5 °C en la temperatura del aire (Ministerio del Ambiente 2016), lo cual generará una mayor presión sobre el recurso hídrico y, posiblemente, mayores conflictos relacionados con el acceso. Tomando en cuenta estos datos, se cuestiona la sostenibilidad a largo plazo del modelo agroexportador y del trasvase en un marco de escasez hídrica y cambio climático. Por lo tanto, en este contexto, el desafío es mantener la agroindustria y agroexportación de la CRI y salvaguardar la ganadería y agricultura de subsistencia, mejorando la calidad de vida de la población de las otras zonas, pese a la alta exposición a eventos extremos —sequías, heladas— y a la escasez de agua por la desglaciación.

A la luz de lo planteado anteriormente y de los objetivos del estudio, se han identificado tres temas de investigación pendientes. Primero, si se quiere lograr la sostenibilidad de las actividades agropecuarias de subsistencia y de la agricultura de exportación en el área de estudio, es necesario proponer alternativas que compatibilicen las decisiones políticas, la acción social y las diversas actividades con la realidad hídrica en un contexto de cambio climático. El Gobierno Regional de Ica ha propuesto una Ley de Pago por Servicios Ecosistémicos —o canon de agua— para las partes altas, considerando que la agricultura tiene un proceso de “duración indefinida”. Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con estudios que estimen las externalidades derivadas del trasvase ni la disponibilidad futura del recurso hídrico en las zonas comprometidas. Asimismo, si se implementara la Ley del

Canon, sería necesario considerar lo establecido por la Ley 27360, que reduce al 15% el impuesto a la renta para el sector agroindustrial. Por otro lado, en la actualidad se discuten alternativas al PETACC, como la desalinización del agua del mar y la recarga del acuífero de la CRI, las cuales deberán someterse a un análisis costo-beneficio y de externalidades, para evaluar si son mejores opciones que el trasvase.

Segundo, en vista de que en las partes altas de ambas cuencas predomina la actividad ganadera, dependiente de recursos como los bofedales y los humedales altoandinos, es necesario realizar un estudio posterior que identifique si existe una variación en estos recursos y cómo se relacionan con el retroceso glaciar y la disminución de la laguna Choclococha. Dado que ya no existe nieve perpetua en la cordillera del Chonta, cabe realizar un estudio acerca de en qué medida se ha reducido la oferta de agua debido a su desaparición, y cuáles son las fuentes de agua que actualmente alimentan las cuencas y lagunas abarcadas por el PETACC; asimismo, es necesario analizar el comportamiento de las precipitaciones y su influencia en la actividad agropecuaria. Por otra parte, para evaluar el estado de las pasturas altoandinas de la zona, es preciso desarrollar estudios sobre la calidad de estas coberturas, con el fin de mejorar el cálculo de la capacidad de carga óptima.

Finalmente, ciertos cambios identificados en la superficie sembrada de cultivos y en la actividad pecuaria no han podido ser explicados en el presente estudio. Falta información respecto a las variedades de cultivos, el destino de la producción, las razones de siembra y los cambios en la población de animales. Por ello, es necesario realizar un trabajo de campo que permita identificar los factores de cambio y validar las hipótesis asociadas a estos. Una vez que se cuente con la información de campo, el siguiente paso es estimar un modelo econométrico que establezca una relación causa-efecto entre las variables físicas y los cambios en las actividades productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Peruana de Noticias (2013). Producción peruana de carne porcina crece 4,7% en el 2012 y suma US\$302,5M. *América Economía*. Recuperado de <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/produccion-peruana-de-carne-porcina-crece-47-en-el-2012-y-suma-us3025m>.
- Administración Local del Agua Ayacucho (2010). *Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Pampas* (vol. 1). Lima: Ministerio de Agricultura y Autoridad Nacional del Agua. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/evaluacion_rh_superficiales_rio_pampas_0.pdf.
- Altieri, Miguel A. y Clara I. Nicholls (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de Agroecología*, 24(4), 5-8. Recuperado de <https://socla.co/wp-content/uploads/2014/leisa-campesino-cambio-climatico.pdf>.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Huella hídrica del Perú: sector agropecuario*. Lima. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/media/1256542/estudio_huella_hidrica_nacional.pdf.
- Autoridad Nacional del Agua (2014a). *Inventario nacional de glaciares y lagunas: glaciares*. Huaraz: MINAGRI y ANA. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/media/981508/glaciares.pdf>.

- Autoridad Nacional del Agua (2014b). *Inventario nacional de glaciares y lagunas: lagunas*. Huaraz: MINAGRI y ANA. Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/media/981568/lagunas.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2016). *Caracterización del departamento de Ica*. Lima: BCRP.
- Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2012a). *Síntesis económica de Ayacucho*. Lima: BCRP.
- Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2012b). *Síntesis económica de Huancavelica*. Lima: BCRP.
- Banco Central de Reserva del Perú, sucursal de Huancayo (2012c). *Síntesis económica de Ica*. Lima: BCRP.
- Barja, Rocío (2014, 14 enero). ANA: el 90% de los conflictos por el agua se dan entre privados. *Diario Gestión*. Recuperado de <http://gestion.pe/imprensa/ana-90-conflictos-agua-se-dan-entre-privados-2086127>.
- Barrantes, Roxana; Elena Borasino, Manuel Glave, Miguel La Rosa y Karla Vergara (2016). *De la Amazonía su palma: aportes a la gestión territorial en la región Loreto*. Lima: IEP, GRADE y DAR.
- Bradley, Raymond S.; Frank T. Keimig, Henry F. Díaz y Douglas R. Hardy (2009). Recent changes in freezing level heights in the Tropics with implications for the deglaciation of high mountain regions. *Geophysical Research Letters*, 36(17), L17701. Recuperado de <https://doi.org/10.1029/2009GL037712>.
- Breshears, David D.; Travis E. Huxman, Henry D. Adams, Chris B. Zou y Jennifer E. Davison (2008). Vegetation synchronously leans upslope as climate warms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(33), 11591-11592. Recuperado de <https://doi.org/10.1073/pnas.0806579105>

- CARE (2010). *Manual para el análisis de capacidad y vulnerabilidad climática* (CVCA). Lima: CARE.
- Castellaro, Giorgio y Juan Pablo Escanilla (2011). *Determinación de la capacidad de carga en sistemas extensivos de producción ovina*. Recuperado de http://www.uchile.cl/documentos/determinacion-de-la-capacidad-de-carga-en-sistemas-extensivos-de-produccion-ovina_58311_31_1007.pdf.
- Clements, Rebecca; Jeremy Haggar, Alicia Quezada y Juan Torres (2013). *Tecnologías de adaptación al cambio climático: sector agropecuario*. Serie Guías de Evaluación de las Necesidades Tecnológicas (ENT). PNUMA. Recuperado de http://www.tech-action.org/-/media/Sites/TNA_project/TNA%20Guidebooks/Technology%20Spanish/Adaptacion-Agricultura-ES.ashx?la=da.
- Damonte, Gerardo. (2011). *Construyendo territorios: narrativas territoriales aymaras contemporáneas*. Lima: GRADE y CLACSO.
- Días, Henry; Jon Eischeid, Chris Duncan y Raymond Bradley (2003). Variability of freezing levels, melting season indicators, and snow cover for selected high-elevation and continental regional in the last 50 years. *Climate Change*, 59(1-2), 33-52. Recuperado de <http://www.geo.umass.edu/faculty/bradley/diaz2003.pdf>.
- Florez, Arturo (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima ITDG y OIKOS. Recuperado de <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/MjY=.pdf>.
- Frey, H., W. Haeberli, A. Linsbauer, C. Huggel y F. Paul (2010). A multi-level strategy for anticipating future glacier lake formation and associated hazard potentials. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(2), 339-352. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/nhess-10-339-2010>.

- Galarza Lucich, Luisa (2002). El enfoque. En Luisa Galarza Lucich. *Descentralización, organización económica del territorio y potencial de recursos* (pp. 3-9). Cuadernos PNUD. Serie Desarrollo Humano, 3. Lima: PNUD. Recuperado de http://ww2.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/sala_lectura/archivos/Descentralizaci_n_organizaci_n_econ_mica_del_territorio_y_potencial_de_los_recursos._Cap_II._1.pdf.
- Galindo, Luis Miguel; Joseluis Samaniego, José E. Alatorre y Jimy Ferrer Carbonell (2014). *Procesos de adaptación al cambio climático: análisis de América Latina*. Estudios del Cambio Climático en América Latina. Santiago de Chile: Naciones Unidas y CEPAL.
- Garrido, Arturo; José Luis Pérez Damián y Carlos Enríquez Guadarrama (2010). Delimitación de las zonas funcionales de las cuencas hidrográficas de México. En Helena Cotler Ávalos (Coord.). *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización* (14-17). México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología, Fundación Gonzalo Río Arronte.
- González, Alejandro (2011). *Nuevas percepciones del territorio, espacio social y el tiempo. Un estudio de los conceptos tradicionales (o clásicos) hasta su concepción en el siglo XXI*. Ponencia presentada en VI Jornadas de Jóvenes Investigadores, Instituto de Investigaciones Gino Germani, Buenos Aires. Recuperado de http://webiigg sociales.uba.ar/iigg/jovenes_investigadores/6jornadasjovenes/EJE6 PDF/eje_6_gonzalezale.pdf.
- González Fuenzalida, Luis (2011). *Gestión del territorio: un método para la intervención territorial*. Recuperado de http://www.agren.cl/libro_digital/gestion_territorial/.
- Guardamino, Lucía (2014). *Análisis de la evolución de las lagunas de alta montaña en la cordillera del Vilcabamba (Cusco y Apurímac) entre*

- los años 1991-2014: mediante métodos de sensoramiento remoto y SIG*. Tesis para optar el título de licenciatura en Geografía y Medio Ambiente. Lima: PUCP.
- Holechek, Jerry (1988). An approach for setting the stocking rate. *Rangelands*, 10(1), 10-14. Recuperado de <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/rangelands/article/viewFile/10362/9633>.
- Holechek, Jerry; Rex Pieper y Carlton Herbel (2011). *Range management : principles and practices* (6ª edición). Pearson.
- Howden, S. Mark; Jean Francois Soussana, Francesco N. Tubiello, Netra Chhetri, Michael Dunlop y Holger Meinke (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691-19696. Recuperado de <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). *Guía estadística para el análisis de la información del IV CENAGRO*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1994). *Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico*. Lima: INRENA.
- Lefebvre, Henri (1991). *The production of space*. Oxford: Blackwell.
- Machaca, John (2010, setiembre). *Condición de los pastizales naturales en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca: evaluación e interpretación agrotoedafológica*. Diapositivas presentadas en el III Simposium Internacional de Investigación en Camélidos Sudamericanos, Arequipa.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2016). *Adaptación al cambio climático para la competitividad agraria: experiencias exitosas en cultivos de algarroba, cacao y café*. Lima: MINAGRI. Recuperado de http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manual-es-boletines/bioenergia/adaptacion_algarroba_cacao.pdf.

- Ministerio de Economía y Finanzas (2011). *Principales proyectos*. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=338&Itemid=100906&lang=en.
- Ministerio del Ambiente (2016). *El Perú y el cambio climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva*. Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente y Cooperación Técnica Belga (CTB Perú) (2013). *Formulación de la Estrategia Regional de Gestión Integral de Recursos Hídricos del Departamento de Huancavelica*. Huancavelica: MINAM y CTB.
- Morton, John F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19680-19685. Recuperado de <https://doi.org/10.1073/pnas.0701855104>
- Muñoz, Ismael (2016). Agroexportación y sobreexplotación del acuífero de Ica en Perú. *Anthropologica*, XXXIV(37), 115-138.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1996). *Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas*. Roma: FAO.
- Oslender, Ulrich (2002). Espacio, lugar y movimientos sociales: hacia una “espacialidad de resistencia”. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, VI(115). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-115.htm>.
- Pacheco, Martha (2007). *Manejo de alpacas en páramos*. Quito: Fundación Heifer Ecuador y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Recuperado de <http://infoalpacas.com.pe/>

wp-content/uploads/2016/01/Aplic-BC-Manual-de-manejo-de-alpacas-en-Ecuador-ok.pdf.

- Panfichi, Aldo y Omar Coronel (2011). Los conflictos hídricos en el Perú 2006-2010: una lectura panorámica. En Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwartveen (Eds.). *Justicia hídrica: acumulación, conflicto y acción social* (pp. 393-422). Lima: IEP.
- Peña, Fluquer; Mauro Sánchez y Walter Pari (2010). *Hidrogeología de la cuenca del río Ica: regiones Ica y Huancavelica*. Serie H: Hidrogeología, 3. Lima: INGEMMET.
- Pereyra, Carlos (2009). *Usos, derechos y conflictos por el agua en el Perú: panorama de los conflictos por el Perú*. Diapositivas presentadas en el Foro Nacional Agua: Políticas, Conflictos y Consensos, IPROGA, Lima.
- Ponce, Carmen; Carlos Alberto Arnillas y Javier Escobal (2015). Cambio climático, uso de riego y estrategias de diversificación de cultivos en la sierra peruana. En Javier Escobal, Ricardo Fort y Eduardo Zegarra (Eds.). *Agricultura peruana: nuevas miradas desde el Censo Agropecuario* (pp. 87-170). Lima: GRADE.
- Rabatel, Antoine, B. Francou, Álvaro Soruco, J. Gómez, B. Cáceres, J. L. Ceballos y P. Wagnon (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1), 81-102. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>.
- Ravines, Rogger (1978). *Tecnología andina*. Lima: IEP e Instituto de Investigación Tecnológica, Industrial y de Normas Técnicas.
- Sack, Robert D. (1996). *Human territoriality: its theory and history*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Salazar, Beatriz (2014). Proyectos de agua para Ica: vulneran el derecho de las comunidades de Huancavelica. *La Revista Agraria*, 161, 4-5.
- Santos, Milton. (1998). O retorno do território. En Milton Santos, Maria Adelia de Souza y María Laura Silveira (Eds.). *Território, globalização e fragmentação* (pp. 15-20) (4.^a edición). São Paulo: Hucitec-ANPUR. Recuperado de <http://www.direito.mppr.mp.br/arquivos/File/TerritorioGlobalizacaoeFragmentacaomiltonSANTOS.pdf>.
- Torres, Juan y Anelí Gómez (Eds.) (2008). *Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes*. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9414E4ABB1319A9D05257C700053AEB2/\\$FILE/1_pdfsam_Adaptacion_al_cambio_climatico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9414E4ABB1319A9D05257C700053AEB2/$FILE/1_pdfsam_Adaptacion_al_cambio_climatico.pdf).
- Trivelli, Carolina; Javier Escobal y Bruno Revesz (2009). *Desarrollo rural en la sierra: aportes para el debate*. Lima: CIPCA, GRADE, IEP y CIES.
- Urteaga, Patricia (2014, 19 marzo). Entrevista con Patricia Urteaga. En la mayoría de conflictos por el agua en nuestro país están involucradas actividades extractivas. *Clima de Cambios*. Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/index.php?tmpl=articulo&id=1608>.
- World Vision (2001). *Manual de manejo de cuencas. Módulo I: conceptos básicos de cuencas*. Recuperado de www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual_manejo_de_cuencas_modulo_1%5B1%5D.pdf
- Yap, Aderly (2015). *Análisis multitemporal de glaciares y lagunas glaciares en la Cordillera Blanca e identificación de potenciales amenazas GLOFs*. Tesis para obtener el título de licenciado en Geografía y Medio Ambiente. Lima: PUCP.

Zimmer, Anais; Rosa I. Meneses, Antoine Rabatel, Álvaro Soruco y Fabien Anthelme (2014). Caracterizar la migración altitudinal de las comunidades vegetales altoandinas frente al calentamiento global mediante cronosecuencias post-glaciales recientes. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 27-41. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v49n3/v49n3_a04.pdf.

Otros documentos

Autoridad Nacional del Agua (ANA)

2009 Archivos *shapefile* de las cuencas hidrográficas del Perú.

2014 Archivos *shapefile* de los ríos y lagunas del Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

2010 Archivos *shapefile* de los límites distritales.

1994 Base de datos del III Censo Nacional Agropecuario.

2012 Base de datos del IV Censo Nacional Agropecuario.

Jarvis, A., H. I. Reuter, A. Nelson y E. Guevara

2008 Hole-filled SRTM for the globe Version 4. Recuperado el 6 de enero del 2015, de CGIAR-CSI SRTM 90m. Database <http://srtm.csi.cgiar.org>.

Tabla 1-A
Zonas de la cuenca del río Pampas
y sus límites político-administrativos

Zonas de la cuenca	Departamento	Provincia	Distrito	
Parte alta	Huancavelica	Castrovirreyna	Santa Ana	
		Huaytara	Piñahaca	
	Cangallo	Chuschi	Paras	Totos
		Sacsamarca	Sansos	Santiago de Lucnamarca
		Huanta	Huanta	Aucara
	Ayacucho	Lucanas	Cabana	Carmen Salcedo
			Chipao	Laramate
			San Pedro de Palco	Coracora
			Parinacochas	Huacana
			Morcolla	San Pedro de La raya
		Sucre	San Salvador de Quije	Soras
			Apongo	Huancarsvilla
		Víctor Fajardo	Sarhua	Vitancchos
			Andahuaylas	Chiara
			Andahuaylas	Kishuara
	Pomacocha			San Jerónimo
	Tumay Huanca			Sañayca
	Aymaraes			

Zonas de la cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Parte baja	Ayacucho	La Mar	Anco
			Chungui
	Apurímac	Andahuaylas	Andarespa
			Pacoabamba
		Chincheros	Huacana
			Ocolobta
			Ongoy

Zonas de la cuenca	Departamento	Provincia	Distrito	
Parte media	Aya cucho	Cangallo	Cangallo	
			Los Morochucos	
			Maria Parado de Bellido	
		Huamanga	Chiara	
			Oros	
		Huancasancos	Carapo	
		La Mar	Chicas	
			Luis Carranza	
		Lucanas	San Miguel - Samugari	
			Tambo	
		Sucre	Sucre	Santa Ana de Huaycahuacho
				Beñen
				Chalcos
				Chicayoc
				Paico
	Querobamba			
	Santiago de Paucaray			
	Asquipata			
	Canaria			
	Cayara			
	Colca			
	Víctor Fajardo	Víctor Fajardo	Huamantiquia	
			Huancapi	
			Huaya	
			Accomarca	
			Alcamenca	
	Víctor Huamán	Víctor Huamán	Carhuana	
			Concepción	
			Huambalpa	
			Independencia	
			Saurama	
			Villas Huamán	
Vischongo				
Anco - Huaillo				
Chincheros				
Codharcas				
Ranra cancha				
Apurímac	Chincheros	Uramarca		
		Huancaray		
		Huayana		
		Pacucha - Kaquiabamba		
		San Antonio de Chachi		
	Andahuaylas	San Miguel de Chacra pampa		
		Santa María de Chicmo		
		Talavera de la Reyna		
		Turpo		

Elaboración propia.

Tabla 2-A
Número de UA y personas en el área de estudio, 1994-2012

Cuenca	1994		2012	
	UA	Personas	UA	Personas
Cuenca Ica-baja	10 248	50 342	12 049	38 734
Cuenca Ica-media	2681	11 786	3464	10 029
Cuenca Ica-alta	8249	28 641	2477	6520
Cuenca Pampas-baja	10 557	49 589	9724	34 186
Cuenca Pampas-media	40 734	181 651	51 630	162 992
Cuenca Pampas-alta	28 095	124 268	27 859	94 264
Total	100 564	446 277	107 203	346 725

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Tabla 3-A
Zonas de la cuenca del río Ica y sus límites político-administrativos

Zonas de la cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Parte alta	Huanavelica	Huaytará	Ayaví
			Córdova
			Huaytará
			Laramarca
			San Francisco de Sangayaico
			San Isidro
			Santiago de Chocorvos
			Santo Domingo de Capillas
Parte media	Ica	Ica	Tambo
			Los Aquijes
			San José de los Molinos
Parte baja	Ica	Ica	Yauca del Rosario
			Ica
			La Tinguiña
			Ocucaje
			Pachacútec
			Parcona
			Pueblo Nuevo
			Salas
			San Juan Bautista
			Santiago
Subtanjalla			
Tate			

Elaboración propia.

Tabla 4-A
Superficie de la UA-total, promedio por UA
(hectáreas)

Cuenca	1994		2012	
	Total	Promedio UA	Total	Promedio UA
Cuenca Ica-baja	57 805	5,64	79 893	6,63
Cuenca Ica-media	16 560	6,18	167 255	48,28
Cuenca Ica-alta	128 178	15,54	159 014	64,20
Cuenca Pampas-baja	204 359	19,36	155 893	16,03
Cuenca Pampas-media	450 832	11,07	358 335	6,94
Cuenca Pampas-alta	718 124	25,56	683 016	24,52
Total	1 575 858	15,67	1 603 406	14,96

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Tabla 5-A
Actividades económicas realizadas por las UA
(número de UA y porcentaje)

Cuencas	Agricultura		Ganadería		Otra actividad	
	1994	2012	1994	2012	1994	2012
Cuenca	9606	11 691	4837	3929	729	150
Ica-baja	93,7%	97,0%	47,2%	32,6%	7,1%	1,2%
Cuenca	2362	3414	1171	1019	156	69
Ica-media	88,1%	98,6%	43,7%	29,4%	5,8%	2,0%
Cuenca	7455	2142	6502	1864	2872	346
Ica-alta	90,4%	86,5%	78,8%	75,3%	34,8%	14,0%
Cuenca	10 334	9538	9444	8649	1427	370
Pampas-baja	97,9%	98,1%	89,5%	88,9%	13,5%	3,8%
Cuenca	39 991	50 364	34 720	40 646	5110	1903
Pampas-media	98,2%	97,5%	85,2%	78,7%	12,5%	3,7%
Cuenca	25 597	25 517	24 551	23 936	5515	1910
Pampas-alta	91,1%	91,6%	87,4%	85,9%	19,6%	6,9%

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Ilustración 1-A

Mapa de análisis multitemporal de las lagunas

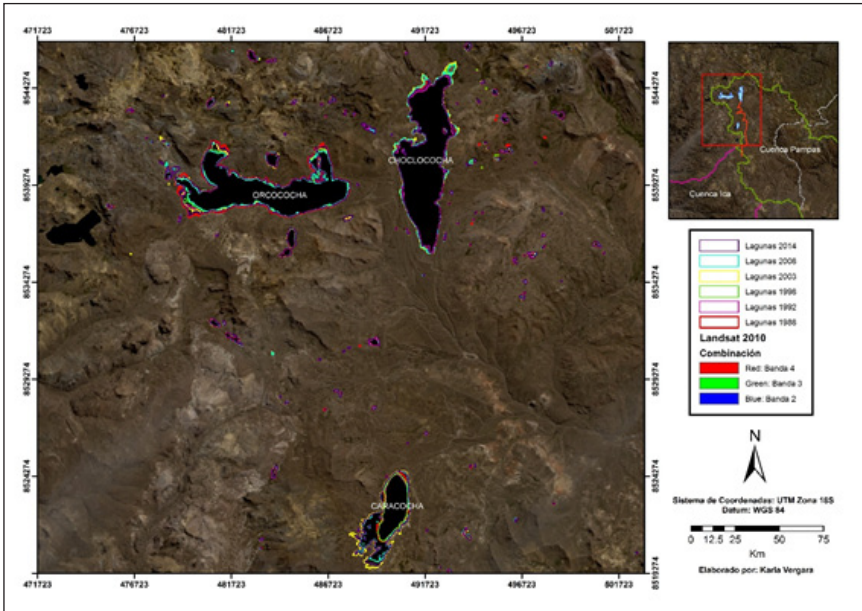


Tabla 6-A
Superficie agrícola según tipo en las partes baja, media y alta de la CRI
(hectáreas)

Tipo de superficie	Cuenca Ica-baja		Cuenca Ica-media		Cuenca Ica-alta		
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	
Superficie agrícola	Barbecho	1894,78	8855,45	437,35	2188,16	5671,33	2025,08
	No trabajada	399,16	31 467,16	180,43	13 208,29	3720,79	1170,20
	En descanso	0,00	0,00	0,00	0,00	3696,92	2521,97
	Cultivo permanente	6166,81	19 967,81	449,19	2784,32	22,33	492,94
	Cultivo transitorio	15 562,84	13 129,30	2544,58	2114,38	6798,19	4399,95
	Cultivo asociado	7590,80	1361,29	1279,95	883,49	822,90	8,44
	Cultivo forestal	114,87	26,56	38,77	0,11	5,26	0,00
	Pastos cultivados	359,58	3178,20	123,07	117,99	5568,02	2782,21

Fuentes: INEL, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Tabla 7-A
Superficie agrícola según tipo en la parte baja, media y alta de la CRP
(hectáreas)

Tipo de superficie	Cuenca Pampas-baja		Cuenca Pampas-media		Cuenca Pampas-alta		
	1994	2012	1994	2012	1994	2012	
Superficie agrícola	Barbecho	2609,43	4628,11	12 537,49	16 102,96	8767,02	7152,22
	No trabajada	4904,79	624,97	10 304,87	3299,92	3602,65	2117,66
	En descanso	3944,76	1679,78	15 505,35	14 261,74	5729,19	15 556,29
	Cultivo permanente	4522,95	1525,39	3141,86	3259,02	128,55	142,21
	Cultivo transitorio	10 409,90	4212,68	41 411,49	40 045,88	20 632,37	35 891,62
	Cultivo asociado	1295,55	390,54	1938,61	2147,28	1731,36	1290,80
	Cultivo forestal	8,00	4,58	1828,14	243,21	2755,67	6,95
	Pastos cultivados	26,85	179,73	647,71	8192,98	1700,66	44 078,72

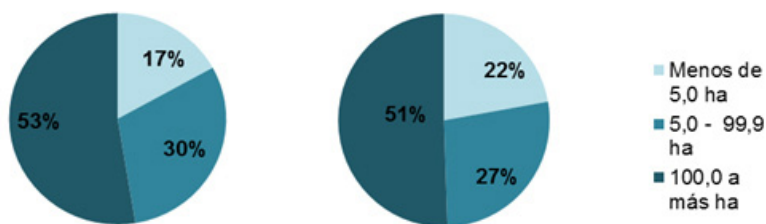
Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Tabla 8-A
Destino de la venta de los principales cultivos en las partes baja y
media de la CRI, 2012 (% UA)

Cultivo	Parte baja			Cultivo	Parte media		
	Nacional	Exterior	Agroindustria		Nacional	Exterior	Agroindustria
Vid	94,9	4,0	1,5	Vid	93,1	3,6	4,2
Espárrago	62,9	36,9	1,6	Maíz	100,0	0	0,4
Maíz	99,5	0	1,6	Palta	92,2	8,2	0,8
Algodón	98,4	0	5,2	Algodón	99,7	0	0,5
Pallar	99,8	0,1	1,1	Garbanzo	100,0	0	0
Pasto	100,0	0	0,0	Pallar	100,0	0	0
Palta	86,0	14,0	0,0	Pecana	98,6	1,4	0
Pecana	98,0	1,9	0,6	Mango	99,8	0,2	0
Naranja	80,5	19,5	0,0	Alfalfa	100,0	0	0
Granada	44,4	55,6	0,0	Frijol	100,0	0	0
Vergel	99,5	0	1,0	Vergel	100,0	0	0
Mango	99,6	0	0,4	Papa	100,0	0	0
Zapallo	92,5	7,5	0,0	Sandía	100,0	0	0
Tomate	0,0	100,0	0,0	Tuna	100,0	0	0
Alcachofa	24,1	55,2	20,7	Naranja	92,9	7,1	0
Total	78,7	19,6	2,2	Total	98,4	1,4	0,4

Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Ilustración 2-A
Superficie de cultivos con huella hídrica en la zona baja y media de la CRI, según tamaño de la UA
(porcentaje)



Fuentes: INEI, III CENAGRO 1994, IV CENAGRO 2012. Elaboración propia.

Cambios en la actividad agropecuaria en un
contexto de cambio climático y estrés hídrico.
El caso de las cuencas de Ica y Pampas

se terminó de editar en el
mes de mayo del 2017.