

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

El emblema de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que representa el progreso y el desarrollo agrícola, se encuentra en el centro de la portada.



“INVENTARIO DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS TRADICIONALES Y MODERNAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA ANDINA DEL PERÚ”

Presentado por:

LUCIA CHÁVEZ LA TORRE

CLAUDIA LLERENA ORTEGA

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2015

Dedicatoria

A mi abuelo Pedro por darme su inmensa sabiduría y por ser siempre mi fuente de inspiración. Un beso al cielo - Claudia Ll.

A Susan, bendito el día en el que Dios decidió que tú fueras mi hermana - Lucía Ch.

Agradecimientos

Al Ing. Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes, por su incondicional orientación y valioso apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación no experimental.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivo general	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Vulnerabilidad y cambio climático.....	5
2.2 Adaptación de la agricultura al cambio climático	6
2.3 Variabilidad climática en la región andina.....	9
2.4 Tecnologías tradicionales de adaptación al cambio climático.....	18
2.5 Tecnologías contemporáneas de adaptación al cambio climático	43
2.6 Zonificación agroecológica	71
III. MATERIALES Y MÉTODOS	75
3.1 Materiales	75
3.2 Métodos	75
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	90
4.1 Selección de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático.....	90
4.2 Priorización de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático	96
4.3 Clasificación de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático por zona agroecológica.....	103
V. CONCLUSIONES	106
VI. RECOMENDACIONES	108
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
VIII. ANEXOS	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Departamentos que conforman la Sierra peruana.....	12
Cuadro 2: Temperatura del aire y precipitación en la sierra, 1993-2012	15
Cuadro 3: Ejemplos de tecnologías tradicionales en zonas altoandinas de acuerdo con sus características ambientales	20
Cuadro 4: Superficie de andenes en diferentes estados de conservación	48
Cuadro 5: Superficie de andenes de acuerdo con su uso.....	49
Cuadro 6: Zanjas de infiltración, según departamento 2004-2012.....	57
Cuadro 7: Especies nativas de mayor interés económico.....	70
Cuadro 8: Inventario de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana.....	77
Cuadro 9: Tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático seleccionadas para priorización.....	78
Cuadro 10: Relación de especialistas entrevistados	81
Cuadro 11: Formato simple de matriz de datos para análisis de decisión multicriterio	83
Cuadro 12: Relación de especialistas del panel de expertos	85
Cuadro 13: Formato simple de matriz para calificación del panel de expertos.....	87
Cuadro 14: Rango de puntaje para los niveles de prioridad de las tecnologías de adaptación	89
Cuadro 15: Clasificación de tecnologías tradicionales y contemporáneas de acuerdo con las subregiones de la Sierra peruana	93
Cuadro 16: Valorización final de las tecnologías de acuerdo con la evaluación del panel de expertos.....	96
Cuadro 17: Análisis de fortalezas y debilidades de las tecnologías de adaptación del cambio climático	97
Cuadro 17: Análisis de fortalezas y debilidades de las tecnologías de adaptación del cambio climático (continuación).....	98
Cuadro 18: Tecnologías agrícolas de alta prioridad por zona agroecológica.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Región Andina	10
Figura 2: Mapa de las regiones naturales del Perú	11
Figura 3: Mapa de la región andina peruana	13
Figura 4: Variación temporal de la temperatura en la región andina 1993-2012	16
Figura 5: Variación temporal de la precipitación en la región andina 1993 -2012	17
Figura 6: Cultivos diversificados en sistema de waru-waru en Puno.....	25
Figura 7: Funcionamiento del waru-waru dentro de la relación suelo-agua-planta para contrarrestar los riegos climáticos	27
Figura 8: Vista de los andenes de Moray	29
Figura 9: Bancales en Písaq, Cusco.....	30
Figura 10: Terrazas de formación lenta con barreras vivas de agave.....	31
Figura 11: Qocha en Lampa- Puno.....	32
Figura 12: Grupo de comuneros de la parcialidad de Pairumani mostrando una de las pequeñas qotañas construidas en año 2008	34
Figura 13: Captación en pozos artesanales en las amunas de Huarochirí	35
Figura 14: Chacra huerto de habas, papas y maíz en la pampa de Maras, Cusco	36
Figura 15: Cultivo mixto de especies forestales y agrícolas	38
Figura 16: Efectos benéficos de un cerco vivo en el suelo.....	39
Figura 17: Cortinas de vegetación contra las heladas.....	40
Figura 18: Policultivo de papa y hortalizas (Distrito de Accopalca, Provincia de Huancayo, Región Junín).....	41
Figura 19: Rotación de cultivos- Sistema Laymi (Pampa de Maras, Cusco).....	43
Figura 20: Superficie de andenes en diferentes estados de conservación	46
Figura 21: Vista panorámica de las parcelas de tierra rehabilitadas a través del Proyecto Cusichaca.....	51
Figura 22: Vista del canal de riego Pumamarca	52
Figura 23: Vista panorámica de los andenes rehabilitados rehabilitadas a través del Proyecto Patachanga.....	52
Figura 24: Superficie (hectáreas) tratada con zanjas de infiltración 2004-2012	56
Figura 25: Parcela Huisña - Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) en la subcuenca del río Shullcas	58

Figura 26: Zanjas de infiltración - Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) en la subcuenca del río Shullcas (Perú)	59
Figura 27: Corte transversal de la región andina peruana	72
Figura 28: Distribución de las tecnologías tradicionales en la región andina peruana.....	91
Figura 29: Distribución de las tecnologías modernas en la región andina peruana	92

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Valoración final de cada tecnología por especialista.....	84
Ecuación 2: Valoración final de cada tecnología por el panel de expertos	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Panel fotográfico de los trabajos de campo.....	117
ANEXO 2. Perfiles académicos de especialistas.....	128
ANEXO 3. Cuestionario de entrevista y memoria descriptiva de tecnologías.....	132
ANEXO 4. Entrevistas a especialistas.....	139
ANEXO 5. Calificación por el panel de expertos.....	154

ACRÓNIMOS

AGRORURAL	Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CERPER	Certificaciones del Perú S.A.
CIP	Centro de Investigación de la Papa
CIPA	Centro de Investigación y Promoción Agropecuaria
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente
EEA	Estaciones Experimentales Agrarias
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENOS	El Niño - Oscilación del Sur
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
GB	Gigabyte
GdR	Gestión del Riesgo
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbei (Cooperación Alemana al Desarrollo)
GSAAC	Gestión Social del Agua y Ambiente en Cuencas
ha	Hectáreas
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria

INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)
m	Metros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MARENASS	Programa Manejo de Recursos Naturales en la Sierra Sur
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINAM	Ministerio Nacional del Ambiente
MINCUL	Ministerio de Cultura
mm	Milímetros
NTLC	Asociación Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONGs	Organismos No Gubernamentales
PAEN	Proyecto Recuperación y Prevención ante Catástrofes Naturales
PEA	Población Económicamente Activa
PIWA	Proyecto Interinstitucional de Rehabilitación de Waru-Warus en el Altiplano
PLANGRACC - A	Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrario
PRAA	Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales
PRATEC	Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas
PROCLIM	Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire

PRONAMACHCS	Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y de Conservación de Suelos
SAF	Sistemas de Alerta Fitosanitaria
SAT	Sistemas de Alerta Temprana
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIAT	Sistema de Información y de Alerta Temprana
SINAGERD	Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Perú
UDEP	Universidad de Piura
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
USAID	United States Agency For International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional)
USB	Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie)
°C	Grados Celsius

RESUMEN

Se elaboró un inventario de veinticinco tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana. Catorce de las veinticinco tecnologías fueron seleccionadas debido su gran aceptación por el agricultor, y su alto potencial de implementación; nueve de las catorce tecnologías son tecnologías agrícolas tradicionales y las cinco restantes son tecnologías agrícolas contemporáneas. Además, se elaboró una descripción detallada de cada tecnología seleccionada, que incluyó las siguientes características: ubicación espacial, costos de implementación, organismo ejecutor, actores involucrados, entre otros aspectos relevantes. Seguidamente, se priorizaron las tecnologías identificadas utilizando una matriz multicriterio sometida a evaluación por un panel de expertos multidisciplinario. Los criterios de evaluación seleccionados, considerando las características de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático a evaluar así como las condiciones del país respecto a la agricultura, fueron los siguientes: costo, efectividad, aceptabilidad, plazo, tamaño del grupo de beneficiarios y sostenibilidad. La evaluación realizada por el panel de expertos permitió clasificar a las tecnologías de acuerdo a la escala de prioridades, pudiendo obtener una tecnología de prioridad alta, mediana o baja. Finalmente, se recomendó la implementación de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, calificadas con prioridad alta, de acuerdo con la zonificación agroecológica de la región alto andina.

Palabras clave:

Cambio climático, agricultura, tecnologías agrícolas tradicionales, tecnologías agrícolas contemporáneas, adaptación al cambio climático, análisis multicriterio.

ABSTRACT

An inventory of twenty-five agricultural practices of adaptation to climate change in the Andean Peruvian region was completed. Fourteen of these twenty-five practices were selected because they were more likely to be accepted by local farmers and because of their potential implementation in the Andean Peruvian region. Nine of these fourteen practices were considered traditional and the remaining five were considered contemporary. Additionally, a detailed description of each one of these selected practices was included. This description included: spatial location, implementation costs, actors in charge of implementation, involved stakeholders, among other relevant aspects. The selected practices were then prioritized by employing a multi-criteria matrix that was assessed by a multi-disciplinary panel of experts. The criteria was selected considering the characteristics of the agricultural practices to adapt to climate change, and the country-wide agricultural conditions. The criteria was comprised of the following items: cost, effectiveness, acceptability, timeline for implementation, size of beneficiaries, and sustainability. The final output of the multi-criteria matrix enabled to categorize the practices into three classes: high priority, medium priority, and low priority. Finally, the implementation of agricultural practices to climate change adaptation assessed as high-priority were recommended, in accordance to the agro-ecological delimitation of the Andean region.

Key words:

Climate change, agriculture, traditional agricultural practices, contemporary agricultural practices, climate change adaptation, multi-criteria analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática en la región altoandina peruana es una condición de trabajo que la población ha tenido que afrontar desde hace aproximadamente 10 000 años, a través de la adaptación de sus cultivos y prácticas agrícolas a las nuevas condiciones climáticas, empleando tecnologías agrícolas de adaptación tradicionales; sin embargo, esta ha presentado desviaciones en los últimos 15 años que se manifiestan a través de los siguientes eventos: (a) ciclos irregulares de lluvias (retrasos en el inicio de lluvias y niveles de lluvias por debajo de lo normal) y mayor recurrencia de sequías, y, (b) bajas temperaturas, nevadas, heladas y granizadas intensas cada vez más recurrentes; resultado evidente de la necesidad de recuperar y fortalecer las tecnologías agrícolas de adaptación tradicionales y desarrollar e implementar medidas de adaptación contemporáneas, que en conjunto o de forma independiente permitan responder ante las repercusiones actuales y potenciales del cambio climático.

Las tecnologías tradicionales son aquellas que incorporan los saberes adquiridos a través de siglos de evolución cultural y biológica, adaptándose a las condiciones locales (Egger, 1981). Todos estos saberes transmitidos les permiten a las nuevas generaciones “conversar” con los cambios del clima en base a la siembra de una mezcla de especies y variedades en cada una de sus pequeñas, dispersas y múltiples chacras, a fin de tener variedades resistentes a excesos de lluvia y otras a periodos de escasez de agua (sequías).

Por otro lado, las tecnologías contemporáneas de adaptación a la variabilidad climática incorporan el conocimiento científico a los conocimientos y prácticas tradicionales de las culturas para generar técnicas de adaptación adecuadas, debido a que los avances en la tecnología y la ciencia contribuyen a lograr una mejor adaptación de la población y de los sistemas productivos a los eventos climáticos extremos actuales.

Sin embargo, el acceso a las tecnologías de adaptación contemporáneas es limitado para los agricultores, siendo principalmente centralizada a nivel académico o científico, situación que indica que los mecanismos de adaptación de los sistemas agrícolas necesitan mejorar su resiliencia, entendida como el incremento en la capacidad de aprendizaje,

mediante el fortalecimiento de las capacidades y conocimientos de las poblaciones locales sobre los ecosistemas, sus tecnologías tradicionales y fomentando el acceso a información técnica actualizada a través de vías de comunicación apropiadas.

En la región andina del Perú, la agricultura se caracteriza por orientarse hacia el autoabastecimiento en medio de condiciones de deterioro de la organización comunal, abandono de prácticas y técnicas tradicionales, la pérdida de cultivos por efectos climáticos, la degradación de suelos e incremento de plagas que determinan bajos rendimientos de las cosechas, inseguridad alimentaria y migración de la población joven hacia las ciudades. Se evidencia una agricultura predominantemente familiar, la cual en el marco de la política de inclusión social promovida por el actual gobierno del Presidente Ollanta Humala Tasso, aún no ha sido insertada al mercado de forma sostenible. Es importante resaltar, que de acuerdo con la información sistematizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el 2009, la agricultura desarrollada en la sierra, permite garantizar la seguridad alimentaria con productos de calidad para la población peruana.

Por lo expuesto, la conservación de la agricultura que se desarrolla en las zonas altoandinas del Perú debe lograrse a partir de la intensificación de esfuerzos a nivel de gobierno para implementar mecanismos que permitan adaptar las prácticas agrícolas ante las condiciones que impone el cambio climático en curso.

En el presente trabajo de investigación no experimental, se elaboró el inventario de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana, conformado por tecnologías agrícolas tradicionales y tecnologías agrícolas contemporáneas. Además, se elaboró una descripción de cada tecnología identificada que incluyó las siguientes características: ubicación espacial, costos de implementación, organismo ejecutor, actores involucrados, entre otros aspectos relevantes.

Posteriormente, se priorizaron las tecnologías identificadas utilizando una matriz multicriterio evaluada por un panel de expertos multidisciplinario. Los criterios de evaluación seleccionados, considerando las características de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático a evaluar así como las condiciones del país respecto a la agricultura, fueron los siguientes: costo, efectividad, aceptabilidad, plazo, tamaño del grupo de beneficiarios y sostenibilidad.

Finalmente, se recomendó la implementación de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, calificadas con prioridad alta, de acuerdo con la zonificación agroecológica de la región alto andina.

La zonificación agroecológica reconoce la heterogeneidad agroclimática de la región alto andina, por lo cual, al clasificar las tecnologías de adaptación en base a la referida zonificación, se establecen los parámetros y los límites de desarrollo de las tecnologías, información de vital importancia para los tomadores de decisiones involucrados en el desarrollo de proyectos de conservación de la agricultura altoandina.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el inventario y la evaluación de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático desarrolladas en la región andina peruana.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático para su priorización;
- Realizar el análisis de decisión multicriterio de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático a través de la metodología de evaluación de alternativas planteada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional;
- Conformar un panel de expertos para el análisis de decisión multicriterio;
- Priorizar las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático de acuerdo al análisis del panel de expertos
- Clasificar las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático por zonas agroecológicas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 VULNERABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los ecosistemas y la calidad de vida de la población vienen sufriendo grandes transformaciones; principalmente por el crecimiento exponencial de la población y sus nuevos estilos de vida, las innovaciones en ciencia y tecnología, las nuevas formas de gestionar la empresa y trabajo, el fortalecimiento de las instituciones internacionales, y el cambio climático en curso.

El cambio climático es el desequilibrio originado por el calentamiento global del planeta y presenta impactos directos sobre el recurso hídrico, la agricultura (seguridad alimentaria), los ecosistemas terrestres, los ecosistemas acuáticos, las zonas costeras, entre otros.

El incremento promedio de la temperatura del aire y de los océanos, el derretimiento creciente de los glaciares, la elevación del promedio global del nivel del mar, así como la el incremento de la ocurrencia e intensidad de los desastres naturales son claros ejemplos de los cambios climáticos que se vienen evidenciando y hacen inminente tomar medidas de adaptación.

En el 2007, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) definió la adaptación al cambio climático como las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. Entendiéndose por vulnerabilidad a la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de ocurrido un desastre (Cannon, 2006).

2.2 ADAPTACIÓN DE LA AGRICULTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO

La agricultura es una actividad económica sensible a las variaciones climáticas, por lo que la población dedicada a esta actividad ha aprendido a lo largo de la historia a afrontar dicha variabilidad adaptando sus cultivos y prácticas agrícolas a las nuevas condiciones climáticas, empleando tecnologías agrícolas de adaptación tradicionales; sin embargo, la intensidad y la velocidad del cambio climático presenta nuevos desafíos sin precedentes (FAO, 2008), resultando evidente la necesidad de potenciar y fortalecer las tecnologías agrícolas de adaptación tradicionales y desarrollar e implementar medidas de adaptación contemporáneas, que en conjunto o de forma independiente permitan responder ante las repercusiones actuales y potenciales del cambio climático.

2.2.1 ADAPATACION DE LA AGRICULTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL MUNDIAL

Los tratados internacionales entre países y las políticas nacionales de estos tratan de enriquecer las actividades encaminadas a impulsar la adaptación de la agricultura al cambio climático, especialmente para los países en desarrollo, en donde una parte importante de la población depende del sector agrícola como su medio de vida, ingresos y seguridad alimentaria. En estos países la recurrente ocurrencia de eventos climáticos adversos como inundaciones, sequías, friaje, heladas, proliferación de plagas y enfermedades, afecta sustancialmente las actividades agropecuarias, ocasionando la pérdida de cultivos, ganado e infraestructura de riego.

Actualmente, las respuestas en conjunto y coordinadas a nivel internacional se están articulando progresivamente, conforme los gobiernos regionales e internacionales, la sociedad civil, la comunidad científica y el sector privado entienden mejor el cambio climático y la urgencia de responder ante sus repercusiones actuales y potenciales; en este sentido, se vienen desarrollando estrategias, convenios, planes, acciones, entre otros mecanismos orientados a gestionar los riesgos reales y proyectados desencadenados por el cambio climático y a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones ante las amenazas y peligros climáticos.

A continuación se detallan algunos de los mecanismos de gestión sobre el cambio climático implementados a nivel internacional:

- Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC): se adoptó el 9 de mayo de 1992, con la meta de lograr estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un plazo que permita a los ecosistemas una adaptación natural al cambio climático y permitiendo el desarrollo sostenible.
- Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015, “Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres (Marco Hyogo)”: Tiene como objetivo lograr la reducción considerable de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en términos de vidas como de bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países.
- Estrategia internacional para la reducción de desastres (EIRD): Tiene como objetivo reducir el riesgo de desastres, con énfasis en naciones y comunidades

Es importante resaltar, que las acciones específicas para enfrentar los efectos del cambio climático deben implementarse a nivel nacional, regional y local, teniendo en cuenta las prácticas y las vulnerabilidades locales, puesto que los efectos e impactos, son específicos de cada zona.

2.2.2 ADAPTACIÓN DE LA AGRICULTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PERÚ

El Perú es el tercer país más vulnerable del mundo al cambio climático (Tyndall Centre, 2004), y presenta siete de las nueve características de vulnerabilidad reconocidas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) las cuales son: (a) zonas costeras bajas, (b) zonas áridas y semiáridas, (c) zonas expuestas a inundaciones, (d) ecosistemas montañosos frágiles, (e) zonas con alta contaminación atmosférica urbana, y (d) economías dependientes en gran medida de los ingresos generados por la producción y uso de combustibles fósiles.

La agricultura en el Perú emplea al 26% de la Población Económicamente Activa (PEA) Nacional y al 65.5% de la PEA del área rural. En contraste con su capacidad de generar

empleo, es uno de los sectores con menor productividad de mano de obra debido al bajo nivel educativo de la fuerza laboral en el ámbito rural. Los principales alimentos, que forman parte de la dieta habitual de la población peruana, son provistos por la región andina (INEI, 2009); en otras palabras, la agricultura desarrollada en la sierra, permite garantizar la seguridad alimentaria con productos de calidad para la población peruana.

En la región andina, la agricultura se caracteriza por orientarse hacia el autoabastecimiento en medio de condiciones de deterioro de la organización comunal, abandono de prácticas y técnicas tradicionales, la pérdida de cultivos por efectos climáticos, la degradación de suelos e incremento de plagas que determinan bajos rendimientos de las cosechas, inseguridad alimentaria y migración de la población joven hacia las ciudades. Se evidencia una agricultura predominantemente familiar, la cual en el marco de la política de inclusión social promovida por el actual gobierno del Presidente Ollanta Humala Tasso, se encuentra marginada; esta agricultura debe ser insertada en el mercado de forma sostenible, permitiendo incrementar los ingresos y calidad de vida de los agricultores familiares campesinos rurales.

Dada la importancia de la agricultura desarrollada en la región altoandina del Perú, es necesario implementar mecanismos de gestión a nivel nacional que permitan contrarrestar los efectos del cambio climático sobre esta actividad económica primaria.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) aprobada por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) en el 2003 y actualmente en proceso de actualización, es el marco de todas las políticas y actividades relacionadas con el cambio climático que se desarrollen en el Perú. Su principal objetivo consiste en reducir los impactos adversos al cambio climático, a partir de: (a) los estudios de vulnerabilidad que identifican las zonas y/o sectores más vulnerables donde se implementarán los proyectos de adaptación, y (b) del control de las emisiones contaminantes locales de gases de efecto invernadero, mediante programas de energías renovables y eficiencia energética en los diversos sectores productivos. El Ministerio de Ambiente (MINAM), en julio 2014, ha publicado el primer borrador de la ENCC actualizada, encontrándose en una fase de revisión final para su posterior publicación.

En el 2003, a través de la implementación del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire

(PROCLIM), se buscó contribuir a la reducción de la pobreza promoviendo la integración de la temática del cambio climático y calidad del aire en las políticas de desarrollo sostenible.

Posteriormente, en el 2007, el Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) inició la generación de escenarios climáticos con énfasis en los efectos sobre el retroceso de los glaciares. Más recientemente, en el marco de la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático se han generado escenarios climáticos al nivel nacional (con proyecciones al 2030), que han concluido en lo siguiente:

- En la costa y sierra norte, parte de la sierra central y selva sur, se estiman incrementos de precipitación de hasta 20%; por el contrario, en la selva norte y parte de la sierra central y sur se prevén disminuciones, también de hasta 20%.
- Las lluvias extremas mostrarían un probable decrecimiento en los próximos 30 años en gran parte del territorio.
- Se espera un incremento de temperaturas extremas en gran parte del país tanto en la mínima como en la máxima. El incremento de la temperatura máxima llegaría hasta 1.6 °C en promedio (0.53 °C/década), mientras que para la mínima el mayor incremento alcanzaría 1.4 °C (0.47 °C/década). Los mayores incrementos de las temperaturas se presentarían en la costa y sierra norte, en la selva norte y en la sierra central y sur del país.

Por otro lado, el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) formuló el Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrario (PLANGRACC - A) del 2012 al 2021, a través de la cual se podrá planificar una base de actividades de prevención de desastres, reducción de la vulnerabilidad, evaluación de impactos y desarrollo de medidas de adaptación al cambio climático.

2.3 VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA REGIÓN ANDINA

La Región Andina, conformada por una extensión de terreno de aproximadamente 3,8 millones de kilómetros cuadrados, espacio geográfico al que pertenecen los países de

Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, que por su ubicación latitudinal y la presencia de la Cordillera de los Andes, dan origen a ecosistemas montañosos, reconocidos por su diversidad biológica, cultural y climática, la extensión de sus bosques, que ocupan cerca del 50% del territorio y resguardan una de las reservas de agua más importantes a nivel global, afronta la amenaza del cambio climático.



Figura 1: Región Andina

FUENTE: Maps of World. <http://www.mapsofworld.com/physical-map/south-america.htm> [Consulta: Miércoles, 17 de diciembre de 2014, 20:06]

Para los propósitos de la presente investigación, se desarrollará en específico el análisis de la variabilidad climática en la sierra peruana, y sus principales efectos en la agricultura.

En la región andina peruana, que incluye 36 millones de hectáreas sobre los 1,500 m.s.n.m., se ha desarrollado un uso y manejo de los recursos naturales en condiciones de alta montaña, con características casi únicas en el mundo: (a) un medio geográfico muy heterogéneo; (b)

el uso de un alto número de especies vegetales nativas e introducidas; (c) una ganadería que combina animales introducidos como vacunos y ovinos con camélidos sudamericanos (la llama y la alpaca); y (d) la conservación de tecnologías tradicionales, muchas de ellas con una fuerte base ecológica, apropiada para la zona.



Figura 2: Mapa de las regiones naturales del Perú
FUENTE: Elaboración propia

La sierra peruana está conformada por dieciséis departamentos, los cuales se encuentran divididos en tres subregiones, conforme se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Departamentos que conforman la Sierra peruana.

Subregiones de la Sierra peruana	Departamentos
Sierra Norte	<ul style="list-style-type: none">▪ Cajamarca▪ La Libertad▪ Piura
Sierre Centro	<ul style="list-style-type: none">▪ Ancash▪ Huancavelica▪ Huánuco▪ Junín▪ Lima▪ Pasco
Sierra Sur	<ul style="list-style-type: none">▪ Apurímac▪ Arequipa▪ Ayacucho▪ Cusco▪ Moquegua▪ Puno▪ Tacna

FUENTE: Elaboración propia en base a información extraída del Proyecto PIDDAE, 1995 y SENAMHI, 2012.



Figura 3: Mapa de la región andina peruana

FUENTE: Elaboración propia.

En la sierra, la agricultura tiene lugar bajo condiciones de riego y de secano en los valles, incluyendo las pendientes orientales de los Andes, condiciones climáticas agudas (heladas y precipitación irregular) y topografía accidentada (laderas con altos gradientes); aproximadamente 7,6 millones de hectáreas (6%) de la superficie nacional corresponden a suelo apto para la agricultura, de las cuales aproximadamente 3,2 millones de hectáreas se ubican en la sierra (INEI, 2012). En la sierra, se desarrolla una agricultura tradicional, los principales cultivos son: papa, yuca, olluco, maíz amiláceo, trigo, cebada, alfalfa, haba, arveja, quinua, zapallo, calabaza y ají; y, especies forrajeras como la avena forrajera y la cebada forrajera. Los principales alimentos, que forman parte de la dieta habitual de la población peruana, son provistos por la región andina (INEI, 2009).

La variabilidad climática en la región altoandina peruana es una condición de trabajo a la que la población ha tenido que adaptarse desde hace aproximadamente 10 000 años, sin embargo, esta ha presentado desviaciones en los últimos 15 años que se manifiestan a través de los siguientes eventos: (a) ciclos irregulares de lluvias (retrasos en el inicio de lluvias y niveles de lluvias por debajo de lo normal) y mayor recurrencia de sequías, y, (b) bajas temperaturas, nevadas, heladas y granizadas intensas cada vez más recurrentes.

Las sequías afectan de manera significativa los páramos del territorio peruano que se distribuyen en la sierra alta ocasionando un impacto directo en la función vital que estos poseen en la colección de agua para alimentar importantes ríos tanto en la Vertiente Occidental como Oriental de los Andes. Al producirse eventos de sequía en los páramos andinos, se pierde mucha materia orgánica del suelo, y con ella, la capacidad de retención de agua.

El periodo de ocurrencia de las heladas se registra entre mayo y septiembre en la sierra peruana; principalmente en junio y julio, en la sierra sur; entre mayo y agosto, principalmente en junio, en la sierra central; y en la sierra norte los máximos ocurren en julio y noviembre; sin embargo, actualmente las heladas están teniendo lugar entre enero y febrero, generado pérdidas económicas considerables durante las campañas agrícolas de los campesinos y productores agrícolas. En febrero, los cultivos andinos se encuentran en periodo de floración, la cual es una fase muy crítica para el desarrollo del cultivo, si existe un descenso de 1°C a 2°C de temperatura durante la floración, el cultivo no logra desarrollarse, por lo cual la pérdida de este es inminente (Trebejo, 2014).

En el año 2008, el gobierno peruano, declaró el estado de emergencia por situación de friaje, en 11 departamentos de la sierra; y reportó una pérdida económica de aproximadamente el 73% respecto a la producción en un año normal (FAO, 2008).

El MINAGRI, identificó que entre 1995 y 2007, los cultivos más sensibles a la variabilidad climática fueron la papa y el maíz amiláceo, perdiéndose 80 000 hectáreas y 60 000 hectáreas, de papa y maíz, respectivamente (Mendoza, 2009).

Para la presente investigación se realizó el tratamiento de datos de las series climáticas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para las variables de temperatura y precipitación registradas en la sierra peruana durante el periodo 1993 - 2012, con la finalidad de identificar su variación en los últimos 20 años.

Cuadro 2: Temperatura del aire y precipitación en la sierra, 1993-2012

Año	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
	Sierra	Sierra
1993	11.8	850.3
1994	11.9	833.9
1995	12.4	666.8
1996	12.2	599.8
1997	12.4	654.0
1998	12.9	726.2
1999	11.7	713.8
2000	12.0	678.7
2001	10.5	568.1
2002	11.5	734.3
2003	12.4	725.8
2004	12.4	659.9
2005	13.5	585.7
2006	12.7	709.3
2007	12.7	649.7
2008	12.6	570.0
2009	13.0	775.6
2010	13.2	667.7
2011	12.4	834.3
2012	12.4	809.9

FUENTE: SENAMHI, 2012.

En este sentido, se graficó la curva de datos para ambos elementos climáticos para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1993 y el 31 de diciembre de 2012. La Figura 1,

corresponde a la curva de datos de temperatura, mientras que la Figura 2, a la curva de datos de precipitación.

Posteriormente, se procedió a utilizar el método estadístico de regresión lineal para identificar la tendencia a lo largo de este periodo y luego se analizó la pendiente de la recta ajustada a la serie de datos. Asimismo, se realizó el suavizado usando la media móvil centrada considerando un periodo de tres años de información (trienal). El uso de promedios móviles tiene por objetivo eliminar las fluctuaciones aleatorias de la serie de tiempo, proporcionando datos menos distorsionados del comportamiento real de misma (Araya, 2003).

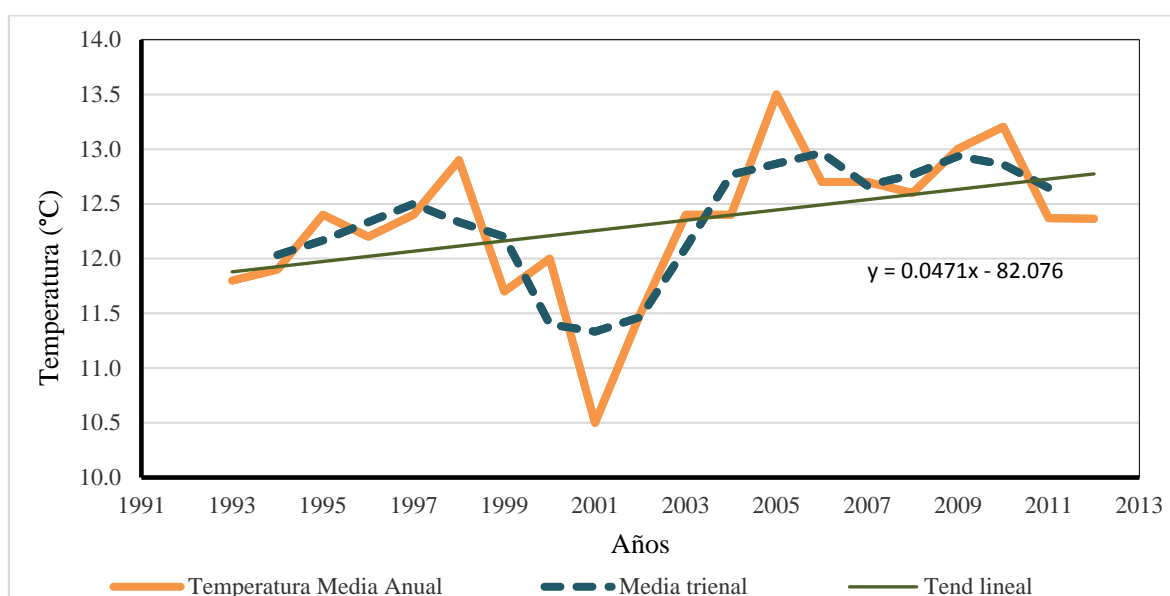


Figura 4: Variación temporal de la temperatura en la región andina 1993-2012

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI, 2012.

De acuerdo con lo mostrado en la Figura 1, las temperaturas anuales, presentan una ligera tendencia a aumentar ($0.047^{\circ}\text{C año}^{-1}$) a lo largo de todo el periodo evaluado pero con fluctuaciones interanuales debidas a las variaciones regionales del clima, producidas por el fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Este fenómeno se presentó como El Niño, de intensidad muy fuerte o extraordinaria, durante los años 1997 y 1998, seguida de La Niña en el año 2001. ENOS está asociado a temperaturas cálidas en el Pacífico oriental, por lo que tiende a calentar la columna de atmósfera y por tanto las temperaturas del aire; en este sentido, en el año 1998 se registraron temperaturas promedio de hasta 12.9°C . A mediados del 2000 se presentó La Niña por lo cual se identificaron anomalías negativas en la temperatura del aire registrándose una temperatura promedio de 10.5°C en el 2001. Los picos

de temperatura del 2005 y 2010 se debieron a que fueron años con presencia de El Niño de intensidad moderada, sin embargo, fueron influenciados principalmente por fenómenos globales ya que a nivel mundial fueron los años más cálidos jamás registrados según reportes de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

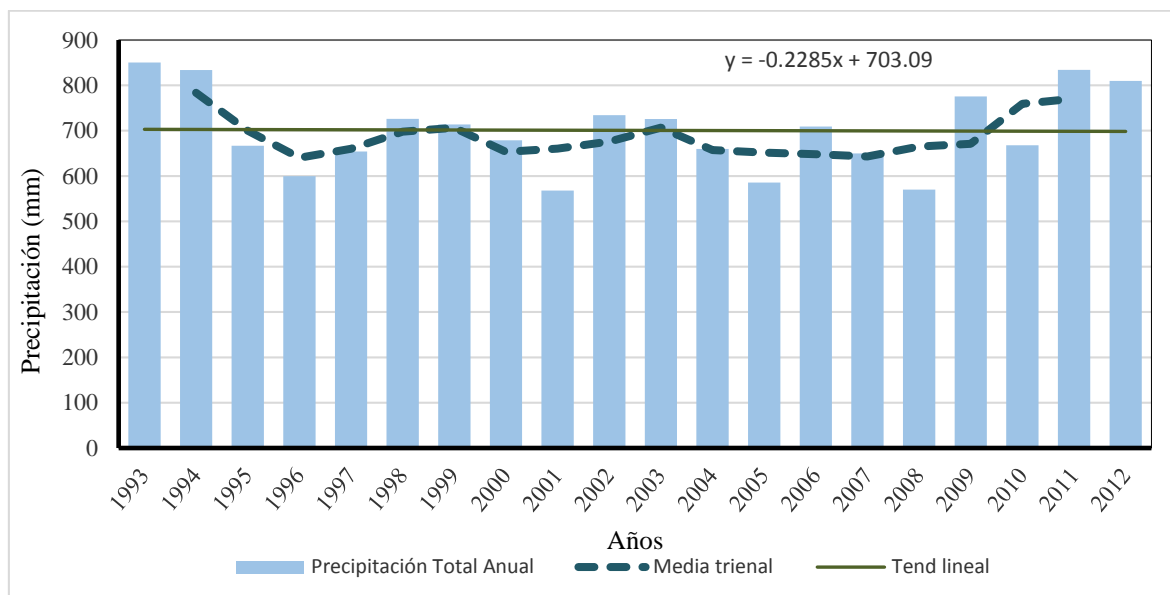


Figura 5: Variación temporal de la precipitación en la región andina 1993 -2012

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI, 2012.

En base a lo graficado en la Figura 2, las precipitaciones en la sierra peruana, presentan una tendencia anual estable o ligeramente descendente (-0.229 mm año-1), mientras que la temperatura ocurre todo lo contrario, ya que se denota cierto sesgo creciente. El evento climático ENOS se manifiesta con aumento de precipitaciones a la sierra norte y una disminución en el extremo sur causando sequías (Pablo Lagos et al, 2005), por lo que en promedio, no se observan variaciones claras en la precipitaciones anuales para el periodo analizado.

Por lo expuesto se concluye que las anomalías en el clima de la sierra son evidentes, especialmente en temperatura, por lo que es necesario desarrollar acciones de adaptación y de prevención de daños, como parte de una agenda local y regional, para el sector agrícola y para la población vulnerable dependiente de esta actividad económica. Este proceso debe ir acompañado de una toma de conciencia a nivel nacional, considerándose que el mayor problema del país está en no haber logrado una clara definición sobre el futuro de la población que habita las altas montañas.

2.4 TECNOLOGÍAS TRADICIONALES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Alrededor del 60% de la tierra cultivada del mundo todavía se explota mediante métodos tradicionales y de subsistencia (Ruthenberg, 1971). Los pequeños agricultores han creado y/o heredado sistemas complejos de agricultura que, durante siglos, los han ayudado a satisfacer sus necesidades de subsistencia, incluso bajo condiciones ambientales adversas (en suelos marginales, en áreas secas o de fácil inundación) sin depender de técnicas modernas.

Las tecnologías tradicionales son aquellas que incorporan los saberes adquiridos a través de siglos de evolución cultural y biológica, adaptándose a las condiciones locales (Egger, 1981). Todos estos saberes transmitidos les permiten a las nuevas generaciones “conversar” con los cambios del clima en base a la siembra de una mezcla de especies y variedades en cada una de sus pequeñas, dispersas y múltiples chacras, a fin de tener variedades resistentes a excesos de lluvia y otras a deficiencia de agua (sequías), las cuales se siembran observando su entorno natural, a través de “señas” (indicadores del clima: astros, plantas, animales, meteoros), que les indican si el año se presentará con exceso, deficiente o con lluvias regulares. De acuerdo a las señas se siembra en diferentes épocas; obteniendo una siembra muy temprana, siembra temprana, intermedia y siembra tardía.

Además, siembran en chacras situadas a diferentes alturas y dispersas, de tal manera que si cae granizo o se produce una helada no afecta a todas las chacras, obteniéndose suficientes productos cosechados para asegurar la alimentación del ayllu (familia).

Los agricultores tradicionales han superado las limitaciones ambientales de sus sistemas de producción de alimentos, concentrándose en algunos procesos y principios (Knight 1980):

- ***Continuidad y diversidad espacial/ temporal:*** se adoptan varios diseños de cultivo para asegurar una producción constante de alimentos y una cubierta vegetal para la protección del suelo. Al asegurar un abastecimiento de alimentos regular y diverso, se puede garantizar una dieta variada. Una cosecha extensa de cultivos reduce la necesidad de almacenamiento a menudo, peligrosa en climas lluviosos y también

mantiene las relaciones bióticas (relación depredador/ presa, fijación del nitrógeno) que podrían beneficiar al agricultor.

- **Uso óptimo del espacio y los recursos:** un conjunto de plantas con diferentes hábitos de crecimiento, doseles y estructuras radiculares permiten un mejor uso de los insumos ambientales tales como nutrientes, agua y radiación solar. La combinación de cultivos permite utilizar al máximo un determinado ambiente. En los sistemas complejos agroforestales, se puede cultivar por debajo de la copa de los árboles, si es que penetra suficiente luz.
- **Reciclaje de los nutrientes:** los pequeños agricultores sustentan la fertilidad del suelo, manteniendo ciclos cerrados de nutrientes, energía, agua y desechos. Así, muchos agricultores enriquecen sus suelos con la recolección de nutrientes (tales como abono y humus de los bosques) que provienen de fuera de sus campos, adoptando sistemas de barbecho o de rotación o incluyendo leguminosas en sus patrones de cultivo intercalado.
- **Conservación del agua:** en las áreas de secano, el régimen de lluvias es el determinante principal del sistema de cultivo y, por este motivo, los agricultores utilizan sistemas de cultivo según la cantidad y distribución de las lluvias. De este modo, en las áreas con poca humedad, los agricultores prefieren cultivos resistentes a la sequía (como camote y yuca) y las técnicas de manejo ponen énfasis en la cubierta del suelo para evitar la evaporación y el escurrimiento. En el caso de inundaciones constantes, los agricultores, en vez de invertir en costosos sistemas de drenaje, crean sistemas integrados de agricultura/acuicultura.
- **Control de la sucesión y protección de los cultivos:** los agricultores han creado diversas estrategias para combatir con éxito a los organismos indeseados. Mezclas de cultivos y combinaciones de variedades protegen contra los catastróficos ataques de las enfermedades y plagas. Los doseles de los cultivos pueden inhibir el crecimiento de las malezas y reducir al mínimo la necesidad de controlarlas. Además, las prácticas de cultivo como los cambios en la durabilidad y las épocas de siembra, el uso de variedades resistentes y el uso de insecticidas botánicos y/o repelentes, pueden reducir al mínimo la interferencia de las plagas.

Nuestra milenaria cultura andina, se mantiene en las actuales comunidades campesinas y nativas, pero necesitan ser fortalecidos para que sirvan de base a las propuestas oficiales de adaptación al cambio climático (Llosa Larrabure, J. 2008).

Cuadro 3: Ejemplos de tecnologías tradicionales en zonas altoandinas de acuerdo con sus características ambientales

Característica ambiental	Objetivo	Tecnologías tradicionales recomendadas
Espacio limitado	Utilizar al máximo los recursos ambientales	Cultivo intercalado, agroforestería, cultivo en múltiples estratos, chacra huertos, rotación de cultivos
Laderas inclinadas	Control de la erosión y conservación del agua	Terrazas, barreras vivas, cubierta de barbecho (sistema Laymi), murallas de piedra
Fertilidad marginal	Sustentar la fertilidad del suelo y reciclar la rotación del suelo	Barbecho natural o mejorado, cultivos intercalados con leguminosas, animales pastando en campos barbechados, uso de depósitos aluviales, cultivo en franjas
Inundación o exceso de agua	Integrar la agricultura con el suministro de agua	Agricultura en campos elevados o waru- warus
Precipitación impredecible	Utilizar la humedad de la mejor forma posible	Uso de especies resistentes a sequía, cultivos con períodos cortos de crecimiento
Temperatura o radiación extrema	Mejorar el microclima	Intensificación o reducción de la sombra, radiación extrema espaciamiento de plantas, cultivos resistentes a sombras, aumento de la densidad de plantas, manejo del viento, agroforestería

FUENTE: Elaboración propia, extraído de Klee, 1980

Entre los saberes que se han ido desarrollando de una generación a otra, se encuentran la construcción de andenes, waru warus (camellones elevados), etnoclimatología, qochas (lagunas), chacra huertas, control vertical de pisos ecológicos, agroforestería, entre otros.

El universo de tecnologías tradicionales de adaptación al cambio climático en la región andina peruana analizado en el presente trabajo de investigación se describe a continuación, y está conformado por doce tecnologías tradicionales, de las cuales nueve de ellas han sido descritas con mayor detalle debido a su éxito de implementación en las zonas altoandinas del Perú, siendo estas las siguientes: a) waru-warus, b) andenes c) qocha, d) qoatañas, e)

amunas, d) chacra huerta, e) agroforestería tradicional altoandina, f) policultivos, y g) rotación de cultivos: Sistemas Laymi.

2.4.1 PRONÓSTICOS DEL CLIMA A TRAVÉS DE INDICADORES TRADICIONALES (ETNOCLIMATOLOGIA)

Es la capacidad de pronosticar el tiempo y el clima mediante la observación de indicadores tradicionales basados sobre todo en observaciones ecológicas. De esta manera el comportamiento de los animales y plantas, le dan al agricultor pautas para prever si se aproxima una helada, granizada, sequía o inundación.

- Indicadores astronómicos: se analizan los astros, el sol, las fases lunares, las estrellas y su comportamiento pues inciden directamente en el clima.
- Indicadores atmosféricos o físicos: se observa fenómenos meteorológicos como las lluvias, los vientos, nevadas, granizadas, nubes, arco iris, los que dan pautas de cómo va a ser el comportamiento del clima a corto o largo plazo.
- Indicadores biológicos o fitoindicadores: se analizan las plantas silvestres propias de la zona, que son sensibles a la variación del clima, se observa sobretodo dónde crecen, cómo brotan, su floración, fructificación y rebrote.
- Indicadores biológicos o zooindicadores: en este caso, se observa el comportamiento de ciertos animales que tienen la característica de ser sensibles a los cambios en el clima que ocurren en su hábitat.

2.4.2 CONTROL VERTICAL DE PISOS ECOLÓGICOS

En la región andina las familias cuentan con parcelas en diversas zonas altitudinales o pisos ecológicos, en los que se desarrollan diversos cultivos andinos. La ganadería se desarrolla en las zonas altas de la comunidad superior a los 4 000 m.s.n.m., en esta zona se crían ovinos, vacunos, alpacas y llamas. Entre los 3 900 y 3 450 m.s.n.m. predominan los cultivos de cebada, papa, quinua, olluco, oca y mashua. Entre los 3 450 y 3 000 m.s.n.m. existe un piso ecológico que permite la adaptación de algunas variedades de maíz; pero la utilización que se da a estas tierras varía de tres formas:

- Primer año: papa; segundo año: oca, olluco, mashua, papa con abono; tercer año: haba, quinua; cuarto año: cebada; quinto año: avena o cebada.
- primer año: papa; segundo año y siguientes: maíz.
- Desde el primer año: maíz.

En las parcelas que se encuentran entre los 3 000 y 2 800 m.s.n.m. se siembran todos los años maíz, no hay rotación de cultivos, las parcelas no descansan pero hay mayor asociación.

2.4.3 INSTITUCIONALIDAD COMUNAL ANDINA

La institucional comunal andina se constituye principalmente para:

- Proteger la agrobiodiversidad - ARARIWA: en algunos ayllus, el ARARIWA es un hombre maduro, de respeto, considerado más importante que el mismo presidente. Su vinculación a la tierra se expresa en el hermoso rito de carnaval: se ata con serpentinas a la cruz de flores y a la papa. El ARARIWA va actuando de acuerdo al momento y a la necesidad del calendario agrícola: es guardián y vigía, es convocación y garantía para la comunidad "que lo hace valer". No se limita a prever y defender contra el daño producido por animales y ladrones, sale a representar a la comunidad ante la naturaleza, da cara ante los dioses. Se le exige juventud, fuerza, valentía, dedicación y suerte. La comunidad selecciona con atención y cuidado a quien debe ocupar este cargo y le retribuye con respaldo permanente. Hoy no siempre es fácil encontrar quien acepte ser ARARIWA, porque se carga a las espaldas el éxito o el fracaso de la Comunidad.
- Gestión social del agua: se desarrolla en zonas de altos riesgos climáticos, buscando la optimización del uso del agua frente a un escenario de escasez, a través de la organización en "Comités Comunales de Gestión de Riesgos", que emplean saberes locales y el desarrollo y fortalecimiento de capacidades.

2.4.4 PROCESAMIENTO O ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y TUBÉRCULOS EN POST COSECHA Y SEMILLAS

Esta tecnología trata sobre la conservación de semillas viables desde el momento de la recolección hasta que se necesitan para la siembra. En el caso de la papa, se selecciona la papa que servirá de semilla y se la deja en el campo una semana al aire libre, luego se almacena cubierta de paja hecha con ichu, y ramas de muña, eucalipto o molle, en algunas casos se incluye también ceniza para evitar que la papa se pique. En cuanto al maíz, el 30% de la producción se guarda en seco en guayungas para semillas y consumo familiar. En este caso se eliminan las pancas externas de la mazorca, se dejan solo 3 o 4 pancas pegadas a la mazorca de donde se unen varias mazorcas. Esta unión de varias mazorcas, son las llamadas guayungas, las cuales se cuelgan en sogas o cables amarrados para dejarse secar 1 o 2 días.

Las principales ventajas de las guayungas son que ayuda a detectar el ataque de polillas, se da una buena aereación de las mazorcas, lo que evita su putrefacción.

2.4.5 ABONAMIENTO TRADICIONAL –ESTIÉRCOLES

Es una práctica ejecutada por la mayoría de las familias, considerada la mejor forma de incorporar al suelo el guano de los animales domésticos utilizando sus propios recursos. Se desarrolla en las chacras más pobres para abonar después de la cosecha, se mantiene a los animales en la chacra por dos o tres semanas. Luego se debe esparcir y desmenuzar el guano acumulado, regar y hacer barbecho antes de la siembra para facilitar su desintegración por efectos del agua y sol.

2.4.6 LABRANZA VERTICAL CON CHAQUITACLLA

Esta tecnología tradicional es practicada en suelos de altura típico de zonas de producción de administración comunal- colectiva, de secano y donde rotan cultivos y parcelas en un espacio determinado. La particularidad de este sistema es el cortado y volteado del prisma del suelo o terrón, champa, los surcos que se forman tienen de 0.5 a 0.6 metros de altura, y 0.4 a 0.67 metros de ancho aproximadamente. Estas medidas sufren variaciones según el grosor de la capa arable, la ubicación topográfica, y la cantidad de humedad del suelo.

El proceso de labranza está vinculado al uso de la chaquitacla bajo las siguientes características: el impulso de los tacleros, situados usualmente en la parte superior de la pendiente; las rejas de las chaquitaclas penetran unos 25- 30 cm. En el suelo, seccionando por uno de los lados la superficie a labrar. Luego hacen una operación de palanca hacia arriba, levantando la champa del suelo, que es cogido por el rapador, que termina de levantarlo, volteándolo al costado del terreno no labrado, haciendo a la vez los surcos y los camellones.

2.4.7 PROTECCIÓN DE MANANTIALES

Esta tecnología es muy simple, requiere de un manantial o puquio, o de una napa freática superficial, los cortes o zanjas son excavaciones ubicadas adecuadamente, los mojadales al tener caudales pequeños que fluctúan de 0 hasta 0.41 litros por segundo son de fácil construcción y de bajo costo. El uso de esta tecnología incrementa el ingreso anual del campesino usuario del mojudal o manantial, y además ayuda a eliminar las enfermedades generadas por el consumo de agua contaminada.

2.4.8 MANEJOS DE PASTOS

La chillihua es un pasto natural que crece mayormente en las pampas, es una especie que predomina en el altiplano después del ichu. Presenta una gran resistencia a las sequías e inundaciones. Entre sus principales usos se tiene:

- Conservación de recursos: sirve como protector del suelo, evitando el avance de las cárcavas ocasionadas por las lluvias. protege a los pastos menores como el chije y layo.
- Agricultura: para el almacenamiento de la semilla de papa, para elaborar tunta y moray y en la siembra y pilchado de la papa
- Ganadería: es un gran alimento para las alpacas, llamas y vacunos.
- Vivienda: sirve para amarrar los tijerales del techo de la casa.

2.4.9 WARU-WARUS

La agricultura de campos elevados fue y es practicada en muchas partes del mundo, y sus orígenes pueden ser rastreados aproximadamente 3000 años. Distintos investigadores han descubierto remanentes de más de 170 000 ha de “campos surcados” en Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, y Bolivia (Denevan, 1995). Fue usada también, en Dinamarca en los períodos pre-vikings y vikings y es muy utilizada actualmente en las altas mesetas húmedas de Papúa Guinea.

En Perú, muchos investigadores han estudiado varias tecnologías pre-colombinas en busca de soluciones a los problemas contemporáneos, tal como las heladas muy frecuentes en agricultura de altitudes elevadas. Las culturas andinas como los Lupaca (1 200 d.C.- 1 450 d.C.) y los Tiahuanaco (1 500 a.C.- 1 200 d.C.), en épocas prehispanicas y preincaicas, desarrollaron un amplio sistema de control de las inundaciones y del microclima en las zonas circunlacustres en base a una tecnología integral y eficiente: los waru-warus, también llamados camellones. Es así como se observan, por ejemplo, en el distrito de Huatta, Puno, campos elevados reconstruidos que produjeron cosechas impresionantes, exhibiendo una producción sostenida de papa de 8-14 toneladas/ha/año, contrastando favorablemente con las producciones medias de papa de la puna de 1-4 toneladas/ha/año. Asimismo, en Camjata, Puno, los campos de papa alcanzaron 13 toneladas/ha/año en waru-warus.



Figura 6: Cultivos diversificados en sistema de waru-waru en Puno
FUENTE: CIED, Puno 1982

Los waru warus son sistemas que consisten en campos elevados construidos sobre tierras de inundación estacional en sabanas y laderas de montaña, donde el drenaje natural es insuficiente, o donde la estación de lluvia es breve pero intensa y seguida por una larga temporada seca. Esta tecnología consiste en cavar canales de drenaje en fajas a través del suelo y apilar la tierra en cumbres para formar cimas en las que se sembrarán los cultivos. Las elevaciones y los canales varían entre aproximadamente uno y tres metros de ancho, y la cumbre se extiende de 80 a 150 cm por encima del fondo del canal. Se estima que la construcción inicial, reconstruyendo cada 10 años, más el manejo anual de siembra, desyerbe, cosecha y mantenimiento de los campos elevados requiere 270 personas-día/ha/año.

El arqueólogo Clark Erickson (1986, 1987, 1992, 1993) estudió los waru warus del lago Titicaca, donde el nivel del agua puede variar interanualmente aproximadamente un metro; entonces en estaciones de lluvia fuertes, cuando la superficie de crecida y las aguas se expanden más de 200 metros desde la orilla, los cultivos sembrados no se inundan. Al mismo tiempo para niveles de agua bajos en el lago, las partes inferiores de los canales nunca están totalmente secas y el agua es conservada en la base de las elevaciones para ser transportada lentamente hacia arriba por capilaridad. Según evidencia arqueológica las plataformas o waru warus, rodeados de zanjas llenas de agua, podían producir cosechas abundantes, a pesar de inundaciones, sequías, y heladas comunes en altitudes alrededor de los 4 000 m.s.n.m. (Erickson y Chandler 1989).

Los beneficios de los waru warus son muchos, al articularse como vasos comunicantes permiten un drenaje eficiente de las inundaciones del lago y sus afluentes. Ello es importante porque el incremento de un metro en el nivel del lago significa el anegamiento de 25 mil hectáreas. Los camellones elevados que se encuentran a menudo en sistemas tradicionales sirven para controlar la temperatura del suelo y reducir la inundación mejorando el drenaje (Stigter, 1984). La combinación de camas elevadas y canales ha demostrado tener efectos importantes en la regulación de la temperatura, como se puede observar en la Figura 4, prolongando la estación de crecimiento y llevando a una productividad más alta en el waru waru comparado con suelos normales químicamente fertilizados de la pampa. Además, el almacenamiento del agua en los canales de drenaje permiten retener la humedad para los cultivos y constituye un acumulador de calor que dispersa su energía durante la noche, reduciendo notablemente la frecuencia de las heladas en los cultivos.

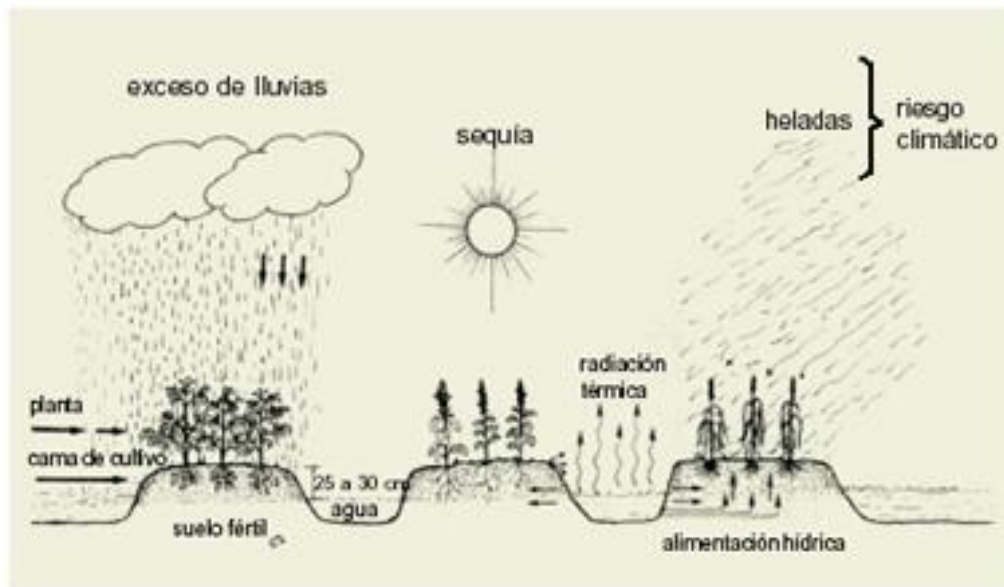


Figura 7: Funcionamiento del waru-waru dentro de la relación suelo-agua-planta para contrarrestar los riesgos climáticos

FUENTE: CARE PERÚ, Puno 1996-2001.

Actualmente, en la provincia de Puno existen aproximadamente unas 82 mil hectáreas de restos de waru warus en un anillo circunlacustre de 30 km de ancho. En las últimas décadas, diversos organismos públicos y privados han iniciado la recuperación de los waru warus en Puno, constituyéndose en 1989 el Proyecto Interinstitucional de Rehabilitación de Waru warus en el Altiplano (PIWA), dando así una nueva escala al trabajo de recuperación de esa tecnología. En este sentido, el Proyecto Waru Waru II de CARE- PERÚ viene trabajando desde 1992 con quinua, como uno de los cultivos potenciales del agroecosistema waru waru.

2.4.10 ANDENES

El impacto del ambiente en la economía andina ha dado lugar a arreglos verticales de establecimientos humanos y sistemas agrícolas. El patrón de verticalidad deriva de diferencias climáticas y bióticas relacionadas con la localización geográfica y altitudinal.

La evolución de la tecnología agraria en los Andes centrales ha producido un conocimiento muy sofisticado sobre el uso del ambiente andino. La aplicación de este conocimiento resultó en la división del ambiente andino en franjas agroclimáticas dispuestas de acuerdo a la altitud, cada una caracterizada por prácticas específicas de rotación del campo y cultivos, terrazas y sistemas de irrigación, y la selección de animales, cultivos, y variedades (Brush et al., 1981).

Los andenes destacan nítidamente como la principal tecnología de manejo de la tierra en zonas de pendientes empinadas. Sus ventajas más importantes son: control de la erosión, mejor aprovechamiento y conservación del agua, la regulación térmica, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en general, el aprovechamiento de tierras no aptas para fines agrícolas en tierras de laderas; constituyeron los fundamentos tecnológicos para lograr una expansión agrícola considerable en el pasado en la zona andina.

El efecto de termorregulación, es una de sus principales ventajas dado que la presencia de la barrera atenúa los efectos extremos del clima (temperaturas muy altas o muy bajas, sobre todo en las cercanías del suelo y su superficie, vientos, heladas, polvo, etc.). Al margen de los beneficios vinculados con la protección y conservación del suelo, las especies que constituyen la barrera viva pueden ser productivas y brindar provisiones razonables y regulares de leña, frutos u otros productos.

Este efecto termorregulador se evidencia claramente en Moray- Cusco, considerado un centro de investigación agrícola incaico donde se llevaron a cabo experimentos de cultivos a diferentes alturas. La disposición de sus andenes produce un gradiente de microclimas teniendo el centro de los andenes circulares concéntricos una temperatura más alta y reduciéndose gradualmente hacia el exterior a temperaturas más bajas, pudiendo de esta forma simular hasta 20 diferentes tipos de microclimas. Se cree que Moray pudo haber servido como modelo para el cálculo de la producción agrícola no solo del Valle del Urubamba sino también de diferentes partes del Tahuantinsuyo.



Figura 8: Vista de los andenes de Moray

FUENTE: Visita de campo, 2013

Los microclimas de los andenes que rodean el embudo más grande, Qechuyoq, se distribuyen en sectores de cuatro niveles contiguos, cada sector con características microclimáticas propias. En la Figura 5 podemos observar los tres sectores que constituyen los andenes de Moray; los cuatro andenes inferiores, Sector I, son más húmedos y tienen temperaturas de suelo bajas debido a la mayor evapotranspiración del agua. Los suelos de los andenes del Sector II (niveles 5, 6, 7, 8) tienen temperaturas anuales promedio de 2° o 3°C mayores. Los del Sector III (9, 10, 11, 12) tienen temperaturas que pueden ser mayores o menores de acuerdo a la variación en la exposición solar en el curso de las estaciones del año. Los meses de mayor diferenciación microclimática son los de la estación seca (mayo, junio, julio) y la del sembrío (agosto, setiembre, octubre, noviembre) (John Earls, 1989).

Los cultivos principales son el maíz, papa y quinua, además se cultivan legumbres, habas, arvejas. Los agricultores individuales pueden cultivar tanto como 50 variedades de papas en sus campos, y hasta 100 variedades locales se pueden encontrar en una sola aldea.

Existen dos tipos de andenes claramente diferenciables, los andenes de banco o bancales cuya plataforma es a nivel o casi a nivel y los andenes de pendiente o bargones, popularmente conocidos como pata-patas, donde solamente se ha suavizado la pendiente natural de las laderas haciendo muros de contención (Masson, 1994).

- **Bancales:** los bancales pueden o no presentar paredes de piedra, existiendo también una evidente diferenciación arquitectónica. Así, se aprecian andenes de banco cuyos muros presentan acabados perfectos de piedra enchapada con uniones muy precisas, como los andenes de Písac y Tipón en Cusco, que hacen suponer que estas estructuras fueron de corte ceremonial o destinadas al ornato de edificaciones de gentiles, al culto o tal vez a fortificaciones. Lo que explicaría por qué la gente del sur llama a este tipo de andenes: “andenes gentiles”.

Otro grupo de andenes de banco, existentes en la vertiente occidental surandina, presentan paredes de piedra pircada, es decir, dispuesta ordenadamente pero sin acabados. Las uniones no son exactas, pudiendo o no tener argamasa de barro, lo que permite su desarmado y rápida reparación. Los muros de estos andenes pueden ser también de tierra o de champa (tierra húmeda que se extrae con pasto en crecimiento, en forma de bloque), con refuerzo vegetal. Generalmente, la existencia de muros de piedra es más propia en lugares donde este material abunda, como es el caso de la vertiente occidental andina en general.



Figura 9: Bancales en Písaq, Cusco

FUENTE: Desarrollo y perspectivas de sistemas de andenerías en los Andes Centrales del Perú. Ann Kendall, 2006

- **Pata patas:** en cuanto a los “pata patas” (bargones), sus muros de contención pueden ser de material vegetal (arbustos y malezas) o de piedra (cuando esta existe). Generalmente son de muy poca altura, y su finalidad es contener y estabiliza progresivamente la tierra que resbala por la pendiente por acción de las lluvias. Este tipo de andenes es más fácil de construir, pues no demanda la nivelación de las plataformas ni mayor levantamiento de los muros. Los bargones con barrera vegetal usados por los antiguos pobladores andinos son considerados hoy una práctica agroforestal de manejo eficiente de laderas. Los bargones son más abundantes en la sierra interandina, mientras que los andenes de banco predominan en las vertientes occidental y oriental.

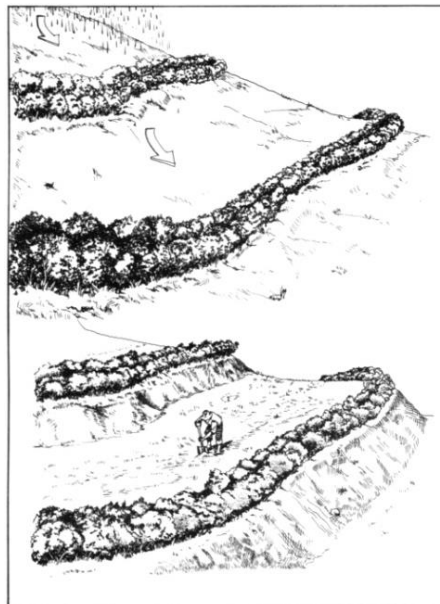


Figura 10: Terrazas de formación lenta con barreras vivas de agave

FUENTE: Agroforestería tradicional en los Andes de Perú. Carlos Reynel, 1987

2.4.11 RESERVORIOS NATURALES DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

a. Qocha

Los antiguos peruanos disminuyeron los efectos de la aridización y deshielo, mediante el riego de pastos altoandinos. No es secreto que se represaba más de una vez al año en las concavidades o vasos naturales de las punas, casi todas las lagunas cordilleranas de

importancia fueron represadas por las culturas precolombinas, fundamentalmente para riego de pastos y labores de siembra.

Las qochas se encuentran mayormente concentradas en la distrito de Azángaro, Lampa, en el departamento de Puno, donde se señala la existencia de tres formas básicas: las Muyuqocha de forma circular, las Suyt`uqocha de forma oblonga, y las chuntaqocha, rectangulares. Muchas qochas son usadas como reservorios para almacenar agua en períodos secos y para plantar cuando está más húmedo, a menudo ambas funciones están combinadas, el agua es guardada en la base mientras las laderas son cultivadas.



Figura 11: Qocha en Lampa- Puno

FUENTE: Sistemas de riego no convencionales. Jacinta Palerm, 2002

La qocha es un sistema tecnológico ubicado a bastante distancia de las riberas del lago, son lagunas para cultivar que a diferencia de los waru warus ha tenido un uso ininterrumpido y son activamente empleados en la actualidad. Consisten en depresiones cóncavas geométricamente regulares que han sido cavadas en la llanura o bien, son concavidades naturales remodeladas y se extienden aproximadamente 20 a 60 metros de ancho (PRATEC, 2009). Los lados de las qochas son trabajados en 2 o 3 niveles radiales compuestos de surcos con los cultivos plantados sobre las elevaciones bastante pequeñas del medio. Las qochas son interconectadas por complicados sistemas de canales (yani), de modo que son como una sarta de cuentas. Estos canales cortan diametralmente la base de la qocha que está rodeada de una suerte de pollera (falda). Toda la qocha está bordada por surcos, camellones, de modo tal que las aguas de las lluvias caminan por ella sin malograr los surcos. Cada sección de surcos y canales pueden ser roturadas de acuerdo a la situación del clima. Se trata de que en

todo momento la qocha posea un equilibrio hídrico y térmico que posibilite la vida agrícola. El agua viene de la escorrentía de las lluvias que caen en la cuenca alta que está detrás de ellas. El control de los niveles de agua en las qocha es efectuado por un complejo sistema de diques y represas que son abiertos y cerrados según las condiciones lo exijan, y el exceso de agua es derivado a los arroyos y ríos que finalmente drenan en el lago.

b. Qotañas

La “cosecha de aguas de lluvia” es una opción para almacenar el líquido durante las épocas secas con el propósito de paliar las demandas del ganado y las agrícolas. Esta práctica es una forma de gestionar el riesgo de disponibilidad de agua, constituyendo la qotaña como una alternativa tecnológica práctica, accesible y adecuada al contexto local. En términos económicos, la construcción de una qotaña requiere una inversión en mano de obra de hasta 200 dólares aproximadamente.

La replicabilidad de esta opción tecnológica es viable, por ejemplo en Pairumani, Puno las qotañas son reservorios sin material de impermeabilización, que van impermeabilizándose con el tiempo, posiblemente porque el suelo donde se construyó la qotaña contiene arcilla. Sin embargo, para realizar otras qotañas se debe evaluar el tipo de suelo, dado que los mismos son variables. Otras experiencias de construcción de qotañas, como en Sicuani, Cusco muestran un primer revestimiento con plástico y un segundo con tepes para dar mayor vida útil al plástico, teniéndose dos capas de impermeabilización, la segunda protegiendo a la primera.



Figura 12: Grupo de comuneros de la parcialidad de Pairumani mostrando una de las pequeñas qotañas construidas en año 2008

FUENTE: PRATEC- Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas. Junio 2009

Estos conocimientos desarrollados en diferentes contextos podrían ser articulados por una red de gestión de conocimientos con el fin de intercambiar la validez, eficiencia y practicidad del uso de qotañas como otras formas de gestionar el recurso agua, dado los cambios en el clima.

c. Amunas

Ante la escasez de agua, una de las consecuencias del calentamiento global, existen prácticas sociales que pueden contribuir a su mejor gestión. Una evidencia viva de ellas son las llamadas amunas, palabra quechua que se refiere a un sistema prehispánico de siembra y cosecha del agua. Esta práctica ancestral de recarga artificial consiste en aprovechar la estructura del terreno (fracturas o material superficial de alta permeabilidad) para la recarga artificial, garantizando la disponibilidad de agua de los manantiales en la época más seca.

Actualmente esta tecnología social se sigue utilizando en San Andrés de Tupicocha, en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima. En este lugar, donde no hay nevados y todo depende de las lluvias, los pobladores han encontrado en las amunas una forma de sembrar y cosechar agua. Según declaraciones de los comuneros, ellos tienen el convencimiento de que las amunas funcionan para la conservación del agua en los manantiales y arroyos en la

época seca o de estiaje, para su aprovechamiento doméstico y agropecuario pero también para los servicios públicos (Apaza, 2006).



Figura 13: Captación en pozos artesanales en las amunas de Huarochirí

FUENTE: Gestión Social del Agua y Ambiente en Cuencas – GSAAC. Dimas Apaza, 2006

El sistema de las amunas consiste en captar las aguas que se producen por el escurrimiento de las lluvias en las alturas, arriba de los 4400 m.s.n.m., a través de acequias y llevarlas hasta zonas previamente identificadas donde hay rocas fisuradas o fracturadas de la montaña. Al ingresar a la roca, el agua se desplaza lentamente dentro de ella para aflorar, meses después, por los manantiales (ojos de agua o puquios) y arroyos que están entre 1500 y 1800 metros más abajo. Para que las amunas puedan funcionar es indispensable la existencia de la comunidad, pues constituye un factor fundamental para el trabajo, tanto en el aspecto físico como de organización de este proceso de siembra, cosecha, conducción e infiltración del agua de lluvia en la montaña, para recargar “humanamente” los acuíferos.

Las amunas constituyen un sistema complejo de gestión del agua y el territorio, basado en el conocimiento del ciclo del agua, de la geografía de los Andes, de la organización y el trabajo comunitarios, cohesionados por una cultura ancestral que perdura y refuerza la identidad y el sentido de pertenencia.

2.4.12 SISTEMAS MIXTOS DE PRODUCCIÓN

a. Chacra Huerta

En estos tiempos de calentamiento, la chacra huerta, como es denominada por los comuneros de la zona andina, es el lugar de la “verticalidad comprimida”, en el que en espacios pequeños se encuentra la diversidad ecológica de la zona, y donde fácilmente se siembran más de 50 especies diferentes, desde plantas de puna hasta especies de valle como frutales, verduras, maíces, papas.

La superficie de cada chacra huerta es desde pocos metros cuadrados y a veces llega a la hectárea, son lugares con arboledas que captan el dióxido de carbono (CO₂) y debajo de las arboledas se siembran una gama de plantas aromáticas; además flores y plantas rituales. Dentro de las chacra huertas, los comuneros prueban cultivos novedosos como alcachofas, pimiento piquillo y otros, así como el yacón, la gama de las “sachas”: sachaculis, sacha papaya, sacha tomate, sacha pallar. Además se acostumbra sembrar tomates, zanahorias y betarragas, pero la columna vertebral son los frutales arbustivos nativos junto a las enredaderas que dan frutos (PRATEC, 2009).



Figura 14: Chacra huerto de habas, papas y maíz en la pampa de Maras, Cusco

FUENTE: Visita de campo, 2014

El sistema de chacra huertas, generalmente tiene muro o pirca que lo defiende de la erosión hídrica, eólica y daños del ganado. Este muro puede llegar hasta 1.5 m, pero esto varía con la disponibilidad de piedras y champas. En la cumbre de los muros se siembran sábilas, cabuyas, pencas, rosas silvestres y zirankas de frutos morados agridulces. Además de cercos de piedra, se usan los cercos vivos con plantaciones alrededor de las chacra huertas de mezclas de especies diferentes compatibles, por ejemplo saúcos con nísperos, coles arbustivas con mutuy, alisos con cabuyas, o entre caducifolios caso manzanos con peros.

La chacra huerta y sus bordes verdes, contribuyen a generar microclimas adecuados para la huerta que está dentro y de paso protegen a la biodiversidad de las heladas, granizadas y fuertes insolaciones. Las especies del sistema de la chacra huerta y sus bordes de agroforestería prestan servicios ambientales porque producen oxígeno, captan nubes para la lluvia, capturan carbono envejecido, generan microclimas benignos y se tiene un micro paisaje.

b. Agroforestería tradicional altoandina

Muchos agricultores siembran sus cultivos en arreglos espaciales agroforestales utilizando la cobertura de los árboles para proteger los cultivos contra fluctuaciones extremas en microclima y humedad del suelo. Los agricultores ejercen influencia sobre el microclima conservando y plantando árboles, los cuales reducen la temperatura, velocidad del viento, evaporación, y exposición directa a la luz del sol e interceptan granizo y lluvia. La presencia de árboles en diseños de agroforestería constituye una estrategia clave para la mitigación de la variabilidad del microclima en sistemas de agricultura a pequeña escala.

Las prácticas de agroforestería se pueden clasificar de acuerdo a los beneficios que ofrecen, por ejemplo, para la producción de madera, protección de los cultivos y la propiedad, así como la protección y conservación del agua y suelo. A continuación se detallan algunas de las prácticas de agroforestería más importantes (Reynel, Felipe-Morales, 1987):

- ***Cultivo mixto de especies forestales y agrícolas:*** son cultivos agrícolas que brindan cosechas regulares se conducen yuxtapuestos a plantaciones de especies forestales que son establecidas a un distanciamiento algo mayor que el normal. Permite la optimización de la productividad del terreno, que brinda cosechas agrícolas en turnos cortos, así como cosechas de madera en turnos más largos. La elección de las especies

forestales y de los cultivos debe basarse en el conocimiento de los niveles de competencia entre ambos, de tal forma que la competitividad entre ambos no afecta la producción final.

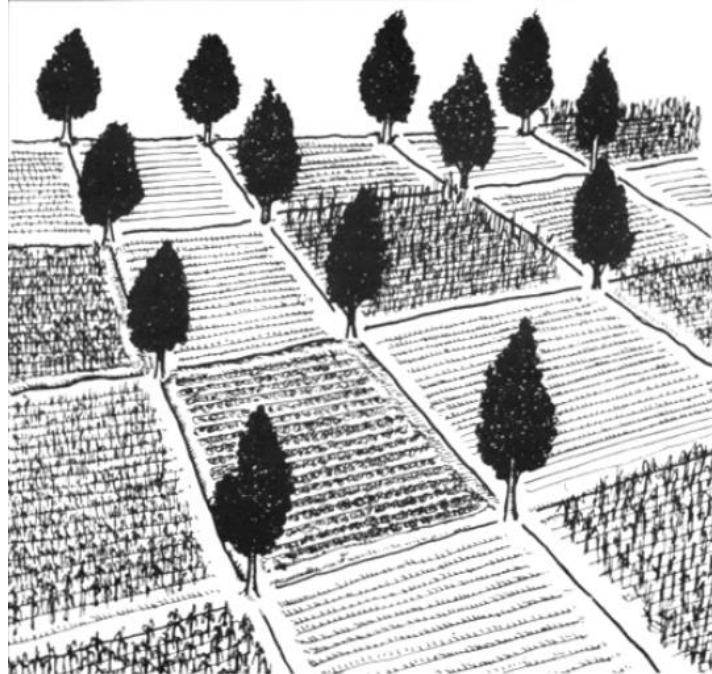


Figura 15: Cultivo mixto de especies forestales y agrícolas

FUENTE: Agroforestería tradicional en los Andes de Perú. Carlos Reynel, 1987

- ***Cercos vivos para cobijo de cultivos:*** circundando los cultivos, huertos o propiedades del comunero se establecen o manejan cercos de vegetación predominantemente arbustiva o arbórea de pequeño porte. La intención no es específicamente la neutralización de la acción de los vientos fuertes o de las heladas, ya que estos cercos son muy comunes en lugares sin estos problemas. Más bien, es crear condiciones microclimáticas benignas y agradables en las áreas de influencia, las cuales determinan mayor viabilidad y productividad agrícola, y también un ambiente más agradable para los seres humanos.

En general, se busca la regulación del microclima, atenuando la fuerte radiación solar, la sequedad extrema, el polvo, y formación de un cinturón de aislamiento, cobijo y protección para el cultivo y las propiedades en las zonas adyacentes.

Asimismo, los cercos de vegetación, dado que incorporan materia orgánica al suelo, mejoran las propiedades de éste; la fertilidad, la estructura, la aireación y la humedad aumentan en relación directa a la cercanía al cerco, al igual que la estabilidad en la temperatura de la superficie.

En particular, esta práctica así como las afines, se prestan al uso de socios en los que participen especies con algún valor económico adicional: leña, frutos, tintes, medicinales, etc.

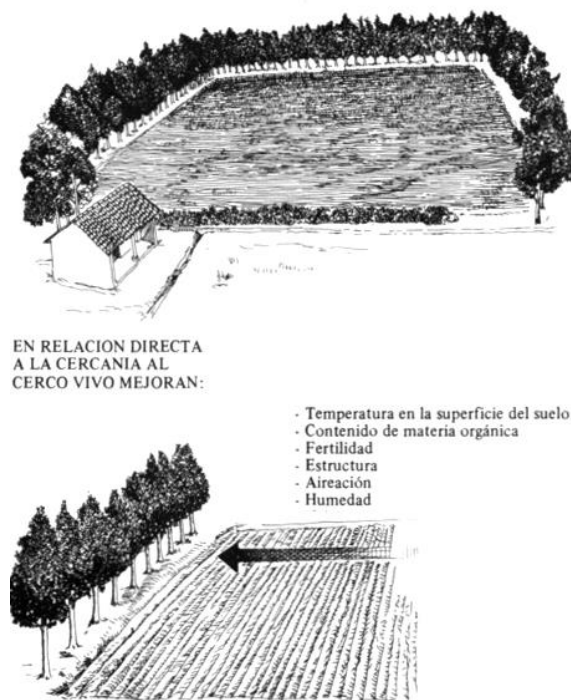


Figura 16: Efectos benéficos de un cerco vivo en el suelo

FUENTE: Agroforestería tradicional en los Andes de Perú.
Carlos Reynel, 1987

- ***Cortinas de vegetación contra las heladas:*** el fenómeno de la helada se manifiesta en las zonas de altitud elevada como consecuencia de la irradiación rápida en la noche, del calor acumulado durante el día por el suelo. Esta irradiación es particularmente intensa en las zonas altas y menos abrigadas y en la porción superficial del terreno.

Se forma como resultado de esto, una masa de aire frío, más pesada, que tiende a variar por las laderas hacia las zonas inferiores, desplazando a su paso el aire caliente que encuentra en su camino.

La helada ocurre generalmente en horas de la madrugada y puede ocasionar perjuicio y muerte a los cultivos. Cercos muy densos y tupidos de mediana altura, conformados por vegetación fundamentalmente arbórea acompañada a veces con arbustos, son establecidos alrededor de los cultivos, para neutralizar estos efectos.

Estas cortinas rompevientos protegen el cultivo y las propiedades del agricultor contra heladas, constituyendo un cinturón de termorregulación y abrigo, desviando vientos fríos y atenuando descensos extremos de temperatura. Asimismo, las especies pueden ser manejadas simultáneamente para la obtención de rebrotes o tierra compostada.

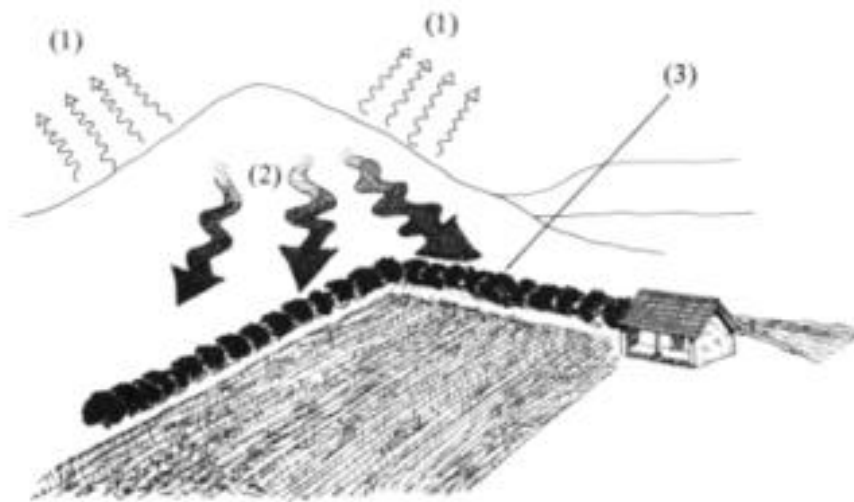


Figura 17: Cortinas de vegetación contra las heladas

Nota: (1) Se forman masas de aire frío más pesadas (2) que descienden y afectan los cultivos. (3) Estos pueden protegerse estableciendo cortinas de vegetación densas.

FUENTE: Agroforestería tradicional en los Andes de Perú. Carlos Reynel, 1987

c. **Policultivos**

El policultivo es aquel tipo de agricultura que usa cosechas múltiples sobre la misma superficie, imitando hasta cierto punto la diversidad de ecosistemas naturales de plantas herbáceas, y evitando las grandes cargas sobre el suelo agrícola de las cosechas únicas.

El policultivo, aunque requiere a menudo más trabajo, tiene varias ventajas sobre el monocultivo. La diversidad de cosechas ayuda a evitar la susceptibilidad que los monocultivos tienen a las plagas. Entre las ventajas potenciales que pueden surgir del diseño correcto de los policultivos están los efectos sobre la dinámica de las poblaciones de insectos plaga, que generalmente resulta en menos daños a los cultivos, supresión de malezas debido a sombramiento, o alelopatía, uso mejor de los nutrientes del suelo y mejoramiento de la productividad por unidad de superficie.



Figura 18: Policultivo de papa y hortalizas (Distrito de Accopalca, Provincia de Huancayo, Región Junín)

FUENTE: Visita de campo, 2013.

El manejo de los policultivos es, básicamente, el diseño de combinaciones espaciales y temporales de cultivos en área. En el diseño y manejo de estos sistemas, una estrategia es minimizar la competencia y maximizar la complementación entre las especies de la mezcla. Cada patrón de policultivo debe ser diseñado con cuidadosa atención a los detalles del tipo

de plantas, distribución de las plantas, tiempo adecuado de siembra, condiciones del suelo, etc. La distribución de los cultivos en el espacio puede consistir en sistemas tales como cultivo en franjas, cultivo intercalado, cultivo en hieleras mixtas y cultivo de cobertura (Serrano, 1998).

La distribución de los cultivos en el tiempo puede variar de acuerdo a si los cultivos mixtos se plantan simultáneamente, o en secuencia como cultivo rotativo (p. e., plantar un segundo cultivo después de la cosecha del primero), cultivo de relevo (sembrar un segundo cultivo después del florecimiento del primero, pero antes de su cosecha), cultivo de vástagos (la cultivación del rebrote del cultivo después de la cosecha), o si los cultivos se combinan en una forma sincrónica o asincrónica, o en un patrón de plantación continuo o discontinuo. Las características deseables de los cultivos que se han de considerar para los sistemas de cultivos intercalados incluyen la insensibilidad fotoperiódica, la madurez precoz y uniforme, baja estatura y resistencia al doblamiento, elasticidad poblacional, resistencia a los insectos y enfermedades, respuesta eficiente a la fertilidad del suelo y alto potencial de rendimiento.

d. Rotación de cultivos: Sistemas de Laymi

Los sistemas Laymi se encuentran en diversas zonas del Perú con distintos nombres de acuerdo al lugar: en Andahuaylas, distrito de Pomacocha los llaman “Raymi”; en el Valle de Sondondo y en La Mar, Ayacucho, Aypu; en Ollantaytambo, Cusco, Muya y en Puno, Aynuka (PRATEC, 2009).

El Laymi es un sector donde se crían las tuberosas y granos, en empatía ritual, con la participación íntima de la Pachamama y demás energías vitales. En marzo 2007, en Pomacocha, Andahuaylas se realizó el barbecho sectorial “en el raymi de Titaywa”, para la campaña 2008– 2009 de papa waña. Al revitalizar el sistema de Laymi de papa se está recuperando la crianza de papas dulces, papas amargas, ocas, maswas, ollucos, macas, quinuas, qañiwas, cebadas; como parte de la conservación in situ de las plantas cultivadas y silvestres; sintonizándose nuevamente con la dinámica del clima, tiempo y espacio.

El Laymi, es denominado “Zona de Barbecho Sectorial”, debido a que la comunidad escoge un sitio donde todos barbechan y siembran papa. El segundo año se convierte en qallpa o terreno listo para el segundo cultivo de oca, maswa y olluco. El tercer año se siembra quinua, qañiwa y cebada. El cuarto año descansa por un período de cinco a siete años que depende

de la cantidad de sectores Laymi que cuenta la comunidad. En este período de descanso los Laymi se convierten en zona de pastoreo con “acceso controlado”.

A diferencia de los Laymi, los monocultores de papa siembran en el mismo lugar hasta dejarla estéril, donde las plagas se convierten en resistentes. Una vez dañado el ecosistema frágil, los agricultores comerciales de papa migran a otras punas vírgenes.



Figura 19: Rotación de cultivos- Sistema Laymi (Pampa de Maras, Cusco)
FUENTE: Visita de campo, 2014

2.5 TECNOLOGÍAS CONTEMPORÁNEAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los avances actuales de la tecnología y la ciencia contribuyen a lograr una mejor adaptación de la población y de los sistemas productivos a los eventos climáticos extremos actuales. Las tecnologías contemporáneas (modernas) de adaptación a la variabilidad climática incorporan el conocimiento científico a los conocimientos y prácticas tradicionales de las culturas para generar técnicas de adaptación adecuadas. En el sector agrícola, algunos ejemplos de las tecnologías contemporáneas desarrolladas son: la elaboración de pronósticos climáticos e implementación de sistemas de alerta temprana a partir del manejo de información agrometeorológica, la investigación y el desarrollo de técnicas para mejorar el rendimiento de cultivos (variedades de cultivos con tolerancia a las heladas, sequías, incremento de temperatura, entre otros), y la mejora en el uso y manejo de los recursos hídricos (aumentando el área agrícola bajo riego tecnificado).

Sin embargo, el acceso a las referidas tecnologías es limitado para los agricultores de las zonas rurales en los Andes, siendo principalmente centralizada a nivel académico o

científico, situación que indica que los mecanismos de adaptación de los sistemas agrícolas necesitan mejorar su resiliencia, entendida como el incremento en la capacidad de aprendizaje, mediante el fortalecimiento de las capacidades y conocimientos de las poblaciones locales sobre los ecosistemas, sus tecnologías tradicionales y fomentando el acceso a información técnica actualizada a través de vías de comunicación apropiadas.

El universo de tecnologías contemporáneas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana analizado en el presente trabajo de investigación se describe a continuación, y está conformado por trece tecnologías, de las cuales cinco de ellas han sido descritas con mayor detalle debido a su éxito de implementación en las zonas altoandinas del Perú, siendo estas las siguientes: a) recuperación de terrazas agrícolas, b) habilitación de zanjas de infiltración para promover la conservación de praderas naturales, c) proyectos de irrigación en la sierra (microreservorios y riego por aspersión), y las futuras tecnologías de adaptación para el sector agrícola: d) sistemas de alerta temprana y e) recursos genéticos, cuyo desarrollo e implementación permitirá fortalecer la respuesta de adaptación a la variabilidad climática de la población andina.

2.5.1 RECUPERACIÓN DE TERRAZAS AGRÍCOLAS (ANDENES)

Los andenes construidos en la accidentada geografía que caracteriza a la sierra peruana, llena de quebradas y de terreno irregular, cumplieron varias funciones: la conservación del agua y el suelo, el control de la erosión hídrica del suelo, y la creación de condiciones microclimáticas favorables para los cultivos, disminuyendo los riesgos de heladas al producir mayor turbulencia del viento.

En el Perú existen aproximadamente un millón de hectáreas de andenes en diverso estado de conservación, del que se utiliza solamente un 25% (Masson, 1986a); sin embargo, la cifra parece ser sobreestimada, debido a que como parte de la contabilidad realizada, se incluyó todo tipo de terrazas agrícolas, no sólo andenes.

Los estimados del Censo Agropecuario de 1994 del INEI indican que a nivel nacional el número de hectáreas de andenes asciende a 5 182, cifra considerablemente menor a la reportada por Masson.

En 1996, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), realizó el Inventario Nacional de Andenes, empleando una metodología apropiada y un trabajo de campo de verificación exhaustivo; reportando la existencia de aproximadamente 256 945 hectáreas de andenes distribuidas en ocho departamentos del Perú, extensión de terreno que representa el 4,4% del total de tierras agrícolas.

En la Figura 17, se identifica la tipología propuesta por el INRENA, de acuerdo con el estado de conservación y uso de los andenes:

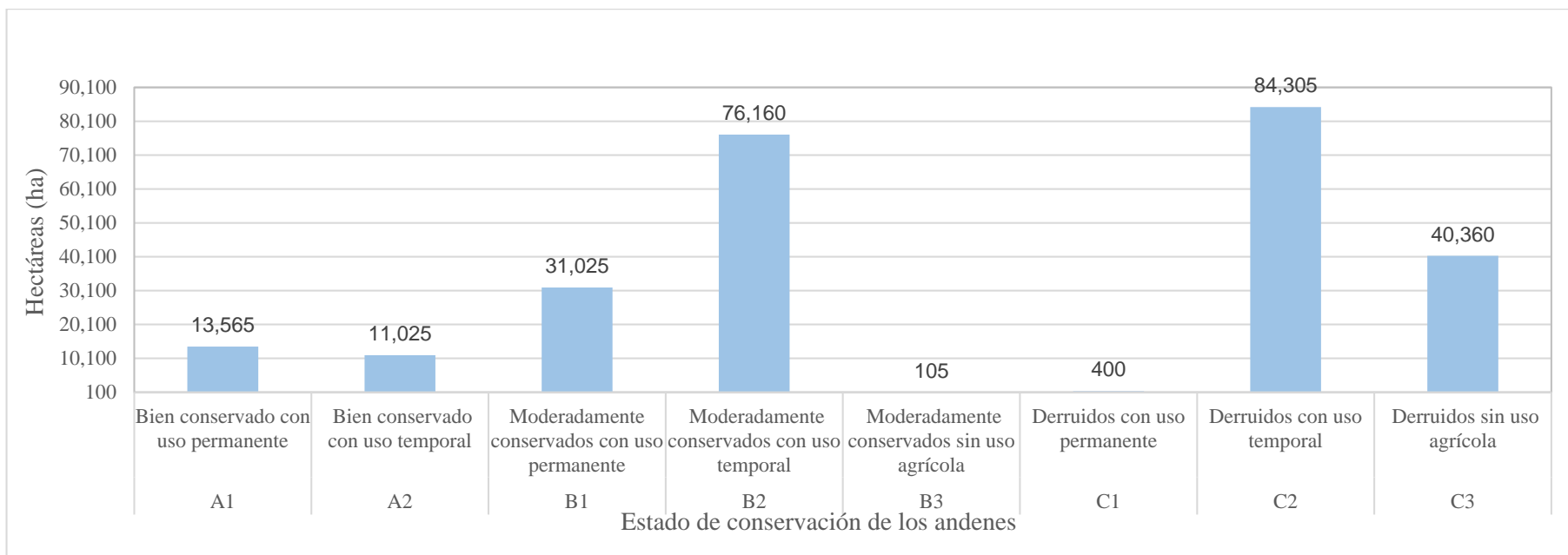


Figura 20: Superficie de andenes en diferentes estados de conservación

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INRENA (1996)

En el Cuadro 4, se identifica la extensión de superficie andenada por departamento y por estado de conservación. Las mayores superficies de andenes mejor conservados (A1) se encuentran en los departamentos de Moquegua y Arequipa; mientras las mayores superficies de andenes en estado derruido (C3) se encuentran en los departamentos de Lima y Arequipa.

Cuadro 4: Superficie de andenes en diferentes estados de conservación

Departamento	Estado de conservación de los andenes (ha)									Porcentaje
	A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Total	
Arequipa	3,260	6,775	10,195	11,855	-	-	6,120	10,140	48,345	18.81%
Apurímac	-	-	25	6,260	-	-	15,430	905	22,620	8.80%
Cusco	875	430	4,395	2,990	105	90	13,610	1,180	23,675	9.21%
Ica	-	-	160	915	-	310	960	1,000	3,345	1.30%
Lima	3,055	945	4,950	28,315	-	-	28,405	13,710	79,380	30.89%
Moquegua	4,960	450	4,500	2,830	-	-	910	5,735	19,385	7.54%
Puno	-	2,425	-	20,895	-	-	17,715	5,685	46,720	18.18%
Tacna	1,410	-	6,780	2,100	-	-	1,155	2,035	13,480	5.25%
ha	13,560	11,025	31,005	76,160	105	400	84,305	40,390	256,950	100.00%
%	5.28%	4.29%	12.07%	29.64%	0.04%	0.16%	32.81%	15.72%	100.00%	

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INRENA (1996)

Nota: Como puede apreciarse al comparar el total de hectáreas en andenería del Cuadro 2 con el total de hectáreas en andenería del Cuadro 3, existe una pequeña diferencia de 5 ha, esta discrepancia se debe a que los datos parciales presentados por INRENA para el Cuadro 2 suman estas 5 ha de más.

En el Cuadro 5, se refleja la extensión de andenes de acuerdo con el uso que le otorgan los agricultores. Se muestra que aproximadamente el 15,8 % no tiene uso agrícola, encontrándose abandonados; mientras aproximadamente el 66.7% tiene uso temporal.

Cuadro 5: Superficie de andenes de acuerdo con su uso

Departamento	Andenes con uso permanente	Andenes con uso temporal	Andenes sin uso agrícola	Total
Arequipa	13,455	24,750	10,110	48,315
Apurímac	25	21,690	905	22,620
Cusco	5,360	17,030	1,285	23,675
Ica	470	1,875	1,000	3,345
Lima	8,025	57,665	13,710	79,400
Moquegua	9,465	4,190	5,735	19,390
Puno	0	41,035	5,685	46,720
Tacna	8,190	3,255	2,035	13,480
ha	44,990	171,490	40,465	256,945
%	17.5%	66.7%	15.7%	100.0%

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de INRENA (1996)

De la información presentada, es evidente que, la extensión de andenes que tiene el país es imprecisa; sin embargo, resalta que una cantidad importante de andenes se encuentra en estado de abandono. Diversos estudios (Masson, 1986; Denevan, 1987; CEPAL, 1989, Treacy, 1994c; INRENA, 1996) calculan que más del 50% de los andenes existentes se encuentran en situación de abandono (Olarte y Trivelli, 2004), principalmente en zonas donde el nivel de desarrollo es bajo, caracterizadas por la pobreza, la falta de infraestructura productiva y ausencia de inversiones privadas y públicas.

Desde la década del 80 se inició en el Perú una gran actividad de rehabilitación de andenes, tanto de parte de organismos no gubernamentales (ONGs) como de instituciones del Estado, siendo el MINAGRI, a través del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y de Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), el que ha efectuado el mayor trabajo de construcción de terrazas y recuperación de andenes.

Principalmente existen 2 enfoques que podrían justificar la rehabilitación o reconstrucción de andenes:

- Mantener el Patrimonio Cultural de la Nación y el legado histórico, en la zona donde los andenes son considerados como tales, es decir, hacer de los andenes bienes públicos. Por ejemplo, en lugares como Cusco los andenes constituyen parte de la atracción turística y favorecen el desarrollo de los servicios asociados con este sector. Bajo este enfoque, la institución nacional responsable, es el Ministerio de Cultura (MINCUL).
- Ampliar la frontera agrícola a partir de la recuperación o reconstrucción de andenes prehispánicos, incrementando y mejorando las tierras de cultivo, para contribuir al incremento de los ingresos y al bienestar de los agricultores y los campesinos pobres sobre todo. Bajo este enfoque, la institución responsable, es el Ministerio de Agricultura.

Se estima que en 1999 la extensión de andenes rehabilitados era de aproximadamente 4 000 ha. Esta superficie, sin embargo, representa apenas el 1,2% del total de andenes inventariados (Felipe-Morales, 1996).

La investigación cuantitativa y analítica sobre la extensión de andenes rehabilitados/construidos, bajo el segundo enfoque, es escasa; siendo el tipo de investigación realizada, en su mayoría, de carácter histórico y elaborada por arqueólogos.

Al respecto, cabe resaltar algunas de las experiencias prácticas de restauración de sistemas de andenería efectuadas en Perú:

- Entre 1983 y 1995 se desarrolló el Programa Integral de Rehabilitación y Reconstrucción de Puno conducido por el Centro de Investigación y Promoción Agropecuaria (CIPA) XV, el MINAGRI, la Dirección de Aguas y Suelos y el Proyecto Especial de emergencia de la Corporación de Desarrollo de Puno a raíz de las sequías de 1982 y 1983. Se construyeron y/o rehabilitaron 1 143 ha entre andenes y terrazas (García et al. 1990)
- Rehabilitación de andenes en la Comunidad de San Pedro de Casta (cuenca del río Rímac) por la asociación Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL) en 1994. Se reconstruyeron 10 ha de andenes.
- Rehabilitación de andenes en la comunidad de Pusalaya, departamento de Puno, desarrollados en 1984; los cuales fueron reportados por Coolman (1987).

- Rehabilitación de andenes en las comunidades campesinas del distrito de Paucarcolla, departamento de Puno. Se rehabilitaron un total de 10,34 ha de andenes, con 243 beneficiarios de siete comunidades y sectores campesinos.
- Programa Manejo de Recursos Naturales en la Sierra Sur (MARENASS), ejecutado también por el MINAGRI, con la cooperación del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), a través del cual se realizó la construcción de 440 ha de andenes en los departamentos de Apurímac, Ayacucho y Cusco.
- La Fundación Cusichaca Trust, realizó dos proyectos innovadores de restauración agrícola, en el distrito de Ollantaytambo, departamento de Cuzco, en dos valles: Cusichanca y Patachanca, restaurando más de 200 ha de tierras.
- En 1980, a través del proyecto Cusichaca, se realizó la rehabilitación de 45 ha de tierra, restaurando 7 km del canal de Quishuarpata.



Figura 21: Vista panorámica de las parcelas de tierra rehabilitadas a través del Proyecto Cusichaca

FUENTE: Ann Kendall, Tracing and Rural Development, 2005, <http://www.cusichaca.org/pdf/4-terracing.pdf> [Consulta: Domingo, 13 de abril de 2014, 18:27]

A través del proyecto Patachanca (1992-1995) se realizó la restauración del canal de riego superior Pumamarca lo que contribuyó a la rehabilitación de 160 ha de andenes, con 202 familias beneficiarias directas que posteriormente aumentaron.



Figura 22: Vista del canal de riego Pumamarca

FUENTE: Ann Kendall, Tracing and Rural Development, 2005, <http://www.cusichaca.org/pdf/4-terracing.pdf> [Consulta: Domingo, 13 de abril de 2014, 18:27]



Figura 23: Vista panorámica de los andenes rehabilitados rehabilitadas a través del Proyecto Patachanga.

FUENTE: Ann Kendall, Tracing and Rural Development, 2005, <http://www.cusichaca.org/pdf/4-terracing.pdf> [Consulta: Domingo, 13 de abril de 2014, 18:27]

- Desde el año 2011, el Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AgroRural) se encuentra ejecutando un proyecto piloto de recuperación de andenes en cuatro anexos del distrito de Matucana, provincia de Lima, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Hasta la fecha se han recuperado 25 hectáreas de andenes, así como también, se han desarrollado obras para mejorar la conducción, distribución y uso eficiente del agua, beneficiando a 103 productores.

A continuación se presentan resultados interesantes referidos a la inversión de trabajo requerido para la construcción de andenes:

- La rehabilitación de andenes en la comunidad de Pusalaya, consumió 890 días/hombre; con 4 horas de trabajo de diario.
- De acuerdo con las estimaciones realizadas por Gonzales de Olarte y Carolina Trivelli en 1998, los costos de reconstrucción de una hectárea de andenes en Lima ascienden a 2 990 dólares, en Cusco a 1 654 dólares y en Cajamarca a 3 308 dólares, con un promedio de 1 013 jornales de trabajo.

Los valores reportados por Gonzales de Olarte y Trivelli evidencian que la recuperación de una hectárea de andén demanda un costo muy alto e inmanejable para las comunidades campesinas, por lo cual, es necesario evaluar vías económicas de recuperación de andenes de mayor rentabilidad y atracción.

Finalmente, las labores de rehabilitación de andenes, en su mayoría no han sido acompañadas de condiciones y acciones que aseguren su uso y mantenimiento por parte de los agricultores; por lo que, es importante tomar en cuenta dichas condiciones para continuar con los trabajos masivos de rehabilitación de andenes; asimismo, es necesario realizar una actualización del inventario trabajado por el INRENA en 1996, con la finalidad de determinar con mayor precisión la extensión real y el potencial de andenes del país.

2.5.2 FITOTOLDOS

Los invernaderos rústicos o fitotoldos son usados en algunas zonas andinas para la producción de hortalizas, hierbas medicinales o pasto para animales menores, como alternativa para cultivar en condiciones climáticas desfavorables (por ejemplo: baja

temperatura, nevadas, granizadas, entre otras), características de la zona andina peruana. Los fitotoldos están elaborados, en su mayoría, con adobe (paredes) y plástico (techo). El techo de plástico filtra los rayos ultravioleta en infrarrojos, lo que, sumado al adobe, permite guardar el calor del día para las noches frías, creando un microclima artificial, ideal para el cultivo de hortalizas.

Se debe tomar en cuenta los siguientes factores para la construcción de un fitotoldo: la ubicación de un buen terreno, con adecuada pendiente, buena calidad de suelo, sin problemas de drenaje y, de preferencia, ubicado cerca de una fuente de agua, pues un fitotoldo familiar de unos 70 metros cuadrados consume más de 150 litros de agua a la semana.

El fitotoldo puede abastecer a una familia durante todo el año, con una producción destinada al autoconsumo de pequeña escala; en este sentido, el principal aporte de los fitotoldos es la mejora de la dieta diaria.

2.5.3 ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍA EÓLICA

Energías renovables utilizadas para la extracción o bombeo de agua a través de molinos. El movimiento del rotor de los molinos, impulsados por la energía obtenida desde el viento o el sol, mueven un sistema mecánico que extrae agua del subsuelo en zonas rurales. Tecnología moderna ampliamente utilizada en Argentina, Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca.

2.5.4 RECUPERACIÓN DE PRADERAS A TRAVÉS DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Las zanjas de infiltración son excavaciones del terreno en forma de canales, de sección rectangular o trapezoidal, tabicadas cada 10 m y por lo general, simétricas; se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno, y siguiendo las curvas de nivel; estas infraestructuras permiten almacenar aproximadamente de 7 000 a 10 000 metros cúbicos de agua que se pierden anualmente por escorrentía (Zárate, 1999), mantienen el suelo como recurso productivo; y, a su vez, permiten rehabilitar, recuperar y ampliar la frontera agrícola.

Desde la década del 80, las prácticas de conservación del suelo, a través de la construcción de zanjas de infiltración en la sierra peruana, fueron desarrolladas por MINAGRI, a través del PRONAMACHCS, hoy programa de desarrollo productivo AgroRural; entre el 2004 y 2012 la superficie nacional con zanjas de infiltración ascendió a aproximadamente 28 010 ha (Ver Figura 21). Los departamentos que cuentan con mayores cantidades de zanjas de infiltración son: Cusco (4 437 ha), Puno (3 794 ha) y La Libertad (3 047 ha) (INEI, 2012).

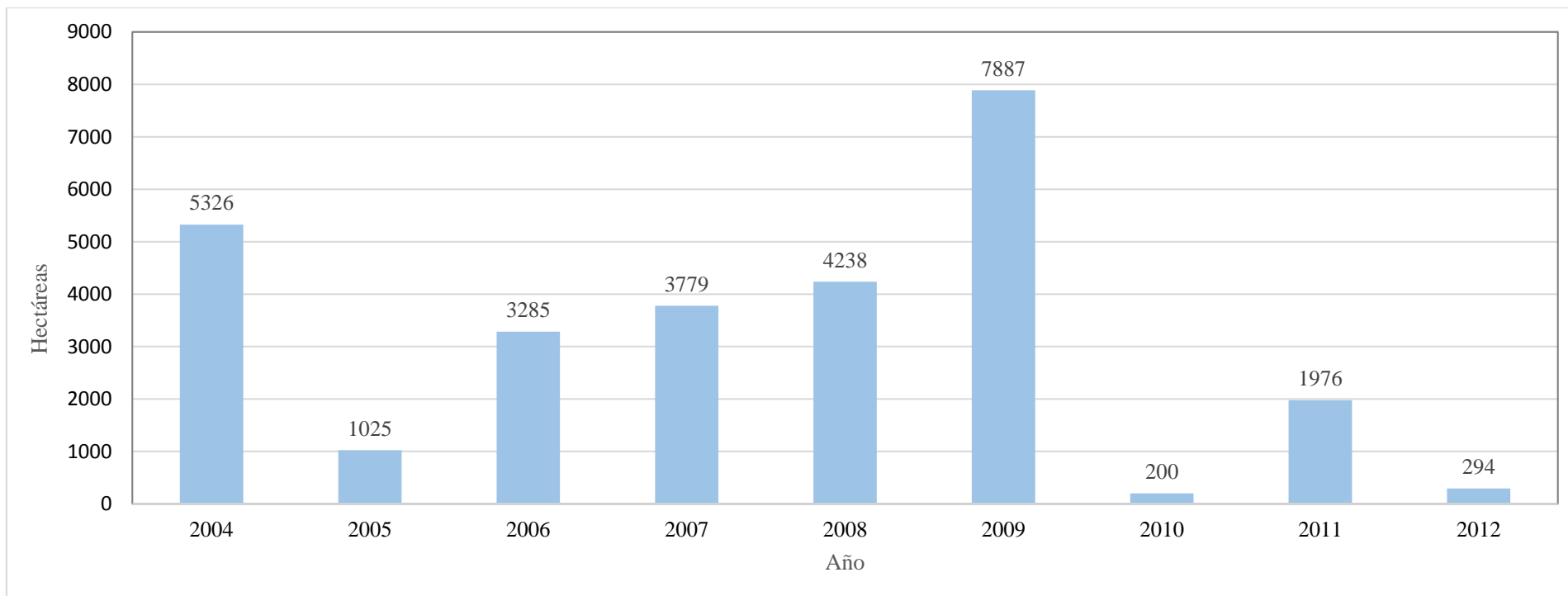


Figura 24: Superficie (hectáreas) tratada con zanjas de infiltración 2004-2012

FUENTE: Elaboración propia en base a datos del INEI (2012)

Cuadro 6: Zanjas de infiltración, según departamento 2004-2012

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
Amazonas	43	-	-	-	3	-	-	99	30	175
Áncash	279	17	189	334	412	1280	-	15	-	2526
Apurímac	383	-	-	135	472	838	-	40	-	1868
Arequipa	119	93	88	30	19	195	-	84	65	693
Ayacucho	743	50	251	306	765	-	-	75	10	2200
Cajamarca	391	267	855	410	216	755	-	62	0	2956
Cusco	556	61	426	538	953	1498	200	183	22	4437
Huancavelica	736	-	67	163	93	133	-	-	-	1192
Huánuco	240	5	-	163	33	194	-	185	-	820
Junín	134	-	85	176	81	310	-	538	167	1491
La Libertad	497	319	455	340	462	974	-	-	-	3047
Lambayeque	14	-	-	18	6	-	-	-	-	38
Lima	25	-	4	31	19	197	-	580	-	856
Moquegua	21	11	-	20	7	15	-	-	-	74
Pasco	204	-	130	257	124	140	-	48	-	903
Piura	270	182	296	50	45	-	-	30	-	873
Puno	671	19	439	794	514	1357	-	-	-	3794
Tacna	-	-	-	15	15	-	-	37	-	67
TOTAL	5326	1025	3285	3779	4238	7887	200	1976	294	28010

FUENTE: Elaboración propia en base a datos del Anuario de Estadísticas Ambientales (INEI, 2012)

En el 2008, AgroRural con financiamiento del Banco Mundial, desarrolló el proyecto piloto "Conservación de praderas altoandinas en la subcuenca del río Shullcas", en el departamento de Junín, Provincia de Huancayo, referido a la conservación de praderas altoandinas.

Como resultado del proyecto se habilitaron 801 ha con zanjas de infiltración las cuales interceptaron el agua de escorrentía de las partes altas de las laderas, anulando su velocidad y favoreciendo su infiltración en el terreno, por lo cual se recuperó la producción de 833 ha de praderas altoandinas, garantizando el prendimiento y desarrollo de plantas del género *Calamagrostis* y *Festuca*, lo cual influyó directamente en el incremento de la biomasa forrajera.



Figura 25: Parcela Huisña - Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) en la subcuenca del río Shullcas

FUENTE: Trabajo de campo 2013.



Figura 26: Zanjas de infiltración - Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) en la subcuenca del río Shullcas (Perú)

FUENTE: Trabajo de campo 2013

2.5.5 AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La agricultura de conservación (AC) es un concepto para el manejo de agro-ecosistemas para una productividad mejorada y sostenible, mayor rentabilidad económica y seguridad alimentaria, conservando y reforzando al mismo tiempo los recursos naturales y el medio ambiente. La AC se caracteriza por tres principios interrelacionados:

- La perturbación mínima del suelo en forma continua
- Una cobertura permanente de la superficie del suelo con materiales orgánicos
- La diversificación de especies cultivadas en secuencia y/o asociaciones

La agricultura convencional "arable" se basa en la labranza del suelo como la operación principal. La herramienta más ampliamente conocida para dicha operación es el arado que se ha convertido en el símbolo de la agricultura. En el pasado la labranza estuvo asociada

con un incremento en la fertilidad del suelo debido a la mineralización de los nutrientes del suelo como consecuencia de la aradura. Este proceso resulta en el largo plazo a una reducción de la materia orgánica del suelo. La materia orgánica del suelo no solo provee los nutrientes al cultivo, sino también, y sobre todo, es una sustancia crucial para la estabilización de la estructura del suelo. Por tanto, la mayoría de los suelos se degradan bajo una agricultura arable intensiva y prolongada. Esta degradación estructural del suelo resulta en la formación de costras y compactación y que conduce, al final, a la erosión del suelo. El proceso es dramático bajo las condiciones climáticas tropicales, pero se puede observar en todos los climas del mundo. La mecanización de la labranza del suelo, que permite mayores profundidades de trabajo y velocidades y el uso de ciertos implementos como arados, rastras de discos y cultivadores rotativos tienen efectos muy dañinos sobre la estructura del suelo.

La erosión de suelo que resulta de la labranza ha obligado a buscar alternativas para reducir el proceso de degradación del suelo. La solución lógica ha sido reducir la labranza. Esto terminó finalmente en los movimientos promotores de labranza de conservación, y especialmente cero labranza, particularmente en el sur de Brasil, Norte América, Nueva Zelanda y Australia. En el transcurso de las últimas dos décadas, se han mejorado y adaptado las tecnologías para casi todos los tamaños de terrenos de cultivo, tipos de suelo y zonas climáticas. Esta nueva tecnología está en el proceso de desarrollo y mejora y la FAO está apoyando el proceso de cambio desde hace muchos años.

La AC ofrece un número de ventajas a un nivel global, regional, local y a nivel de agricultura familiar:

- Suministra un sistema de producción verdaderamente sostenible, no solo conserva sino también mejora los recursos naturales e incrementa la variedad de biota, fauna y flora del suelo (incluyendo la vida silvestre) sin sacrificar rendimientos a niveles de producción altas. Como la AC depende de procesos biológicos para funcionar, mejora la biodiversidad en un sistema de producción agrícola a un nivel tanto micro, como macro.
- Campos de cero labranza actúan como sumideros de CO₂ y la AC aplicada a una escala global podría proveer una contribución importante al control de la contaminación ambiental en general y el calentamiento de la atmósfera en particular.

Los agricultores que practiquen la AC podrían, eventualmente ganar créditos de carbono.

- La labranza de suelo es, entre todas las operaciones agrícolas, la que más energía consume. Por lo tanto es la agricultura mecanizada la que más contaminación produce. La labranza cero en comparación con la producción convencional permite que el agricultor ahorre hasta un 30 a 40% de su tiempo, mano de obra y, combustible fósil en la agricultura mecanizada.
- Los suelos bajo la AC tienen capacidades muy altas de infiltración de agua, reduciendo así el escurrimiento superficial, y por ende la erosión del suelo. Esto mejora la calidad del agua superficial y reduce la contaminación de la erosión del suelo. También mejora los recursos subterráneos de agua. En muchas regiones se ha observado que, después de varios años de AC, manantiales naturales, secos durante mucho tiempo, rebrotaron nuevamente. El efecto potencial de una adopción masiva de AC sobre el balance global del recurso agua no se ha reconocido totalmente todavía.
- La AC no es una agricultura de bajos rendimientos, al contrario permite rendimientos comparables con la agricultura moderna intensiva, pero de una manera sostenible. Los rendimientos tienden a aumentar con el paso de los años y con una variabilidad reducida.
- Para el agricultor, la AC es atractiva porque permite una reducción de los costos de producción, tiempo y mano de obra, sobre todo en los periodos de alta demanda tales como la preparación del terreno. En sistemas mecanizados, la AC reduce los costos de la inversión y el mantenimiento de la maquinaria a largo plazo.
- Las desventajas, a corto plazo, podrían ser los costos iniciales altos del equipo especializado de siembra, y la dinámica completamente nueva de la AC que requiere habilidades más sofisticadas de manejo, y un proceso de aprendizaje por parte del agricultor. Particularmente en Brasil, el área bajo la AC está actualmente creciendo exponencialmente y ya alcanzó los 10 millones de hectáreas. También en Norte América el concepto ha sido ampliamente adoptado.

2.5.6 CAPTURA DE AGUA DE NIEBLA

En áreas con nieblas persistentes y rasantes, como la sierra andina peruana, es posible que, las gotitas suspensas (menos de 40 micrones) sean captadas por medio de paneles ensamblados con malla atrapanieblas, y su volumen aprovechado para diferentes finalidades de consumo, por ejemplo, para riego o consumo humano previo tratamiento casero.

Existen experiencias de captura de agua de niebla en México, Chile y Perú; en este último país, cabe resaltar el proyecto de cosecha de agua de niebla desarrollado en las Lomas de Lachay, en donde la niebla se condensa en el entramado de red (construida con postes, cables y malla de red de pesacar) y cae por gravedad hacia una canaleta construida con tubería de PVC. El agua recolectada se transfiere por la manguera hacia un tanque y desde este se riega por goteo.

Esta tecnología se recomienda en áreas que presentan condiciones de vegetación silvestre estacional por alta humedad ambiental.

2.5.7 PROYECTOS DE IRRIGACIÓN EN LA REGIÓN ANDINA: MICRORESERVORIOS Y RIEGO POR ASPERSIÓN

Los micro reservorios son tecnologías de cosecha de agua, los cuales permiten aumentar la disponibilidad de agua de riego, incrementar la seguridad alimentaria y mejorar el valor productivo del predio agrícola. Generalmente se combina la infraestructura de micro-reservorio con el sistema de riego presurizado a través del uso de aspersores.

El riego por aspersión es benéfico para los suelos en ladera puesto que reducen el riesgo de erosión. Esto hace que los sistemas implementados también tengan esta ventaja ambiental. También se reporta una disminución de los daños producidos en el cultivo por las heladas nocturnas, puesto que los suelos humedecidos por el riego –y la lluvia misma de los aspersores– absorben una parte del frío durante la noche.

Al respecto, cabe resaltar algunas de las experiencias prácticas de proyectos de irrigación en la sierra peruana:

- Una de las más valiosas de estas iniciativas fue la desarrollada con el apoyo del Instituto Cuencas y la GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo) y Welthungerhilfe (Agro Acción Alemana) en las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba del departamento de Cajamarca. Hasta fines del año 2009 se instalaron alrededor de 800 sistemas de riego predial regulados por microreservorios, de los cuales alrededor del 90% se encuentra en funcionamiento activo.
- Durante los años 2007 y 2008 la Municipalidad Provincial de Cajamarca ejecutó el proyecto Manejo Silvopastoril de la Cuenca del Cajamarquino (que incluía las microcuencas San Lucas, Porcón, Mashcón, Río Grande, Quinua, Chonta, Azufre y La Encañada), con el propósito de controlar la escorrentía superficial mediante la construcción de sistemas de riego por aspersión y otras tecnologías de adaptación al cambio climático, por ejemplo, construcción de zanjas de infiltración. Como parte del proyecto se instalaron 23 sistemas de riego por aspersión en 8 microcuencas.

A continuación se presentan valores referidos a la inversión de trabajo requerido para la construcción de microreservorios, reportados por el Instituto Cuencas:

- Los sistemas con microreservorio en tierra compactada (impermeabilizado mediante sedimentación natural) tienen un costo de inversión que oscila entre 8 500 a 11 200 soles, dependiendo del volumen de almacenamiento de agua del microreservorio.
- Los sistemas con microreservorio en tierra, impermeabilizado con arcilla de cantera tienen un costo de inversión que oscila entre 9 400 a 12 500 soles, dependiendo del volumen de almacenamiento de agua del microreservorio.
- Sistema con reservorio impermeabilizado mediante geomembrana tienen un costo de inversión que oscila entre 20 500 a 31 500 soles, dependiendo del volumen de almacenamiento de agua del microreservorio.

2.5.8 SEGUROS AGRARIOS

Los seguros agrarios son aquellos que tienen el objetivo de proteger las explotaciones agropecuarias frente a los riesgos derivados de las adversidades climáticas y otros riesgos naturales. Los seguros agrarios reducen la incertidumbre del sector agrícola, forestal, ganadero y acuícola, y garantizan la estabilidad de los ingresos de los productores.

España es uno de los países pioneros en desarrollar e implementar seguros agrarios, los cuales se encuentran enmarcados desde 1978 en la Ley 87/1978 de Seguros Agrarios Combinados, de esta manera configuran un esquema complejo de aseguramiento público-privado que tiene por objeto contribuir a la estabilidad de las rentas de explotación agraria, mediante su protección a condiciones climática desfavorables.

2.5.9 SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

Los Sistemas Integrados de Nutrición de las Plantas (SINP) mantienen e incrementan la productividad del suelo a través del uso balanceado de los fertilizantes minerales combinados con fuentes orgánicas de nutrición vegetal, incluyendo la fijación biológica del nitrógeno. Los SINP son ecológica, social y económicamente viables y pueden incrementar simultáneamente, la productividad del suelo y los rendimientos de los cultivos.

Los SINP se concentran: (a) más en el sistema de cultivo que en el cultivo en sí; (b) en el manejo de nutrientes a nivel del sistema de producción; y (c) en los campos de la comunidad.

2.5.10 TECNOLOGÍAS DE ADAPTACIÓN FUTURAS

Las proyecciones climáticas en la sierra peruana hacia el año 2030, realizadas por el SENAMHI, en el marco de la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, indicarían ligeros aumentos de la temperatura de hasta 1.5 °C; en la sierra norte y en parte de la sierra central se presentarían incrementos de los niveles de precipitación entre 10% y 20%; la mayor parte de la sierra central, se vería afectada por la disminución en la intensidad de precipitación, mientras que la sierra sur presentaría variaciones moderadas de incremento y disminución de precipitación.

Bajo las condiciones descritas, consecuencias, mayormente negativas, desencadenarían sobre la producción de cultivos en la sierra, por ejemplo, reducción de producción y mayor incidencia de enfermedades y plagas (al incrementarse la temperatura y ante la ocurrencia de heladas, granizadas y sequías), pérdida de la biodiversidad de cultivos nativos, al ser desplazados por nuevas variedades mejoradas y resistentes a las condiciones climáticas, entre otros.

Los procesos de variabilidad climática actuales y futuros, requieren la respuesta inmediata de la población andina y del sector agrícola, la cual debe ser abordada desde el enfoque de gestión de riesgos a nivel nacional, regional y local, a través de un proceso de planificación participativo, concertado e integral, así como también, a través de la adopción de tecnologías agrícolas de adaptación apropiadas.

La gestión del riesgo (GdR) y la adaptación al cambio climático, han sido incorporadas por el MINAGRI en su plan estratégico, a través de la formulación del Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario (PLANGRACC-A) para el periodo 2012-2021 (aprobado a través de Resolución Ministerial N° 0265-2012-AG), en el cual se plantean estrategias, lineamientos de políticas, propuestas y acciones consensuadas en los tres niveles de gobierno, relacionadas con la implementación de acciones de prevención de desastres, reducción de la vulnerabilidad, evaluación de impactos en el sector agrario y otorgar la seguridad alimentaria del país como el mayor desafío del siglo XXI.

A continuación se describen dos tecnologías de adaptación futuras para el sector agrario peruano, cuyo desarrollo es incipiente o nulo en la actualidad, y las cuales se encuentran en armonía con los fines que persigue el PLANCRACC-A.

a. Sistemas de alerta temprana

Bajo el enfoque de la gestión de riesgos, la implementación de sistemas de alerta temprana, a nivel regional y local, orientados a identificar (anticipar), monitorear, vigilar y difundir los resultados de eventos climáticos potencialmente peligrosos (amenazas) para la población, los bienes materiales y el ambiente, constituye una herramienta de éxito.

Los sistemas de alerta temprana (SAT) permiten incorporar las tendencias climáticas observables y las proyecciones de largo plazo generadas por modelos de simulación, a la toma de decisiones de desarrollo para maximizar los beneficios y minimizar posibles daños o pérdidas.

Los SAT que permiten evaluar el impacto de las plagas y enfermedades de los cultivos, predecir su comportamiento y generar recomendaciones para el manejo de estos organismos, se denominan sistemas de alerta fitosanitaria (SAF), los cuales utilizan modelos de simulación que permiten calcular el resultado de las interacciones entre el cultivo, el

ambiente físico (clima y suelo) y los organismos dañinos. Los SAF operan en América Latina (México y Colombia) desde aproximadamente el año 2003, y son experiencias que deben ser replicadas en el Perú ante los escenarios climáticos que el país enfrentaría en los próximos años, de esta manera el agricultor andino podría identificar el mejor tiempo del año para realizar la siembra de sus cultivos, y protegerlos de condiciones climáticas adversas, de enfermedades y plagas.

Cabe resaltar, que desde el año 2010, se han implementado en el Perú SAT orientados a la gestión de desastres en el área urbana (por ejemplo: tsunamis, terremotos, entre otros), y son administrados por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Perú (SINAGERD); sin embargo, en la región andina peruana, área predominantemente rural, el avance es escaso o nulo en la implementación de sistemas de alerta temprana ante la variabilidad climática (por ejemplo: eventos fríos en la sierra sur, periodos de sequía, proliferación de plagas y enfermedades, entre otros), principal amenaza que afecta a la población andina y a su economía.

Se requiere especial atención, en los siguientes aspectos, para garantizar su efectividad de operación en el futuro:

- Implementar instrumentos de observación y registro de las condiciones meteorológicas/agroclimáticas a tiempo real a nivel regional y local, y mejorar los aspectos técnicos de los existentes.
- Mantener en condiciones óptimas los instrumentos de observación y registro de las condiciones meteorológicas/agroclimáticas.
- Priorizar las plagas y enfermedades de cultivos principales a nivel regional y local (por ejemplo: gusano de papa, enfermedad del Tizón Tardío, entre otras)
- Garantizar el acceso a los datos disponibles de redes mundiales y regionales, para integrarlos a los sistemas nacionales de alerta temprana.
- Actualizar información geográfica de las zonas vulnerables
- Gestionar la participación activa a lo largo de todo el proceso de entidades de técnico-científicas (por ejemplo: SENAMHI), entidades de investigación (por ejemplo: universidades), gobiernos regionales y locales, población, entre otros.
- Fortalecer las capacidades de la población local.

- Garantizar la incorporación de la información generada en la toma de decisiones a nivel local.
- Garantizar la asignación de recursos financieros para la operación y mantenimiento integral del sistema de alerta temprana.

Con fines referenciales, se presentan, como parte de esta investigación, las principales características del sistema de información y de alerta temprana (SIAT) ante la variabilidad climática, específicamente ante situaciones de crecidas e inundaciones, implementado en la cuenca del río Piura.

El SIAT permite realizar un pronóstico de crecidas en el río Piura, hasta con 72 horas de anticipación, y en el caso sea aplicable, difundir a la población la alerta ante una situación de potencial inundación; se implementó bajo la gestión interinstitucional del Proyecto Recuperación y Prevención ante Catástrofes Naturales (PAEN), la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), el Gobierno Regional de Piura, la Universidad de Piura (UDEP), el SENAMHI, el Proyecto Especial Chira Piura, el Consejo Consultivo Científico Tecnológico y la Dirección Regional de Salud Piura.

El sistema consta de una red de equipos hidrometeorológicos automáticos y convencionales, compuesto por 30 estaciones pluviométricas e hidrométricas, conectadas hacia un Centro de Operaciones que funciona en el Proyecto Chira Piura. En este centro se registran los niveles de precipitación y de agua en el software DEMAS; se procesa y analiza la información con el software NAXOS - PRAEDICT, permitiendo estimar caudales hasta con 72 horas de anticipación en promedio.

El pronóstico se difunde en las instituciones de la región que conforman el sistema de defensa civil, quienes se organizan y ejecutan con la población medidas de preparación y respuesta, ante la alerta de una crecida con potencial peligro de inundación.

Ante los efectos actuales de la variabilidad climática en la región andina, perceptibles a nivel local, la implementación de sistemas de información y alerta temprana, considerando los aspectos descritos en la presente sección, permitirá recopilar y generar información permanente y vinculada a las amenazas climáticas futuras, con la finalidad que los agricultores y otros interesados principales tomen mejores decisiones, y adopten medidas y

acciones apropiadas y anticipadas, a corto, mediano y largo plazo para prevenir desastres climáticos, prepararse (adaptarse) a ellos y para promover la reducción de la vulnerabilidad.

b. Recursos genéticos

Con la finalidad de mejorar las ventajas competitivas y la seguridad alimentaria del país, se recomienda fomentar y financiar proyectos de investigación que permitan desarrollar variedades mejoradas de cultivos, con mayor capacidad de rendimiento, con resistencia a diferentes enfermedades (rancha, virosis y otros), buena tolerancia a factores abióticos (heladas, sequías, aumento de temperatura, entre otros) y con una calidad adecuada de procesamiento. Los resultados de dichas investigaciones, en conjunto, con los mapas de riesgos generados en el marco del PLANCRACC-A y modelos de crecimiento de cultivos pueden ser capaces de proyectar condiciones futuras bajo escenarios de cambio climático.

Las investigaciones deben incorporar estrategias de manejo de recursos genéticos nativos a través del fortalecimiento y/o establecimiento de bancos de germoplasma; asimismo, se recomienda insertar a los agricultores en los procesos de investigación conducidos por instituciones científicas (por ejemplo: Centro de Investigación de la Papa (CIP)), ONGs, entre otros) (investigación participativa) y facilitar el acceso a semillas mejoradas para su multiplicación y disseminación.

En la actualidad, el Perú ha registrado en conservación 56 333 accesiones de 104 especies domesticadas. Un ejemplo de esta riqueza genética es la colección del CIP, que mantiene raíces y tubérculos andinos con un total de 5 014 entradas de especies de papas silvestres, papas cultivadas, camote, entre otros, colectadas en el Perú.

Otros ejemplos destacables son:

- Colección de germoplasma del Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), constituida por 3 083 accesiones.
- Colección de germoplasma de quinua del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), conformada por 2 074 accesiones.
- Lanzamiento al mercado de 30 variedades de diferentes cultivos andinos a nivel nacional principalmente en la Sierra del Perú con mayor rendimiento, mejor respuestas a las condiciones agroclimáticas y tolerancia a las principales

enfermedades por el Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos del INIA a través de Estaciones Experimentales Agrarias (EEA) en la Sierra: Andenes (Cusco), Baños del Inca (Cajamarca), Santa Ana (Junín), Canaán (Ayacucho), Illpa (Puno).

Asimismo, se debe potenciar la recuperación de la diversidad de semillas de manera local, fortaleciendo la agrobiodiversidad, entendida como la diversidad de plantas y animales que dan soporte a los sistemas agrícolas, resultado de la selección natural y la intervención humana durante miles de años. La agrobiodiversidad otorgaría los siguientes beneficios para el Perú (González, 2002):

- Provee alimentos (seguridad alimentaria)
- Permite que las especies y los ecosistemas sigan evolucionando y adaptándose.
- Suministra materia prima genética para el mejoramiento de nuevas variedades vegetales y animales que se adapten mejor al cambio climático
- Proporciona a la población valores sociales, culturales, estéticos y recreativos

Dentro de la gran diversidad de especies originarias de Perú existen especies de importancia económica mundial (papa, maíz, tomate, frijol) y otras de importancia regional que en el futuro podrían contribuir aún más a la producción de alimentos y materias primas. En el Cuadro 7 se presenta un ejemplo de las variedades locales en las especies nativas de mayor interés económico como papa, maíz y frijol.

Cuadro 7: Especies nativas de mayor interés económico

Especie	Variedades
<i>Zea mays</i> (maíz)	Alazán, ancashino, chullpi, cusco, cusco cristalno, cusco cristalino amarillo, cusco gigante, huayleño, kuclli, morocho, mochero, microchillo, paro, perla, pericinco, piscomunto y san gerónimo, etc.
<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	Amarilla del Centro, amarilla tumbay, capiro, ccompis, coill, huaycha, imilla blanca, imilla negra, mactillo, peruanita, ugroshiri, ucchuhuayro, etc.
<i>Phaseolus vulgaris</i> (frejol)	Nuña azul, pava o coneja, maní, palota, blanco o huevo de paloma, parcollana, poroto de Puno, bayo, canario, caballero, etc.

FUENTE: Elaboración propia en base al Informe nacional sobre recursos fitogenéticos de Perú (1996).

c. Softwares

El Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola (DSSAT, por sus siglas en inglés), es un software que permite analizar opciones de manejo agrícola, estimar riesgos ambientales y mejorar el uso de recursos mediante modelos de simulación de cultivos.

Los modelos de simulación de cultivos son la base del Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Transferencia de Tecnología Agrícola, en cuyo desarrollo han participado investigadores del Grupo de Sistemas Agrarios (AgSystems, por sus siglas en inglés) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Los modelos de simulación de cultivos del DSSAT utilizan archivos de datos para clima, suelo y manejo del cultivo. Estos archivos se utilizan para proveer en la simulación un ambiente parecido a donde crece el cultivo. El DSSAT, además, incluye varios programas de aplicación para análisis estacionales, rotación de cultivo y análisis secuencial, y análisis espacial a escala de campo o regional. Los modelos proveen una de las mejores aproximaciones del comportamiento de los cultivos, integrando el entendimiento de los procesos complejos de las plantas influenciados por el clima, el suelo y las condiciones de manejo.

El modelo DSSAT ha sido usado por investigadores de todo el mundo en los últimos 15 años; este paquete tiene incorporado 16 modelos de cultivos diferentes, con un software que facilita la evaluación y aplicación de estos modelos de cultivos para diferentes propósitos. Estos permiten simular el crecimiento de cultivos de importancia económica y han demostrado alta confiabilidad en distintas condiciones de clima, suelo y manejo. Con este modelo es posible organizar y archivar bases de datos sobre clima, suelos, cultivos, experimentos y precios; simular producciones de cultivo en una o varias épocas y en secuencias; analizar resultados y representar gráficamente simulaciones; analizar variabilidad espacial y evaluar diferentes prácticas de manejo específicas a una explotación o parte de ella.

El DSSAT ha tenido los siguientes impactos, ha sido adoptado por más de 1500 investigadores en 91 países y utilizado en más de ocho proyectos internacionales sobre el cambio climático.

Este software podría ser utilizado en el Perú, con la finalidad de poder simular el comportamiento de los cultivos de la sierra andina, ante los pronósticos climáticos desarrollados por SENAMHI.

2.6 ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

Las altas montañas se tipifican como un espacio en donde la planificación del desarrollo presenta especiales dificultades. Factores como la heterogeneidad ambiental, fragilidad de los ecosistemas y, en muchos casos, la inaccesibilidad y situaciones económicas complejas deben ser tomados en cuenta para que las propuestas de desarrollo sean viables.

A causa de estas características existen pocas oportunidades para un desarrollo de tipo masivo y predomina una variedad de alternativas ajustables a cada espacio de acuerdo con las condiciones económicas deprimidas y los medio ambientes degradados, como ocurre en el ecosistema andino de alta montaña.

Reconocer la biodiversidad puede ayudar a establecer los parámetros y los límites de un proyecto, así como la vocación y el real potencial agropecuario de una región o subregión en sus diferentes ambientes.

En 1987, Pulgar Vidal definió y describió la existencia de ocho regiones naturales en el Perú; cinco de ellas corresponden a la región peruana denominada Sierra o alto andina. A esta clasificación en regiones naturales que se basa en la ubicación geográfica y la vegetación indicadora natural, se añadieron las variables de altitud, climatología y características fisiográficas, la vegetación natural, los cultivos, las variedades y las prácticas de cultivo y se propuso una clasificación en zonas agroecológicas que llevan denominaciones locales.

La zonificación agroecológica permite explicar mejor porque existen las variaciones en el uso de la tierra, incluso dentro de una misma comunidad y aclarar las diferencias en producción y productividad de los diversos cultivos andinos.

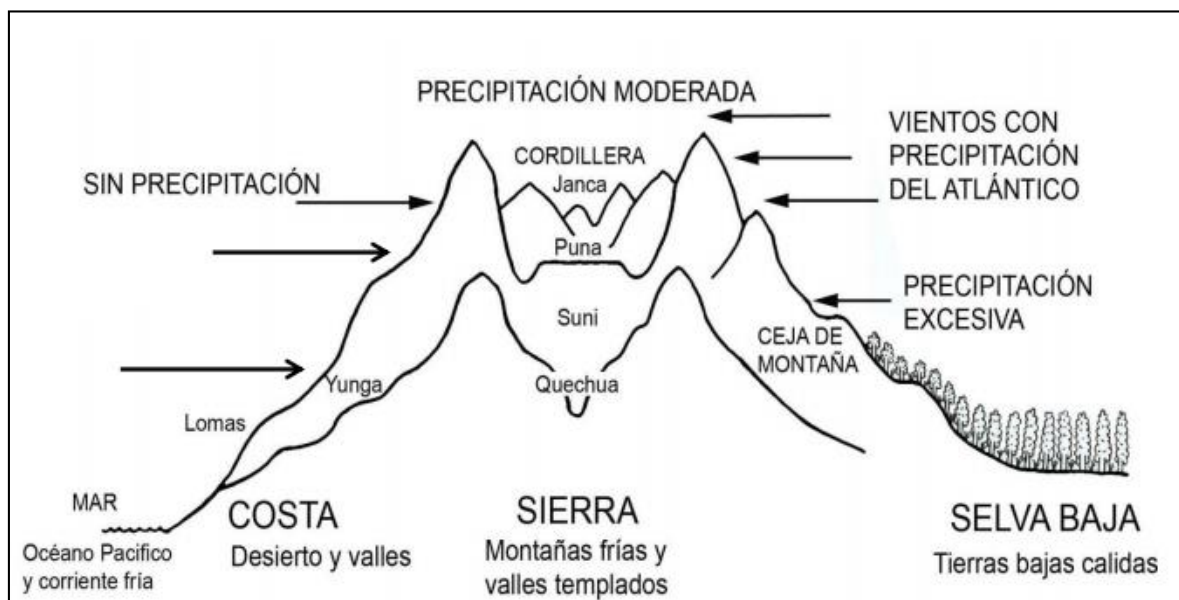


Figura 27: Corte transversal de la región andina peruana

Fuente: Pulgar Vidal, 1987

2.6.1 YUNGA

La zona Yunga puede subdividirse en la Yunga marítima con la exposición de los terrenos hacia el Océano Pacífico y la Yunga fluvial con la exposición hacia la Amazonia. La Yunga marítima se ubica entre los 500 y 2 500 m.s.n.m, se caracteriza por ser la región donde el sol brilla durante casi todo el año y hay escasas lluvias. Tiene dos tipos de paisajes: el de las llanuras o fondo de valles y el de las laderas de quebradas con escasa vegetación y expuestas a problemas de erosión. La Yunga fluvial en el flanco oriental de los Andes está expuesta hacia la Amazonia con alturas desde los 1 000 hasta los 2 300 m.s.n.m y con precipitaciones entre 400 a 1 000 mm anuales.

2.6.2 QUECHUA

La zona Quechua se define como una zona de clima templado ubicada entre los 2 300 a 3 500 m.s.n.m. variando según la latitud. Las temperaturas pueden fluctuar entre una temperatura media anual de 11 a 16° C, con máximas entre 22 y 29° C y mínimas entre 7 y 4° C durante el invierno (mayo a agosto); los índices de humedad se sitúan entre 500 a 1200 mm de precipitación, aumentando de sur a norte. Estas condiciones permiten diferenciar la zona Quechua en zonas agroecológicas de Quechua árida, semiárida y semihúmeda, pudiéndose cultivar tanto especies de climas secos como pastos cultivados bajo riego. El cultivo característico de la zona Quechua es el maíz en toda su gran variabilidad, calabazas, zapallos y granos.

2.6.3 SUNI

La zona Suni se ubica entre los 3,400 y 3 800 m.s.n.m. Se extiende en las laderas (algunas acondicionadas en terrazas) de todos los valles interandinos, encima de la zona Quechua. El clima es frío, con precipitaciones que varían desde 600 hasta más de 1,200 mm según los años. Los cultivos típicos de Suni son la papa y los tubérculos andinos, la quinua, el tarwi y especies introducidas como el trigo, la cebada y arveja.

2.6.4 PUNA SECA Y SEMIHÚMEDA

La zona de Puna es la región más alta utilizable agrícolamente. Se divide en Puna desde el Centro hasta el Sur de Perú y el altiplano de Bolivia, sobre los 3 900 a 4 300 m.s.n.m. y en Jalca, desde los 3,500 a 3,900 m.s.n.m. en los Andes del Norte del Perú (Ancash, La Libertad, Cajamarca). El clima es frío, típico de una zona de alta montaña; durante la noche la temperatura media anual fluctúa entre 5 a 8° C con mínimas de -3 a -20° C en la época invierno (mayo-septiembre) y máximas de 22° C durante el día. En la Puna y la Jalca dominan los pastos naturales, que varían en composición y productividad según sea la zona de Puna semihúmeda o la Puna seca donde predominan especies de climas secos como la tola (*Parastrephia quadrangulare*).

Existen pocas especies cultivadas, mayormente son las papas de altura (amargas), la qañiwa y la maca.

2.6.5 JANKA

La zona de Janka o de Cordillera sobre los 4 300 m.s.n.m. es aprovechada casi exclusivamente para la ganadería de camélidos con el uso de los pastizales naturales, que se extienden hasta la zona de nieves permanentes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Se listan a continuación los principales materiales y herramientas utilizados para el desarrollo del presente trabajo de investigación no experimental.

- Útiles de escritorio: papel bond, cuaderno de apuntes y lapiceros.
- 02 computadoras portátil LENOVO (Sistema operativo Windows 8)
- 02 memorias USB de 8 GB
- 01 grabadora digital Sony ICD-AX412
- 01 cámara digital Canon Powershot G15
- Software: Microsoft Word y Microsoft Excel

3.2 MÉTODOS

3.2.1 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La elaboración del inventario de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana se realizó a partir de la recopilación de información de fuentes primarias y secundarias, en dos etapas de trabajo: (a) etapa de gabinete y (b) etapa de campo.

a. Etapa de gabinete

Durante la etapa de gabinete, se consultaron y revisaron principalmente publicaciones de instituciones no gubernamentales y de instituciones científicas, tanto nacionales como internacionales. A partir de estas fuentes secundarias de información, se recopiló y proces

material bibliográfico sobre las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, lo que permitió conformar un inventario de veinticinco tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, de las cuales, doce son tecnologías tradicionales y trece son tecnologías modernas. El inventario se exhibe en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Inventario de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático en la región andina peruana

N°	Tecnologías agrícolas tradicionales	Tecnologías agrícolas contemporáneas
1	Pronósticos del clima a través de indicadores tradicionales (etnoclimatología)	Recuperación de terrazas agrícolas
2	Waru waru	Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración
3	Andenes	Fitotoldos
4	Control vertical de pisos ecológicos	Microreservorios y riego por aspersión
5	Institucionalidad comunal andina	Paneles solares
6	Procesamiento o almacenamiento de granos y tubérculos en post cosecha y semillas.	Energía Eólica
7	Abonamiento tradicional -estiércoles	Labranzas de conservación
8	Sistemas mixtos de producción: Chacra huertos, Policultivos, Sistemas Laymi, Agroforestería tradicional	Sistemas integrados de nutrición de plantas
9	Labranza vertical con chaquitacla	Seguros agrarios
10	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia: Amunas, Qochas y Qotañas.	Captura de agua de niebla
11	Protección de manantiales	Tecnología futura: Sistemas de alerta temprana
12	Manejos de pastos: chillihua	Tecnología futura: Recursos genéticos - biotecnología
13		Tecnología futura: Softwares

FUENTE: Elaboración propia

A partir del inventario conformado se seleccionaron nueve tecnologías agrícolas tradicionales y cinco tecnologías agrícolas contemporáneas de adaptación al cambio climático para su priorización a través de la metodología de evaluación de alternativas planteada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Las tecnologías fueron seleccionadas de acuerdo con su éxito de implementación en la región andina peruana y su importancia de difusión.

Cuadro 9: Tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático seleccionadas para priorización

N°	Tecnologías agrícolas tradicionales	Tecnologías agrícolas contemporáneas
1	Waru waru	Recuperación de terrazas agrícolas
2	Andenes	Recuperación de praderas a través de zanjales de infiltración
3	Sistemas mixtos de producción: Chacra huertos.	Microreservorios y riego por aspersión
4	Sistemas mixtos de producción: Policultivos.	Tecnología futura: Sistemas de alerta temprana
5	Sistemas mixtos de producción: Sistemas Laymi.	Tecnología futura: Recursos genéticos - biotecnología
6	Sistemas mixtos de producción: Agroforestería tradicional	
7	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia: Amunas	
8	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia: Qochas	
9	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia: Qotañas	

FUENTE: Elaboración propia

Asimismo se establecieron algunos conceptos claves:

- Cambio climático: Cualquier cambio en el clima a través del tiempo ya sea debido a su variabilidad natural o como resultado de la actividad humana (IPCC, 2007).
- Adaptación al cambio climático: según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (2007), se refiere a las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático.
- Tecnología: Es el conjunto de conocimientos específicos y de procesos para transformar la realidad y resolver algún problema (Lara, 1998: 7).
- Tecnología agrícola: Son aquellas técnicas que son creadas por el hombre con el propósito de optimizar la producción agrícola. (Segura, 1978).
- Tecnología agrícola tradicional: son aquellas que incorporan los saberes adquiridos a través de siglos de evolución cultural y biológica, adaptándose a las condiciones locales (Egger, 1981).
- Tecnología agrícola contemporánea: o tecnología agrícola moderna, son aquellas que incorporan el conocimiento científico a los conocimientos y prácticas tradicionales de las culturas para generar técnicas de adaptación adecuadas, debido a que los avances en la tecnología y la ciencia contribuyen a lograr una mejor adaptación de la población y de los sistemas productivos a los eventos climáticos extremos actuales.
- Región andina: la cordillera de los Andes se extiende a lo largo del margen occidental de Sudamérica. Tiene 7,250 km de longitud y cubre un área continua superior a los 200 millones de hectáreas. Se extiende desde la costa del mar Caribe en el extremo norte de Venezuela y Colombia, en la latitud norte de 11° hasta la latitud de 55° en Tierra del Fuego (Gómez y Little, 1981)
- Región andina peruana: considerada también como zona andina peruana, incluye 36 millones de hectáreas sobre los 1,500 m.s.n.m. está conformada por 15 departamentos, los cuales se encuentran divididos en 3 subregiones: Norte (Cajamarca, La Libertad, Piura), Centro (Ancash, Huancavelica, Huánuco, Junín, Pasco) y Sur (Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua, Puno, Tacna).

b. Etapa de campo

Durante los días 15 de diciembre de 2013 y 3 de junio de 2014, se realizaron dos trabajos de campo en Junín y Cusco, respectivamente, con la finalidad de recopilar información primaria y material fotográfico del funcionamiento de algunas tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático implementadas en la región andina peruana. La información recolectada se procesó para complementar el inventario de tecnologías agrícolas. El panel fotográfico de los trabajos de campo se expone en el Anexo 1.

En diciembre 2013, se visitó el proyecto piloto de conservación de praderas altoandinas en la subcuenca del río Shullcas, provincia de Huancayo, departamento de Junín; el cual fue implementado en el año 2008 como parte del Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA); en este trabajo de campo, se verificó *in situ* la recuperación de aproximadamente 833 ha de praderas altoandinas como resultado de la habilitación de zanjas de infiltración en la zona alta de la subcuenca del río Shullcas.

Por otro lado, en junio 2014, se realizaron distintas visitas a agricultores de la zona de Urubamba, en Cusco. Además se recorrieron los andenes de Moray, con la finalidad de identificar los sectores en los que estos se dividen, las características de su construcción y hacer un registro fotográfico del lugar. Durante la visita, se obtuvo información interesante sobre la perspectiva del propio agricultor respecto a las tecnologías tradicionales y contemporáneas, lo que ayudó como retroalimentación para la revisión bibliográfica de la presente investigación.

Asimismo, con la finalidad de enriquecer la revisión bibliográfica desarrollada para el presente trabajo, seis especialistas independientes y distinguidos en al menos uno de los siguientes campos concernidos por la presente investigación: (a) cambio climático, (b) agrometeorología, (c) meteorología, (d) ingeniería ambiental, e (e) ingeniería agrónoma fueron entrevistados. En el Anexo 2 se describe de manera breve sus perfiles académicos y profesionales.

Cuadro 10: Relación de especialistas entrevistados

Especialista	Institución a la que representa/Oficio	Fecha de entrevista
Irene Trevejo	SENAMHI/Director General Agrometeorología	16/07/2014
Samuel Morante	CERPER/ Gerente División Agrícola	29/08/2014
Stef de Haan	CIP/ Líder del Programa Global de Recursos Genéticos	12/09/2014
Liza Meza	Fondo de las Américas/ Especialista ambiental	23/09/2014
Franklin Unsihuay	UNALM/ Investigador y docente en el área de Meteorología de la UNALM.	29/09/2014
Jerónimo García	UNALM/ Investigador y docente en el área de Meteorología de la UNALM	10/10//2014

FUENTE: Elaboración propia

Se diseñó un cuestionario conformado por diez preguntas abiertas con la finalidad de identificar las percepciones del especialista respecto al cambio climático y sus efectos en la agricultura andina, experiencias de trabajo en la implementación de tecnologías agrícolas, efectividad de las tecnologías, actores involucrados, entre otro tipo de información relevante.

Cabe resaltar, que las preguntas fueron seleccionadas del cuestionario general de acuerdo a la especialidad y experiencia laboral del especialista a ser entrevistado.

La información recogida a través de las entrevistas fue transcrita a partir de los apuntes efectuados por el entrevistador y la grabación generada durante la entrevista, la transcripción fue realizada por el entrevistador y buscó darle sentido a la narración sin alterar las respuestas del entrevistado. Sin embargo, en los casos en los que se utilizó un fragmento particularmente importante de la entrevista como cita en la presente investigación, se realizó la transcripción en su redacción exacta.

El cuestionario de preguntas se presenta en el Anexo 3 y las entrevistas a los especialistas en el Anexo 4.

3.2.2 ELABORACION DE LA MATRIZ MULTICRITERIO PARA PRIORIZAR TECNOLOGÍAS

Para el análisis de decisión multicriterio se empleó la metodología de evaluación de alternativas planteada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, 2007); la cual es una metodología reconocida y utilizada por instituciones científicas nacionales. Por ejemplo, el SENAMHI aplicó la metodología de evaluación de USAID en el 2011 para la evaluación de los impactos de la variabilidad y cambio climático en cultivos de maíz amiláceo y papa en las subcuenca Shullcas en el marco del PRAA. Asimismo, en el 2009, el MINAM aplicó la referida metodología para la evaluación del marco institucional, social, económico, tecnológico y de gestión del recurso hídrico como parte de la Estrategia Nacional de Adaptación en Cuencas y Sectores Priorizados.

La selección de criterios para el presente trabajo de investigación no experimental se basó en las características de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático a evaluar así como en las condiciones del país respecto a la agricultura. Los criterios de evaluación seleccionados fueron los siguientes:

- Costo: el costo de implementar cada una de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático.
- Efectividad: de las tecnologías agrícolas de adaptación como una solución a los problemas que surgen del cambio climático (los beneficios, daños mitigados y costos evitados serían distintas facetas del término “efectividad”).
- Aceptabilidad: evalúa que tan atractiva es la tecnología agrícola de adaptación al cambio climático para los agricultores por razones económicas, sociales o culturales.
- Plazo: es el período establecido para la implementación de la tecnología agrícola de adaptación al cambio climático.
- Tamaño del grupo de beneficiarios: las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático que proporcionan pequeños beneficios a grandes grupos de personas, a menudo, serán preferidas sobre las que proporcionan beneficios más grandes, pero para menos personas.
- Sostenibilidad: es la capacidad de que la tecnología agrícola de adaptación al cambio climático pueda ser empleada a lo largo de los años.

Con la finalidad de comparar los criterios de evaluación seleccionados, se conformó la forma simple de una matriz de datos, expuesta en el Cuadro 11.

Cuadro 11: Formato simple de matriz de datos para análisis de decisión multicriterio

Tecnologías de adaptación		Criterios					Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios		Sostenibilidad
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus							
	Andenes							
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha						
		Qotañas						
		Amunas						
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerta						
		Agroforestería tradicional altoandina						
		Policultivos						
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi						
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas						
Recuperación de praderas a través de zanjales de infiltración								
Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión								
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana						
		Recursos genéticos						

FUENTE: Elaboración propia en base a la metodología de evaluación de alternativas planteada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, 2007)

Posteriormente, se valorarán las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático respecto a cada uno de los criterios utilizando una escala del 1 al 3, siendo 3 el valor de

calificación alto, 2 el valor de calificación moderado y 1 el valor de calificación bajo. Una vez que los puntajes estén completos para cada tecnología, se realizará la suma de estos, para obtener el valor numérico final de calificación, como se puede observar en la Ecuación 1.

Ecuación 1. Valoración final de cada tecnología por especialista

$$V_{ai} = \sum V_{ij}$$

FUENTE: Elaboración propia

Donde:

V_{ai}: Valor final obtenido por la tecnología *i*

V_{ij}: Valor atribuido a la tecnología *i* para el criterio *j*

Tal como se indica en la siguiente sección, la valoración de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático fue realizada por un panel de expertos conformado para la presente investigación no experimental.

3.2.3 CONFORMACIÓN DEL PANEL DE EXPERTOS

La valoración de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático fue realizada por un panel de expertos multidisciplinario conformado para la presente investigación, con la finalidad de obtener resultados de calidad en la valoración.

El panel de expertos se constituyó a partir de la selección de diez especialistas independientes y distinguidos en al menos uno de los siguientes campos concernidos por la presente investigación: (a) cambio climático, (b) agrometeorología, (c) meteorología, (d) ingeniería ambiental, e (e) ingeniería agrónoma.

Los criterios utilizados para la selección de los expertos fueron los siguientes: (a) la experiencia profesional en alguno de los campos referidos, el experto debe estar muy cualificado en los aspectos materia de evaluación, y ser reconocido en el ámbito profesional; y (b) la independencia del experto respecto a la presente investigación.

En el Cuadro 12 se presentan los diez especialistas que conformaron el panel de expertos. En el Anexo 2 se describe de manera breve sus perfiles académicos y profesionales.

Cuadro 12: Relación de especialistas del panel de expertos

Especialista	Institución a la que representan/Oficio
Samuel Morante Bardelli	CERPER/ Gerente División Agrícola
Stef de Haan	CIP/ Líder del Programa Global de Recursos Genéticos
Liza Meza	Fondo de las Américas/ Especialista ambiental
Saray Siura	UNALM/ Jefa del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNALM
Catherine Coronado	Universitat Hohenheim (Alemania) /Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias.
Franklin Unsihuay	UNALM/ Investigador y docente en el área de Meteorología de la UNALM.
Cornelio Román	SEHAMHI/ Especialista en agrometeorología
Karim Quevedo	SEHAMHI/ Especialista en agrometeorología
Glicerio Canchari	SEHAMHI/ Especialista en agrometeorología
Nelly Pérez	SEHAMHI/ Especialista en agrometeorología

FUENTE: Elaboración propia

3.2.4 CALIFICACIÓN DE LA MATRIZ MULTICRITERIO POR EL PANEL DE EXPERTOS

Durante los meses de julio, agosto y setiembre del año 2014 se distribuyó a cada especialista integrante del panel de expertos la matriz de tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático y la metodología de evaluación descrita en la sección 3.2.2.

Asimismo, se construyó un cuadro resumen con las principales características de las tecnologías agrícolas, el cual también fue entregado a los especialistas. El cuadro resumen se ha incluido como parte del Anexo 3.

Por otro lado, con la finalidad de garantizar el entendimiento de la calificación realizada por los especialistas, se invitó a los expertos a participar de una entrevista independiente, para la cual se utilizó el cuestionario diseñado en la sección 3.2.1 y exhibido en el Anexo 3.

En el Anexo 5, se presentan las diez matrices calificadas por los especialistas y en el Anexo 4, las entrevistas realizadas a aquellos que por su disponibilidad de tiempo accedieron a la entrevista.

Posteriormente, se conformó una segunda matriz de datos con los valores numéricos finales de calificación obtenidos para cada tecnología agrícola de adaptación al cambio climático asociada al especialista evaluador, el formato de la matriz se muestra en el Cuadro 13, y el resultado se presenta en el Anexo 5.

Cuadro 13: Formato simple de matriz para calificación del panel de expertos

Tecnologías de adaptación		Panel de Expertos								Promedio	
		Stef de Haan	Saray Siura	Katherine Coronado	Samuel Morante	Franklin Unishuay	Liza Meza	Cornelio Roman	Karim Quevedo		Glicerio Canchari
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus										
	Andenes										
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha									
		Qotañas									
		Amunas									
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerta									
		Agroforestería tradicional altoandina									
		Policultivos									
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi									

Cuadro 13: Formato simple de matriz para calificación de panel de expertos (continuación)

Tecnologías de adaptación		Panel de Experto								Promedio	
		Stef de Haan	Saray Siura	Katherine Coronado	Samuel Morante	Franklin Unishuay	Liza Meza	Cornelio Roman	Karim Quevedo		Glicerio Canchari
Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas										
	Recuperación de praderas a través de zanjales de infiltración										
	Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión										
	Tecnologías futuras	Sistemas de alerta temprana									
		Recursos genéticos									

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, se realizó la suma de los valores finales, y se dividió el resultado por la cantidad de especialistas que conformaron el panel de expertos, como se puede observar en la Ecuación 2. El valor obtenido corresponde a la evaluación del panel de expertos y permite clasificar a la tecnología de acuerdo a la escala de prioridades mostrada en el Cuadro 14, pudiendo tener la tecnología una prioridad alta, mediana y baja.

Ecuación 2: Valoración final de cada tecnología por el panel de expertos

$$Vaie = \frac{\sum Vain}{N}$$

FUENTE: Elaboración propia

Donde:

Vaie: Valor final obtenido por la tecnología *i* por el panel de expertos

Vain: Valor final obtenido por la tecnología *i* por el especialista *n*

N: número de especialistas que integran el panel de expertos

Cuadro 14: Rango de puntaje para los niveles de prioridad de las tecnologías de adaptación

Niveles de prioridad	Puntaje
Baja	0-6
Media	7- 12
Alta	13- 18

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.5 TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS POR ZONA AGROECOLÓGICA

Finalmente, se recomendó la implementación de las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, calificadas con prioridad alta, de acuerdo con la zonificación agroecológica de la región alto andina. Esta zonificación reconoce la heterogeneidad agroclimática de la región alto andina y permite establecer los parámetros y los límites de desarrollo de un proyecto (tecnologías).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Como resultado de los trabajos de gabinete y de campo se obtuvieron catorce tecnologías de adaptación al cambio climático en la zona alto andina peruana, de las cuales, nueve tecnologías son tradicionales y cinco son tecnologías contemporáneas.

En el siguiente cuadro, se clasifican las tecnologías tradicionales y contemporáneas de acuerdo con su ubicación en las subregiones de la Sierra peruana. La Sierra Norte, está conformada por los departamentos de Cajamarca, Piura y La Libertad; la Sierra Centro, por los departamentos de Ancash, Huancavelica, Huánuco, Lima, Junín, y Pasco; y, finalmente, los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna conforman la Sierra Sur.

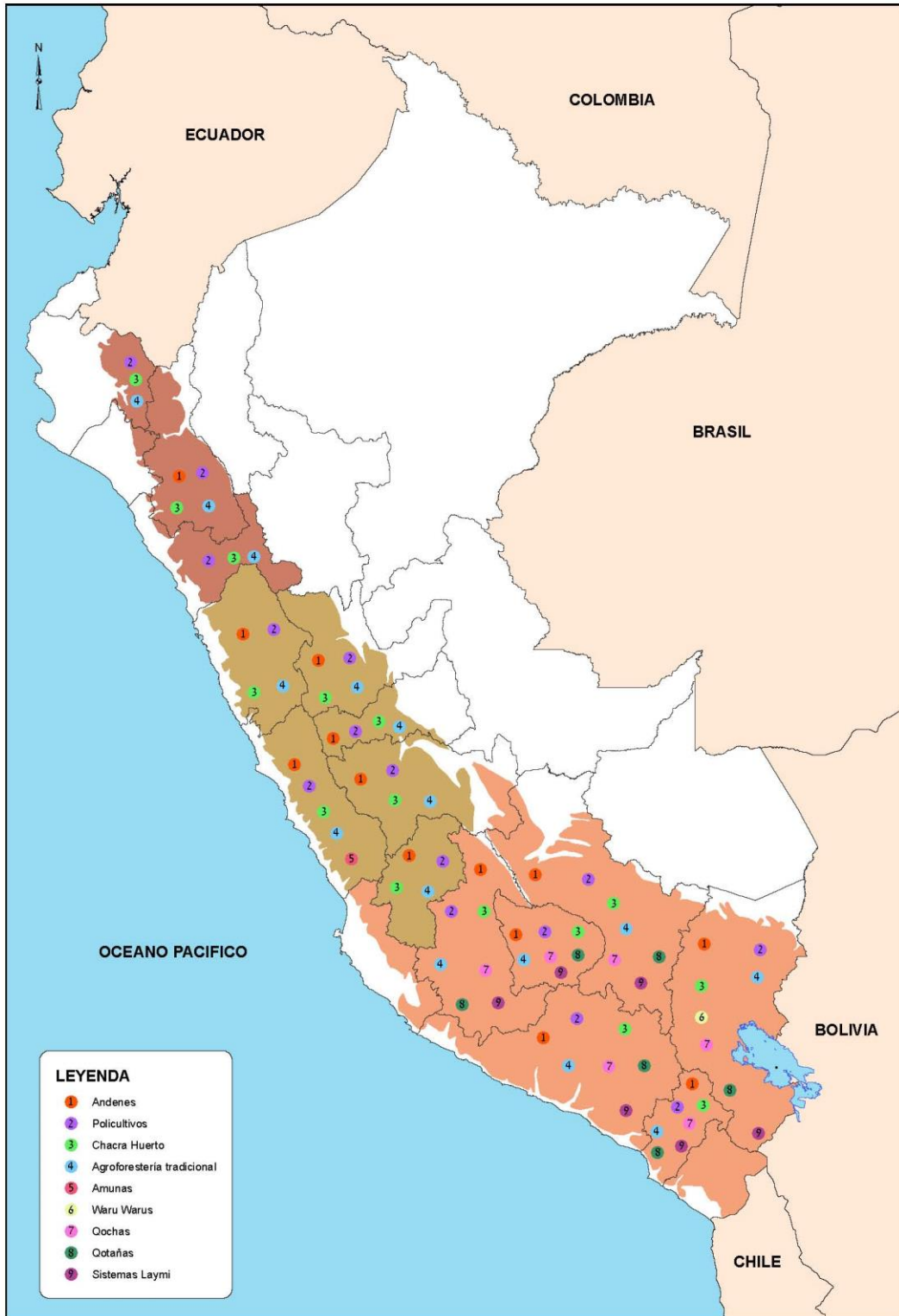


Figura 28: Distribución de las tecnologías tradicionales en la región andina peruana
 Fuente: Elaboración propia

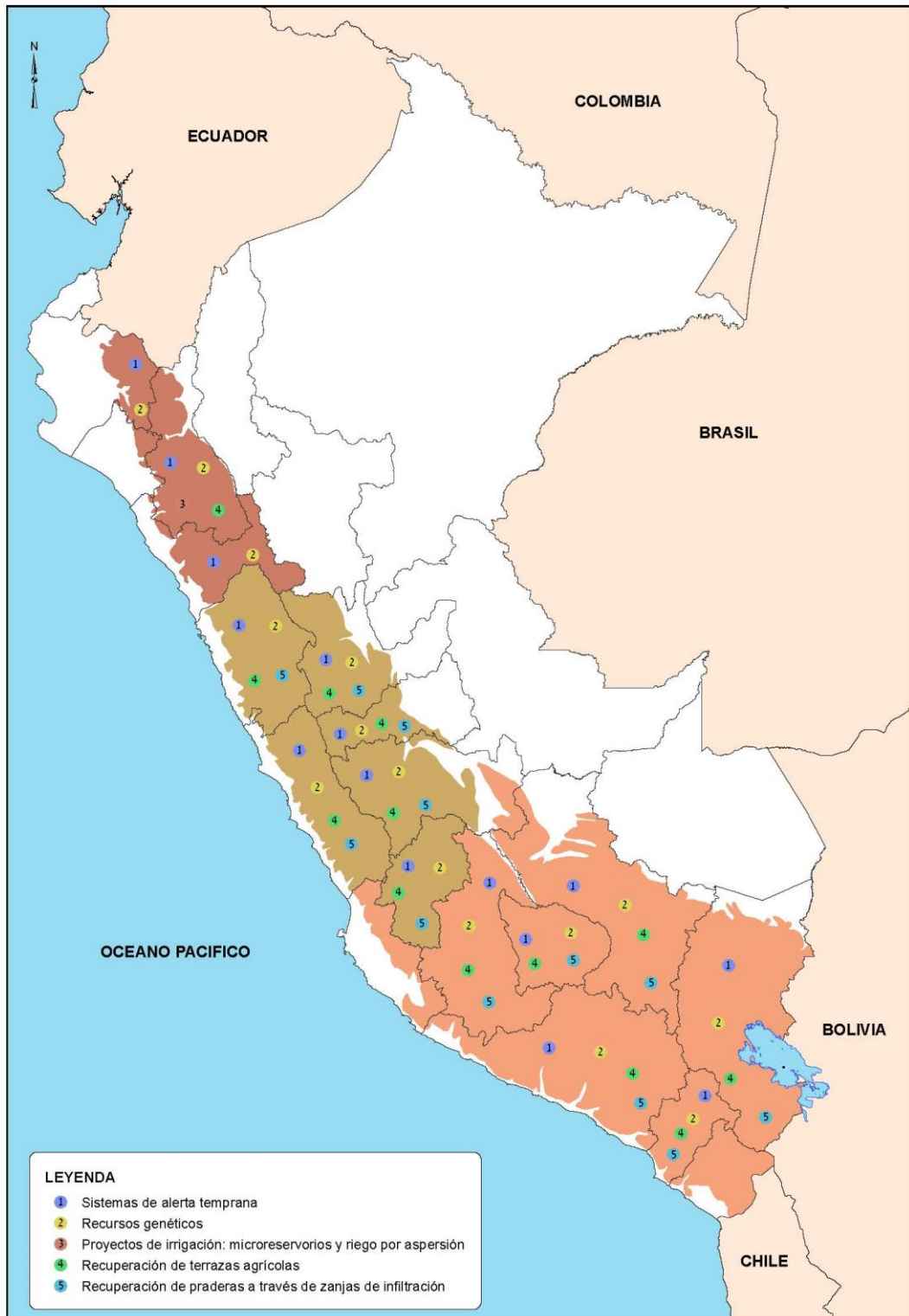


Figura 29: Distribución de las tecnologías modernas en la región andina peruana

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15: Clasificación de tecnologías tradicionales y contemporáneas de acuerdo con las subregiones de la Sierra peruana

Subregiones de la Sierra peruana	Tecnologías tradicionales	Tecnologías contemporáneas
Sierra Norte Cajamarca La Libertad Piura	-Andenes (Cajamarca) -Policultivos -Chacra huerto -Agroforestería tradicional	-Recuperación de terrazas agrícolas -Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión (Cajamarca) -Recursos genéticos -Sistemas de alerta temprana (Piura)
Sierra Centro Lima Ancash Huancavelica Huánuco Junín Pasco	-Andenes -Amunas (Lima) -Chacra huerto -Sistemas Laymi -Policultivos -Agroforestería tradicional	-Recuperación de terrazas agrícolas -Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración -Recursos genéticos
Sierra Sur Apurímac Arequipa Ayacucho Cusco Moquegua Puno Tacna	-Waru waru (Puno) -Qocha -Qotañas -Andenes -Chacra huerta -Agroforestería tradicional -Policultivos -Rotación de cultivos: Sistemas laymi	-Recuperación de terrazas agrícolas -Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración -Recursos genéticos

FUENTE: Elaboración propia

4.1.1 SIERRA NORTE

En la Sierra Norte, se desarrollan las siguientes tecnologías tradicionales: los andenes (Cajamarca), los policultivos, los chacra huertos y la agroforestería tradicional. Esta última tecnología, se ve identificada por el cultivo mixto de especies forestales y agrícolas, y por

los cercos vivos de cobijo de cultivos, los cuales se implementan para proteger los cultivos de las heladas y vientos fuertes y para generar microclimas que permitan el adecuado desarrollo del cultivo.

Asimismo, en la Sierra Norte, destacan las siguientes tecnologías contemporáneas: la recuperación de terrazas agrícolas, los microreservorios y el riego por aspersión, así como las tecnologías de adaptación futuras, entre ellas los recursos genéticos y los sistemas de alerta temprana (Piura). La recuperación de terrazas agrícolas, es una tecnología que se ha implementado de manera incipiente en la Sierra Norte, excepto por pequeños esfuerzos en la región Cajamarca; sin embargo, existe un gran potencial por explotar. Por otro lado, los microreservorios y el riego por aspersión son tecnologías que se complementan y que han sido desarrolladas ampliamente en distintas provincias de Cajamarca. Finalmente, los sistemas de alerta temprana, son una tecnología poco desarrollada en el país, actualmente solo se cuenta con una experiencia en Piura, donde se implementó un sistema de información y de alerta temprana (SIAT) de inundaciones ante la variabilidad climática.

4.1.2 SIERRA CENTRAL

En la Sierra Central, se presentan las siguientes tecnologías tradicionales: andenes, amunas, chacra huertos, policultivos y agroforestería tradicional; respecto a las tecnologías contemporáneas se desarrollan predominantemente, la recuperación de terrazas agrícolas, recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración y recursos genéticos.

Del grupo de tecnologías tradicionales, destacan las amunas, única tecnología de reservorios naturales que presenta una experiencia exitosa en la Sierra Central (Comunidad de San Andrés de Tupicocha, Lima).

Por su parte, la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración, es una tecnología desarrollada principalmente en la provincia de Huancayo, a través del PRAAC, proyecto impulsado desde el 2008 por AGRORUAL y que permitió recuperar aproximadamente 833 ha de praderas altoandinas. La recuperación de terrazas agrícolas podría ser desarrollada a una mayor escala en la Sierra Central, tomando en consideración que el mayor porcentaje de terrazas agrícolas en esta derruido se encuentran en el departamento de Lima.

4.1.3 SIERRA SUR

En la Sierra Sur, se presentan la mayor cantidad de tecnologías tradicionales, destacando los waru waru (Puno), qotañas, qochas, andenes, chacra huertas, policultivos, agroforestería tradicional y rotación de cultivo o sistemas Laymi.

Los waru waru, son tecnologías exclusivas del departamento de Puno, debido a que es la única zona que otorga las condiciones necesarias para el adecuado desarrollo de esta tecnología.

Las qochas y qotañas, reservorios naturales de captación de agua de lluvia, se ubican en los departamentos de Puno y Cusco; sin embargo, son tecnologías que podrían implementarse en cualquier departamento de la Sierra Sur. Los sistemas Laymi, reciben distintos nombres de acuerdo con la zona donde se ubiquen, pudiendo estar presentes en Cusco, Puno, Ayacucho, entre otros departamentos.

Los andenes, policultivos, chacra huertos y la agroforestería tradicional, son tecnologías que se pueden encontrar a lo largo de toda la sierra del país, no siendo exclusivas, de una subregión en particular.

Los andenes destacan como la principal tecnología para el manejo de la tierra en zonas empinadas, ya sea como bancales o pata patas, son una tecnología aplicable a las tres subregiones de la Sierra peruana.

En cuanto a tecnologías contemporáneas, la recuperación de terrazas agrícolas, los recursos genéticos y la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración, son las tecnologías que destacan. Esta subregión de la Sierra Peruana, es la que ha tenido mayores avances en cuanto a recuperación de terrazas agrícolas, muchos de los esfuerzos nacionales se han desarrollado en esta zona, con proyectos desarrollados en Arequipa, Cusco, Puno, Ayacucho y Apurímac.

4.2 PRIORIZACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

A partir de las diez matrices calificadas por los especialistas que conformaron el panel de experto, las cuales se exhiben en el Anexo 5, se obtuvo el Cuadro 16, que muestra la valoración final de cada tecnología otorgada por el panel de expertos.

Como se observa en el Cuadro 16, las tecnologías que fueron valoradas entre el rango de trece y dieciocho puntos, son consideradas de prioridad alta; las tecnologías que pertenecen a esta categoría representan el 79 por ciento. Las tecnologías de prioridad media son aquellas calificadas entre siete y doce puntos, y representan el 21 por ciento. No se obtuvo ninguna tecnología de prioridad baja.

Cuadro 16: Valorización final de las tecnologías de acuerdo con la evaluación del panel de expertos

Tecnologías priorizadas	Valor promedio	Prioridad
Waru Warus	15.0	Alta 79%
Chacra huerta	14.8	
Policultivos	14.8	
Agroforestería tradicional altoandina	14.2	
Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	14.1	
Qocha	14.0	
Amunas	13.7	
Andenes	13.5	
Qotañas	13.4	
Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión	12.8	
Recursos genéticos	12.8	
Recuperación de terrazas agrícolas	12.2	Media 21%
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración	11.8	
Sistemas de alerta temprana	11.3	

FUENTE: Elaboración propia.

El total de tecnologías tradicionales son consideradas de prioridad alta, esto se debe a que continúan siendo empleadas por las poblaciones altoandinas y perduran de generación en generación; además, juegan un rol muy importante no solo en la seguridad alimentaria sino también en la economía familiar y sostenibilidad de los sistemas productivos.

Cuadro 17: Análisis de fortalezas y debilidades de las tecnologías de adaptación del cambio climático

Tecnología	Puntaje	Fortalezas	Debilidades
Waru waru	15	Control de inundaciones y heladas Generación de microclimas Aumentan la producción – zonas niveles freáticos altos	Uso local
Chacra huertos y policultivos	14.8	Bajo costo Fácil implementación Gran aceptación por el agricultor Protección contra heladas y plagas Seguridad alimentaria	Se da a pequeña escala
Agroforestería tradicional altoandina	14.2	Gran aceptación por el agricultor Protección contra heladas y plagas Se puede clasificar de acuerdo al beneficio que se desea	Requiere conocimiento específico sobre las especies que se van a asociar. Impide la mecanización agrícola
Sistemas Laymi	14.1	Control de plagas y heladas Fácil implementación Bajo costo	Desarrollo en un solo sector lo que aumenta su vulnerabilidad. No permite ampliar la producción Uso local
Qochas	14	Almacenamiento de agua para sequías	Alta coordinación entre los pobladores de la comunidad
Amunas	13.7	Poca movilización de recursos Presentan beneficios a corto plazo	Tradiciones culturales arraigadas
Qotañas	13.4	Almacenamiento de agua para sequías Conservación del agua	Mayor costo Requiere una capa de revestimiento de acuerdo al tipo de suelo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Análisis de fortalezas y debilidades de las tecnologías de adaptación del cambio climático (continuación)

Tecnología	Puntaje	Fortalezas	Debilidades
Andenes	13.5	Efecto termo regulador por taludes Control de la erosión Mejor aprovechamiento del agua	Alto costo de rehabilitación y construcción Trabajo comunal
Microreservorios y riego por aspersión	12.8	Aumentan la disponibilidad de agua de riego Mejoran el valor productivo del predio Alto número de beneficiarios	Alto costo de construcción
Recursos genéticos - biotecnología	12.8	Generan variedades mejoradas de cultivos	Alto costo Poca difusión y conocimiento

A continuación se realiza la discusión de resultados de acuerdo con la valorización final obtenida por cada tecnología de adaptación al cambio climático.

4.2.1 TECNOLOGÍAS DE PRIORIDAD ALTA

a. Waru Waru

La tecnología agrícola de adaptación al cambio climático que obtuvo la mayor puntuación (15.0 puntos) por parte del panel de expertos fue la tecnología tradicional de los waru waru. Cabe resaltar, que es una tecnología de adaptación de los cultivos (papa, haba, olluco, etc.) a grandes altitudes, en zonas planas con niveles freáticos altos, como en Puno donde su implementación tuvo gran éxito en épocas remotas; sin embargo, actualmente existen áreas sin uso por sus condiciones deterioradas. Su uso sigue vigente por su gran aporte al control de heladas e inundaciones de cultivos como la papa, que es uno de los principales cultivos de este sistema de producción. El Mg. Sc. Jerónimo García (2014) menciona que son tecnologías muy efectivas ya que contribuyen con la modificación de microclima a través del balance hídrico y de energía utilizadas desde épocas pre colombinas.

b. Sistemas mixtos de producción

Los sistemas mixtos de producción, conformados por las chacra huertas, policultivos, agroforestería tradicional andina y los sistemas Laymi, fueron calificados con prioridad alta. Los chacra huertos y policultivos obtuvieron el segundo puntaje más alto entre todas las tecnologías analizadas, seguidos por la agroforestería tradicional y los sistemas Laymi, respectivamente. Los altos puntajes obtenidos por todas las tecnologías de este grupo, se deben a que permiten el cultivo de diversos alimentos en pequeñas áreas, una de las principales características de los sistemas típicos de agricultura familiar, que se desarrollan tanto en la zona altoandina, así como en diferentes partes del mundo, presentes en Asia, México, entre otros.

- Las chacra huertas son una tecnología de bajo costo, fácil implementación y de gran aceptación por el agricultor. Al generar microclimas permite el desarrollo de diferentes cultivos, y además por presentar un muro de piedras, protege los cultivos de las heladas, granizos e incluso, del ganado. Son utilizados principalmente en la zona agroecológica Qechua.
- Por su parte los policultivos, requieren de un poco más de trabajo. Su ventaja radica en la protección que le ofrecen al cultivo sobre las plagas y la mejor absorción de los

nutrientes del suelo. Con esta tecnología, los agricultores se aseguran al menos una producción de alimentos para su subsistencia.

- La agroforestería tradicional andina, presenta varios ejemplos que pueden ser desarrollados en las diferentes zonas agroecológicas de la sierra del Perú. La presencia de árboles en diseños de agroforestería constituye una estrategia clave para la mitigación de la variabilidad del microclima en sistemas de agricultura a pequeña escala. La agroforestería se puede clasificar de acuerdo al beneficio que se desea obtener, el cultivo mixto de especies forestales y agrícolas, los cercos vivos para el cobijo del cultivo, y las cortinas de protección contra heladas, son claros ejemplos de protección de cultivos y conservación del agua y suelo. Para esta tecnología se requiere un amplio conocimiento sobre las especies que se desean asociar.
- Los sistemas Laymi o rotación de cultivos, son tecnologías que se desarrollan a lo largo de toda la sierra del país. El PhD. Stef de Haan (CIP, 2014) mencionó que son adecuados para el control de plagas, su desventaja radica en que al desarrollarse en un solo sector se hace más vulnerable, además al ser un espacio reducido no se puede ampliar la producción. Existen claros ejemplos, en Quilca, Huancayo y Huancavelica. En general, es una tecnología de bajo costo y de fácil implementación, con una pequeña capacitación a los agricultores, no existirían objeciones en su aplicación, dado que sería en beneficio para ellos mismos (Unsihuay, 2014).

c. Reservorios naturales de captación de agua de lluvia

Los reservorios naturales de captación de agua de lluvia, están conformados por las qochas, amunas y qotañas. En este grupo las amunas y qochas obtuvieron el mismo puntaje, ubicándose por encima de las qotañas.

- Las qochas y amunas obtuvieron el mayor puntaje del grupo. La Mg. Sc. Liza Meza (2014) menciona que en las tecnologías tradicionales, la implementación de amunas no requiere movilización de muchos recursos (económicos y de personal) y presenta beneficios inmediatos. Las qochas y amunas, le aseguran al agricultor contar con el agua necesaria para sus cultivos, aun cuando las precipitaciones no se presenten como esperaban.
- Las qotañas, fueron calificadas con una puntuación menor a las demás tecnologías dentro de su grupo. Esto debido a que a diferencia de las qochas y amunas, las qotañas

son un sistema que requiere una inversión un poco más amplia y dependen del tipo de suelo donde se implementen, si el suelo no es arcilloso, esta tecnología requiere la aplicación de revestimientos.

d. Andenes

Los andenes obtuvieron una calificación de 13.5 puntos; estos presentan una infinidad de ventajas, el efecto de termorregulación es una de las principales, el cual se manifiesta través de la presencia de los taludes de piedra que atenúan los efectos extremos del clima (temperaturas muy altas o muy bajas, sobre todo en las cercanías del suelo y su superficie, vientos, heladas, polvo, etc.). Además, es una tecnología que se puede implementar a lo largo de la sierra del país.

e. Proyectos de irrigación en la sierra

Los microreservorios y riego por aspersión son tecnologías muy aceptadas por los agricultores de la sierra (De Haan, 2014). Estas tecnologías aumentan la disponibilidad de agua de riego, incrementan la seguridad alimentaria y mejoran el valor productivo del predio. La Mg.Sc. Liza Meza (2014) indicó que estas tecnologías siempre presentan resultados positivos al ser implementadas, además el número de beneficiarios es alto si se trabaja en comunidad.

f. Recursos genéticos

Por su parte, los recursos genéticos son una tecnología con mucho potencial en toda la Sierra peruana. Se basan en proyectos de investigación que permiten desarrollar variedades mejoradas de cultivos, con mayor capacidad de rendimiento, con mejor resistencia a diferentes enfermedades, buena tolerancia a factores abióticos (heladas, sequías, aumento de temperatura, entre otros) y con una calidad adecuada de procesamiento.

4.2.2 TECNOLOGÍAS DE MEDIANA PRIORIDAD

a. Recuperación de terrazas agrícolas

La recuperación de terrazas agrícolas se ubica como una tecnología de prioridad media, debido a la complejidad de su implementación, la recuperación de andenes requiere la movilización de recursos y no presenta beneficios a corto plazo, se debe trabajar mucho en la sostenibilidad de esta tecnología (Meza, 2014). Existen distintos esfuerzos a lo largo de la sierra del Perú, sin embargo muchas veces los avances han sido detenidos por la falta de compromiso de las entidades que llevan a cabo estos proyectos.

b. Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración

La recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración es una tecnología de prioridad media ampliamente difundida y de gran aceptación por los agricultores de la sierra altoandina. PRONAMACHS ha realizado números trabajos obteniendo resultados exitosos, por ejemplo, en reforestación de suelos degradados de laderas en la sierra de Cajamarca. Sin embargo, el Mg. Sc. Jerónimo García (2014) señala que las zanjas de infiltración son una tecnología que se debe evaluar, porque sin una precipitación adecuada, es un sistema poco eficiente. En ese sentido, se deben evaluar los escenarios, realizar proyecciones y generar un pronóstico de las precipitaciones para que sea utilizada de manera adecuada y le sea útil al agricultor.

c. Sistemas de alerta temprana

Por último, los sistemas de alerta temprana obtuvieron el menor puntaje, esto se debe al poco conocimiento de esta tecnología, el alto costo y trabajo multinstitucional y multidisciplinario que dificultan la implementación de este sistema en el país. Los sistemas de alerta temprana, deben ser difundidos como medidas de adaptación al cambio climático frente a problemas de heladas, sequías y problemas fitosanitarios.

4.3 CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO POR ZONA AGROECOLÓGICA

Las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático que obtuvieron el rango de prioridad alta han sido clasificadas acorde a las zonificación agroecológica. Esta clasificación se muestra en el Cuadro 18, así como también, los cultivos propios de cada zona agroecológica.

Cuadro 19: Tecnologías agrícolas de alta prioridad por zona agroecológica

Zona agroecológica	Tecnología de alta prioridad	Cultivos/ árboles
Yunga 1 000- 2 300 m.s.n.m.	Chacra huertas	Frutales nativos: erytrina (pajuro), inga (paca), capulí, níspero, durazno, sachatomate, hierbas aromáticas; maíz, arracacha, achira, molle
	Policultivos	
	Agroforestería tradicional altoandina	
	Recursos genéticos	
Qechua 2 300- 3 500 m.s.n.m.	Chacra huertas	Maíz, calabazas, caihua, zapallos, papas comerciales, frejoles, habas, arvejas, lentejas, hierbas aromáticas, aliso
	Policultivos	
	Agroforestería tradicional altoandina	
	Andenes	
	Proyectos de irrigación: microreservorios y riego por aspersión	
	Recursos genéticos	
Suni 3 400- 3 800 m.s.n.m.	Chacra huertas	Papas nativas, tubérculos andinos (oca, olluco), quinua, kiwicha, maca, tarwi, y especies introducidas como trigo, cebada, sauco, mutuy
	Policultivos	
	Agroforestería tradicional altoandina	
	Sistemas Laymi	
	Qocha	
	Andenes	
	Qotañas	
	Recursos genéticos	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Tecnologías agrícolas de alta prioridad por zona agroecológica (continuación)

Zona agroecológica	Tecnología de alta prioridad	Cultivos/ árboles
Puna 3 900- 4 200 m.s.n.m.	Chacra huertas	papas nativas, kiwicha, mashua, kañihua, maca, oca, olluco, sauco, quinal, qolle
	Waru Waru	
	Policultivos	
	Agroforestería tradicional altoandina	
	Sistemas Laymi	
	Amunas	
	Qocha	
	Qotañas	
	Andenes	
	Recursos genéticos	
Janka > 4300 m.s.n.m.	Qocha	papas nativas (amargas)
	Qotañas	
	Recursos genéticos	

Fuente: Elaboración propia

La sierra del Perú es un territorio de condiciones microclimáticas y edáficas heterogéneas, está compuesta por áreas a distintas altitudes, latitudes y suelos de textura y estructura variable; sin embargo a lo largo de los años, los agricultores han sabido implementar distintas tecnologías apropiadas para cada piso ecológico.

De acuerdo con la propuesta de Pulgar Vidal (1987), la sierra peruana se encuentra dividida en cinco zonas agroecológicas; Yunga, Qechua, Suni, Puna y Janka. Esta división se basó en la altitud, geomorfología y variables climáticas como, temperatura, humedad, evapotranspiración, entre otras.

Cada una de estas zonas agroecológicas dadas sus condiciones climáticas albergan ciertos cultivos, es así como en Yunga se desarrollan adecuadamente los frutales y hierbas aromáticas, mientras que en Qechua el principal cultivo es el maíz, acompañado de otras especies como calabazas, zapallos, arvejas, habas, entre otros. Suni presenta papas, ocas, ollucos, quinua, tarwi, kiwichas y otras especies como trigo, cebada. La Puna que es la región

más alta utilizable agrícolamente, se cultivan papas nativas, kañihua, maca y oca. En Janka, prácticamente no se desarrolla ningún cultivo excepto algunas papas nativas (amargas), es una zona principalmente ganadera.

Muchas de las tecnologías agrícolas priorizadas pueden desarrollarse en varias de estas zonas agroecológicas, sin embargo los cultivos propios de cada zona son los que marcan las diferencias. Es así como las chacra huertas, policultivos, agroforestería tradicional altoandina por ejemplo, se presentan en Yunga, Qechua, Suni y Puna, sin embargo los arreglos de especies que se cultivan en cada zona son diferentes (Ver Cuadro 18). En Qechua, las chacra huertas pueden ser cultivados con alisos y maíz, hierbas aromáticas con papas y zapallo, mientras que en Suni se harán arreglos entre papas nativas y quinua o kiwicha, y en Puna, los arreglos se darán entre papas nativas y quinuales, ocas y kañihua, entre otros.

V. CONCLUSIONES

1. La verticalidad de la región andina le permite al agricultor cultivar en distintos pisos altitudinales, y así garantizar su seguridad alimentaria.
2. Se seleccionaron para calificación catorce tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático, conformadas por nueve tecnologías tradicionales y cinco tecnologías modernas, debido a la gran aceptación de estas por parte del agricultor, y a su alto potencial de implementación.
3. La matriz multicriterio utilizada para la calificación, es apropiada para priorizar tecnologías de adaptación al cambio climático. La utilización de la matriz multicriterio permitió clasificar las tecnologías de acuerdo a la siguiente escala de prioridades: alta, mediana y baja.
4. La selección de los integrantes del panel de expertos se basó en la experiencia y en multidisciplinaridad de sus miembros, por lo cual se obtuvieron resultados veraces y objetivos.
5. La calificación de las catorce tecnologías agrícolas de adaptación a través de la matriz multicriterio resultó en once tecnologías de prioridad alta y tres de prioridad media.
6. Las nueve tecnologías tradicionales fueron calificadas con prioridad alta, en cambio, de las cinco tecnologías modernas solamente dos fueron calificadas con alta prioridad, las dos restantes, fueron de prioridad media.
7. Las tecnologías de alta prioridad fueron clasificadas por zonas agroecológicas. Varias de las tecnologías priorizadas son implementadas en más de una zona agroecológica: sin embargo, las especies que se cultivan son específicas de la zona donde se desarrollen.
8. La revaloración de una tecnología tradicional o la introducción de una tecnología moderna debe cuidar los efectos sobre la identidad cultural, la organización social, el ámbito ecológico y los recursos físicos y bióticos.
9. Las tecnologías tradicionales y las modernas en muchos casos pueden complementarse con el objetivo de aumentar la resiliencia de los cultivos a las inestables condiciones ambientales generadas por el cambio climático.

10. Los conocimientos locales y las tecnologías tradicionales proporcionan información específica para ciertas localidades, lo cual es fundamental para el desarrollo de estrategias locales de adaptación de bajo costo. Sin embargo, como en el caso de los waru warus, solo podrían ser replicadas en zonas con geografía y condiciones ambientales similares

VI. RECOMENDACIONES

1. Adoptar una política e institucionalidad nacional que incentive la agricultura familiar en la zona andina dado el rol de seguridad alimentaria y sostenibilidad que cumple desde épocas milenarias, a pesar de las condiciones de altos riesgos climáticos en que se realiza, como sequías, heladas, friajes, granizadas y vientos, cada vez más recurrentes. Para esto es necesario que se revaloricen los saberes culturales, se mejore la educación, sistemas de salud y sistemas de comercialización, y así lograr que los agricultores puedan desarrollar sus actividades agrícolas de manera continua y sostenible, y no migrar a otras zonas en busca de actividades económicas más rentables.
2. Fortalecer las relaciones interinstitucionales entre el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Ambiente, a través del SENAMHI en las direcciones competentes. El Ministerio de Agricultura representado por la DGAA, Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios; el INIA, Instituto Nacional de Investigación Agraria y el ANA, Autoridad Nacional del Agua; y SENAMHI representado por la Dirección de Agrometeorología, deben participar activa y continuamente, no solo en la investigación, sino en la implementación y difusión de tecnologías tradicionales y contemporáneas a los gobiernos regionales. Por otro lado, el Ministerio del Ambiente, MINAM a través de la Dirección de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos, debe formular políticas y normas que incentiven el uso de tecnologías agrícolas tradicionales y contemporáneas a fin de contrarrestar los efectos del cambio climático.
3. Incentivar la investigación, sistematización de experiencias y organización de una base de datos nacional sobre la revalorización de las tecnologías agrícolas tradicionales y contemporáneas de adaptación al cambio climático por parte de las universidades.
4. La comunicación y difusión de las tecnologías tradicionales y contemporáneas, así como la capacitación de ser de manera participativa con los productores locales a través de los Gobiernos Regionales (Direcciones Regionales Agrarias/ Agencias Agrarias).

5. El Gobierno, a través de las autoridades competentes debe generar nuevos proyectos para incentivar y revalorar la tecnología tradicional de waru warus, vigente para la agricultura familiar del altiplano peruano boliviano.
6. Los gobiernos regionales deben incentivar la organización de agricultores en cooperativas u otras organizaciones voluntarias a fin de aplicar nuevas formas de negocio como el comercio justo, donde se logra el desarrollo sustentable y sostenible de la oferta. Los sistemas mixtos de producción como las chacra huertas, policultivos, agroforestería tradicional y sistemas Laymi, son tecnologías tradicionales capaces de ofrecer cultivos que apliquen a ese sistema, ya que son amigables con el medio ambiente y son controlados por las comunidades.
7. Dentro de las tecnologías contemporáneas se debe potenciar y fortalecer la captación de agua de lluvia a través de los microreservorios y riego por aspersión que promueven el uso eficiente del agua. Asimismo, el INIA debe concentrar sus esfuerzos en la investigación de recursos genéticos, tecnología que asegura la seguridad alimentaria nacional e internacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALONSO, A. 1998. El policultivo en la teoría y en la práctica. Agricultura orgánica año 4 N°2, pp. 6-11.
2. ALTIERI, M.A. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder.
3. APAZA, D. 2006. Huarochirí: las amunas, recarga artificial de acuíferos en los Andes. GSAAC: Gestión social del agua y ambiente en cuencas. Lima.
4. ARAUJO, H; Brack- Egg, A; Grillo, E. 1989. Ecología, agricultura y autonomía campesina en los andes. Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional. Feldafing, Lima- Hohenheim.
5. ARAYA, S. 2003. Análisis de la variación temporal de los caudales punta instantáneos en la Cuenca del río Purapel, VII Región del Maule. Tesis Ingeniería Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Escuela de Ciencias Forestales, pp. 112.
6. BARRETT, G; ODUM, E. 2006. Fundamentos de Ecología. México: Thompson.
7. BRUSH, S.B y otros. 1981. Dynamic of andean potato agriculture. Economic Botany, pp 80- 91.
8. BRUSH, S.B. 1987. Diversity and Change in Andean Agriculture. En: Lands and risk in the Third World. Westview Press, Boulder.
9. CANNON, T. 2006. Análisis de la vulnerabilidad, los medios de vida y los desastres. En: Tecnología y sociedad. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG. N° 7, pp. 8-21.
10. CEPAL. 1989. Estudio de factibilidad de un proyecto nacional de desarrollo en áreas de recuperación de andenes en el Perú.
11. CHÁVEZ, J. y otros. 1989. Propuesta de agricultura orgánica para la sierra. IDEAS- CONYTEC, Lima.
12. CIGARÁN, M; GARCÍA, J. 2006. Cambio climático en el Perú: variable a considerar para el desarrollo sostenible. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG N° 7, pp. 56-68.
13. CMNUCC. 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas.

14. COMUNIDAD ANDINA, 2009. Articulando la Gestión del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agropecuario: Lineamientos Generales para la Planificación y la Gestión Sectorial. pp. 46-49.
15. CUSICHACA TRUST. 2000b. Evaluación socioeconómica de la rehabilitación del canal de Quishuarpata, Comunidad de Chamana- Ollantaytambo. Reporte Interno, Cusichaca Trust, Andahuaylas.
16. CUSICHACA TRUST. 2001. Producción agrícola en andenes y posibilidades agroeconómicas en la parte alta de la Microcuenca del Río Chicha- Soras, Departamentos de Apurímac y Ayacucho. Reporte Interno, Cusichaca Trust, Andahuaylas.
17. DENEVAN, D.W. 1987. Pre hispanic agricultural fields in the Andean region. International series N° 359 part I and II. Oxford: British Archaeological Reports.
18. DENEVAN, D.W. 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Adv. Plant Pathol*, pp. 11- 43.
19. DÍAZ, A. 2005. Estudio del impacto de la variabilidad del recurso hídrico sobre los medios de vida en comunidades de la provincia de Yungay, Ancash, distritos de Cascapara y Shupluy. Lima: Informe de consultoría para Soluciones Prácticas-ITDG.
20. DÍAZ, C; Velásquez, E. 1991. Inventario de tecnologías agrícolas en Puno, Perú. En: Seminario Perú- Bolivia sobre investigación en camellones. Convenio PELT/ INADE- IC/COTESU.
21. EARLS, J. 1989. Planificación agrícola andina. Lima, COFIDE.
22. EGGER, K. 1981. Ecofarming in the tropics: characteristics and potentialities. *Plant Research and Development*.
23. ERICKSON, C.L; Chandler, K.L. 1989. Raised fields and sustainable agriculture in the lake Titicaca basin of Perú. En: *Fragil Lands of Latin America*. J.O Bowder (ed.), Westview Press, Boulder, pp 230- 243.
24. ERFCC. 2012. Estrategia Regional Frente Al Cambio Climático- Cusco. Gobierno Regional de Cusco.
25. FAO. 2005. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Mitigación del cambio climático y adaptación en la agricultura, la silvicultura y la pesca.
26. FAO.2008. Análisis del impacto de los eventos fríos (friaaje) del 2008 en la agricultura y ganadería alto andina en el Perú. pp 29-32

27. FELIPE-MORALES, C; Morlon, P; Reynel, C. 1996. Prácticas agroforestales. Instituto Francés de Estudios Andinos /Centro de estudios. pp 213-220.
28. GARCÍA, H; Velásquez, N; Enríquez, S. 1990. Los andenes: limitaciones y posibilidades económicas. Caso distrito de Paucarcolla. Informe final de investigación.
29. GIZ en el Perú: Programa de Gobernabilidad e Inclusión. 2001. Programa de Cooperación Internacional Alemana. Desarrollo Rural Sostenible.
30. GÓMEZ, C. 2007. Tecnologías respondiendo a los desastres. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
31. GÓNZALEZ- OLARTE, E; Trivelli, C. 1999. Andenes y desarrollo sustentable. Instituto de Estudios Peruanos. Consorcio para el desarrollo sostenible de la Ecorregión Andina.
32. GUERRERO, J. 2009. Evaluación del marco Institucional, Social, Económico, Tecnológico y de gestión del recurso hídrico como parte de la Estrategia Nacional de Adaptación en Cuencas y Sectores Priorizados.
33. GUERRERO, J. 2011. Resumen ejecutivo del estudio agrometeorológico de la subcuenca del río Shullcas. pp. 15-17
34. INEI.2009. Perú: Perfil del Productor Agropecuario, 2008. pp.39.
35. INEI.2013. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2013. pp-47
36. IPCC. 2007. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.
37. INRENA, 1996. Inventario Nacional de Andenes.
38. KENDALL, A. 1997. Restauración de sistemas agrícolas prehispánicos en la sierra sur, Perú. Arqueología y tecnología indígena en desarrollo rural. Amauta, Cusco, 150 p.
39. KENDALL, A. 2006. Desarrollo y perspectivas de sistemas de andenerías en los Andes Centrales del Perú. The Cusichaca Trust.
40. KENDALL, A; Rodríguez, A. 2001. Restauración Agrícola en los Andes: Adaptando los sistemas tradicionales de andenes o terrazas irrigadas al contexto moderno. The Cusichaca Trust.
41. KLEE, G. 1980. World Systems of Traditional Resource Management, ed. Gary A. Klee. New York: V. H. Winston.
42. KNIGHT, P. 1980. Agroecología y desarrollo. Consorcio Latinoamericano de Tecnología y Desarrollo. CLADES.

43. LLOSA LARRABURRE, J. 2008. Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas: reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes. Seminario Internacional Andino sobre Gestión social del Agua para la Adaptación al Cambio Climático.
44. MASSON L. 1986. Rehabilitación de andenes en la comunidad de San Pedro de Casta, Lima. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
45. MASSON, L. 1994. Debate agrario: análisis y alternativas, N° 19. Centro Peruano de Estudios Sociales: CEPES. Lima.
46. MENDIOLA, V. 2003. Consumo y cambio climático. Manual de capacitación. Lima: Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios–Programa de Pequeñas Donaciones.
47. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2007. PRONAMACHS Memoria Anual 2007
48. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2008. Tercer Informe Técnico de Priorización de Medidas de Adaptación. Perú. pp. 17-13
49. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2010. Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático, pp. 10-16.
50. MINISTERIO DE AMBIENTE (MINAM). 2010. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
51. MINISTERIO DE AMBIENTE DEL GOBIERNO PERUANO Y LA AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN COSUDE. 2012. Proyecto PACC: Programa de Adaptación al Cambio Climático. InterCLIMA, Annual Reporting and Exchange Platform for Climate Change Management in Perú.
52. MORALES, B.; Lagos, P.; Tarazona, J.; et al. 1999. Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el Fenómeno El Niño. Lima: CONAM, pp. 17-63.
53. MUJICA, E; Rueda, J.L. 1997. La sostenibilidad de los sistemas de producción campesina en los Andes. CONDESAN: Consorcio para el desarrollo sostenible de la ecorregión andina. Centro Internacional de la Papa
54. PALERM, J. 2002. Sistemas de riego no convencionales. Antología sobre pequeño riego, Vol III. Colegio de Post- Graduados.
55. PIWA. 1994. Priorización de las áreas potenciales para la reconstrucción de waru waru en el Altiplano de Puno. Edit Convenio: PELT/ INADE. COTESU, Puno- Perú.
56. PRONAMACHCS. 1998. 18 años en la lucha contra la desertificación y la pobreza rural. Compendio Estadístico 1981- 1998. Programa Nacional de Manejo de Cuencas

- Hidrológicas y Conservación de Suelos, Ministerio de la Presidencia, Lima, Perú, 257 p.
57. PROYECTO ANDINO DE TECNOLOGÍAS CAMPESINAS (PRATEC). 1990. Agroecología y saber andino. Agrobiología, Universidad de Cochabamba.
 58. PROYECTO ANDINO DE TECNOLOGÍAS CAMPESINAS (PRATEC). 2009, Cambio climático y sabiduría andino amazónica.
 59. PROYECTO ANDINO DE TECNOLOGÍAS CAMPESINAS (PRATEC). 2009. La crianza del clima en los Andes centrales del Perú. FIAC: La Experiencia del Fondo de Iniciativas de Afirmación Cultural.
 60. PROYECTO PIDEA. 1995. La Encañada: caminos hacia la sostenibilidad. CONDESAN/ CIP. Fondo Perú- Canadá.
 61. PULGAR VIDAL, J. 1946. Historia de la geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú. Lima.
 62. QUEROL, Q. 1986. Recursos genéticos: nuestro tesoro olvidado. Industrial Gráfica S.A. Lima.
 63. SANTOYO, E. 2003. Sistema de alerta temprana – SIAT, en la cuenca del río Piura – PERU. Exigencias Institucionales, Experiencias, Retos Y Desafíos. pp. 3-4
 64. RIVERA, I. 2011. Informe del Proyecto “Conservación de praderas naturales de las zonas altoandinas de la subcuenca del río Shullcas”. pp. 80-90
 65. RENGIFO, G. 1987. La agricultura tradicional en los Andes. Editorial Horizonte, Lima.
 66. RENGIFO, G. 2009. Crisis Climática y Saber Comunero en los Andes del Sur peruano. PRATEC.
 67. REYNEL, C; Felipe- Morales, C. 1987. Agroforestería tradicional en los Andes del Perú. Lima, Proyecto FAO/ Holanda/ INFOR.
 68. RUTHENBERG, H. et. Al. 1971. Farming systems in the tropics. Oxford University Press. London.
 69. SECRETARÍA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA. 2008. El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la comunidad andina. Lima: CAN.
 70. SECRETARÍA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA. 2012. Proyecto PRAA: Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales. Marco de Gestión Ambiental. CAN.

71. SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
<http://www.senamhi.gob.pe/> (visto por última vez: 24 de septiembre 2014)
72. SENAMHI. 2009. Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030. pp. 13-14
73. SERRANO, D. 1998. Uso de policultivos en sistemas integrados agricultura-ganadería. Agricultura orgánica año 4 N°2, pp 22-24.
74. SOLUCIONES PRÁCTICAS – ITDG. 2001. Cambio climático, conocimientos ancestrales y contemporáneos en la región andina. Alcances y límites. pp. 69-72.
75. STIGTER, K. 1984. Traditional manipulation of microclimate factors: knowledge to be used. The Netherlands, Agricultural University.
76. TAPIA, M. 1995. Zonificación agroecológica basada en el uso de la tierra, el conocimiento local y las alternativas de producción. CONDESAN.
77. TAPIA, M. 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Santiago de Chile.
78. TORRES, J.; Gómez, A. 2008. Adaptación al cambio climático: de los fríos a los calores en los Andes, Experiencias de Adaptaciones Tecnológicas en Siete Zonas Rurales del Perú. Volumen 1. Soluciones Prácticas. ITDG.
79. TORRES, J.; Valdivia, M. J. 2012. El clima y los conocimientos tradicionales en la región andina. Climas encontrados. Soluciones Prácticas. ITDG.
80. GONZALEZ DE OLARTE, E; Trivelli. C. 1999. Andenes y desarrollo sustentable. EIP/CONDESAN.
81. TREACY, J.M. 1994. Las chacras de Coporaque, andenes y riego en el Valle del Colca. Instituto de Estudios Peruanos, Lima.
82. TYNDALL CENTRE: FOR CLIMATE CHANGE RESEARCH
<http://www.tyndall.ac.uk/> (visto por última vez: 13 de agosto de 2014)
83. USAID. 2007. Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climático: Un Manual para la Planificación del Desarrollo. Estados Unidos.
84. UNEP. 2011. Technologies for climate change adaptation. pp. 10-23.
85. VALLADOLID, J. 1986. Cultivos andinos: importancia y posibilidades de su recuperación y desarrollo. Mimeo, Ayacucho.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Panel fotográfico de los trabajos de campo



Figura A1: Vista panorámica – Zona alta de la subcuenca del río Shullcas, departamento de Junín.



Figura A2: Zanjas de infiltración implementadas como parte del proyecto piloto de conservación de praderas altoandinas (PRAA).



Figura A3: Ejemplo de zanja de infiltración habilitada para la recuperación de praderas altoandinas.



Figura A4: Ejemplo de zanja de infiltración habilitada para la recuperación de praderas altoandinas.



Figura A5: Presencia de ganadería en los alrededores de las parcelas de praderas altoandinas, lo cual podría afectar el éxito del proyecto.



Figura A6: Parcela Huishña, Proyecto PRAA.



Figura A7: Vista panorámica Parcela Huisña, Proyecto PRAA



Figura A8: Vista panorámica Parcela Huisña, Proyecto PRAA



Figura A9: Ejemplo de zanja de infiltración habilitada en parcela Huisña.



Figura A10: Tecnología tradicional agrícola para el sembrío de papas nativas



Figura A11: Desarrollo de agricultura familiar



Figura A12: Policultivo de papa y hortalizas (Distrito de Accopalca, Provincia de Huancayo, Región Junín)



Figura A13: Vista de los sectores en los andenes de Moray



Figura A14: Vista del Sector III, Moray- Cusco



Figura A15: Vista del Sector I, Moray- Cusco



Figura A16: Vista del Sector II, Moray- Cusco



Figura A17: Zona ceremonial de Moray, Cusco



Figura A18: Vista frontal del Sector III, Moray- Cusco



Figura A19: Vista frontal de los andenes y zona ceremonial, Moray- Cusco



Figura A20: Vista de los sectores I y II, moray- Cusco



Figura A21: Vista panorámica de los andenes de Moray, Cusco



Figura A22: Agroforestería en la zona Qechua. Barreras vivas con penca y retama

ANEXO 2. Perfiles académicos de especialistas

a. Canchari, Glicerio

Ingeniero Agrónomo con experiencia en el análisis y tratamiento de información agrícola, agroclimática y cartográfica. Diseño y elaboración de herramientas de estudios de rentabilidad de cultivos, costos de producción de cultivos; estudios de caracterización agroclimática, diseño y elaboración de estudios fenológicos, impactos de la variabilidad climática en los cultivos, aptitud agroclimática, elaboración de materiales de difusión; elaboración de mapas temáticos; planificación, supervisión y levantamiento de información de campo a través de encuestas; asistencia técnica y capacitación a pequeños agricultores. Actualmente, trabaja en la Dirección General de Agrometeorología del SENAMHI.

b. Coronado, Catherine

Bióloga y M. Sc. en Ciencias Ambientales en la UNALM. Actualmente está realizando estudios de Doctorado en Ciencias Agrarias en la Universidad de Hohenheim (Alemania).

Ha sido investigadora científica para el sector privado en el Centro Internacional de la Papa y participó como consultora ambiental para el sector privado (URCI Consultores y Servicios Geográficos y Medio Ambiente S.A.C).

c. De Haan, Stef

Ingeniero en Agricultura Tropical en Hogeschool Van Hall Larenstein Velp (Países Bajos), M. Sc. en Agroecología y Dr/ Phd. en Agrobiodiversidad en la Universidad de Wageningen (Países Bajos). Actualmente desempeña el cargo de Líder del Programa Global de Recursos Genéticos en el Centro Internacional de la Papa.

Entre sus principales publicaciones se encuentran:

- Cataloguing Potato Varieties and Traditional Knowledge from the Andean Highlands of Huancavelica, Peru. Earthscan from Routledge. 2013
- Uso Sostenible de Recursos Fitogenéticos Andinos en el Nor-Yauyos. Peruvian Society of Environmental Law (SPDA), USAID. 2002

- Biodiversidad del complejo de tubérculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosa*), Olluco (*Ullucus tuberosus*) y Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en Nor-Yauyos. Comité de ONGs del Grupo Consultivo Internacional de Investigación en Agricultura (NGO-CGIAR). 2000.

d. García, Jerónimo

Ingeniero Meteorólogo egresado de la UNALM, ostenta el grado de Mg. Sc, y sus áreas de especialidad son la agroclimatología, contaminación Atmosférica y modelos de dispersión. Ha participado en varias investigaciones a lo largo de su carrera profesional, actualmente es docente de la UNALM.

e. Meza, Liza

Ingeniera Ambiental de la UNALM, con estudios de Post Grado en Ciencias Ambientales en la Universidad de Humboldt (Alemania). Actualmente se desarrolla como especialista ambiental en el Fondo de las Américas.

Entre sus experiencias laborales destaca su participación como investigadora científica en el Departamento de Economía Agrícola en la Universidad de Humboldt, Experto Junior en GIZ “Proyecto de Biodiversidad y Cambio Climático” desarrollado en Pucallpa del 2010 al 2011, y docente de los cursos de contaminación de suelos y formulación y evaluación de proyectos ambientales en la Universidad Científica del Sur.

f. Morante, Samuel

Zootecnista egresado de la UNALM. Empresario Agrario en el Valle de Chancay Huaral, durante tres décadas. En paralelo a dicha actividad profesional, cultivó su vocación ambiental dedicando tiempos libres en apoyar la causa de las Áreas Naturales Protegidas y trabajando localmente en el Desarrollo de la Reserva Nacional de Lachay por 35 años. Con estudios de maestría en Conservación de Recursos Forestales y Economía

Empresarial, y con experiencia en el Ministerio de Agricultura en el Desarrollo Productivo Agrario de las zonas rurales altoandinas pobres del Perú. Actualmente ejerce como Gerente de la División Agrícola de CERPER S.A. y ha sido acreedor del Trofeo Nacional a la Defensa del Medio Ambiente Bárbara D´achille.

g. Perez, Nelly

Ingeniera Geógrafa de la UNMSAM. Ha trabajado por más de 10 años en temas referentes a agrometeorología en la Dirección de Agrometeorología del SENAMHI.

h. Quevedo, Karim

Ingeniera Ambiental de la UNALM. Ha trabajado por más de 10 años en temas referentes a agrometeorología en la Dirección de Agrometeorología del SENAMHI.

i. Román, Cornelio

Ingeniero Agrónomo con estudios de Post Grado en Ciencias Ambientales en la UNALM, con experiencia en gestión de recursos hídricos, en manejo de recursos naturales; identificación, formulación, ejecución y liquidación de proyectos; desarrollo sostenible y relaciones comunitarias. Actualmente, trabaja en el departamento de climatología del SENAMHI.

j. Siura, Saray

Ingeniera Agrónoma y M.Sc. en Producción Agrícola de la UNALM. Actualmente se desarrolla como docente de la Facultad de Agronomía y es jefe del Programa de Investigación en Hortalizas de la UNALM. Su especialidad es la Olericultura.

k. Unsihuay, Franklin

Magister e Ingeniero Meteorólogo de la UNALM. Actualmente ejerce como investigador y docente en el área de meteorología de la UNALM, asimismo ha colaborado en proyectos de CONCYTEC como evaluador ambiental.

ANEXO 3. Cuestionario de entrevista y memoria descriptiva de tecnologías

Anexo 3.1: Cuestionario de entrevista

ESPECIALISTA: _____

ORGANIZACIÓN: _____

FECHA: _____

1. ¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?
2. ¿Cuál considera el mayor impedimento entre el uso de tecnologías tradicionales en la agricultura contemporáneo
3. ¿Cuál es el compromiso de las instituciones técnico-científicas (como SENAMHI) para contribuir a la implementación de las tecnologías agrícolas contemporáneas de adaptación al cambio climático?
4. ¿Cuáles son los planes del Estado respecto a la implementación de sistemas de alerta temprana?
5. ¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indíquenos cuáles son razones de su elección.
6. De acuerdo a su experiencia, ¿cuáles de las tecnologías mencionadas tiene mayor aceptación por los agricultores de la Sierra?, ¿a qué se debería esta situación?
7. ¿Qué tecnología en específico es más beneficiosa? Por favor, indíquenos cuáles los atributos que le conceden dicha condición (basándose en la matriz de calificación)
8. ¿Qué tecnología tradicional requiere una mayor asignación de recursos?
9. ¿Qué tecnología contemporánea requiere una mayor asignación de recursos?
10. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?

Anexo 3.2: Memoria descriptiva de tecnologías tradicionales y contemporáneas

	Tecnología	Región	Costo	Descripción	Características	Ejemplos
1	Tecnologías Tradicionales					
1.1	Waru-Warus	Puno	270 personas-día/ha/año.	Sistemas de campos elevados construidos sobre tierras de inundación estacional y drenaje natural insuficiente. Efectos importantes en la regulación de la temperatura	Canales de drenaje en fajas y tierra apilada en cumbres en las que se siembran los cultivos.	-Proyecto Interinstitucional de Rehabilitación de Waru-Warus en el Altiplano (PIWA), 1989. -Proyecto Waru- Waru II de CARE- PERÚ viene trabajando desde 1992 con quinua.
1.2	Andenes	Distribuidos en la zona andina peruana.	-	Tecnología de manejo de la tierra en zonas de pendientes empinadas. Ventajas: control de la erosión, mejor aprovechamiento y conservación del agua, la regulación térmica y el mantenimiento de la fertilidad del suelo.	Existen dos tipos de andenes: los andenes de banco o banales cuya plataforma es a nivel con muros de piedra y los andenes de pendiente o bargones, donde solamente se ha suavizado la pendiente natural de las laderas con barreras vegetales.	Moray- Cusco.
1.3	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia					
1.3.1	Qocha	Puno	-	Reservorios naturales o cavados en la llanura para almacenar agua en períodos secos y para plantar cuando está más húmedo.	Consisten en depresiones cóncavas de 20 a 60 metros de ancho. Los lados de las qochas son trabajados en 2 o 3 niveles radiales	Distrito de Azángaro, Lampa, en la región Puno,

					compuestos de surcos con los cultivos plantados sobre las elevaciones del medio.	
1.3.2	Qotañas	Puno Cusco	\$200/ qotaña	Reservorios de agua de lluvia, para utilizar en períodos secos en agricultura y ganadería.	La impermeabilización se puede dar a través de un revestimiento con plástico y tepes, y de manera natural en suelos arcillosos.	-Pairumani, Puno: qotañas sin material de impermeabilización. -Sicuani, Cusco: Qotañas revestidas con plásticos y tepes
1.3.3	Amunas	Lima	-	Sistema prehispánico de siembra y cosecha del agua. La presencia de fracturas o material de alta permeabilidad en la parte alta de una cuenca favorece la recarga artificial de los manantiales en la época seca.	Se captan aguas generadas por el escurrimiento de las lluvias a 4400 m.s.n.m, a través de acequias y se dirigen hacia rocas fisuradas o fracturada. El agua se desplaza lentamente para aflorar, meses después, en los manantiales ubicados entre 1500 y 1800 metros más abajo.	San Andrés de Tupicocha, Huarochirí, Lima.
1.4	Sistemas mixtos de producción					
1.4.1	Chacra Huerta	Distintas zonas del país	-	Espacios pequeños donde se encuentra la diversidad ecológica de determinada zona. Generan microclimas y protegen las especies de las heladas, granizadas y fuertes insolaciones.	Superficie de pequeñas extensiones. Son zonas de arboledas que captan el CO ₂ y donde se siembran plantas aromáticas, flores y plantas rituales.	Andahuaylas, PRATEC - Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas, 2009

					Cuentan con un muro de piedra o cerco vivo que puede llegar hasta 1.5 m.	
1.4.2	Agroforestería tradicional altoandina	Distribuidos en la zona andina peruana	-	Siembra de cultivos en arreglos espaciales. La cobertura de los árboles es utilizada para proteger los cultivos de variaciones del clima y la humedad del suelo.	Existen cultivo mixtos de especies forestales y agrícolas, cercos vivos para cobijo de cultivos y Cortinas de vegetación contra las heladas:	-
1.4.3	Policultivos	Distribuidos en la zona andina peruana	-	Cosechas múltiples sobre la misma superficie, imitando la diversidad de ecosistemas naturales de plantas herbáceas. Ventajas: resistencia ante plagas, supresión de malezas y mejor uso de nutrientes del suelo.	La distribución de los cultivos en el espacio puede consistir en sistemas tales como cultivo en franjas, cultivo intercalado, cultivo en hieleras mixtas y cultivo de cobertura.	Policultivo de papa y hortalizas, distrito de Accopalca, provincia de Huancayo, región Junín
1.4.4	Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	Distribuidos en la zona andina peruana	-	El Laymi es un sector donde la comunidad siembra las tuberosas y granos por temporadas, permitiendo el descanso de la tierra y el trabajo comunal.	El primer año se siembra papa, el segundo año se cultiva oca, mashua y olluco, el tercer año se siembra quinua, qañiwa y cebada, y el cuarto año se descansa por un período de cinco a siete años. En este período los Laymi se convierten en zona de	-

					pastoreo con "acceso controlado".	
2	Tecnologías contemporánea					
2.1	Recuperación de terrazas agrícolas (andenes)	Puno Cuzco Cajamarca Lima	\$ 2,990 dólares/ha (Lima). \$ 1,654 dólares/ha (Cusco). \$ 3,308 dólares/ha (Cajamarca) Promedio de 1,013 jornales de trabajo.	Actividades masivas de rehabilitación de andenes impulsada por el PRONAMACHCS del MINAG. Objetivos: ampliar la frontera agrícola, incrementar los ingresos y al bienestar de los agricultores Se estima que en 1999 la extensión de andenes rehabilitados era de aproximadamente 4 000 ha. Esta superficie, sin embargo, representa apenas el 1,2% del total de andenes inventariados.	Se estima que en 1999 la extensión de andenes rehabilitados era de aproximadamente 4 000 ha. Esta superficie, sin embargo, representa apenas el 1,2% del total de andenes inventariados	- Programa Integral de Rehabilitación y Reconstrucción de Puno - Rehabilitación de andenes en la Comunidad de San Pedro de Casta (cuenca del río Rímac) por la asociación NCTL. -Rehabilitación de andenes en las comunidades de Pusalaya y Paucarcolla (Puno). -Programa MARENASS. - Proyectos en los valles de Cusichanca y Patachanca por Fundación Cusichaca Trust (CT) - Proyecto piloto de recuperación de andenes en cuatro anexos del distrito de Matucana, provincia de Lima.
2.2	Recuperación de praderas a través de zanjales de infiltración	Junín	-	Tecnología desarrollada en la sierra peruana desde los 80. Entre el 2004 y 2012 la superficie nacional con zanjales de infiltración ascendió a aproximadamente 28,010 ha. Permiten almacenar aproximadamente de 7 000 a 10 000 metros cúbicos. Ventajas: Mantienen el suelo como recurso productivo y	Excavaciones del terreno en forma de canales, de sección rectangular o trapezoidal, tabicadas cada 10 m y por lo general, simétricas. Se construyen transversalmente a la máxima pendiente del	Proyecto piloto "Conservación de praderas altoandinas en la subcuenca del río Shullcas", en el departamento de Junín, Provincia de Huancayo.

				rehabilitar, recuperar y ampliar la frontera agrícola	terreno, y siguiendo las curvas de nivel.	
2.3	Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión	Cajamarca	S/. 8,500 a 31,500.	Los micro – reservorios son tecnologías de cosecha de agua, que permiten aumentar la disponibilidad de agua de riego, incrementar la seguridad alimentaria y mejorar el valor productivo del predio agrícola. Generalmente se combina la infraestructura de micro-reservorio con el sistema de riego presurizado a través del uso de aspersores, lo cual reduce la erosión del suelo y protege a los cultivos de las heladas.	El costo de construcción del micro-reservorio varía en función del material a utilizar en la impermeabilización y el volumen de almacenamiento del sistema.	-Riego predial a través de micro-reservorios con el apoyo del Instituto Cuencas, GIZ, Welthungerhilfe en el departamento de Cajamarca. -Proyecto Manejo Silvopastoril de la Cuenca del Cajamarquino.
2.4	Tecnologías futuras					
2.4.1	Sistemas de alerta temprana	Piura	-	Avance escaso o nulo en la implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) ante la variabilidad climática (por ejemplo: eventos fríos en la sierra sur, periodos de sequía, proliferación de plagas y enfermedades, entre otros);	Los SAT permitirían que el agricultor andino pueda identificar el mejor tiempo del año para realizar la siembra de sus cultivos, y protegerlos de condiciones climáticas adversas, de enfermedades y plagas.	Sistema de información y de alerta temprana (SIAT) ante situaciones de crecidas e inundaciones, en la cuenca del río Piura
2.4.2	Recursos genéticos	Lima Puno Cusco Cajamarca Ayacucho Junín	---	Investigación que permiten desarrollar variedades mejoradas de cultivos con mayor resistencia a variaciones climáticas y enfermedades y buena calidad. Recuperación		•Colección de germoplasma del Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. •Colección de germoplasma de quinua del Instituto

				de la diversidad de semillas de manera local, fortaleciendo la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas Ventajas: Incrementar la seguridad alimentaria del país.		Nacional de Investigación Agraria (INIA). •Lanzamiento al mercado de 30 variedades de diferentes cultivos andinos a nivel nacional con mayor rendimiento, mejor respuestas a las condiciones agroclimáticas y tolerancia a las principales enfermedades por el Programa Nacional de Innovación Agraria en Cultivos Andinos del INIA a través de Estaciones Experimentales Agrarias en la Sierra: Cusco, Cajamarca, Junín, Canaán y Puno.
--	--	--	--	---	--	---

ANEXO 4. Entrevistas a especialistas

Entrevista 1

ESPECIALISTA: Ing. Irene Trebejo

ORGANIZACIÓN: SENAMHI

FECHA: 16/07/2014

1. ¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?

Existen escenarios climáticos con proyecciones el 2030, 2050 y 2100, que permiten concluir que la temperatura del aire se incrementará; sin embargo, el comportamiento de la precipitación aún es incierto, en algunas zonas existen tendencias al incremento y en otras existen tendencias a la disminución. El mayor impacto es para la costa, debido al incremento de la temperatura y por la menor disponibilidad del agua, por lo que es necesario que se identifiquen variedades de cultivos más tolerantes a este factor climático y se implementen sistemas de optimización de riego (riego por aspersión, riego por goteo, entre otros).

En la sierra, se están presentando con mayor frecuencia eventos climáticos extremos, por ejemplo, las heladas siempre ocurrían en el invierno, pero en los últimos años, estas se están presentando muchos más antes, por ejemplo, en enero y febrero. En febrero los cultivos están en floración, la cual es una fase muy crítica para el desarrollo del cultivo, si existe un descenso de 1°C a 2°C de temperatura durante la floración, el cultivo no logra desarrollarse, por lo cual la pérdida de este es inminente. Respecto a las lluvias, se ha identificado que la variación en estas es en intensidad, por ejemplo, hace algunos años los pobladores esperaban un promedio de 200 mm de lluvia por mes, sin embargo, ahora los 200 mm de lluvia ocurren durante 10 a 12 días, lo que produce que los cultivos se inunden. Por otro lado, los periodos de ocurrencia de lluvias también han variado, actualmente las lluvias inician en octubre - noviembre, y antes iniciaban en setiembre, lo que ocasiona que los periodos de lluvia sean cortos; en este sentido, se deben identificar variedades de cultivo que puedan crecer en ciclos más cortos, o con menor requerimiento hídrico.

Es importante mencionar que los cultivos presentan un coeficiente que permite optimizar la cantidad de agua que necesitan para cada fase de su desarrollo, llamado coeficiente de cultivo (Kc), si los agricultores conocieran este coeficiente, las prácticas de inundación y de mal uso de agua no existirán, lo que permitiría utilizar de manera óptima el recurso hídrico.

2. ¿Cuál considera el mayor impedimento entre el uso de tecnologías tradicionales en la agricultura contemporáneo

No considero que existen impedimentos para el uso de tecnologías tradicionales, sin embargo, existe un abandono de las mismas, lo que se debe hacer es rescatar, revalorar y utilizar los conocimientos tradicionales utilizados por sus antepasados.

3. ¿Cuál es el compromiso de las instituciones técnico-científicas (como SENAMHI) para contribuir a la implementación de las tecnologías agrícolas contemporáneas de adaptación al cambio climático?

El SENAMHI desarrolla herramientas e información que faciliten el uso de tecnologías contemporáneas, principalmente destinadas para el uso de los tomadores de decisión y técnicos; SENAMHI no llega a la población.

En el país, aún no existe un trabajo integrado, cada institución debe aportar información dentro de sus competencias, lo que permitiría obtener investigaciones completas, ahorro de recursos, entre otros.

SENAMHI cada diez días emite un boletín de las condiciones climáticas que pueden afectar los cultivos; es decir procesa información histórica y realiza proyecciones de estas. Esto no es un sistema de alerta temprana, simplemente se realiza el monitoreo de condiciones.

4. ¿Cuáles son los planes del Estado respecto a la implementación de sistemas de alerta temprana?

Los sistemas de alerta temprana deben contar con el compromiso de todas las instituciones que participan en su desarrollo (regional y local), esta es la única manera de lograr que la tecnología funcione.

Entrevista 2

ESPECIALISTA: Samuel Morante

ORGANIZACIÓN: CERPER

FECHA: 29/08/2014

1. ¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?

Los efectos del cambio climático son cada vez más notorios en la agricultura de la sierra altoandina peruana y en la económica del agricultor. En los últimos años se han registrado periodos e intensidad de lluvias irregulares en la sierra norte, central y sur y la ocurrencia de heladas severas, lo cual ocasiona la pérdida de cultivos y por ende la afectación económica directa del pequeño agricultor. Existen además cultivos andinos sensibles al cambio climático como lo son la papa nativa y el maíz amiláceo que han visto reducida su producción en los últimos años en nuestro país.

2. ¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indiquenos cuáles son razones de su elección.

La selección de un tipo de tecnología (sea tradicional o contemporánea) va a depender de una evaluación previa de las necesidades de adaptación que se identifiquen en una determinada área de trabajo, en este sentido, se tendrán en cuenta criterios como los que se muestran en la matriz de evaluación de tecnologías (costo, número de beneficiarios, efectividad, adaptabilidad, entre otros).

Sin embargo, la recuperación de andenes altoandinos permite revalorizar una tecnología tradicional iniciada por las culturas Wari, Inca y Chachapoyas, y que permitiría ampliar la frontera agrícola del pequeño agricultor permitiéndole insertarse en el mercado a través de planes de cultivo y de esa manera generaría ingresos para su familia, en otras palabras, migraría de una agricultura de autoconsumo a una agricultura de consumo masivo. El andén permite disminuir la erosión hídrica del suelo, y la creación de condiciones microclimáticas favorables para los cultivos, disminuyendo los riesgos de heladas.

Para lograr que esta alternativa de tecnología contemporánea funcione es necesario considerar que el monto de inversión para desarrollar esta tecnología es alto (el costo no lo puede asumir el pequeño productor), se requiere de trabajo comunal (de esta forma el

pequeño agricultor participa activamente de la implementación de la tecnología) y el uso de herramientas apropiadas para reconstruirlos, en alguna oportunidad observé la reconstrucción de andenes a través del arado con bueyes, el utilizar el arado con bueyes ocasionó la destrucción de los andenes porque el área de trabajo del buey es mayor al espacio que conforma un andén. Se requieren utilizar herramientas modernas que permitan conservar la armonía del andén.

3. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?

En los procesos de implementación y desarrollo de las tecnologías de adaptación, se debe fomentar la participación desde el inicio del agricultor local, esto podría ser logrado por las asociaciones público – privadas, a través de ellas se podría desarrollar un proceso de concientización de preservación de la riqueza natural y cultural de nuestra sierra, debido a que estas organizaciones tienen presencia en la zonas de trabajo, es decir presencia local, que es donde se desarrollan los planes de trabajo para la implementación de tecnologías de adaptación.

Entrevista 3

ESPECIALISTA: PhD. Stef de Haan

ORGANIZACIÓN: Centro Internacional de la Papa

FECHA: 12/09/2014

1. ¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?

La temperatura aumenta y la intensidad de eventos extremos también van en aumento, se ven fenómenos como granizadas en épocas en que no debería. Este efecto se ve a corto plazo en los agricultores, quienes deben por ejemplo, sembrar papa a mayor altura así como la maca, ambos cultivos se encuentran en la frontera agrícola, y están invadiendo terrenos que antes eran solo de pastos permanentes. Se ve también una mayor pérdida de cultivos, que compite de manera más ardua con la ganadería. El agricultor se ve forzado a dedicarse a distintas actividades, ya no puede subsistir únicamente de la agricultura.

2. ¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indíquenos cuáles son razones de su elección.

En cuanto a los waru- waru y las cochas, no las incluiría por ser muy intensivos en mano de obra.

Los policultivos, por su diversidad pueden ser de los mejores, los tubérculos pueden ser cosechados antes por la mezcla de variedades andinas, como quinua mejorada.

En cuanto a los andenes y los sistemas de riego, se pueden manejar mejor las áreas, y se puede controlar la sequía, su problema es también la mano de obra.

En el valle del Colca, por la falta de mano de obra y la migración las zonas de andenes de maíz ahora son zonas de pastos permanentes.

En Yauyos- Laraos, se tuvo que contratar mano de obra de afuera, y se priorizaron zonas que contarán con agua.

En la zona de Cusco, la recuperación de andenes se detuvo por ser declarado Monumento Histórico, y por tanto zona intangible.

Los sistemas Laymi son adecuados para el control de plagas, sin embargo dado que se desarrolla en un solo sector se hace más vulnerable, además al ser un espacio reducido no se puede ampliar la producción. Existen claros ejemplos, en Quilca, Huancayo y Huancavelica.

3. De acuerdo a su experiencia, ¿cuáles de las tecnologías mencionadas tiene mayor aceptación por los agricultores de la Sierra?, ¿a qué se debería esta situación?

El agricultor peruano es muy receptivo y conservador. Actualmente se muestra gran interés por las nuevas variedades, a través del mejoramiento genético. El riego por aspersión y los microreservorios son tecnologías de gran aceptación también.

4. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?

Debería ser labor de ministerios y gobiernos regionales invertir sus fondos en la difusión de dichas tecnologías, actualmente las ONGs son las que llenan este vacío del Estado. Esto se debería dar a través de un monitoreo participativo y/o alertas tempranas.

La difusión se debe dar de región a región. Perú debe adoptar una política que ayude a la agricultura familiar y no a la agricultura de exportación. Se debe mantener un precio justo y acceso adecuado a la información, se debe educar a los agricultores y darles también salud, se pueden implementar escuelas de alternancia en el campo.

Entrevista 4

ESPECIALISTA: Mg. Sc. Liza Meza

ORGANIZACIÓN: Fondo de las Américas

FECHA: 23/09/2014

1. **¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?**

La agricultura de la sierra peruana es principalmente de secano, y por ende depende de la regularidad de los periodos de lluvia y de intensidad de estas; desde hace algunos años se han acentuado las sequías en las partes altas de la sierra, lo que ha provocado la migración de actividades económicas del poblador. El cambio climático afecta directamente la producción agrícola, porque ocasiona pérdidas económicas al agricultor y porque disminuye la oferta de productos en el mercado local.

2. **¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indíquenos cuáles son razones de su elección.**

Para desarrollar e implementar un proyecto en una determinada área de trabajo es necesario identificar el problema del área y las necesidades de la población, de esta manera, posteriormente se proponen y ejecutan acciones que permiten solucionar el problema y satisfacer las necesidades de la población; en este sentido, para el caso de proyectos de adaptación al cambio climático en agricultura, la selección de la tecnología a implementar deberá ir acompañada de los dos aspectos mencionados previamente, de esta manera aquella tecnología que tenga los atributos para solucionar el problema y satisfacer las necesidades de la población será la más adecuada, pudiendo ser tradicional o contemporánea.

Las tecnologías de adaptación de agricultura al cambio climático en su mayoría están enfocadas a atender las necesidades de pobladores rurales y a solucionar los problemas que el cambio climático genera en la agricultura local, motivo por el

cual, es determinante involucrar al agricultor local en el proceso de identificación de problemas y acciones a ejecutar, el agricultor debe estar convencido que la implementación de determinada tecnología lo va a beneficiar, debe sentirse identificado, debe internalizar la necesidad y empoderamiento, de esta manera se fomenta una tecnología sostenible en el tiempo. El agricultor local no puede aportar económicamente para la implementación de una tecnología, sin embargo, puede realizar aportes con los recursos que tiene a la mano, por ejemplo, a través de trabajo comunal, prestar el local comunal para las capacitaciones de facilitadores, entre otras alternativas, de esta forma, el agricultor siente que se valoran sus conocimientos y herramientas, y sobre todo se inserta al agricultor en el proceso de implementación y desarrollo de tecnologías.

3. ¿Qué tecnología en específico es más beneficiosa? Por favor, indíquenos cuáles los atributos que le conceden dicha condición (basándose en la matriz de calificación)

Como ya lo he mencionado las tecnologías van a ser beneficiosas en la medida que enfrenten los problemas identificados en determinada área de trabajo y permitan satisfacer las necesidades del agricultor local.

Sin embargo, considero que en las tecnologías tradicionales la implementación de amunas no requiere movilización de muchos recursos (económicos y de personal, entre otros) y presenta beneficios inmediatos. En el caso de las tecnologías contemporáneas, la recuperación de andenes requiere la movilización de recursos y no presenta beneficios a corto plazo, se debe trabajar mucho en la sostenibilidad de esta tecnología; por otro lado, los micro reservorios y el riego por aspersión siempre van a tener resultados positivos al ser implementados, además el número de beneficiarios también es alto si se trabaja en comunidad.

4. De acuerdo a su experiencia, ¿cuáles de las tecnologías mencionadas tiene mayor aceptación por los agricultores de la Sierra?, ¿a qué se debería esta situación?

Las tecnologías de adaptación de agricultura al cambio climático en su mayoría están enfocadas a atender las necesidades de pobladores rurales y a solucionar los problemas que el cambio climático genera en la agricultura local, motivo por el cual, es determinante involucrar al agricultor local en el proceso de identificación de problemas y acciones a ejecutar, el agricultor debe estar convencido que la implementación de determinada tecnología lo va a beneficiar, debe sentirse identificado, debe internalizar la necesidad y empoderamiento, de esta manera se fomenta una tecnología sostenible en el tiempo. El agricultor local no puede aportar económicamente para la implementación de una tecnología, sin embargo, puede realizar aportes con los recursos que tiene a la mano, por ejemplo, a través de trabajo comunal, prestar el local comunal para las capacitaciones de facilitadores, entre otras alternativas, de esta forma, el agricultor siente que se valoran sus conocimientos y herramientas, y sobre todo se inserta al agricultor en el proceso de implementación y desarrollo de tecnologías.

5. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?

La información a ser proporcionada al agricultor local por la organización pública o privada/entidad debe ser detallada y clara, es decir debe ser entendida por ellos; al agricultor le interesa saber cuál será el beneficio real de la implementación de determinada tecnología, sea este beneficio o no económico. Se debe fomentar una participación conjunta del agricultor y de la organización que desarrolla el proyecto. El objetivo de la organización debe ser que el agricultor internalice el motivo por el cual requiere de determinada tecnología, esta es la clave del éxito para lograr la sostenibilidad de la tecnología en la agricultura local.

6. ¿Qué tecnología tradicional requiere una mayor asignación de recursos? ¿Qué tecnología contemporánea requiere una mayor asignación de recursos?

En general las tecnologías contemporáneas requieren de una mayor asignación de recursos tanto económicos como de personal y logística, en comparación a las tecnologías; sin embargo, el beneficio de las tecnologías contemporáneas en términos espaciales es mayor que el de las tecnologías tradicionales. Creería que

la implementación de un Sistema de Alerta Temprana en Cambio Climático podría tener costos elevados, pero su campo de beneficio es macro.

Entrevista 5

ESPECIALISTA: Mg. Sc. Franklin Unsihuay

ORGANIZACIÓN: Universidad Nacional Agraria La Molina

FECHA: 29/09/2014

1. **¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?**

Desde el punto de vista climático, los cultivos tienen sus requerimientos energéticos e hídricos, lo que significa ante una alteración del clima, los cultivos que normalmente se desarrollan en las diferentes zonas del país sufrirán impactos. Así, como la temperatura se está incrementando, muchos cultivos que en alguna fase de su desarrollo necesitan un período frío, verían modificados su período vegetativo y posiblemente sus rendimientos disminuirían. Pero también si por ejemplo nos vamos a la sierra el período de heladas sería menor. Ahora tomando en cuenta el recurso hídrico, al aumentar la temperatura aumentaría la evapotranspiración, que significa mayor uso de agua y esto puede ser compensado con el incremento de la precipitación. En la sierra la mayor parte de la actividad agrícola es dependiente de las condiciones meteorológicas principalmente precipitación, si hay un atraso o adelanto del inicio del período de lluvias, algunos agricultores (adicional a las labores culturales, crédito, fertilizantes, entre otros), optan por un cultivo que no esté expuesto a las condiciones adversas por temperatura y falta de lluvia.

2. **¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indíquenos cuáles son razones de su elección.**

En mi opinión, dentro de las tecnologías tradicionales la que más podría adaptarse es la de rotación de cultivos, por su bajo costo y con una pequeña capacitación los agricultores creo que no tendría objeciones en aplicarse dado que sería en beneficio de ellos mismos. Una de las tecnologías modernas que sean más útiles y adecuadas son los recursos genéticos, dado que éstos provienen de un trabajo de investigación en la cual se deben de haber considerado el impacto del cambio climático y bajo

diferentes escenarios se deben tener alternativos de tipos de cultivos a instalar en las diferentes regiones del país.

- 3. ¿Qué tecnología en específico es más beneficiosa? Por favor, indíquenos cuáles los atributos que le conceden dicha condición (basándose en la matriz de calificación).**

Los recursos genéticos, debido a las mejores herramientas científicas que ha llevado a elegir uno u otro cultivo

- 4. De acuerdo a su experiencia, ¿cuáles de las tecnologías mencionadas tiene mayor aceptación por los agricultores de la Sierra?, ¿a qué se debería esta situación?**

La de policultivos y rotación de cultivos, sobretodo porque no amerita mucho esfuerzo, además de que los agricultores en la sierra principalmente desarrollan la actividad agrícola para la supervivencia y están sembrando cultivos nativos o de la zona, a los que fácilmente se adaptan

- 5. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?**

Tendría que haber una gran labor de proyección social. Si bien las universidades o los Institutos de Desarrollo u otra institución dedicada a la investigación realiza una excelente labor, sin la participación continua de los extensionistas agrarios (que puede ser del ministerio de agricultura o institutos, etc), donde les expliquen y sobretodo demuestren que los nuevos productos van a mejorar su calidad de vida, los agricultores no cambiarán su estilo de vida.

Entrevista 6

ESPECIALISTA: Mg. Sc. Jerónimo García

ORGANIZACIÓN: Universidad Nacional Agraria La Molina

FECHA: 10/10/2014

1. **¿Cómo afecta el cambio climático el desarrollo de la agricultura peruana?**

Afecta de diversas formas, existen efectos positivos y negativos. Con el calentamiento la temperatura sube, los cultivos no necesariamente van a estar en su hábitat natural, por el cambio de temperatura; por esto se deben llevar estos cultivos a pisos altitudinales mayores, con las condiciones climáticas apropiadas. Es labor de los agrónomos conseguir variedades que soporten distintas temperaturas a través de la variabilidad genética.

Además, de la variabilidad genética se debe buscar la modificación de microclimas y así evitar los efectos de la temperatura, es labor de Senamhi y otras entidades capacitar a los agricultores en modificación de microclimas en parcelas a pequeña escala, para que pueda ser replicado en agricultura masiva.

También se ve afectada la disponibilidad de agua a través de la disminución de caudales, por lo que se deben implementar reservorios para optimizar el uso de agua.

2. **¿Qué tipo de tecnologías (tradicionales o contemporáneas) considera que son las más adecuadas/eficientes/útiles para la adaptación de la agricultura peruana al cambio climático? Por favor, indíquenos cuáles son razones de su elección.**

Como se mencionó antes, es muy importante regular el efecto del cambio climático en la agricultura a través de los microclimas, en este sentido los andenes, así como la recuperación de los mismos, serían de las tecnologías más adecuadas y propicias para el buen desarrollo agrícola.

Las zanjas de infiltración se deben evaluar porque sin una precipitación adecuada, es un sistema que no sirve. Se deben evaluar los escenarios, hacer proyecciones y tener un pronóstico de las precipitaciones para que pueda ser bien usada y sobretodo útil para el agricultor. Los waru- waru por su parte, también contribuyen con la modificación de microclima a través del balance hídrico y de energía, sin embargo están también supeditados a una fuente de agua.

3. ¿Cuáles serían las vías de difusión adecuadas para transmitir las tecnologías de adaptación contemporáneas en las poblaciones rurales? ¿quiénes deberían participar en este proceso?

SENAMHI a través de sus centros regionales; las universidades a través de proyectos que las involucren, las ONGs, entre otros; deberían trabajar en conjunto, una situación que actualmente no ocurre.

Se debe establecer la participación de las universidades mediante investigaciones, SENAMHI debería colaborar con monitoreos de las condiciones agroclimáticas, para mantener informados a los agricultores sobre las condiciones futuras y así tanto ellos, como las entidades autorizadas puedan tomar medidas preventivas.

Se deberían incentivar los sistemas de alerta temprana, actualmente no existen ejemplos eficaces que sirvan de modelo, en Colombia se tiene un buen ejemplo de Fenómeno del Niño, pero Perú no cuenta con una base adecuada. Se debe tener pronósticos de por lo menos tres meses, contar con modelos agroclimáticos, con tres o cuatro meses de anticipación se puede conocer cómo va a ser la campaña e implementar modelos similares en forma conjunta: universidad, MINAG, agricultores, etc.

ANEXO 5. Calificación por el panel de expertos

En el siguiente anexo se presentan las diez matrices calificadas por el panel de expertos. Asimismo, se presenta la matriz que muestra los valores finales correspondientes a cada una de las tecnologías de adaptación evaluadas. En este caso, se analizan los puntajes obtenidos por cada experto para cada una de las tecnologías, así se obtiene el puntaje final tras la ponderación de los resultados de todos los expertos.

Matriz N°1

Nombre: Liza Meza
 Profesión: Ingeniera Ambiental
 Centro laboral: Fondo de las Américas
 Dirección: Av. Primavera 1053 San Borja

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	3	3	2	2	2	2	14	
	Andenes	2	3	3	2	3	2	15	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	2	2	3	2	2	3	14
		Qotañas	3	1	2	3	1	2	12
		Amunas	2	2	3	2	3	2	14
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	1	1	1	1	1	8
		Agroforestería tradicional altoandina	2	2	2	1	2	2	11
		Policultivos	3	1	1	1	1	1	8
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	2	1	2	2	1	2	10
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	2	3	2	3	1	1	12
Zanjas de infiltración		2	3	2	3	3	1	14	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	3	2	3	3	1	14	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	3	3	3	1	3	14	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	2	3	1	2	3	1	12
		Recursos genéticos	1	3	3	3	1	1	12

Matriz N°2

Nombre: Cornelio Román
 Profesión: Ingeniera Agrónomo
 Centro laboral: SENAMHI
 Dirección: Jr. Cahuide 721 Jesús María

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	2	2	3	3	2	2	14	
	Andenes	2	2	3	3	2	2	14	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	2	2	2	3	2	2	13
		Qotañas	2	2	2	3	2	2	13
		Amunas	2	2	2	3	2	2	13
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	2	2	1	2	2	12
		Agroforestería tradicional altoandina	3	2	2	2	2	2	13
		Policultivos	3	2	2	1	3	2	13
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	2	2	1	3	2	13
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	2	2	3	3	2	13
Zanjas de infiltración		1	2	2	3	3	2	13	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		1	2	2	3	3	2	13	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	3	2	2	3	2	13	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	1	2	2	2	3	2	12
		Recursos genéticos	1	2	2	3	3	2	13

Matriz N°3

Nombre: Glicerio Canchari
 Profesión: Ingeniero Agrónomo
 Centro laboral: SENAMHI
 Dirección: Jr. Cahuide 721 Jesús María

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	3	3	3	3	2	3	17	
	Andenes	2	3	3	3	2	3	16	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	2	3	3	1	3	3	15
		Qotañas	3	3	3	2	3	3	17
		Amunas	3	3	3	2	3	3	17
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	3	2	3	2	3	16
		Agroforestería tradicional altoandina	3	3	2	3	3	3	17
		Policultivos	3	3	3	3	2	3	17
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	2	2	2	3	3	15
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	3	2	1	2	3	12
Zanjas de infiltración		2	3	2	2	3	3	15	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	3	2	2	3	3	15	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	2	3	2	2	2	12	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	2	2	2	2	3	1	12
		Recursos genéticos	1	2	2	1	3	2	11

Matriz N°4

Nombre: Karim Quevedo
 Profesión: Ingeniero Ambiental
 Centro laboral: SENAMHI
 Dirección: Jr. Cahuide 721 Jesús María

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	3	3	2	1	1	3	13	
	Andenes	1	3	1	2	2	1	10	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	2	2	3	1	1	2	11
		Qotañas	2	2	3	1	1	2	11
		Amunas	2	2	3	1	1	2	11
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	2	3	1	1	3	13
		Agroforestería tradicional altoandina	2	3	3	1	2	3	14
		Policultivos	3	2	2	1	1	3	12
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	1	3	1	1	3	12
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	1	3	3	2	1	11
Zanjas de infiltración		1	2	2	3	3	2	13	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		1	2	2	3	2	2	12	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	2	2	2	3	2	12	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	1	2	2	2	2	1	10
		Recursos genéticos	1	3	3	3	1	2	13

Matriz N°5

Nombre: Saray Siura
 Profesión: Ingeniera Agrónoma
 Centro laboral: UNALM, departamento de Olericultura
 Dirección: Av. La Universidad s/n La Molina

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	3	3	3	3	3	3	18	
	Andenes	2	3	2	3	3	2	15	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	3	3	3	3	3	3	18
		Qotañas	3	3	3	2	3	3	17
		Amunas	3	3	3	3	3	3	18
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	2	3	3	3	3	3	17
		Agroforestería tradicional altoandina	2	3	3	2	2	3	15
		Policultivos	3	3	2	2	3	3	16
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	2	3	2	2	2	3	14
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	2	2	3	3	2	13
Zanjas de infiltración		1	3	2	2	2	2	12	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	3	2	2	2	1	12	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		2	3	3	2	3	2	15	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	2	2	1	1	2	1	9
		Recursos genéticos	3	3	2	1	2	2	13

Matriz N°6

Nombre: Stef de Haan
 Profesión: Ingeniero en Agricultura Tropical
 Centro laboral: Centro Internacional de la Papa
 Dirección: Av. La Molina 1895, La Molina

Tecnologías de adaptación		Criterios					Suma		
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios		Sostenibilidad	
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	1	2	1	1	1	1	7	
	Andenes	1	2	2	1	1	3	10	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	1	1	1	1	1	1	6
		Qotañas	1	1	1	1	1	1	6
		Amunas	1	1	1	1	1	1	6
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	2	3	3	3	3	2	16
		Agroforestería tradicional altoandina	2	2	2	2	2	2	12
		Policultivos	2	3	3	2	3	3	16
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	2	2	2	2	2	2	12
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	2	2	1	2	3	11
Zanjas de infiltración		1	1	1	1	1	1	6	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		1	1	1	1	1	1	6	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		3	3	3	3	3	3	18	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	2	2	3	3	2	3	15
		Recursos genéticos	3	2	3	3	3	3	17

Matriz N°7

Nombre: Catherine Coronado
 Profesión: Bióloga
 Centro laboral: Centro Internacional de la Papa
 Dirección: Av. La Molina 1895, La Molina

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	2	3	3	3	3	3	17	
	Andenes	1	3	2	3	3	2	14	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	1	3	3	3	3	3	16
		Qotañas	3	2	3	2	3	3	16
		Amunas	2	2	3	3	3	3	16
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	2	3	3	3	3	17
		Agroforestería tradicional altoandina	2	3	3	2	2	3	15
		Policultivos	2	2	2	2	3	3	14
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	3	2	2	2	3	15
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	2	3	2	3	3	2	15
Zanjas de infiltración		2	2	2	2	2	2	12	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	2	2	2	2	1	11	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	2	3	2	3	2	13	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	1	3	1	1	2	1	9
		Recursos genéticos	1	3	2	1	2	2	11

Matriz N°8

Nombre: Samuel Morante
 Profesión: Zootecnista
 Centro laboral: CERPER
 Dirección: Av. Santa Rosa 601 – Callao

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	2	3	3	2	3	3	16	
	Andenes	1	3	2	3	3	3	15	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	1	3	3	3	3	3	16
		Qotañas	1	2	3	2	3	3	14
		Amunas	1	2	3	3	3	3	15
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	2	3	3	3	3	17
		Agroforestería tradicional altoandina	3	3	3	2	2	3	16
		Policultivos	2	2	2	2	3	3	14
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	3	2	2	2	3	15
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	3	3	3	3	3	16
Zanjas de infiltración		2	2	2	2	2	2	12	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	2	2	2	2	1	11	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		1	2	3	2	3	2	13	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	1	3	1	1	3	3	12
		Recursos genéticos	1	3	2	1	2	3	12

Matriz N°9

Nombre: Franklin Unsihuay
 Profesión: Ingeniero Meteorólogo
 Centro laboral: UNALM
 Dirección: Av. La Universidad s/n La Molina

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	2	3	2	3	2	3	15	
	Andenes	1	3	3	1	3	2	13	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	2	2	2	3	2	2	13
		Qotañas	2	2	2	2	2	3	13
		Amunas	3	1	1	3	1	2	11
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	2	2	3	2	2	3	14
		Agroforestería tradicional altoandina	2	3	2	2	2	3	14
		Policultivos	3	2	3	3	3	2	16
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	2	3	2	3	3	16
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	2	2	3	3	2	3	15
Zanjas de infiltración		2	2	2	3	2	3	14	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		2	3	3	2	1	2	13	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		2	3	1	2	2	2	12	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	3	3	3	2	3	2	16
		Recursos genéticos	1	3	2	1	2	3	12

Matriz N°10

Nombre: Nelly Pérez
 Profesión: Ingeniero Geografo
 Centro laboral: SENAMHI
 Dirección: Jr. Cahuide 721, Jesús María

Tecnologías de adaptación		Criterios						Suma	
		Costo	Efectividad	Aceptabilidad	Plazo	Beneficiarios	Sostenibilidad		
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	2	3	3	3	2	3	16	
	Andenes	1	3	3	2	2	3	14	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	3	3	3	3	3	2	17
		Qotañas	2	2	3	2	3	2	14
		Amunas	2	2	3	2	3	2	14
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	3	3	2	3	2	2	15
		Agroforestería tradicional altoandina	2	1	2	1	3	3	12
		Policultivos	3	3	3	3	2	2	16
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	3	3	3	1	3	2	15
	Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas	1	3	3	1	2	3	13
Zanjas de infiltración		3	3	3	1	3	3	16	
Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		1	1	3	2	3	1	9	
Proyectos de irrigación en la sierra: Microreservorios y riego por aspersión		2	2	2	3	2	1	12	
Tecnologías futuras		Sistemas de alerta temprana	2	3	3	1	3	3	15
		Recursos genéticos	1	3	2	1	2	3	12

Liza Meza

De acuerdo con la evaluación realizada por la Ing. Liza Meza, la tecnología agrícola de adaptación al cambio climático a la que se le otorgó la calificación más alta fueron los andenes, del grupo de tecnologías tradicionales.

La calificación otorgada a los andenes, equivalente a 15 puntos, se obtuvo considerando que el costo y el plazo de implementación de estos es moderado, mientras que su efectividad para reducir los efectos del cambio climático en la agricultura de la región andina es alta. Asimismo, el número de agricultores o pobladores que se podrían beneficiar con esta tecnología es alto, como también lo es la aceptabilidad de esta por parte de los agricultores. Finalmente, que esta tecnología se mantenga en el tiempo, es decir sea sostenible, depende de la participación del agricultor en el proceso de implementación y de desarrollo de la tecnología, la cual debe ser fomentada por la organización a cargo del proyecto (Meza, 2014), por lo tanto, se le otorgó una calificación moderada.

Las demás tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático recibieron una calificación de 14 puntos, a excepción de las qoatañas y aquellas incluidas como parte de los sistemas mixtos de producción y tecnologías futuras, las cuales recibieron calificaciones menores o iguales a 12 puntos.

Finalmente, se observa que pesar que la tecnología de mayor calificación pertenece al grupo de tecnologías tradicionales, no existe una diferencia significativa entre las tecnologías contemporáneas y las tecnologías tradicionales, esto porque de acuerdo con lo indicado por ella, las tecnologías agrícolas de adaptación al cambio climático van a ser beneficiosas y adecuadas en la medida que enfrenten los problemas identificados en determinada área de trabajo y permitan satisfacer las necesidades del agricultor local, pudiendo ser tradicionales o contemporáneas (Meza, 2014).

Cornelio Román

El Ing. Cornelio Román responsable de la Matriz N° 2 considera los sistemas mixtos de producción: policultivos y sistemas Laymi, como las principales tecnologías de adaptación al cambio climático, con una calificación máxima de 15, siendo ambas tecnologías, tecnologías tradicionales.

Esta calificación se obtuvo considerando, que el costo y el plazo de implementación de estas tecnologías son bajos, por lo que la calificación obtenida en ambos casos es alta. Asimismo, la cantidad de agricultores que se beneficiarían con la implementación de estas tecnologías obtuvo en ambos casos, la calificación más alta. Los demás criterios, efectividad, aceptabilidad y sostenibilidad, obtuvieron una puntuación media.

Los Chacra huertos, también fueron consideradas una de las tecnologías con mayor puntuación, obteniendo una puntuación de 14. En este caso, se puede apreciar que son el costo y el plazo los criterios con mayor puntaje.

Las demás tecnologías, tradicionales y contemporáneas, obtuvieron puntuaciones entre los 11 y 13 puntos. En el caso de las tecnologías tradicionales, los reservorios naturales de agua fueron los que obtuvieron la puntuación más baja, mientras que entre las tecnologías contemporáneas, la recuperación de terrazas agrícolas y la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración presentan una puntuación de 11.

Glicerio Canchari

Los waru waru, las qoatañas, la agroforestería tradicional altoandina y los policultivos recibieron las calificaciones más altas durante la evaluación realizada por el Ing. Glicerio Canchari, con un total de 17 puntos para cada una de ellas.

Las calificaciones otorgadas a los policultivos y a la agroforestería tradicional se obtuvieron considerando que la efectividad y la sostenibilidad de ambas tecnologías es alta, asimismo, el costo y el plazo de implementación de estas es bajo por lo cual ambos criterios recibieron el puntaje más alto, respecto a la aceptabilidad de la tecnología por parte de los agricultores

locales, los policultivos presentan una mayor aceptabilidad en comparación al uso de la agroforestería tradicional. Finalmente, el número de agricultores que se podrían beneficiar con los policultivos es moderado frente a un mayor número de beneficiarios con la implementación de la agroforestería tradicional.

Las puntuaciones otorgadas por el Ing. Canchari durante la evaluación de las amunas y las qotañas fueron similares, siendo la afectividad, la aceptabilidad, el número de beneficiarios y la sostenibilidad de ambas tecnologías calificadas como altas, el costo de implementación de estas es bajo por lo cual recibieron la máxima puntuación, mientras que el plazo de implementación se consideró moderado.

Los Waru warus fueron consideradas también como una de las tecnologías agrícolas más favorables para implementar en la región altoandina, siendo su efectividad, aceptabilidad y sostenibilidad calificadas como altas, por su parte el costo y el plazo de implementación de los Waru warus se consideró bajo, recibiendo una calificación alta, mientras el número de beneficiarios se consideró moderado.

En general, se identifica que las tecnologías agrícolas tradicionales de adaptación al cambio climático recibieron calificaciones más altas en comparación con las puntuaciones otorgadas a las tecnologías contemporáneas, de estas últimas, destaca la recuperación de praderas a través de la habilitación de zanjas de infiltración, con 15 puntos.

Karim Quevedo

La evaluación realizada por la Ing. Karim Quevedo muestra que, la tecnología agrícola de adaptación al cambio climático a la que se le otorgó la calificación más alta fue la agroforestería tradicional altoandina, del grupo de tecnologías tradicionales, dentro de los sistemas mixtos de producción.

La calificación otorgada a la agroforestería tradicional altoandina, equivalente a 16 puntos, se obtuvo considerando que la efectividad, la aceptabilidad, el plazo y la sostenibilidad son

los criterios con el mayor puntaje. Mientras que, el costo y los beneficiarios obtienen un puntaje medio.

Los Waru warus y los chacra huertos, son las tecnologías que le siguen en puntuación, obteniendo 15 puntos, siendo en ambos casos los beneficiarios, el criterio que obtiene una puntuación mínima.

Finalmente se observa que, son las tecnologías contemporáneas las que obtienen los menores puntajes, fluctuando entre 9 y 12. Esto debido a que, la mayoría de los criterios en estas tecnologías reciben puntuaciones bajas o moderadas. La recuperación de terrazas agrícolas, es la tecnología que obtiene la menor puntuación (9), presentando la menor puntuación en la mayoría de los criterios, excepto en aceptabilidad y beneficiarios.

Saray Siura

Los Waru waru, las qoachas y las amunas recibieron la calificación más alta durante la evaluación de tecnologías realizada por la Ing. Saray Siura; siendo el puntaje otorgado a cada una de estas tecnologías agrícolas tradicionales equivalente a 18 puntos. A los seis criterios de evaluación se les atribuyó la valoración más alta.

En general, se identifica que las tecnologías agrícolas tradicionales de adaptación al cambio climático recibieron calificaciones más altas en comparación con las puntuaciones otorgadas a las tecnologías contemporáneas; de estas últimas, resaltan los proyectos de irrigación en la sierra, con 15 puntos.

Stef De Haan

Los policultivos y los proyectos de irrigación son las tecnologías que obtienen el puntaje más alto con 16 puntos, durante la entrevista con el dr. De Haan mencionó: “Los policultivos, por su diversidad pueden ser de los mejores, los tubérculos pueden ser cosechados antes por la mezcla de variedades andinas, como quinua mejorada”. Mientras que en el caso de los

proyectos de irrigación su puntaje es casi perfecto, excepto por una puntuación baja en el plazo, ya que esta tecnología requiere de un tiempo prudente de implementación y ejecución.

Los chacra huertos y los recursos genéticos, son las tecnologías que obtienen puntuaciones altas también, con un puntaje de 15. Existe un interés ascendente por parte de los agricultores, por las nuevas variedades, por el mejoramiento genético (De Haan, 2014), lo que le da la puntuación máxima en aceptabilidad.

Entre las tecnologías que obtuvieron puntajes moderados, se encuentran los sistemas Laymi, esto debido a que el experto considera que los sistemas Laymi, son adecuados para el control de plagas, sin embargo dado que se desarrollan en un solo sector se hacen más vulnerables, además al ser un espacio reducido no se puede ampliar la producción. Existen claros ejemplos, en Quilca, Huancayo y Huancavelica (De Haan, 2014).

Los waru warus y reservorios naturales de agua de lluvia son de las tecnologías con menor puntaje, ya que en propias palabras del dr. Stef de Haan son sistemas que requieren de mucha inversión en mano de obra, lo que hace difícil su implementación. Sin embargo, la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración fue la tecnología que recibió la menor puntuación, siendo en este caso la tecnología con menor puntuación entre todas las matrices analizadas, con tan solo 6 puntos, ya que obtuvo 1 punto por cada criterio a analizar.

Catherine Coronado

Los Waru waru y chacra huertos, tecnologías tradicionales, recibieron la calificación más alta durante la evaluación de tecnologías realizada por la Mg. Sc. Catherine Coronado; siendo el puntaje otorgado a cada una de estas tecnologías agrícolas tradicionales equivalente a 17 puntos.

En el caso de los Waru warus, todos los criterios recibieron la puntuación más alta excepto el costo. Mientras que en los chacra huertos, el criterio con menor puntuación fue la efectividad.

Los reservorios naturales de captación de agua de lluvia: amunas, qotañas y qochas, recibieron una puntuación de 16 por diversas razones. Las qochas obtuvieron casi un puntaje perfecto, sin embargo el costo de esta tecnología es elevado por lo que este criterio obtuvo una puntuación mínima. Las qotañas, presentan también puntuaciones altas, siendo la efectividad y el plazo, los criterios que obtuvieron puntuaciones moderadas. En el caso de las amunas, el costo y la efectividad muestran una puntuación moderada mientras que los demás criterios obtienen la máxima puntuación.

En general, se identifica que las tecnologías agrícolas tradicionales de adaptación al cambio climático recibieron calificaciones más altas en comparación con las puntuaciones otorgadas a las tecnologías contemporáneas; presentando los sistemas de alerta temprana la menor puntuación por nuestra experta, con tan solo 9 puntos.

Samuel Morante

De acuerdo con lo indicado por Samuel Morante, la recuperación de andenes altoandinos permite revalorizar una tecnología tradicional iniciada por las culturas Wari, Inca y Chachapoyas, y su implementación permitiría ampliar la frontera agrícola del pequeño agricultor permitiéndole insertarse en el mercado a través de planes de cultivo y de esa manera generar ingresos para su familia, en otras palabras, migraría de una agricultura de autoconsumo a una agricultura de consumo masivo; por lo cual otorga una calificación de 16 puntos a esta tecnología agrícola contemporánea. Samuel Morante otorga la calificación más alta a los criterios de efectividad, aceptabilidad, plazo, beneficiarios y sostenibilidad, mientras que califica el costo de recuperar los andenes altoandinos como bajo porque requiere de una mayor asignación de recursos económicos.

Los Waru – warus también recibieron una calificación similar a la otorgada para la recuperación de andenes altoandinos, en donde los criterios de efectividad, aceptabilidad, beneficiarios y sostenibilidad fueron calificados con la máxima puntuación, mientras el costo y el plazo de implementación obtuvo una calificación moderada.

Franklin Unsihuay

En este caso, el Ing. Franklin Unsihuay calificó, dentro de las tecnologías tradicionales, la rotación de cultivos: sistemas laymi y los policultivos, con la puntuación más alta. Durante la entrevista expresó que estos sistemas son los más adecuados para la adaptación al cambio climático en la agricultura, por su bajo costo y por la pequeña capacitación para los agricultores, quienes no tendrían objeciones en aplicarlos dado que sería en beneficio de ellos mismos (Unsihuay, 2014). Tanto los policultivos y los sistemas laymi obtuvieron la puntuación más alta en cuatro de los seis criterios evaluados

Por otro lado, la tecnología moderna, con la mayor puntuación fueron los recursos genéticos, dado que éstos provienen de un trabajo de investigación en la cual se deben de haber considerado el impacto del cambio climático y bajo diferentes escenarios se deben tener alternativos de tipos de cultivos a instalar en las diferentes regiones del país (Unsihuay, 2014).

La amuna fue la tecnología que recibió la menor calificación, obteniendo 11 de los 18 puntos. En este caso, la efectividad, aceptabilidad y beneficiarios son los criterios que recibieron la puntuación más baja, mientras que la sostenibilidad obtuvo una puntuación moderada, y solo el costo y el plazo, recibieron la puntuación más alta, dado que es una tecnología barata y de rápida implementación.

Cuadro 1: Calificación de tecnologías tradicionales y contemporáneas por el panel de expertos

		Expertos										TOTAL	
		Liza Meza	Cornelio Román	Glicerio Canchari	Karim Quevedo	Saray Siura	Stef de Haan	Catherine Coronado	Samuel Morante	Franklin Unsihuay	Nelly Perez		
Tecnologías de adaptación													
Tecnologías Tradicionales	Waru Warus	14	13	17	15	18	9	17	16	15	16	15	
	Andenes	15	13	16	10	13	12	14	15	13	14	14	
	Reservorios naturales de captación de agua de lluvia	Qocha	14	11	15	13	18	8	16	15	13	17	14
		Qotañas	11	11	17	13	17	8	16	14	13	14	13
		Amunas	14	11	17	13	18	8	16	15	11	14	14
	Sistemas mixtos de producción	Chacra huerto	10	14	16	15	17	15	17	15	14	15	15
		Agroforestería tradicional altoandina	13	13	17	16	15	12	15	15	14	12	14
		Policultivos	10	15	17	14	16	16	14	14	16	16	15
		Rotación de cultivos: Sistemas Laymi	10	15	15	14	14	12	15	15	16	15	14

Tecnologías Contemporáneas	Recuperación de terrazas agrícolas		10	11	12	9	12	11	13	16	15	13	12
	Recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración		12	11	15	10	12	6	11	11	14	16	12
	Proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión		12	13	12	12	15	16	13	13	13	9	13
	Tecnologías futuras	Sistemas de alerta temprana	12	12	12	10	9	13	9	12	12	12	11
		Recursos genéticos	11	13	11	11	13	15	11	12	16	15	13

De acuerdo a la evaluación de los expertos, los waru waru obtuvieron un valor ponderado de 15 de los 18 puntos totales, lo que la ubica como la tecnología con el mayor puntaje entre todas las tecnologías, tradicionales y contemporáneas. Sin embargo, no todos los expertos consideraron los waru waru, como la tecnología más adecuada de adaptación al cambio climático.

Por ejemplo, la Ing. Saray Siura le dio una puntuación perfecta, mientras que, el dr. Stef De Haan, le da la puntuación más baja con solo 9 puntos, esto debido a que en propias palabras del dr. Stef de Haan son sistemas que requieren de mucha inversión en mano de obra, lo que hace difícil su implementación. Por su lado, el Ing. Glicerio Canchari y Catherine Coronado le otorgaron 17 puntos.

Los andenes por su parte, fueron calificados con una puntuación ponderada de 13, obteniendo su máxima calificación por el Ing. Glicerio Canchari de 16 puntos, y la mínima calificación por Karim Quevedo de 10 puntos. Pese a sus múltiples ventajas como, el control de la erosión, el mejor aprovechamiento y conservación del agua, la regulación térmica, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en general, el aprovechamiento de tierras no aptas para fines agrícolas en tierras de laderas, esta tecnología no fue considerada entre las tecnologías más adecuadas para la adaptación al cambio climático.

Los reservorios naturales de captación de agua de lluvia, están divididos en qochas, qotañas y amunas. Las tres tecnologías obtuvieron puntuaciones muy similares, dadas sus características y modos de uso, se puede observar que las qochas y amunas, fueron calificadas con una puntuación ponderada de 14, mientras que las qotañas obtuvieron 13 puntos.

En el caso de las qochas y amunas, su máxima calificación fue de 18 puntos dada por la Ing. Saray Siura, lo que significa que obtuvieron la calificación más alta en los seis criterios evaluados. En las qotañas la puntuación máxima fue de 17 puntos, otorgada por dos expertos: la Ing. Saray Siura y el Ing. Glicerio Canchari.

Las tres tecnologías, qochas, qotañas y amunas, obtuvieron la mínima calificación por parte del dr. Stef de Haan de 8 puntos.

En cuanto a los sistemas mixtos de producción, conformados por los chacra huertos, los policultivos, la agroforestería tradicional y los sistemas Laymi, las puntuaciones varían entre 14 y 15 puntos como puntuación ponderada.

Los chacra huertos y policultivos, fueron calificados con una puntuación ponderada de 15, mientras que la agroforestería altoandina y los sistemas Laymi presentan una calificación ponderada de 14 puntos.

La máxima calificación obtenida por los chacra huertos fue de 17 puntos dada por la Ing. Saray Siura y Catherine Coronado, el mismo puntaje fue dado por el Ing. Glicerio Canchari para los policultivos y la agroforestería tradicional. Los sistemas Laymi, tuvieron como puntaje máximo 16 puntos otorgados por el Ing. Franklin Unsihuay.

Los chacra huertos, policultivos y sistemas Laymi muestran como calificación mínima 10 puntos, la agroforestería tradicional presenta 12 puntos.

En cuanto a las tecnologías contemporáneas los resultados fueron similares, estas cinco tecnologías obtuvieron como puntuación ponderada valores entre 11 y 13. Esto demuestra que estas tecnologías no son consideradas viables en la adaptación al cambio climático.

Los proyectos de irrigación en la sierra: microreservorios y riego por aspersión así como los recursos genéticos, fueron calificados con una puntuación ponderada de 13.

La recuperación de terrazas agrícolas, fueron calificados con una puntuación ponderada de 12, obteniendo su máxima calificación por el Samuel Morante de 16 puntos, y la mínima calificación por Karim Quevedo de 9 puntos.

Mientras que la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración y los sistemas de alerta temprana, obtuvieron la calificación ponderada más baja con 11 puntos. Los sistemas de alerta temprana, obtuvieron su máxima calificación por el Stef de Haan de 13 puntos, y la mínima calificación por Saray Siura y Catherine Coronado de 9 puntos. Cabe resaltar, que la recuperación de praderas a través de zanjas de infiltración fue la tecnología que obtuvo el menor puntaje entre todas las tecnologías, otorgado por el dr. Stef de Haan con solo 6 puntos.