UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO DE AGUA DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA COMUNIDAD CEBOLLULLO DE LA PROVINCIA MURILLO-LA PAZ CONSIDERANDO EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

GROVER MIRANDA CHAVEZ

La Paz, Bolivia
2012

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO DE AGUA DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE LA COMUNIDAD CEBOLLULLO DE LA PROVINCIA MURILLO-LA PAZ CONSIDERANDO EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica

GROVER MIRANDA CHAVEZ

Asesor (es):

Ing. Ph,D. Magali García Cárdenas ……

Tribunales revisores:

Ing. Ph,D. René Chipana Rivera ……..

Ing. Ph,D. Humberto Nelson Sainz Mendoza ……...

Ing. Fredy Navia Dávalos ……

Presidente del tribunal examinador

Ing. Ph,D. David Cruz Choque ……...

La Paz, Bolivia

2012

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis queridos padres, por todo lo que me han dado en esta vida, por estar a mi lado en los momentos difíciles y por brindarme su apoyo durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias padre celestial por cada una de tus bendiciones que derramaste sobre mí, y sobre cada una de las personas que hicieron posible que hoy esté aquí, por darme una familia que ha sido mi apoyo, por permitirme terminar mis estudios en esta etapa profesional.

A mis señores padres: Tomás y Agustina, mi infinito agradecimiento y gratitud por el apoyo incondicional que me brindaron durante mi formación profesional, sin su apoyo no hubiera sido posible la conclusión del presente trabajo, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ellos, ¡Gracias, muchas gracias!!! A mis hermanos: Delia, Juan Carlos, Celia y Hebert, por brindarme su apoyo durante la etapa de mis estudios.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por permitirme crecer en todos los aspectos de mi persona, por ofrecerme todas las actividades que contribuyeron en mi formación y por haberme acogido en sus aulas durante mi formación profesional.

Al proyecto Illimani del IIAREN, por haberme otorgado la beca tesis, y por haber facilitado los equipos y materiales que se emplearon en el presente trabajo de investigación.

Mi agradecimiento a la Dra. Magali García, como asesor de tesis, por el apoyo, las correcciones acertadas y sugerencias pertinentes en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Mis agradecimientos a los miembros del tribunal revisor: Ing. Ph,D. Humberto Sainz Mendoza, Ing. Ph,D René Chipana Rivera e Ing. Fredy Navia Dávalos por las revisiones y correcciones acertadas en la elaboración del presente trabajo.

A mis amigos (as) de la Universidad, por todo su apoyo, por ayudarme a crecer y a encontrar mi lugar en el mundo, por brindarme muchos días felices, por dejarme entrar a sus vidas y compartir conmigo momentos de felicidad durante el tiempo que estuvimos en la Universidad, los recordaré siempre como las personas que mostraron afecto y cariño. ¡Gracias amigos!

A los agricultores de la comunidad Cebollullo por la colaboración, apoyo y por brindar información durante la fase de recolección de datos, por permitir realizar los seguimientos en las parcelas de evaluación. ¡Gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. OBJETIVOS 3
1.1.1. Objetivo General 3
1.1.2. Objetivos Específicos 3
2. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1. Hidrología y recursos hídricos 4
2.2. Cuenca hidrológica 4
2.3. Usos actual y futuro del agua 5
2.3.1. Tendencia mundial 5
2.4. Uso del agua con fines de riego 5
2.4.1. El agua y la planta 6
2.5. Uso agrícola del agua en Bolivia 6
2.6. Las dificultades del riego en Bolivia 6
2.6.1. Situación de la agricultura en Bolivia 7
2.7. Proceso de evapotranspiración 8
2.7.1.1. Evaporación 8
2.7.1.2. Transpiración 9
2.7.1.3. Evapotranspiración 9
2.7.2. Factores que afectan la evapotranspiración 10
2.7.2.1. Variables climáticas 10
2.7.2.2. Factores de cultivo 10
2.8. Balance hídrico del suelo 10
2.9. El Cambio climático 11
2.9.1. La base física del cambio climático 12
2.10. Calentamiento global 13
2.11. Efecto invernadero 13
2.12. Proyecciones del cambio climático 14
2.12.1. Proyecciones de los cambios futuros en la temperatura 14
2.12.2. Proyecciones de los cambios futuros en las precipitaciones 15
2.12.3. Proyecciones de los cambios futuros en los fenómenos extremos 15
2.13. Impactos del calentamiento global sobre los glaciares 16
2.15. Impactos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria 16
2.16. Entendimiento del cambio climático en Bolivia 17
2.16.1. Variaciones en las temperaturas 18
2.16.2. Variaciones en las precipitaciones 18
2.16.3. Efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos 19
2.16.4. La variabilidad del clima es el mayor problema para los agricultores de hoy 19
2.16.5. Asegurar el agua uno de los mayores retos del cambio climático 20

2.17. Fortalecimiento de sistemas de alerta temprana 20
2.18. Los glaciares y su estado en Bolivia..... 20
2.18.1. Impactos del retroceso de glaciares en las actividades agropecuarias en los valles altos de Palca..... 21
2.19. Consecuencias del Cambio Climático en Bolivia..... 22
2.20. Adaptación 23
2.21. Vulnerabilidad..... 23
2.22. Reservas de agua dulce en riesgo 23
2.23. Seguridad alimentaria en Bolivia 25
2.24. Metodología de evaluación participativa..... 25
2.24.1. Perspectiva participativa..... 25
2.25. Riego por superficie..... 26
2.25.1. Riego por surcos 26
2.25.1.1. Ventajas del sistema de riego por surcos 27
2.25.1.2. Desventajas del sistema de riego por surcos 27
2.26. Análisis de la calidad de agua 28
2.26.1. Parámetros que determinan la calidad de agua para riego 28
2.26.1.1. Concentración total de sales solubles 28
2.26.1.2. Concentración relativa de sodio 29
2.26.1.3. Concentración de Boro 30
2.26.1.4. Dureza..... 30
2.27. Cultivo de lechuga 31
2.27.1. Origen..... 31
2.27.2. Requerimiento climático de lechuga..... 31
2.27.3. Suelo y fertilización..... 31
3. LOCALIZACIÓN 33
3.1. Ubicación geográfica 33
3.1. Descripción de la zona de estudio..... 34
3.1.1. Límites..... 34
3.2. Aspectos físicos naturales..... 34
3.2.1. Descripción fisiográfica y suelos..... 34
3.2.2. Topografía 34
3.3. Clima 34
3.3.1. Temperatura..... 35
3.4. Hidrografía..... 35
3.5. Humedad relativa 35
3.6. Riesgos climáticos..... 35
3.7. Vegetación 36
4. MATERIALES Y MÉTODOS 37
4.1. Materiales..... 37
4.1.1. Materiales de campo 37

4.1.2. Materiales de escritorio 37
4.1.3. Materiales de gabinete 37
4.1.4. Equipos 37
4.2. Metodología..... 38
4.2.1. Trabajo de campo..... 38
4.2.1.1. Identificación de las zonas de la comunidad 38
4.2.1.2. Instalación de estaciones meteorológicas 39
4.2.1.3. Técnicas de recolección de la información..... 39
4.2.1.3.1. Observación directa..... 40
4.2.1.3.2. Encuestas..... 40
4.2.1.3.3. Entrevistas a los agricultores..... 41
4.2.1.3.4. Talleres participativos..... 41
4.2.1.3.4.1. Mapas parlantes..... 42
4.2.1.3.4.2. Ocurrencia de eventos extremos en la comunidad..... 42
4.2.1.4. Identificación de los cultivos principales 42
4.2.1.5. Implantación de la parcela de evaluación..... 43
4.2.1.5.1. Almacigado..... 43
4.2.1.5.2. Preparación del terreno 43
4.2.1.5.3. Surqueado..... 44
4.2.1.5.4. Trasplante 44
4.2.1.5.5. Labores culturales 44
4.2.1.5.6. Cosecha 46
4.2.1.6. Aplicación de riego en la parcela de evaluación..... 46
4.2.1.6.1. Aforo de los riegos en la parcela 47
4.2.1.6.1.1. Método volumétrico 47
2.1.6.1.2. Método del molinete o correntómetro 47
4.2.1.7. Frecuencia de riego..... 48
4.2.1.8. Método de riego en la parcela 48
4.2.1.9. Aforo de los principales canales de riego en la comunidad..... 48
4.2.1.10. Extracción de muestras de suelo de la parcela 48
4.2.1.11. Estudio de suelos 49
4.2.1.12. Pruebas de infiltración 49
4.2.2. Trabajo de gabinete..... 49
4.2.2.1. Delimitación de la comunidad..... 49
4.2.2.2. Determinación del cambio de uso de suelo en la comunidad..... 49
4.2.2.3. Descripción de la estructura de las parcelas de riego en el tiempo..... 50
4.2.2.4. Análisis de la calidad de agua 50
4.2.2.4.1. Determinación de la calidad de agua de riego..... 50
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 52
5.1. Características generales de la comunidad..... 52
5.1.1. Zona alta “Uyupata” (2900 m.s.n.m.)..... 52

5.1.2. Zona centro “Warawarani” (2766 m.s.n.m.) 52
5.1.3. Zona baja “Cantería” (2370 msnm.) 53
5.2. Comportamiento de las precipitaciones 54
5.3. Comportamiento de las temperaturas 55
5.4. Estructura organizativa de la comunidad 56
5.4.1. Infraestructura y servicios 57
5.4.1.1. Educación 57
5.4.1.2. Salud 57
5.5. Uso de agua en la comunidad 58
5.5.1. Organización de los regantes 58
5.5.1.1. Presidente de riego 59
5.5.1.1.1. Funciones del presidente de riego 59
5.5.1.2. Distribución de los turnos de riego 59
5.5.2. Medidas de sanción por desacato a los turnos de riego 60
5.5.3. Origen de agua para riego 60
5.5.4. Infraestructura de los canales de riego 61
5.5.5. Variación de la oferta de agua en el tiempo 62
5.5.6. Aforo de los principales canales de riego 63
5.5.6.1. Comportamiento de caudal de agua en los canales de riego en un día 64
5.5.7. Dinámica de uso de agua en el sistema productivo 65
5.5.7.1. Frecuencia de riego en los cultivos 65
5.5.7.3. Intensidad de riego 66
5.5.7.2. Método de riego 67
5.5.8. Parcela de evaluación 67
5.5.8.1. Aplicación de riego en la parcela de evaluación 67
5.6. Estructura de las parcelas de riego en el tiempo 69
5.7. Superficie cultivada en la comunidad 72
5.8. Cambio climático y percepciones 73
5.8.1. Percepción de los agricultores sobre los cambios en el clima 73
5.8.2. Percepciones sobre el incremento de las temperaturas 73
5.8.2.1. Época de lluvia más variable 75
5.8.2.2. Variabilidad en las estaciones del año 76
5.8.3. Consecuencias del cambio climático sobre el sistema productivo 76
5.8.3.1. Mayor frecuencia de riego 76
5.8.3.2. Mayor intensidad de riego 77
5.8.3.3. Mayor presencia de plagas 77
5.8.4. Ocurrencia de eventos climáticos extremos según la percepción de los agricultores 78
5.8.4.1. Granizada 78
5.8.4.2. Heladas 79
5.8.4.3. Sequía 80

5.8.5. Testimonio de pobladores sobre el cambio climático en la comunidad 81
5.9. Medidas de adaptación a los cambios observados durante los últimos años 81
5.9.1. Medidas preventivas frente a la escasez de agua..... 81
5.9.2. Medidas de adaptación en el uso de agua para riego frente al incremento de las temperaturas..... 83
5.9.2.1. Cambio en el horario de riego 83
5.9.3. Introducción de nuevos cultivos..... 84
5.9.4. Cambio en los cultivos..... 84
5.9.5. Cambio de la agricultura estacional..... 85
5.10. Percepción del acelerado retroceso del nevado Illimani..... 85
5.11. Cambio en el uso de fertilizantes..... 88
5.12. Efecto de las altas temperaturas sobre el trabajo humano..... 88
5.13. Balance hídrico climático anual 89
5.13.1. Balance hídrico del cultivo en evaluación..... 90
5.14. Sistema productivo de la comunidad..... 90
5.14.1. Sistemas de preparación de suelo en la comunidad 91
5.14.2. Presencia de plagas..... 92
5.14.3. Uso de fertilizantes en la producción agrícola 93
5.14.3.1. Percepciones por el excesivo uso de fertilizantes químicos en el suelo..... 94
5.14.4. Tipo de suelo en la parcela de evaluación 95
5.14.5. Prácticas agrícolas en la parcela de evaluación..... 95
5.14.5.1. Deshierbe 95
5.14.5.2. Fertilización y aporques..... 96
5.14.6. Cosecha 96
5.15. Fuente de ingresos económicos..... 96
5.15.1. Fuentes de ingresos económicos hace 20-30 años 96
5.15.2. Fuentes de ingresos económicos actualmente 98
5.16. Formas de cooperación en el trabajo 99
5.17. Principales mercados para la venta de los productos 100
5.18. Vulnerabilidad de la comunidad al cambio climático 101
5.19. Estudio de calidad de agua 102
5.19.1. Potencial de hidrogeniones 102
5.19.2. Clasificación de agua para riego según su pH 102
5.19.3. Conductividad eléctrica 102
5.20. Uso y conocimiento de los bioindicadores..... 103
6. CONCLUSIONES..... 105
7. RECOMENDACIONES 107
8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 108

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1.Disponibilidad de agua en el planeta..... 24
Figura 2. Comportamiento de la precipitacion en la comunidad..... 54
Figura 3. Comportamiento de temperaturas gestión 2009-2010 55
Figura 4. Percepción de la variación de la oferta de agua hace 20-30 años del nevado Illimani. 62
Figura 5. Caudal de agua en el canal de riego..... 64
Figura 6. Aplicación de riego durante el ciclo productivo de lechuga 68
Figura 7. Superficie cultivada 72
Figura 8. Percepciones sobre el incremento de las temperaturas y los impactos en la agricultura..... 74
Figura 9. Presencia de granizada en la comunidad 79
Figura 10. Presencia de heladas..... 79
Figura 11. Presencia de sequía en la comunidad 80
Figura 12. Medidas preventivas en la época de escasez de agua 82
Figura 13. Balance hídrico anual (2009-2010). 89
Figura 14. Balance hídrico del cultivo de lechuga 90
Figura 15. Sistemas de preparación del suelo 91
Figura 16. Principales plagas de importancia económica..... 92
Figura 17. Uso de fertilizantes..... 94
Figura 18. Cultivos de importancia económica hace 20-30 años. 97
Figura 19. Fuente de ingresos económicos actualmente. 98
Figura 20. Formas de cooperación en el trabajo rural 99
Figura 21. Destino de los productos a diferentes mercados..... 100
Figura 22. Conocimiento sobre los bioindicadores..... 103

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Sistemas de riego por departamento, tamaño y área (ha). 7
Tabla 2. Los gases de efecto invernadero más importantes generados por las actividades humanas son: 14
Tabla 3. Concentración de sales solubles. 29
Tabla 4. Clasificación del agua por su contenido de boro 30
Tabla 5. Duración de etapas y coeficientes de cultivo. 32
Tabla 6. Cultivos y frutales en las tres zonas de la comunidad. 54
Tabla 7. Variación de requerimiento de agua de los cultivos en la comunidad. 66
Tabla 8. Cambios percibidos en la comunidad y medidas de adaptación. 83
Tabla 9. Cultivos existentes en la comunidad. 85
Tabla 10. Pérdida de superficie del glaciar Illimani entre 1963-20009. 87
Tabla 11. Clasificación de agua según el pH 102
Tabla 12. Clasificación de agua según la conductividad eléctrica. 102

ÍNDICE DE IMÁGENES

Página

Imagen 1. Estructura de parcelas de riego en la comunidad Cebollullo (1954)..... 69
Imagen 2. Parcelas de riego en la comunidad en el año 2009..... 71
Imagen 3. Glaciar Illimani 1963(línea azul), 1975 (verde), ... 87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Página

Ilustración 1. Vista del nevado Illimani y Chacaltaya. 21
Ilustración 2. Aforo de los principales canales de riego..... 63

RESUMEN

La actividad agrícola es el sector que demanda mayores volúmenes de agua en la comunidad. Aproximadamente durante los últimos 20 años, se ha evidenciado notables cambios en los fenómenos climatológicos, pero la evidencia más clara fue el incremento de las temperaturas, este incremento provocó serios cambios en el sistema productivo de la comunidad, que se refleja en una mayor demanda de agua para los cultivos en los últimos años, pero también existen otras consecuencias como mayor presencia de plagas y por ende mayor uso de agroquímicos para su control.

De acuerdo a reportes de los agricultores de la comunidad Cebollullo, las lluvias son mas variables en el tiempo, en algunos años son más tardías y en otras muy intensas pero en tiempo reducido. Las heladas son más intensas y se prolongan hasta los meses octubre o noviembre, de la misma forma llegan granizadas muy intensas, afectando a toda la producción agrícola. Los vientos son más fuertes que hace años atrás, provocando la caída de flores de los árboles frutales.

Para la población el incremento de las temperaturas representa ser más perjudicial que favorable para el sistema productivo, en la medida de que se requiere mayores volúmenes de agua para riego, lo que es preocupante es la escasez de agua en la época seca (junio-septiembre), en donde existe turnos de riego de tres horas para cada agricultor, tiempo que no abastece los requerimientos hídricos de los cultivos. Pero también el incremento de las temperaturas provocó la ampliación de la frontera agrícola en las comunidades en la parte alta de la cuenca con cultivos demandantes de agua, lo cual representa mayor captación de agua y provocando una reducción en el caudal para las comunidades que se encuentran en la parte baja.

Sin embargo, la población desarrolló algunas medidas autónomas de adaptación frente a los cambios en los fenómenos climatológicos observados en los últimos años, como la introducción de nuevos cultivos, obteniendo hasta cuatro cosechas al año del cultivo principal que es lechuga. En el uso de agua se ha optado por el diseño de surcos en forma de zigzag que permite mayor retención de agua, y por otro lado, el riego es durante la noche o en la tarde, de esta manera se logra que la humedad se mantenga por más tiempo en el suelo.

Pero existe la preocupación de la población, porque en los últimos años el glaciar Illimani ha perdido gran parte de masa de hielo por el incremento de las temperaturas, ya que la única fuente de abastecimiento de agua para las comunidades en la cuenca del rio Sajuaya, es el nevado.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso peculiar y único, se mueve de un lugar a otro y cambia de formas durante el ciclo hidrológico, desde vapor a líquido o a sólido, desde lluvia y nieve a glaciares, ríos, lagos y océanos. En exceso el agua produce inundaciones y su escasez es motivo de hambre en las regiones.

Los recursos hídricos desempeñan a nivel mundial un papel de primera importancia para la vida de las personas y el desarrollo por su relación con la agricultura, la salud, la minería, industria, el medio ambiente o la energía.

Los glaciares de la cordillera representan un gran aporte de agua para el desarrollo de la agricultura, principalmente en los valles interandinos la fuente de abastecimiento de agua son los glaciares. En la agricultura el agua es un factor clave de producción, además de grandes beneficios, el uso de agua promueve el incremento de la producción agrícola y el mejoramiento económico y social de la población.

En los últimos años este recurso de vital importancia como es el agua se ha visto afectado por los cambios de clima que viene experimentando el mundo entero, sobre todo los aumentos de temperatura, han afectado ya a los sistemas hidrológicos, así como a los ecosistemas terrestres en muchas partes del mundo. (IPCC, 2007).

El cambio climático provocará un desarrollo económico desigual en las regiones, en donde todos los países serán afectados por este cambio, pero los países menos desarrollados serán los más vulnerables y sufrirán los efectos primero y de forma más intensa por falta de recursos para paliar los efectos del cambio climático.

Hoy en día la agricultura está en peligro de ser impactada severamente por el cambio climático, y no solamente a los impactos directos del aumento de la temperatura y de los cambios producidos en los patrones de la lluvia, sino también que las prácticas

productivas agrícolas tendrán que adaptarse a nuevas condiciones climáticas en un futuro no muy lejano. Este aumento en la temperatura está modificando drásticamente la hidrología regional, debido principalmente a la reducción y la desaparición de los glaciares los cuales proveen de agua para la agricultura y consumo humano.

Los impactos negativos del cambio climático son referidos especialmente al acelerado retroceso de glaciares, que podría traer consecuencias negativas sobre las actividades humanas, en especial respecto al suministro del vital elemento que es el agua para riego en el altiplano y en los valles altos. Este retroceso de los glaciares es una muestra clave sobre el incremento de la temperatura, lo cual está causando muchos cambios, no solo en la variabilidad de las estaciones sino también en la desaparición de muchas fuentes de agua, lo cual hace que la demanda de agua sea mayor que hace unos años atrás.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

- Evaluar la dinámica del uso del agua del sistema productivo del cultivo de lechuga de la comunidad Cebollullo circundante al nevado Illimani, condicionada por el impacto del cambio climático.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la dinámica de riego en parcelas representativas de lechuga en la comunidad Cebollullo.

- Describir en base a información geográfica histórica la estructura de las parcelas de riego en el tiempo de la comunidad de Cebollullo.

- Evaluar la percepción del impacto del cambio climático de los agricultores y su influencia en la definición del sistema productivo de la comunidad.

- Determinar la vulnerabilidad de los sistemas de producción al impacto del cambio climático en la comunidad Cebollullo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Hidrología y recursos hídricos

El cambio climático podría afectar de manera notable al ciclo hidrológico, alterando la intensidad y la distribución temporal y espacial de la precipitación, de la escorrentía de la superficie y de la recarga de agua, produciendo impactos diversos sobre diferentes ecosistemas naturales y actividades humanas. Las áreas áridas y semiáridas serán particularmente vulnerables a un cambio en la disponibilidad de agua. Los impactos sobre los recursos de agua podrían ser suficientes para provocar conflictos entre usuarios, regiones y países. (IPCC, 2001).

2.2. Cuenca hidrológica

Villon, (2002) define a una cuenca hidrológica como un área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel a escala 1:50000, siguiendo las líneas del divortium acuarum (parte aguas), es una línea imaginaria que dividen las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hasta el punto de salida de la cuenca. El parte aguas está formado por los puntos de salida, llamada estación de aforo.

Con el fin de establecer grupos de cuencas, se estudia una serie de características físicas en cada cuenca, entre las que se tiene: superficie, topografía, altitudes, geología, suelos y cobertura.

2.3. Usos actual y futuro del agua

2.3.1. Tendencia mundial

Según ____ *s.f.* la humanidad inicialmente, utilizó el agua en sus formas más simples; como consumo directo, para calmar la sed; demanda que ha sido estimada en un promedio del orden de 5 litros por hora por día e indirectamente como componente de los alimentos de origen vegetal y animal. En volumen hubo agua en exceso. Algunos miles de años después hay escasez, que se acentúa cada vez más y según una tasa geométrica de crecimiento poblacional. La causa genérica es el "desarrollo" socio-económico de la humanidad.

Los cambios del clima podrían agravar la escasez periódica y crónica de agua, sobre todo en las áreas áridas y semiáridas del globo. Los países en desarrollo son muy vulnerables al cambio climático, ya que muchos de ellos están situados en regiones áridas y semiáridas. No obstante, el cambio climático intensificará aún más la frecuencia y la magnitud de las sequías en algunos lugares.

2.4. Uso del agua con fines de riego

Peñaranda, (2003) menciona que el riego tiene como finalidad la aplicación artificial del agua al terreno para suministrar a los cultivos la humedad necesaria para su desarrollo, consecuentemente, se debe reponer periódicamente el agua a la profundidad de los suelos por donde están distribuidas las raíces. El agua en forma de humedad del suelo y los nutrientes en solución, figuran entre los principales elementos necesarios para el crecimiento de las plantas.

El mismo autor indica que el éxito de la irrigación no depende solo del empleo del agua, es más bien una compleja acción reciproca del empleo del suelo, la calidad y el uso del agua, los aspectos agronómicos y los diferentes métodos de aplicación que están evolucionando a medida que surgen nuevas tecnologías.

2.4.1. El agua y la planta

Las raíces absorben agua del suelo para permitir la subsistencia y crecimiento de las plantas, la mayor parte de esta agua absorbida no es retenida en la planta, sino que escapa a la atmósfera en forma de vapor a través de las hojas y tallos verdes. Las raíces tienen dos funciones: anclar la planta es decir, servir de medio para fijarla en el suelo y absorber el agua y las materias nutrientes que obtienen del suelo. (Peñaranda, 2003).

2.5. Uso agrícola del agua en Bolivia

El uso agrícola del agua en Bolivia por medio de sistemas de riego es de limitado aprovechamiento. Se estima que el 2003 en Bolivia existían 1.800.000 hectáreas de tierra cultivadas de las cuales tenían riego unas 226.564Ha, la mayoría bajo el sistema de micro riego y generalmente organizado bajo el control de comunidades o asociaciones campesinas. (SENARI, 2007).

2.6. Las dificultades del riego en Bolivia

El riego es uno de los recursos tecnológicos que permite mitigar el efecto de déficit hídrico, teniendo en cuenta las condiciones del clima, suelos y recursos hídricos, se estima una superficie de 2 millones de hectáreas aptas para ser regadas en Bolivia. Pero en la actualidad se tiene aproximadamente solo 226 mil hectáreas bajo riego distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1. Sistemas de riego por departamento, tamaño y área (ha).

Departamento	MICRORIEGO				RIEGO				TOTAL		
	Micro >2 a = 10 ha		Pequeños > 10 a = 100 ha		Mediano > 100 a = 500 ha		Grandes > 500 ha				
	Sistema	Área	Sistema	Área	Sistema	Área	Sistema	Área	Sistema	Área	Familias
Chuquisaca	275	1.653	373	11.370	26	4.261	4	3.884	678	21.168	17.718
Cochabamba	303	1.938	577	22.225	128	27.403	27	35.968	1.035	87.534	81.925
La Paz	263	1.703	665	21.047	28	6.052	5	7.192	961	35.994	54.618
Oruro	172	940	134	3.638	3	440	3	9.021	312	14.039	9.934
Potosí	549	3.240	392	10.146	14	2.254	1	600	956	16.240	31.940
Santa Cruz	42	269	144	5.456	44	8.434	2	1.080	232	15.239	5.865
Tarija	129	785	331	12.755	83	17.101	7	5.710	550	36.351	15.975
Total	**1.733**	**10.528**	**2.616**	**86.638**	**326**	**65.944**	**49**	**63.45**	**4.724**	**226.56**	**217.975**

Fuente: Inventario Nacional de Sistemas de Riego MGDR-SENARI, 2007.

Estos sistemas de riego están formados por una red básica de canales abastecida con agua de lluvia y cuentan con pocos elementos de regulación, como represas y revestimientos, siendo sistemas muy frágiles a las pérdidas y altamente dependiente de la estacionalidad de las lluvias. (MMAyA, 2007).

Por otro lado, el Programa Nacional de Cambios Climáticos menciona que asociado a la mayoría de los sistemas de riego en el altiplano y valles andinos que dependen del caudal de recarga que proveen los glaciares, éstas se verían influenciadas negativamente en un mediano y largo plazo por la retracción de los glaciares por el calentamiento global. (PNCC, 2009).

2.6.1. Situación de la agricultura en Bolivia

SENARI, (2007) durante los últimos 15 años la participación del sector agrícola en el PIB del país, estuvo entre el 13 y 17% de promedio anual, superando a las actividades minera y petrolera. La producción campesina de los valles, cordillera y altiplano del país, está dedicada primero al consumo familiar, segundo al abastecimiento del mercado interno nacional, a pesar de las condiciones geográficas, hidrológicas y ambientales.

Zonas de los valles

Estas zonas tienen un importante potencial para desarrollar una agricultura bajo riego por la disponibilidad de suelos aptos, con recursos hídricos no bien aprovechados. Como factor limitante se presenta el minifundio o la excesiva parcelación de la tierra.

Zonas del altiplano

Esta zona presenta menores potencialidades para una agricultura bajo riego debido a la presencia de heladas, granizadas. Sin embargo el agua para la producción brinda seguridad productiva en la época de lluvias.

Zona de los llanos

Existe poca tradición de riego y los recursos hídricos no son muy bien aprovechados, además los suelos son orientados a las actividades ganaderas.

2.7. Proceso de evapotranspiración

2.7.1.1. Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. (FAO, 2006).

Chávarri, (2004) define la evaporación como el resultado del proceso físico y biológico por el cual el agua cambia del estado líquido al estado gaseoso, a través del metabolismo de la planta y pasa a la atmósfera.

2.7.1.2. Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmosfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmosfera. (FAO, 2006).

Peñaranda, (2003) señala que las raíces absorben agua del suelo para permitir la subsistencia y crecimiento de las plantas, parte de esta absorbida no es retenida por la planta, sino que escapa a la atmósfera en forma de vapor a través de las hojas y tallos verdes, a éste proceso se llama “transpiración” que es un fenómeno de evaporación así también es un proceso fisiológico.

2.7.1.3. Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. A parte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de la radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. (FAO, 2006).

La evapotranspiración es la combinación de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido. (Chávarri, 2004).

2.7.2. Factores que afectan la evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio del desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.

2.7.2.1. Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmosfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia. La evapotranspiración del cultivo de referencia representa la perdida de agua de una superficie cultivada estándar. (FAO, 2006).

2.7.2.2. Factores de cultivo

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de evapotranspiración en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. (FAO, 2006).

2.8. Balance hídrico del suelo

Según Aidarov *et al.* (1985) el balance hídrico del suelo es la expresión cuantitativa del conjunto de formas de entrada de la humedad al suelo, su gasto y la variación de las reservas de humedad. El balance de humedad de suelo se realiza para una capa de suelo determinada en un intervalo de tiempo determinado. Con frecuencia, dicho

balance se realiza para una hectárea y se expresa en m^3/año o en mm de la capa de agua.

Los mismos autores señalan que los componentes de entrada son: la precipitación atmosférica, la afluencia de las aguas superficiales desde un lado, la absorción capilar por parte de las aguas subterráneas, la condensación de la humedad en forma de vapor que provienen de la atmosfera. Los componentes de gasto son: el escurrimiento de las aguas superficiales, la evaporación de la superficie del suelo, la toma de la humedad para la transpiración de las plantas y la infiltración de una parte de la humedad.

2.9. El Cambio climático

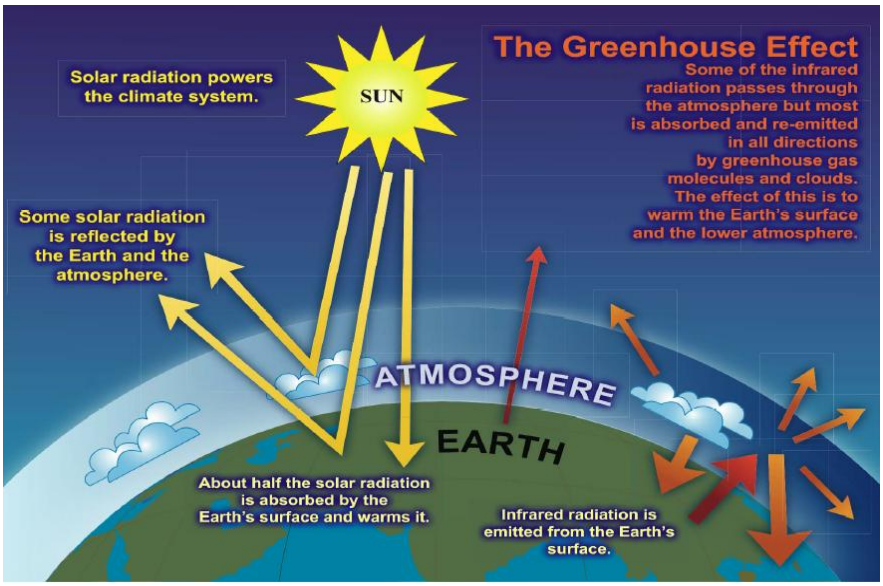
El cambio climático es la alteración de las temperaturas locales normales y la modificación en el comportamiento de lluvias y vientos en prolongados espacios de tiempo debido al incremento en la temperatura de la tierra por la excesiva presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI). (CIPCA, 2009).

Por otro lado el PNCC, (2007) define al cambio climático como las alteraciones ocurridas en el clima, como consecuencia directa o indirecta de las actividades humanas. Estas alteraciones se han generado sobre todo desde la era industrial, un aumento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero provocando un incremento en la temperatura global y produciendo una serie de impactos negativos en los diversos ecosistemas.

El cambio climático, supone quizás, el mayor reto de adaptación de mediano y largo plazo para economías en vías de desarrollo en el mundo (PNUD 2008). De hecho, en el último reporte del IPCC, se menciona de manera clara que el calentamiento se debe a la emisión de gases de efecto invernadero, producto de la acción antropogénica. (PNUD, 2010).

CIPCA, (2009) menciona que la población mundial ha empezado a sentir los efectos del cambio climático a través de fenómenos como inundaciones, sequias, cambios en temporadas de lluvias, frio y calor intenso, incendios, derretimiento de hielos en los nevados, especies vegetales y animales amenazadas de extinción. Si no se toman medidas, en los próximos años los eventos climáticos podrían causar serios problemas a poblaciones vulnerables.

2.9.1. La base física del cambio climático



Fuente: IPCC, 2007.

El sistema climático del planeta ha cambiado de manera importante a escala nacional y mundial desde la época preindustrial, y algunos de estos cambios se pueden atribuir a actividades humanas. (IPCC, 2001).

El mismo IPCC señala que uno de los principales efectos a los que puede atribuirse el gran calentamiento proyectado por los modelos climáticos, es el aumento del vapor de agua en la atmosfera.

2.10. Calentamiento global

Para PNCC, (2007) calentamiento global es el aumento de la temperatura de la superficie terrestre como consecuencia de las actividades del ser humano, que generan a su vez una alteración significativa en la variabilidad climática y un desequilibrio en la composición atmosférica por el aumento de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). El dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son los tres gases de efecto invernadero más importantes, aunque el primero es el más relevante dado que su vida media en la atmosfera es de aproximadamente 100 años.

2.11. Efecto invernadero

El PNCC, (2007) menciona que el efecto invernadero es un fenómeno natural que permite que la tierra reteniendo la energía del sol, conserve la temperatura adecuada para garantizar la vida en ella. La tierra recibe constantemente rayos de energía del sol, una parte de estos se pierden entre las nubes, pero la mayoría de ellos atraviesan la atmosfera y llegan a la superficie terrestre para calentarla. Los océanos también son calentados por esta energía solar.

Del total de la energía liberada por la Tierra a la atmósfera una porción queda atrapada en la atmósfera donde habitan los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), llamados así dado que poseen la cualidad de absorber y reenviar la radiación proveniente de la superficie terrestre. (PNCC, 2007).

Tabla 2. Los gases de efecto invernadero más importantes generados por las actividades humanas son:

Tipo de gas	Fuente	Media de vida
Dióxido de carbono	Combustibles fósiles, chaqueo e industrias	5 a 200 años
Metano	Actividad ganadera, producción de arroz, rellenos sanitarios, escapes de gasolina, aguas residuales, actividad minera	12 años
Óxido nitroso	Combustibles fósiles, actividad agrícola, aguas residuales, deforestación y uso de abonos con N.	114 años

Fuente: PNCC, 2007.

2.12. Proyecciones del cambio climático

El sistema del clima no es lineal, es decir no se puede extrapolar o trazar una línea con una regla para proyectar el futuro siguiendo la tendencia de la temperatura histórica. Para predecir el estado climático del futuro y hacer un análisis de las vulnerabilidades y medidas de adaptación, es indispensable utilizar modelos numéricos, que expresen los fenómenos atmosféricos. (PNUD, 2011).

Además el IPCC, (2001) menciona que para realizar la proyección del futuro se necesita la representación de los escenarios de la evolución futura de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Es importante mencionar que los escenarios se refieren a las proyecciones del GEI y no así a las proyecciones o predicción del clima.

2.12.1. Proyecciones de los cambios futuros en la temperatura

El IPCC, (2001) menciona que es probable que la sensibilidad del clima sea de entre 1,5 y 4,5°C. Esta estimación no ha variado desde el primer informe de evaluación del

IPCC. La sensibilidad del clima es la respuesta de equilibrio de la temperatura de la superficie mundial a una duplicación de la concentración de CO_2 equivalente. El margen de variación de las estimaciones se debe a las incertidumbres inherentes a los modelos climáticos.

Además menciona que es muy probable que en casi toda la superficie terrestre, el calentamiento sea más rápido que el promedio mundial. El mismo IPCC, (2007) prevé un aumento de la temperatura media global de entre 1,1 y 6,4°C hacia el 2100, según diferentes escenarios analizados. El calentamiento del sistema climático es inequívoco y considera que se debe muy probablemente al aumento de gases de efecto invernadero de origen antropogénico.

2.12.2. Proyecciones de los cambios futuros en las precipitaciones

Se proyecta que habrá un aumento de los promedios mundiales de vapor de agua, evaporación y precipitaciones. A escala regional se observan tanto aumentos como disminuciones. Es probable que si el promedio de las precipitaciones aumenta en el futuro, también aumente la variabilidad. A la inversa, es probable que la variabilidad de las precipitaciones disminuya únicamente en las zonas en las que descienda el promedio de las precipitaciones. (IPCC, 2001).

2.12.3. Proyecciones de los cambios futuros en los fenómenos extremos

El IPCC, (2007) indica que es muy probable que aumente el número de días calurosos y las olas de calor en casi toda la superficie terrestre. Se proyecta que todos estos aumentos serán más acentuados sobre todo en las zonas en las que disminuya la humedad del suelo. Se prevé que la temperatura mínima diaria aumentará en casi toda la superficie terrestre y que el ascenso será por lo general mayor en los lugares en que se retraiga la nieve y el hielo. Además es muy probable que disminuya el número de días con heladas y las olas de frio. Se proyecta también

que los cambios en la temperatura del aire en la superficie provocaran un aumento del índice de calor.

De la misma forma se proyecta también que la frecuencia de las precipitaciones extremas se incrementará en casi todo el mundo. Estas proyecciones indican una desecación general de la superficie continental en las latitudes medias durante el verano. Esto se atribuye a una combinación de temperaturas más altas con una mayor evaporación potencial, no compensada por un aumento en las precipitaciones. (IPCC, 2001).

2.13. Impactos del calentamiento global sobre los glaciares

Un glaciar es una masa de hielo que transforma agua solida (nieve, granizo o escarcha) en hielo y la restituye en forma de vapor (por evaporación o sublimación) o en forma líquida. La relación entre estas ganancias y pérdidas de masa se conoce el balance de masa de un glaciar. (REDESMA, 2008).

Estudios realizados han demostrado que el calentamiento del planeta, impactará de manera significativa sobre los glaciares tropicales del planeta, generando su retracción (derretimiento) hasta su desaparición. Dichos glaciares, altamente vulnerables al cambio climático, se encuentran situados en la faja central del planeta, en una distribución del 70% en el Perú, 20% en Bolivia y el 10% en Ecuador, Colombia y en otros países ubicados entre los 30 grados de latitud sud y norte. (PRAA, 2008).

2.15. Impactos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria

El PNCC, (2007) menciona que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer las necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.

El IPCC (2007) menciona que la seguridad alimentaria será probablemente afectada por el cambio climático en sus cuatro vertientes: disponibilidad de alimentos (producción y comercio), acceso a alimentos, estabilidad del suministro alimentario y óptima utilización de alimentos. De entre ellos, la disponibilidad es la más vulnerable ante los cambios del clima debido a su alta dependencia del clima y de la distribución estacional de las precipitaciones.

Por otro lado La FAO, (2007) señala que las acciones de adaptación en agricultura pueden ser autónomas o planificadas, entre las acciones de adaptación están: cambios estacionales de fechas de siembra; diferentes variedades o especies principalmente de ciclo corto a fin de disminuir los riesgos de pérdida antes de la cosecha.

2.16. Entendimiento del cambio climático en Bolivia

Bolivia presenta un nivel de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) muy reducido si se compara con las emisiones mundiales, ya que las mismas representan un 0.027% en el sector energético y 0.37% en el sector del uso del suelo y cambios en el uso del suelo. (PNCC, 2010).

Sin embargo el calentamiento no se manifiesta de igual forma en todas partes, el problema del cambio climático no solo es en los cambios de temperatura atmosférica, sino también en el desequilibrio del sistema climático, como es en la distribución de la precipitación, estacionalidad de las lluvias, viento, sequias, granizadas, heladas. (PNUD, 2010).

Se han observado aumentos de la temperatura de aproximadamente de 0.5°C en la región Sudamericana lo que ha generado una aceleración del retroceso de los glaciares y consecuentes impactos sobre la disponibilidad de agua. En Bolivia el retroceso de glaciares se ha acelerado significativamente desde la década de 1980. (IPCC, 2007).

2.16.1. Variaciones en las temperaturas

A partir de observaciones se sabe que la temperatura media mundial en la superficie ha aumentado 0,6 ± 0,2°C en el siglo XX (IPCC, 2001). Además es muy probable que aumenten las temperaturas máximas y mínimas y se presenten menos días de frio y exista una menor variación diaria entre las temperaturas mínimas y máximas, entre otros efectos. También se presentarían cambios en la incidencia de eventos extremos, como heladas y granizadas.

Un estudio realizado por Andersen y Verner, (2009) con la utilización de datos del SENAMHI muestra que en el altiplano boliviano existe una tendencia negativa de la temperatura en los últimos 60 años (enfriamiento) y en la Amazonía y trópicos se encuentra una tendencia positiva (calentamiento). Hay una discusión mundial acerca del calentamiento y del enfriamiento en las últimas décadas. (PNUD, 2010).

2.16.2. Variaciones en las precipitaciones

El calentamiento de las últimas décadas intensifica el ciclo hidrológico a escala mundial, esto significa cambios en los regímenes de precipitación, en su intensidad y en los extremos. En cuanto a las precipitaciones, éstas parecen haber disminuido en el norte de Bolivia, por otro lado en el altiplano norte de Bolivia se habrían incrementado las precipitaciones durante la época seca. (Bates *et al.,* 2008).

El mismo autor señala que un problema práctico es que los cambios en los regímenes de precipitación son muy variables en términos de espacio y tiempo. Hay grandes diferencias entre regiones de un mismo país en el signo de las tendencias. Los escenarios de lo que pueda ocurrir están llenos de incertidumbre. Los cambios en las características de la precipitación (intensidad, cantidad, concentración en periodos cortos) se acompañan de un aumento en los riegos de desastre, por amenazas naturales como sequias, inundaciones, granizo y deslizamiento de tierra.

2.16.3. Efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos

Según el PNCC, (2007) menciona que los cambios climáticos están generando importantes retrocesos en los glaciares como consecuencia del aumento de la temperatura, y por tanto existe disminución en el nivel de caudal de agua en ríos que sirven para riego y para el consumo humano.

Por otro lado el IPCC, (2007) señala que existe la posibilidad de que el aumento de la temperatura atmosférica haya generado un acelerado retroceso de los glaciares, y como consecuencia se tendría impactos sobre la disponibilidad de agua y la generación de energía hidroeléctrica.

Los usos del agua cambiarán por efecto conjunto de alteraciones de la disponibilidad de agua, variación de la demanda de agua del sector agrícola y de otros sectores que competirán por el agua. (IPCC, 2008).

2.16.4. La variabilidad del clima es el mayor problema para los agricultores de hoy

Para FAO, (2006) la variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima es el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaria.

Sin embargo la agricultura no sólo es víctima del calentamiento del planeta. Actualmente la agricultura también es un factor que contribuye a los cambios, y en el futuro podría participar considerablemente en la reducción del cambio atmosférico. Cerca del 25 por ciento de las emisiones de dióxido de carbono proceden del cambio de la explotación agraria, sobre todo de la deforestación y la utilización de fertilizantes nitrogenados producidos por el hombre. (Mendoza, 2007).

2.16.5. Asegurar el agua uno de los mayores retos del cambio climático

Si por efecto del cambio climático las lluvias aumentan o disminuyen hasta en 15% y la temperatura aumenta solo un grado y medio, considerando el incremento de la población y el consumo de agua, para el año 2050 el PNCC pronostica un déficit anual de más de 65 millones de metros cúbicos de agua en la cuenca del Amazonas, más de 680 en la del Plata y más del 609 en la del Altiplano. (PNUD, 2010).

En Bolivia, como en los otros países de América del Sur, es necesario un enfoque transdisciplinario en la gestión de los recursos, para tener una visión más integral y completa del funcionamiento hidrológico de una cuenca y de la influencia que tienen las características físicas sobre ese funcionamiento, es necesario contar con balance hídrico nacional actualizado. (PNUD, 2010).

2.17. Fortalecimiento de sistemas de alerta temprana

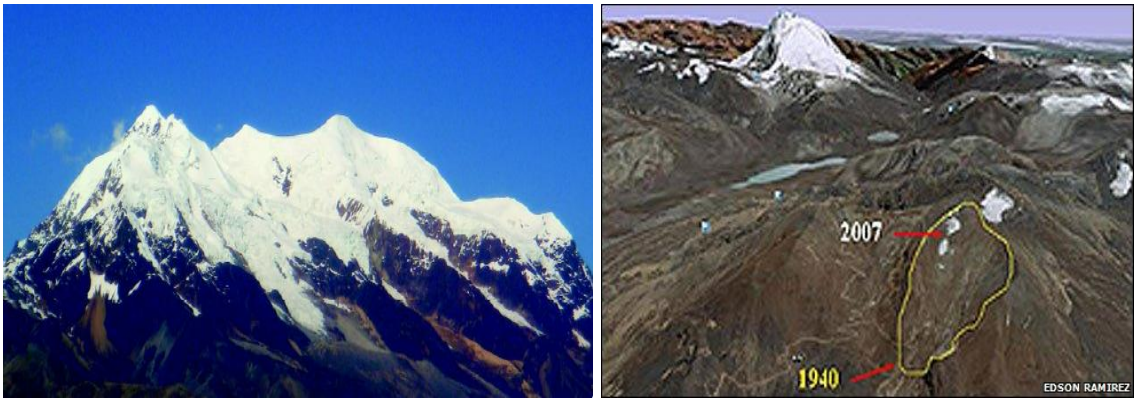
Aunque no sepamos correctamente el impacto del cambio climático, con la disposición de sistemas de observación meteorológica en tiempo real y sistemas de pronóstico con modelo regional, se puede evitar desastre de inundación, granizo y helada, por lo menos con 6 horas de antelación. El sistema de observación meteorológica en tiempo real significa combinación entre radares de doppler que cubren todo el territorio de Bolivia y una red automática. (PNUD, 2010).

2.18. Los glaciares y su estado en Bolivia

Según PNCC, (2007) los glaciares son importantes indicadores del cambio climático, en especial aquellos ubicados por encima de los 4,000 msnm. Por otro lado los glaciares andinos son proveedores de recursos hídricos en regiones de aguas escasas. En América Latina los glaciares están ubicados en la cordillera de Los Andes, 71% en el Perú, 20% en Bolivia, 4% en Ecuador y 4% en Colombia, estos glaciares presentan un retroceso desde los años 70. En Bolivia el nevado Illimani

está sufriendo un deshielo acelerado como consecuencia del calentamiento global, mientras que en el caso del nevado de Chacaltaya solo está quedando una pequeña extensión de nieve. El glaciólogo Edson Ramírez había previsto la desaparición del glaciar Chacaltaya para el año 2015, por lo que su cálculo tuvo un error de en unos seis años.

Ilustración 1. Vista del nevado Illimani y Chacaltaya.



Glaciares afectados por los efectos del cambio climático.

Los glaciares son reservas de agua que abastecen a ecosistemas, a la población y a diversas actividades productivas. La situación de degradación y retroceso, debido a los efectos del cambio climático ha suscitado la preocupación científica y ciudadana por el futuro de los glaciares.

2.18.1. Impactos del retroceso de glaciares en las actividades agropecuarias en los valles altos de Palca.

El impacto previsto en las actividades agropecuarias, debido a la disminución del aporte de recursos hídricos de los glaciares y su capacidad de regulación, se traduce en una reducción en la productividad agrícola, pérdidas de cultivos por heladas más intensas y frecuentes, y aumento en los costos de preparación de los suelos para la siembra. (PRAA, 2008).

Además que las actividades agrícolas no solo se verían afectadas por la retracción de glaciares, sino también por el cambio climático, que se manifestaría en zonas en las cuales se desarrollan actividades agrícolas a secano, ya que éstas son más vulnerables al cambio de los patrones de comportamiento climático en especial al régimen de precipitaciones. (PRAA, 2008).

2.19. Consecuencias del Cambio Climático en Bolivia

Los cambios climáticos, según expertos, serán cada vez más extremos e intensos, es decir que en nuestro país las precipitaciones serán cada vez más intensas en algunas regiones y menos en otras, existirán mayores sequías, inundaciones y deshielos. (PNCC, 2007).

Según PNUD, (2007) de acuerdo al informe mundial sobre Desarrollo Humano del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, el cambio climático causará en Bolivia la desertización del altiplano e inundaciones en la Amazonía. El documento destaca que Bolivia es un país especialmente vulnerable al cambio climático.

Por otro lado el PNCC, (2007) menciona que las emisiones de gases de efecto invernadero, por los países desarrollados desde la era industrial, han producido el calentamiento global del planeta produciendo el retroceso de los glaciares tropicales. Las evidencias del proceso irreversible del retroceso de los glaciares de la cordillera de nuestro país son irrefutables, generando impactos negativos sobre la disponibilidad de recursos hídricos.

Según PNUD, (2011) en Bolivia se ha observado incremento de la temperatura y se prevé cambio en la intensidad y frecuencia de la precipitación en el futuro. Diferentes estudios demostraron que la temperatura en la cordillera tropical andina ha subido entre 0,10° a 0,11° grado/década desde 1939, y el ritmo del calentamiento se está incrementando en estos 25 últimos años (entre 0,32 a 0,34 grado /década).

2.20. Adaptación

PNCC, (2007) define la adaptación como la capacidad que los seres vivos poseen para acomodarse a un determinado medio. Muchas veces las especies de flora, fauna e incluso los seres humanos debemos aprender a responder a las condiciones adversas generados por los cambios climáticos y a los eventos climáticos extremos que se manifiestan en nuestro entorno. Es importante que aprendamos a responder ante los efectos negativos del Cambio Climático y precisamente la adaptación es la mejor manera de hacerlo.

2.21. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere al grado de fragilidad a la que están expuestos los seres vivos bajo condiciones adversas o como resultados de los efectos negativos de los cambios climáticos. Cada país, cada región, comunidad, grupo etc., posee un nivel de vulnerabilidad diferente, ya que los efectos de los cambios climáticos no son los mismos en países de Europa o Asia respecto a los de América. Asimismo, es importante mencionar que la humanidad posee en estos momentos un grado de vulnerabilidad considerable frente a los efectos de los cambios climáticos.

Por tanto, para la determinación de la vulnerabilidad a nivel local es necesario conocer en forma precisa y conjuntamente con los participantes cuales son los factores biofísicos que ocasionan riesgo a la población y cuál es la capacidad de respuesta que tienen las poblaciones ante estos eventos. (PNCC, 2007).

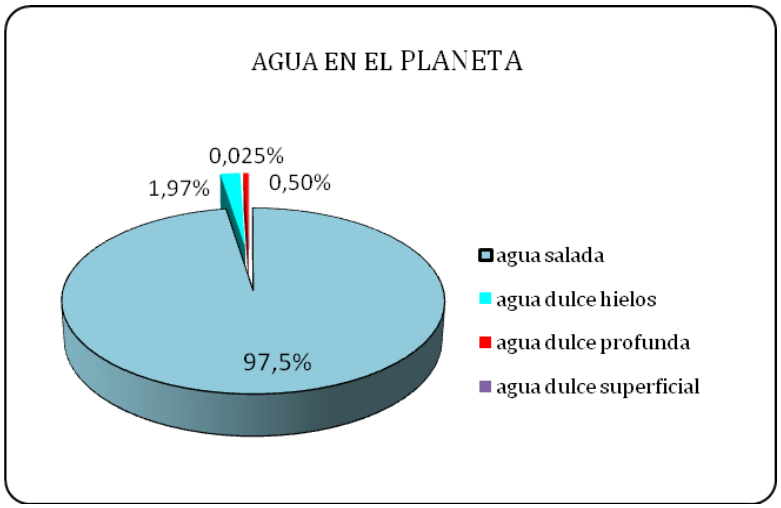
2.22. Reservas de agua dulce en riesgo

El agua es un recurso natural que no tiene sustitutos y es la base fundamental para el desarrollo de la vida en la Tierra. Los glaciares y los casquetes polares son las principales reservas de agua dulce en el planeta. Por lo tanto el calentamiento global pone en riesgo esas reservas de agua. La superficie de agua en el planeta supera

abundantemente a la continental y más del 70% corresponde a mares y océanos, pero esta abundancia es relativa. El 97.5% del total existente en el planeta es agua salada, mientras que solo el 2.5% restante es agua dulce. (IPCC, 2008).

Del porcentaje total de agua dulce casi el 79% se encuentra en forma de hielo permanente en los hielos polares y glaciares. Del agua dulce en estado líquido, el 20% se encuentra en acuíferos de difícil acceso por el nivel de profundidad en el que se hallan (en algunos casos superan los 2000 metros bajo el nivel del mar). Solo el 1% restante es agua dulce superficial de fácil acceso. Esto representa el 0.025% del agua del planeta.

Figura 1.Disponibilidad de agua en el planeta



Fuente: IPCC, 2008.

En Bolivia, el mayor porcentaje de nevados están ubicados en la cordillera real, mismos que por sus características y ubicación estratégica aportan sus recursos hídricos, para el consumo humano, suministro de agua para riego en el altiplano norte y valles altos y actividades pecuarios a orillas del lago Titicaca. (PRAA, 2008).

2.23. Seguridad alimentaria en Bolivia

El PNCC, (2009) menciona que el cambio climático en Bolivia influirá no solo en la capacidad de producción de alimentos, sino también en la reducción de las poblaciones productoras de alimentos por la carencia de oportunidades y pérdidas de la capacidad productiva. A esto se suma que la población crecerá, y por lo tanto la demanda alimentaria, en contraposición con la disminución de la capacidad productiva alimentaria, lo que provocaría un desbalance riesgoso en términos de la inseguridad alimentaria. (Cruz, 2008).

2.24. Metodología de evaluación participativa

Las metodologías participativas han logrado demostrar en los últimos 20 años que es posible rescatar conocimientos valiosos y experiencia de la gente que puede ser puesto en consonancia con un conocimiento más académico y riguroso. Así mismo en estos 20 años, las agencias de desarrollo han logrado construir una biblioteca extensa de manuales, guías y herramientas participativas que son de fácil utilización una vez que se reconocen algunos principios básicos. (MPD, 2005).

2.24.1. Perspectiva participativa

Como se ha mencionado anteriormente, se reconoce que la percepción científica, más aun de las ciencias sociales e interdisciplinarias, está dotada de un carácter subjetivo que se adiciona al objeto al tratar de describirlo. La perspectiva participativa es la conjunción de diferentes puntos de vista que al describir reiteradas veces una misma realidad la van contrastando, triangulando y haciendo más nítida. La suma de muchas subjetividades construye un reflejo de la realidad. (MPD, 2005).

2.25. Riego por superficie

A diferencia de los métodos a presión, al avanzar el agua sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en la parcela y la infiltración de la misma en el perfil del suelo. Este hecho plantea problemas teóricos de gran complejidad para el diseño de los sistemas. La única energía que mueve el agua es la de posición o gravitacional. (FRAG, 1999).

2.25.1. Riego por surcos

El método de riego por surco se realiza haciendo “correr” el agua en pequeños canales o surcos que la llevan a través de toda la parcela. Por medio del riego por surcos, el agua llega hasta las raíces de los cultivos, infiltrándose hacia los lados y hacia el fondo del surco de riego. Este método de riego es el que más se aplica en la agricultura, y la nivelación del terreno es el punto clave para que el agua corra sin dificultad, sin encontrar obstáculos en su recorrido, pero sin causar erosión. (FRAG, 1999).

Según Peñaranda, (2003) este método es el más practicado en nuestro país desde tiempos inmemoriales, consiste en conducir el agua desde la obra de toma por un canal principal hasta las tierras a ser regadas, en los cuales se encuentran abiertos los surcos por donde correrá el agua de riego. En general cuanto más poroso el suelo y mayor su declive, menor debe ser el espacio entre surco y surco, a fin de economizar el agua y evitar el escurrimiento de la capa superior del suelo.

El mismo autor indica que el riego por surcos es propenso a la erosión, circunstancia que depende de la pendiente del suelo, la textura y la velocidad del agua dentro del surco. Si se observa erosión se debe disminuir el caudal del agua que se aplica.

2.25.1.1. Ventajas del sistema de riego por surcos

- Es un sistema sencillo que no necesita inversiones de equipos para aplicar agua a la parcela.

- Las plantas, por estar sembradas sobre el camellón, no se mojan, con lo que se evitan ciertas enfermedades, aunque con las plantas rastreras algunas hojas pueden llegar a tocar el terreno húmedo.

- Este tipo de riego no interrumpe las demás labores del cultivo.

- Con el trazado de curvas de nivel se reduce el peligro de erosión.

- Se maneja el agua en distintos niveles, la distribución en niveles facilita el control del agua.

- Mayor retención de agua en los surcos.

- Los surcos de cabecera pueden ser acondicionados a un costado o al centro de la parcela dependiendo de la experiencia y destreza del regante.

2.25.1.2. Desventajas del sistema de riego por surcos

- Una gran cantidad de agua se pierde por evaporación.

- En los suelos arenosos no se puede usar este tipo de riego, ya que se pierde mucha agua, porque se infiltra rápidamente.

- La lentitud en el riego y el uso elevado de mano de obra para nivelar el terreno o trazar curvas de nivel, aumentan los costos de producción. (FRAG, 1999).

2.26. Análisis de la calidad de agua

En los estudios de desarrollo y manejo de cuencas es importante el análisis de la calidad de agua, para conocer el grado de contaminación de este recurso y tomar las medidas del paso para su uso, ya sea por parte de la población, en la agricultura, ganadería etc.

La calidad de agua de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que pueda tener, ya sea en solución o suspensión. La calidad de agua de riego determina el tipo de cultivo a sembrar y el tipo de manejo que debe dársele al suelo. (Luque, 1987).

2.26.1. Parámetros que determinan la calidad de agua para riego

Según Fuentes, (1998) las características que determina la calidad de agua de riego son: la concentración de sales solubles, la concentración relativa de sodio, la concentración de boro u otros elementos tóxicos, la concentración total de sólidos en suspensión, la presencia de semillas de malezas, larvas o huevos de insectos, la dureza del agua, determinada por la concentración de bicarbonatos.

2.26.1.1. Concentración total de sales solubles

La concentración total de sales solubles en el agua de riego se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), la misma que puede determinarse en forma rápida y precisa. En forma general, el agua usada en el riego tiene una C.E. normalmente menor de 2000 a 2250 mmhos/cm, Una conductividad eléctrica del agua de riego menor de 750 mmhos/cm, es considerada como satisfactoria. Agua de riego con una conductividad eléctrica mayor a 2250 mmhos/cm, ocasiona una sustancial reducción en los rendimientos de muchos cultivos salvo se aplique abundante agua de riego y el drenaje subterráneo de los suelos sea adecuado.

Tabla 3. Concentración de sales solubles.

Clase de agua	Límites de C E x 10	Características
CLASE I	0-0,75 mmhos	Apta, sin inconvenientes
CLASE II	0,750-1,750 mmhos	Crea problemas en los cultivos si falta drenaje
CLASE III	1,750-3,000 mmhos	Drenaje necesario; se acepta en cultivos tolerantes
CLASE IV	3,000-5,000 mmhos	Requiere muy buen drenaje y solo para cultivos muy tolerantes
CLASE V	5,000 a más mmhos	Totalmente inapropiada para riego

Fuente: Luque, 1987.

2.26.1.2. Concentración relativa de sodio

Junto con el conocimiento de la concentración total de sales, es de gran utilidad el conocimiento de la proporción relativa de sodio y cationes divalentes en el agua de riego, por su efecto sobre la dosificación del suelo.

El sodio tiene un efecto dispersante al ser intercambiado por los coloides del suelo debido a su alta capacidad de hidratación. La estructura de un suelo que ha sufrido dispersión por efecto del sodio se ve alterada con diferentes grados de intensidad, sellándose ya sea total o parcialmente la superficie del suelo, creándose por lo tanto inapropiadas condiciones para su adecuado desarrollo de los cultivos y afectando consecuentemente sus rendimientos.

Según Luque, (1987) la presencia de cierto contenido de Na, a partir de un determinado límite, actúa no solo sobre la calidad del agua en sí, sino también sobre sus efectos, sobre todo en lo que se refiere a la modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Un indicador de la concentración relativa del sodio es la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), expresado como:

$$\mathrm{RAS} = \frac{\mathrm{Na}}{\frac{\mathrm{Ca} - \mathrm{Mg}}{2}}$$

Na, Ca, Mg, representan la concentración de sodio, calcio, y magnesio expresada en mili equivalentes por litro.

2.26.1.3. Concentración de Boro

El boro se halla presente en el agua de riego en concentraciones que varían desde trazas hasta varias partes por millón. El boro es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, convirtiéndose en un elemento toxico cuando excede un nivel óptimo, el mismo que se considera entre 0.03 a 0.04 ppm para la mayoría de los cultivos. La tolerancia de los cultivos es variada.

Según Luque, (1987) aunque en la mayoría de los casos en mínima proporción, el *boro* aparece en casi todas las aguas naturales, aplicadas o no al riego.

Tabla 4. Clasificación del agua por su contenido de boro

Grado en la clasificación	Para cultivos		
	Sensibles (ppm)	Semitolerantes (ppm)	Tolerantes (ppm)
I. Excelente	Menos de 0,33	Menos de 0,67	Menos de 1,00
II. Buena	de 0,33 a 0,67	de 0,67 a 1,33	de 1,00 a 2,00
III. Permitida	de 0,67 a 1,00	de 1,33 a 2,00	de 2,00 a 3,00
IV. Dudosa	de 1,00 a 1,25	de 2,00 a 2,50	de 3,00 a 3,75
V. Inaceptable	Más de 1,25	Más de 2,50	Más de 3,75

Fuente: Luque, 1987.

2.26.1.4. Dureza

Según Peñaranda, (2003) el grado de dureza del agua hace referencia a sus contenidos en calcio y magnesio. Su resultado se expresa en grados hidrométricos franceses. En general, las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos. Sin embargo su uso está muy indicado en la recuperación de suelos sódicos.

La dureza del agua es un concepto que viene aplicándose desde hace mucho tiempo para caracterizar las aguas que presentan sales de calcio y de magnesio, las cuales crean una condición especial. La mayor parte de las sales de Ca y Mg están como bicarbonatos y sulfatos, algunas veces como cloruros y nitratos. (Luque, 1987).

2.27. Cultivo de lechuga

2.27.1. Origen

Originaria de Asia, probablemente procede de Asia menor. Existen pinturas que representan a esta hortaliza en una tumba de Egipto que data del 4500 a. de c. La lechuga tipo cabeza empezó a aparecer hacia el año 1500 de nuestra era. La lechuga procede de la especie silvestre *Lactuca scariola L*., clasificada como maleza y difundida ampliamente en el centro y sur de Europa, así como en Rusia. Se cultiva casi en todo el mundo en climas fríos como planta medicinal y como verdura. Para consumirla en ensaladas, en platos fríos o como adorno de platos especiales, no se le permite florecer.

2.27.2. Requerimiento climático de lechuga

Las semillas de lechuga comienzan a germinar a temperaturas de 2 a 3°C, siendo la óptima de 20 a 25°C en el suelo, en el cual pueden emerger las plántulas a los 4 o 5 días. El rango de temperatura para su desarrollo es de 13 a 25°C, siendo la óptima entre 16 y 22°C.

2.27.3. Suelo y fertilización

La adaptación de esta hortaliza a diferentes tipos de suelos es muy amplia, desde arenosos hasta arcillosos, contemplando también los orgánicos; sin embargo se menciona que el mejor desarrollo se obtiene en suelos franco-arenosos con suficiente contenido de materia orgánica y buen drenaje.

Según la FAO, (2006) establece la siguiente tabla de duración de fases y coeficientes de cultivo para lechuga.

Tabla 5. Duración de etapas y coeficientes de cultivo.

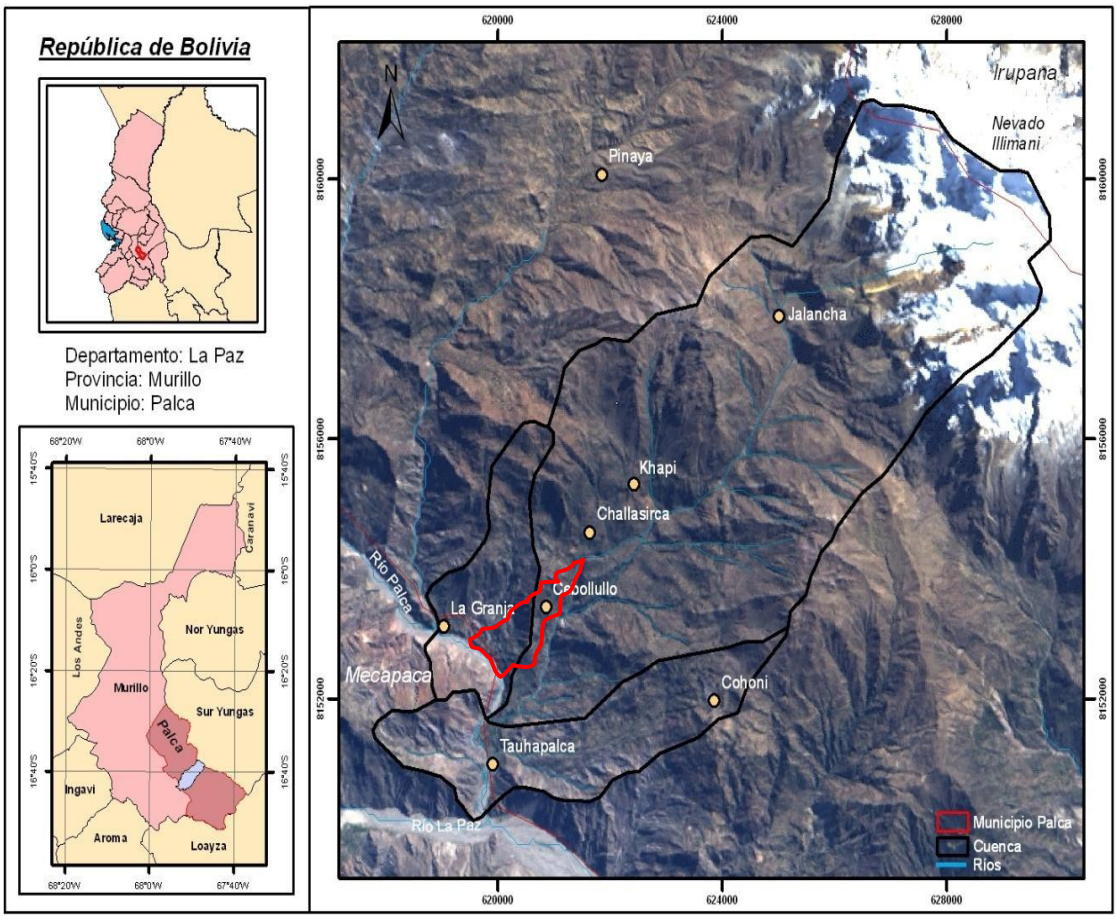
Cultivo de Lechuga	Fase inicial (días)	Fase desarrollo (días)	Fase media (días)	Fase final (días)
Fases	20 – 35	30 – 50	15 – 45	10
Kc	0.45	0.6	1	0.9

Fuente: FAO, 2006.

3. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad Cebollullo perteneciente al cantón Cohoni, del municipio de Palca, provincia Murillo del departamento de La Paz. Está geográficamente ubicada entre las latitudes 16°41’33,7’’-16°42’46,2’’ Sur y longitudes 67°51’43,2’’-67°52’19.4’’ Oeste. Tiene una temperatura media mensual de 19°C, una precipitación anual de 288 mm y se encuentra a una altitud de 2700 m.s.n.m. y aproximadamente a una distancia de 76 Km de la ciudad de La Paz. (Elaboración propia con datos de proyecto Illimani).

3.1. Ubicación geográfica



Fuente: Agua Sustentable.

3.1. Descripción de la zona de estudio

3.1.1. Límites

La comunidad donde se realizó el estudio tiene su colindancia con las siguientes comunidades: al este limita con la comunidad Cachapaya, al norte con la comunidad Challasirca, al oeste con la comunidad La Granja y al sur con las comunidades La Glorieta y Tahuapalca, todas esta comunidades pertenecen al Municipio de Palca. (PDM, 2007).

3.2. Aspectos físicos naturales

3.2.1. Descripción fisiográfica y suelos

Los suelos de la comunidad están formados por un complejo de serranías altas y rocosas con pequeñas inclusiones de llanuras, pie de monte y por lo general cubiertos de vegetación natural en la parte alta de la comunidad y en la parte baja casi ya no existe esta vegetación debido a la intensa actividad agrícola. Estos suelos son poco profundos. (PDM, 2007).

3.2.2. Topografía

La topografía de la comunidad generalmente presenta pendientes muy pronunciados, existe también áreas con planicies en donde se hace el uso de maquinaria agrícola, pero aún en estas pendientes se practica agricultura intensiva como la producción de hortalizas. (PDM, 2007).

3.3. Clima

El clima de la comunidad es templado, el lugar tiene características de valle, lo cual hace que el clima sea favorable para la producción agrícola. (PDM, 2007).

3.3.1. Temperatura

La temperatura de la comunidad corresponde a un clima templado. (PDM, 2007). Según el registro de datos de temperatura de las estaciones meteorológicas instaladas se tiene que noviembre es el mes más cálido con una temperatura máxima mensual de 27.7°C, y junio como el mes más frio del año con una temperatura mínima mensual de 6.1°C. (Elaboración propia con datos de proyecto Illimani).

3.4. Hidrografía

La comunidad Cebollullo tiene como fuente principal de abastecimiento de agua para riego y consumo animal al rio Sajuaya que tiene su origen en la parte baja del nevado Illimani, el agua es de origen glacial. Para consumo humano se hace la captación de vertientes existentes en la región y que es transportado a través de tuberías hasta los hogares de cada familia. (PDM, 2007).

3.5. Humedad relativa

La humedad relativa promedio año es del 47%, los meses con mayor humedad relativa están entre diciembre a marzo época en que las precipitaciones son más frecuentes y con mayor temperatura media generando que la humedad relativa promedio se incremente al 56%. (PDM, 2007).

3.6. Riesgos climáticos

Los principales problemas físicos naturales que afectan al área de estudio, son las: heladas, granizada, sequia, vientos fuertes, exceso de lluvias.

Las heladas según el diagnóstico rural participativo se presentan en los meses de mayo a septiembre, aunque en los últimos años se observó heladas en los meses de

noviembre, siendo los meses con mayor presencia de heladas junio a agosto. La granizada se presenta en los meses de diciembre a febrero, ocasionando considerables pérdidas en la producción agrícola. (PDM, 2007).

3.7. Vegetación

La vegetación de la comunidad presenta una diversidad muy amplia de especies, principalmente existe la presencia de vegetación mixta de estratificación arbórea, arbustiva, herbácea y rastrera, identificándose también la existencia de pequeñas superficies de humedales. La vegetación en la comunidad es afectada de muchas maneras tal es el caso de la agricultura intensiva y la quema de vegetación herbácea y rastrera y el uso de agroquímicos como causa de la desaparición de algunas especies vegetales. (PDM, 2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Materiales de campo

Los materiales que se utilizaron en campo fueron: barreno en forma de T, bolsas plásticas para las muestras de suelo, tablero de campo, cuaderno de apuntes, regla de 30 cm. cronómetro, pala, pico, martillo, destornilladores, clavos de 2”, baldes de agua, alambre tejido, bolígrafos, lápices, marcadores, cinta métrica de 5 y 50 m, cilindros infiltrómetros, recipientes plásticos para las muestras de agua.

4.1.2. Materiales de escritorio

Hojas de papel bond, lápices, bolígrafos, marcadores, cuaderno, cinta adhesiva, tablero, papelógrafos.

4.1.3. Materiales de gabinete

Computadora, imágenes satelitales, calculadora, programa “ETo calc” (FAO, 2006), memory stick flash, internet.

4.1.4. Equipos

Para el registro de la variación de caudal que fluye por una determinada sección en este caso de los canales de riego de la comunidad se utilizó el molinete o correntómetro para el aforo de canales de riego y de la parcela en seguimiento.

El secado de las muestras de suelo se realizó en una mufla con aireación (Industria Ingeniería y Control Ambiental, Cochabamba, Bolivia), de una capacidad de 1000 dm^3 y una variación de temperatura hasta los 105 ºC.

Para el peso de muestras de suelo (humedad gravimétrica) se utilizó balanzas electrónicas con una precisión de dos decimales.

Para conocer la superficie cultivable de la comunidad se utilizó el GPS (Sistema de posicionamiento global), con el cual se delimitó todas las parcelas, logrando obtener la superficie total cultivable.

Las entrevistas a los agricultores sobre la percepción del cambio climático se realizaron con la ayuda de una grabadora. La cámara fotográfica se utilizó para tomar fotografías de los cultivos en seguimiento en las diferentes fases fenológicas.

4.2. Metodología

4.2.1. Trabajo de campo

El desarrollo de la investigación se realizó bajo un enfoque altamente participativo, en donde se aplicó instrumentos y técnicas para la obtención de información con plena participación de los agricultores de la comunidad, quienes proporcionaron información de primera necesidad para el presente trabajo de investigación.

4.2.1.1. Identificación de las zonas de la comunidad

La identificación de las diferentes zonas de la comunidad se realizó mediante la observación visual, en donde se determinó que existen tres zonas diferenciadas en lo que es la producción agrícola. Las condiciones climáticas varían notablemente en estas zonas, lo cual incide sobre los rendimientos y el ciclo de los cultivos.

Se identificó el sistema de riego que se practica en la comunidad, la infraestructura de los canales de riego, la forma de distribución de agua entre los usuarios. La fuente de origen de agua y la forma de captación desde el cauce principal de la cuenca en este caso el rio Sajuaya.

4.2.1.2. Instalación de estaciones meteorológicas

Inicialmente se realizó la instalación de estaciones meteorológicas para el registro de datos de temperatura y precipitación principalmente, en la comunidad se instaló tres estaciones meteorológicas en lugares estratégicos, dos estaciones HOBO y una estación meteorológica DAVIS. Las estaciones HOBO fueron diseñadas para registrar los siguientes datos:

- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Precipitación

En cambio la estación meteorológica DAVIS registra:

- Temperatura máxima (°C)
- Temperatura mínima (°C)
- Precipitación (mm)
- Radiación solar
- Velocidad de viento. (Km/h)
- Humedad atmosférica (%)
- Dirección del viento

4.2.1.3. Técnicas de recolección de la información

Los instrumentos y técnicas empleadas en el trabajo de investigación fueron los siguientes: observación directa, talleres participativos, mapas parlantes, encuestas y entrevistas.

4.2.1.3.1. Observación directa

Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando los acontecimientos pertinentes y según el problema que se estudie. Esto se llevó a cabo en la fase de campo, que ayudaron a tener mejores criterios de análisis de los resultados. Sequeira, 1997.

4.2.1.3.2. Encuestas

Es un método de recolección de datos por medio de preguntas, cuyas respuestas se obtienen en forma escrita u oral. Es un método que estudia determinados hechos por medio de los objetivos expresan sobre ese caso. (Sequeira, 1997).

Se realizó encuestas a personas como informantes clave de la comunidad. Para conocer y tener mayor información sobre el tema de investigación, el uso de encuestas fue fundamental en el marco de la investigación participativa. La metodología de las encuestas se aplicó con preguntas abiertas, de esta manera se obtuvo respuestas que satisfacen los objetivos de la investigación.

- Funciones del presidente de riego
- Sanciones a infractores en el uso de agua para riego
- Variación de la oferta de agua hace 20-30 años atrás del nevado Illimani**.**
- Medidas preventivas en la época de escasez de agua para la agricultura
- Formas de preparación del suelo en la comunidad.
- Uso de fertilizantes
- Formas de cooperación en el trabajo rural
- Principales plagas de importancia económica
- Cultivos de importancia económica hace 20-30 años
- Fuente de ingresos económicos actualmente.
- Principales mercados para la venta de los productos
- Uso de indicadores naturales en las predicciones del clima

4.2.1.3.3. Entrevistas a los agricultores

Se realizó entrevistas a los agricultores de la comunidad con la finalidad de enriquecer la información obtenida con las encuestas y talleres. Las entrevistas se realizaron con la ayuda de una grabadora y en las mismas parcelas donde se encontraban los agricultores.

- Percepción de los agricultores sobre el incremento de las temperaturas y los impactos en la agricultura.
- Percepciones sobre el impacto del cambio climático
- Identificación de estructura organizativa
- Cambios en los cultivos
- Incremento de las temperaturas
- Ocurrencia de eventos extremos
- Variación en las estaciones del año
- Presencia de plagas
- Acelerado retroceso del nevado Illimani
- Cambios en el uso de fertilizantes

4.2.1.3.4. Talleres participativos

Se realizaron talleres participativos con los agricultores de la comunidad, la finalidad de los talleres fueron para recabar información. Por otro lado en los talleres se logró conocer la percepción de los agricultores sobre el cambio climático y las medidas de adaptación frente a los cambios del clima. La metodología fue la intensa participación de los actores locales (agricultores), quienes manifestaron los cambios observados en los fenómenos climatológicos durante los últimos años y sobre todo la ocurrencia de los eventos extremos como la granizada, heladas, vientos fuertes y sequía que está causando grandes pérdidas en la producción.

Los talleres también ayudaron a tener un ambiente de confianza con los agricultores y de esta forma se logró recopilar la información necesaria en el presente trabajo de investigación.

4.2.1.3.4.1. Mapas parlantes

En los talleres los mapas parlantes fueron de gran importancia, porque a través de estos se logró conocer: el cambio de uso de suelo, cambio de cultivos con relación hace 20 a 30 años atrás, las superficies cultivadas con riego, las áreas con vegetación natural y los límites de la comunidad entre otros. Con la elaboración de los mapas parlantes se alcanzó a conocer como era hace 20 a 30 años atrás la actividad agrícola en la comunidad y en qué medida cambiaron o no hubo cambios.

4.2.1.3.4.2. Ocurrencia de eventos extremos en la comunidad

En los talleres se realizaron dinámica de grupos con los agricultores, en donde todos los participantes presentes según su criterio marcaron con una ficha en el evento climático que representó cambios observados en los últimos años. Los fenómenos climatológicos que presentaron cambios fueron:

- Granizada
- Heladas
- Vientos fuertes.

4.2.1.4. Identificación de los cultivos principales

Las condiciones climáticas de la comunidad presentan características de valle, ésta característica favorece altamente en la producción de hortalizas entre ellos el cultivo de lechuga como el más predominante. De esta manera el cultivo de lechuga es el más importante para los productores porque representa mayores ingresos económicos. Se contactó con uno de los productores representativos (productor tipo)

para realizar el seguimiento al cultivo de lechuga desde el almácigo hasta la cosecha mismo principalmente en lo que es la aplicación de riego durante el ciclo del cultivo.

4.2.1.5. Implantación de la parcela de evaluación

La implantación de la parcela de lechuga en seguimiento se realizó desde la preparación del terreno hasta la cosecha. Se hizo un seguimiento riguroso en la aplicación de riego como el objetivo principal del seguimiento, realizando aforos y mediciones en las diferentes fechas que se aplicaron el riego a la parcela. La determinación de la superficie del cultivo de lechuga se realizó con la ayuda del GPS.

4.2.1.5.1. Almacigado

Para el almácigo de lechuga, la preparación del terreno se realizó faltando un mes, las herramientas utilizadas para la preparación del suelo son picos y rastrillos. Para la parcela de lechuga que se evaluó, la cantidad de semilla almacigada fue de 1.25 onzas. La variedad de semilla de lechuga que más utilizan en la comunidad es la gigante. El tiempo de almacigado es durante un mes. La aplicación de riego al almácigo es por gravedad, en donde el agua ingresa libremente a la superficie por un determinado tiempo y la frecuencia de riego fue dos veces a la semana.

4.2.1.5.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno para el trasplante de lechuga se realizó con maquinaria (tractor) que consiste en un roturado o remoción y su posterior desterronado y nivelado, todas estas actividades se realizaron con el tractor. Esta actividad se realizó con dos semanas de anticipación al trasplante, es importante mencionar que algunos agricultores realizan el trasplante de lechuga a pocos días de haber preparado el terreno, y se debe a la intensa actividad agrícola en la comunidad, razón por el cual no existe el descanso de parcelas por tiempo más prolongado.

Como actividades complementarias en la preparación del terreno, la mano de obra del agricultor es imprescindible al momento de tener un buen desnivel en la parcela para que en el momento de la aplicación de riego la distribución sea uniforme.

4.2.1.5.3. Surqueado

Esta actividad es muy importante, porque el éxito de lograr un riego homogéneo depende de una buena apertura de surcos. El diseño de surcos que se practica en la comunidad es el de zigzag. La actividad requiere de mucha práctica para lograr surcos que tengan una distancia homogénea y un buen desnivel para que el agua se desplace con uniformidad. La distancia entre surcos fue de 45 centímetros y la superficie de la parcela fue de 1134 metros cuadrados.

4.2.1.5.4. Trasplante

El trasplante se realizó después de que se concluyó con la apertura de surcos, esta actividad se realizó manualmente. Cada planta de lechuga se colocó a una distancia de 30 centímetros y entre surcos de 40 centímetros y la profundidad de trasplante fue de 8 cm. La apertura de los orificios en los surcos para los plantines se realizó con la ayuda de una herramienta de madera (estaca) elaborado por los agricultores específicamente para la actividad de trasplante.

4.2.1.5.5. Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron en la parcela en seguimiento fueron:

a) **Deshierbe**

El deshierbe es una de las actividades que determina el éxito de la producción. En la parcela el deshierbe se realizó a los tres semanas del trasplante porque las condiciones climáticas y la humedad son favorables en la germinación de otra

vegetación no deseada en la parcela, lo cual implica una competencia de nutrientes y agua con el cultivo principal. Se realizó la aplicación de riego un día antes al deshierbe para humedecer el suelo. Las herramientas que se utilizan para el deshierbe son los chontillos y azadones en algunos casos.

Durante el ciclo del cultivo se realizó el deshierbe en dos oportunidades, de esta manera controlando otra vegetación dentro del cultivo.

b) Aporque

Otra de las labores culturales es el aporque, en el cultivo de seguimiento se realizó en dos ocasiones con la finalidad de aireación del suelo y acelerar el desarrollo de las plantas. La herramienta utilizada para esta actividad son los chontillos. Para facilitar el trabajo humano se aplicó riego a la parcela un día antes al aporque, con lo cual el suelo estaba en condiciones adecuadas de humedad para ser trabajada.

c) Aplicación de fertilizantes

El tipo de fertilizante que utilizan en la comunidad para la producción agrícola es de origen químico, específicamente es la urea y fosfato, estos dos fertilizantes fueron aplicados al cultivo en seguimiento en dos ocasiones durante el ciclo productivo.

En cuanto se refiere a los abonos naturales, los agricultores afirman que incorporan a las parcelas cada cuatro años o en más tiempo. La poca disponibilidad de abonos naturales y en cantidades deseables en la región hace que no sean incorporados en el suelo con frecuencia. Los abonos químicos son adquiridos de la ciudad de La Paz con un costo de 200 Bs el quintal de urea y 250 Bs el quintal de fosfato. La primera aplicación de estos fertilizantes se realizó en el primer aporque y la segunda en el k’awa (segundo aporque) en el cultivo de lechuga en seguimiento.

d) Fumigado

El control de las plagas se realiza mediante fumigaciones con productos químicos, en la parcela de lechuga en seguimiento se aplicó fumigaciones en tres ocasiones, los productos químicos utilizados fueron: ridomil, tamaron, lección, todoron y guapu, cada uno de estos productos en diferentes cantidades, la preparación y mezcla se realizó en una mochila de 20 litros de agua. Adicionalmente se aplicó azufre al cultivo de lechuga en una cantidad de 2 arrobas, este producto utilizan para controlar el ataque de los pulgones.

4.2.1.5.6. Cosecha

La cosecha se realizó en tres oportunidades porque la formación de cabezas en la lechuga no fue uniforme. La primera cosecha se realizó a los 85 días del trasplante de lechuga, la segunda cosecha a los 95 días y la última cosecha se realizó a los 105 días del trasplante. En la última cosecha se recoge las lechugas que tardaron en formar las cabezas y representa una pequeña parte de toda la producción.

La categorización de las lechugas en primera, segunda y tercera se realizó en la misma parcela. En la cosecha de lechuga se utilizó cuchillos y en algunos casos hoces para el corte de las cabezas de lechuga.

4.2.1.6. Aplicación de riego en la parcela de evaluación

El riego en la parcela es controlado por el agricultor para evitar el escurrimiento al final de los surcos. La aplicación de riego generalmente es por las mañanas y tardes, pero los agricultores mencionan que es mucho mejor regar durante las horas de la noche porque las altas temperaturas durante el día hacen que el agua se caliente y de esta forma provoca pudrición y posterior muerte de las plantas de lechuga, además de que el suelo se seca más rápido.

4.2.1.6.1. Aforo de los riegos en la parcela

El control de la aplicación de riego a la parcela en seguimiento se realizó mediante aforos con el molinete y a través de métodos volumétricos.

4.2.1.6.1.1. Método volumétrico

Este método consiste en determinar el tiempo que tarda una corriente de agua en llenar un recipiente de volumen conocido. En este caso se realizó las mediciones de la cantidad de agua que ingresa a la parcela de lechuga en un determinado tiempo, utilizando un balde de 15 litros y un cronómetro para estimar el tiempo en que el balde se llena de agua. Posteriormente se realizó los cálculos necesarios para conocer la cantidad de agua que se aplicó ese día al cultivo.

2.1.6.1.2. Método del molinete o correntómetro

Este método se fundamenta en la expresión Q = S x V, pero en este caso la velocidad se puede determinar en distintos puntos trabajando sobre la misma sección transversal S con un aparato que se denomina molinete hidrométrico. Este es un equipo que contabiliza las revoluciones que efectúa la hélice al ser sumergida en una corriente de agua.

La ecuación de calibración es:

$$\mathbf{v = 0.000854 * C + 0.05\ (m/s)}$$

En donde:
v = velocidad (m/s)
C = área de la sección (m^2)

4.2.1.7. Frecuencia de riego

Según los agricultores de la comunidad afirman que en los últimos años el riego a los cultivos es más frecuente con relación hace 20 a 30 años atrás. Este aumento en la frecuencia de riego lo atribuyen al incremento de las temperaturas que se ha observado durante los últimos años, lo cual ocasiona la pérdida de humedad en el suelo con mayor rapidez, por tanto, la demanda de agua para la agricultura es cada vez mayor.

4.2.1.8. Método de riego en la parcela

El método de riego que se practica en la comunidad y en la región es por surcos, este método de riego es favorecido de gran manera por las condiciones topográficas de la comunidad. Por otro lado el diseño de los surcos en zigzag evita en alguna forma la erosión de las partículas del suelo.

4.2.1.9. Aforo de los principales canales de riego en la comunidad

La comunidad cuenta con tres principales canales de riego. Para conocer el volumen de agua que ingresa a la comunidad se realizó el aforo de estos canales durante el tiempo de permanencia en campo. La variación de caudal de agua que fluye por el canal de riego durante el día se estimó tomando datos del canal aforado en un día. El método utilizado para este fin fue el del correntómetro o molinete.

4.2.1.10. Extracción de muestras de suelo de la parcela

La extracción de muestras de suelo de la parcela en seguimiento se realizó con la ayuda del barreno en forma de T en intervalos de siete días, es decir una vez a la semana. La extracción se realizó a diferentes profundidades de 10, 20 y 30 centímetros para conocer la variación de humedad en el suelo. Posteriormente se efectuó el pesado de estas muestras en una balanza de campo.

4.2.1.11. Estudio de suelos

Para conocer las propiedades físicas del suelo se realizó la apertura de calicatas en las parcelas. Se utilizó pico y pala para la apertura de la calicata, la profundidad de la misma fue de 1 metro y el ancho de 1 metro. El estudio de horizontes del suelo se realizó mediante la observación visual.

4.2.1.12. Pruebas de infiltración

Después de la cosecha de lechuga se realizó la prueba de infiltración en la misma parcela. Para esto se utilizó cilindros infiltrómetros o anillas de infiltración, cronómetro, regla metálica, tablero de apuntes.

4.2.2. Trabajo de gabinete

4.2.2.1. Delimitación de la comunidad

En base a imágenes satelitales con los que cuenta el proyecto se realizó la delimitación de la comunidad Cebollullo, el uso del paquete arc view fue fundamental para este trabajo.

4.2.2.2. Determinación del cambio de uso de suelo en la comunidad

La estructura de las parcelas de riego en el tiempo se determinó a través de imágenes aéreas 1954 e imágenes Satelitales IKONOS 2009. En donde la diferencia es notable, es decir, el uso de suelo para las actividades agrícolas desde 1954 con relación a lo que es hoy en día en la comunidad, la frontera agrícola se ha extendido considerablemente.

4.2.2.3. Descripción de la estructura de las parcelas de riego en el tiempo

En las encuestas realizadas a los agricultores afirman que la producción agrícola en la comunidad siempre ha sido bajo riego desde tiempos de la hacienda. Posteriormente se incrementó la superficie cultivada en la comunidad y por ende la demanda de agua fue mayor. Actualmente la oferta de agua se ha reducido por el retroceso del glaciar que alimenta de agua a la cuenca, sin embargo la demanda de agua se incrementa cada vez con el crecimiento de la población y la ampliación de la frontera agrícola por el incremento de las temperaturas.

4.2.2.4. Análisis de la calidad de agua

4.2.2.4.1. Determinación de la calidad de agua de riego

En la evaluación de los recursos hídricos es importante realizar el análisis de agua con el propósito de conocer el grado de calidad y las restricciones que pueda tener en su aplicación, información que permitirá recomendar la aplicación de agua en función a sus propiedades físicas y químicas, para este fin se realizó el muestreo de agua en la comunidad, en donde se evaluó las características físico-químicos de los recursos hídricos superficiales.

La toma de muestras se realizó en el mismo sitio de medición del caudal, el tipo de muestreo que se empleó fue el muestreo puntual propuesta por la OMM, (1994). El procedimiento consistió previamente en realizar la purga del envase, este procedimiento consistió en enjuagar tres veces el envase con agua de muestreo.

El muestreo se realizó en un envase de dos litros, la muestra se tomó de la parte media de la corriente de agua del canal luego se realizó el etiquetado del envase colocando su identificación, lugar, fecha y hora del muestreo.

Las muestras se enviaron al Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN), para un análisis físico-químico, los parámetros que se analizaron se detallan en el siguiente cuadro:

Parámetros evaluados para determinar la calidad de agua de riego

Parámetros	**Unidades**
Sólidos Totales	mg/l
Sólidos en suspensión	mg/l
Sólidos disueltos	mg/l
pH	
Conductividad eléctrica	mS/cm

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características generales de la comunidad

La comunidad donde se realizó el trabajo de investigación presenta características climáticas de valle alto, y se observa la existencia de tres pisos altitudinales, la población lo divide en tres zonas, las características de cada una de las zonas se detallan a continuación:

5.1.1. Zona alta "Uyupata" (2900 m.s.n.m.)

Se caracteriza por tener una amplia vegetación natural de arbustos, plantas herbáceas y vegetación rastrera debido a la topografía accidentada. En la zona aún se cultiva papa en pequeñas superficies de terreno y es netamente para el consumo familiar. La fecha de siembra de este cultivo ha variado en el tiempo (ver cuadro 6) por la introducción de otros cultivos. En la zona el cultivo principal es la lechuga seguido de maíz, perejil y acelga. Se practica agricultura durante todo el año, logrando tres cosechas al año en el cultivo principal.

Otra característica de la zona es la presencia de heladas por los meses de junio – agosto, en este periodo se trabaja con cultivos de ciclo largo como el maíz y papa, en donde los rendimientos disminuyen por las bajas temperaturas.

5.1.2. Zona centro "Warawarani" (2766 m.s.n.m.)

Es la parte central de la comunidad, la temperatura es más elevada que en la zona anterior, los cultivos presentes en la zona se observan en el cuadro 6. En la zona el ciclo de los cultivos es más corto con relación a la zona de Uyupata por las elevadas temperaturas que favorecen el desarrollo de los cultivos, es importante mencionar que el requerimiento de agua de los cultivos es mayor, lo que representa mayor demanda de agua.

La presencia de heladas es menor que en la zona Uyupata, aunque en los últimos años las personas afirman que se han observado heladas con mayor intensidad. A medida que las temperaturas son más elevadas también existe mayor presencia de plagas, por ende mayor uso de agroquímicos, de la misma forma mayor frecuencia de riego.

5.1.3. Zona baja "Cantería" (2370 msnm.)

En la zona la temperatura es aún más elevada que la zona Warawarani, lo cual favorece ampliamente para la producción agrícola. El ciclo de los cultivos se reduce y se obtiene hasta cuatro cosechas del cultivo de lechuga al año, con la desventaja de que existe mayor ataque de plagas a los cultivos y mayor uso de pesticidas, la aplicación de riego es más frecuente y más intensa para mantener una buena humedad en el suelo. La vegetación natural casi ya no existe debido a la intensa actividad agrícola en la zona.

Los cultivos presentes en la zona se observan en el cuadro 6. Es importante indicar que en algunas áreas el cultivo de lechuga está siendo reemplazado por la producción de flores como el gladiolo, según los agricultores, este último muestra buena producción y representa mayor ingreso económico. La zona se encuentra a una altitud de 2370 msnm.

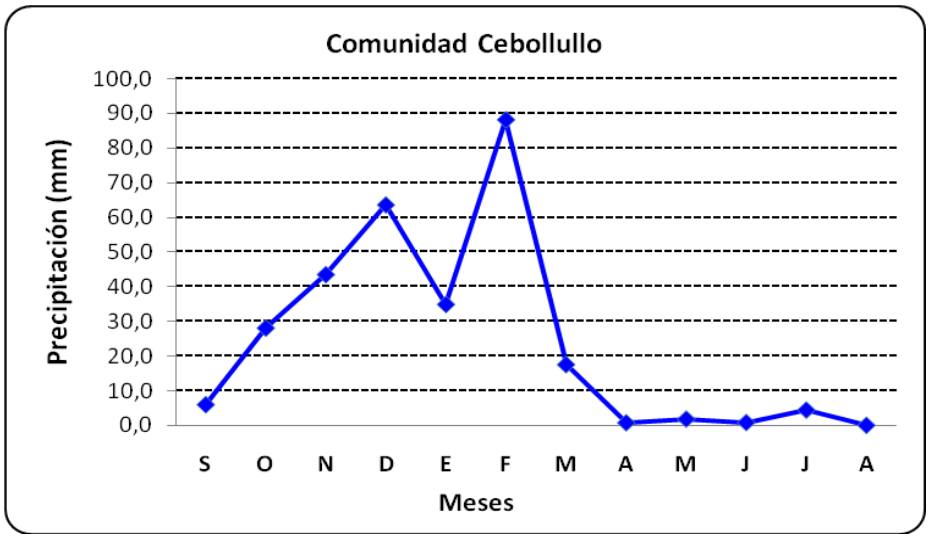
Tabla 6. Cultivos y frutales en las tres zonas de la comunidad.

ZONA	CULTIVOS EN LA ZONA	FRUTALES
Uyupata (zona alta)	Lechuga, maíz, perejil, vainita, acelga, papa	Ciruelo, duraznero, palta, pera, manzana.
Warawarani (zona centro)	Lechuga, maíz, perejil, acelga, tomate, vainita, morrón, cebollín, locoto, gladiolo,	Palta, pera, manzana, higuera, ciruelo, duraznero, limón.
Cantería (zona baja)	Lechuga, maíz, perejil, brócoli, vainita, tomate, acelga, cebollín, flores, repollo, camote	Pacay, chirimoya, peral, higuera, ciruelo, palta y limón.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Comportamiento de las precipitaciones

Figura 2. Comportamiento de la precipitacion en la comunidad



Fuente: Elaboración propia.

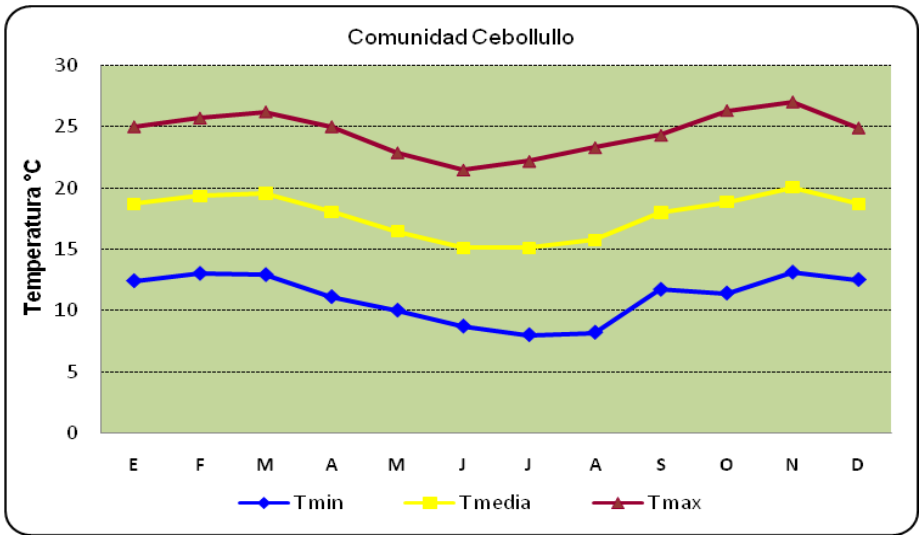
La precipitación anual de la comunidad durante la gestión 2009 - 2010 fue de 288 mm. Las altas precipitaciones se concentran en los meses de septiembre a marzo,

siendo que en el mes de febrero se presentó la más alta precipitación que fue de 88 mm. Es importante indicar que las precipitaciones no son imprescindibles en la comunidad porque la provisión de agua en las actividades agrícolas es a través de riego.

Conforme a las observaciones realizadas por los comunarios, se percibe variaciones en los ciclos climáticos. Generalmente el periodo de lluvias comienza en el mes de septiembre, pero en los últimos años se han observado las primeras lluvias en los meses de noviembre a diciembre, pero este cambio no se verificó en el año de estudio.

5.3. Comportamiento de las temperaturas

Figura 3. Comportamiento de temperaturas gestión 2009-2010



Fuente: Elaboración propia (estación meteorológica HOBO)

El comportamiento de las temperaturas en la comunidad sigue una tendencia típica tropical de valle. Se registró la máxima temperatura en el mes de noviembre con 27°C, y la temperatura mínima se presentó en el mes de julio con 8°C. Las temperaturas mínimas se dan más que todo en la parte alta de la comunidad

(Uyupata) en invierno, en cambio la parte baja de la comunidad presenta temperaturas más elevadas.

En la época de escasez de agua (invierno) las temperaturas son elevadas durante el día, por tanto la pérdida de humedad en el suelo se produce en menos tiempo y la necesidad de aplicar riego se hace elemental, lo que contrasta con el reducido volumen de agua en la época.

5.4. Estructura organizativa de la comunidad

En la comunidad existen autoridades sindicales y autoridades escolares. En la parte sindical la organización está conformada por las siguientes autoridades:

- Secretario general
- Secretario de relaciones
- Secretario de actas
- Secretario de hacienda
- Secretario de agricultura
- Secretario de deportes
- Secretario de conflictos
- Secretario vocal

En la parte educativa existen las siguientes autoridades.

- Un secretario de educación
- Un presidente de junta escolar
- Un junta escolar

El presidente y el junta escolar son autoridades de la comunidad en la parte educativa, su función es el de controlar las actividades educativas y preservar la infraestructura de los ambientes.

En la comunidad existe también la organización de comerciantes, que tienen sus puestos de venta en el mercado Rodríguez y en el mercado de la ciudad de El Alto, esta organización está conformada por hombres y mujeres.

5.4.1. Infraestructura y servicios

La comunidad cuenta con una vertebración caminera que une la ciudad de La Paz con el valle de Rio Abajo, y este camino que no es de asfalto llega hasta el cantón Cohoni, favoreciendo el movimiento y el transporte de los productos hacia los mercados de destino. Sin embargo en la época de lluvias el camino presenta problemas de transitabilidad, lo cual ocasiona la pérdida de los productos agrícolas al no poder llegar al mercado.

5.4.1.1. Educación

La comunidad cuenta con una escuela de formación preescolar desde el nivel pre-básico hasta el sexto curso de primaria, se observaron algunas deficiencias en la infraestructura de las aulas, y en lo que es el servicio sanitario no existe un uso adecuado de las letrinas por parte de los estudiantes. La unidad educativa cuenta con tres profesores que permanecen en la comunidad durante la semana.

La comunidad Cebollullo cuenta con energía eléctrica que beneficia a lo población en cuanto al acceso a la información a través de radio y televisión.

5.4.1.2. Salud

La comunidad no cuenta con un centro de salud que ayude en la atención de necesidades como la provisión de medicamentos. Cuando se presenta alguna enfermedad de gravedad, la persona tiene que viajar hasta la ciudad, lo que representa pérdida de tiempo y dinero para la población.

Existe mucho uso de la medicina tradicional en la comunidad, y muchas de las enfermedades respiratorias son tratadas con medicina local. El conocimiento sobre el uso de la medicina local ha sido transmitido de generación en generación y en la actualidad estos conocimientos han contribuido en la prevención y en el tratamiento de muchas enfermedades.

5.5. Uso de agua en la comunidad

La disponibilidad de agua para la producción agrícola en la comunidad y en la cuenca proviene del deshielo del nevado Illimani. El agua es almacenada en los bofedales existentes en la región y estos proveen de agua a las comunidades circundantes al nevado.

En la región existen vertientes que proveen de agua para el consumo humano, cuya conducción es a través de tuberías plásticas que llegan hasta los hogares de las familias.

La actividad agrícola es el principal sector de consumo de agua en la comunidad; el agua es captada del rio Sajuaya que pasa por la comunidad, y la captación es a través de canales de conducción de agua que llegan hasta las mismas parcelas. El acceso al uso de agua es a través de una organización de regantes de la comunidad que se detalla a continuación:

5.5.1. Organización de los regantes

La organización de regantes fue conformada hace 20 años aproximadamente. Cada zona cuenta con un canal principal de riego, y la autoridad que está a cargo del canal es el presidente de riego. Según los agricultores hasta antes de la conformación de la organización de regantes, el responsable de organizar los trabajos de limpieza y mantenimiento de los canales de riego de toda la comunidad era el secretario de agricultura.

5.5.1.1. Presidente de riego

El presidente de riego es la principal autoridad responsable del funcionamiento de los canales de riego. Esta autoridad es nombrada según la sucesión de lista de regantes de cada zona, por tanto, existen tres presidentes de riego en la comunidad quienes organizan actividades de limpieza y mantenimiento de los canales de riego a su cargo. Estas actividades son ejecutadas por todos los regantes cada año y/o cuando exista la necesidad de realizar la limpieza y el mantenimiento de los canales.

El 24 de septiembre de cada año se realiza la limpieza general de los canales de riego, y la población efectúa un acto ceremonial orientado al abastecimiento de agua que satisfaga a los requerimientos de agua de los cultivos durante el año.

5.5.1.1.1. Funciones del presidente de riego

Las funciones del presidente de riego como la autoridad responsable de un buen funcionamiento de los canales de riego de la comunidad son:

- Distribuir los turnos de riego en la época de escasez según las listas.
- Ejecutar juntamente con todos los regantes la limpieza general anual del canal de riego.
- Supervisar el canal de riego y asegurarse de que se encuentre en condiciones estables.
- Administrar la lista de los agricultores regantes.

5.5.1.2. Distribución de los turnos de riego

Los agricultores sostienen que hace 20 a 30 años atrás, no había la necesidad de ingresar en turnos de riego y la oferta de agua era mayor que en los últimos años. Actualmente con los cambios observados en la reducción de la oferta de agua en la época seca que es por invierno, la necesidad de ingresar en turnos de riego se hace

elemental para una mejor distribución de agua entre los regantes. Esta distribución de turnos es solamente en la época de escasez de agua que generalmente es por los meses de julio a septiembre.

En escenarios en donde existe mayor escasez de agua que se presenta en algunos años, la distribución de turnos inclusive ocurre durante las noches, cuando el horario de ingreso a los turnos es a partir de las seis de la mañana hasta las seis de la tarde, pudiéndose regar libremente en la madrugada y en la noche sin restricción alguna. El tiempo de disponibilidad de agua por turno es de tres horas por agricultor, logrando regar en un día cuatro usuarios regantes. El presidente de riego es quien distribuye los turnos de riego según las listas.

5.5.2. Medidas de sanción por desacato a los turnos de riego

Muchas veces existe el desacato a los turnos de riego asignado, pues el reducido volumen de agua que ingresa a la comunidad en la época de escasez de agua no abastece las necesidades de agua de los cultivos, ocasionando conflictos entre los usuarios. Como una medida correctiva al desacato de los turnos de riego, se aplica al infractor la pérdida de un turno de riego, en otras situaciones dependiendo de la gravedad del caso, la medida consiste en una multa económica de cincuenta bolivianos.

Un agricultor puede solicitar más turnos al presidente de riego, con la condición de aportar con mano de obra equivalente al número de turnos de riego en las actividades de limpieza y mantenimiento del canal de riego y en los trabajos comunales durante el tiempo que dure los turnos.

5.5.3. Origen de agua para riego

El agua que es utilizada en la agricultura tiene su origen en el deshielo del nevado Illimani que constituye la principal fuente de abastecimiento de este vital recurso para

las poblaciones de la cuenca y de las que se encuentran alrededor de este importante glaciar. La cuenca tiene un cauce principal que es el rio Sajuaya y a través de este rio el agua llega a las comunidades.

Los bofedales que existen al pie del glaciar son importantes reservorios de agua que proveen de agua durante la época de escasez.

Existe una gran preocupación por los pobladores que dependen de este importante nevado en lo que es la provisión de agua. En los últimos años el glaciar ha perdido gran parte de su masa de hielo, y si continúa el retroceso al ritmo que muestra actualmente y si las temperaturas siguen aumentando, entonces, en unos cuantos años más, ocasionaría la escasez de agua para el sistema productivo de las comunidades circundantes.

5.5.4. Infraestructura de los canales de riego

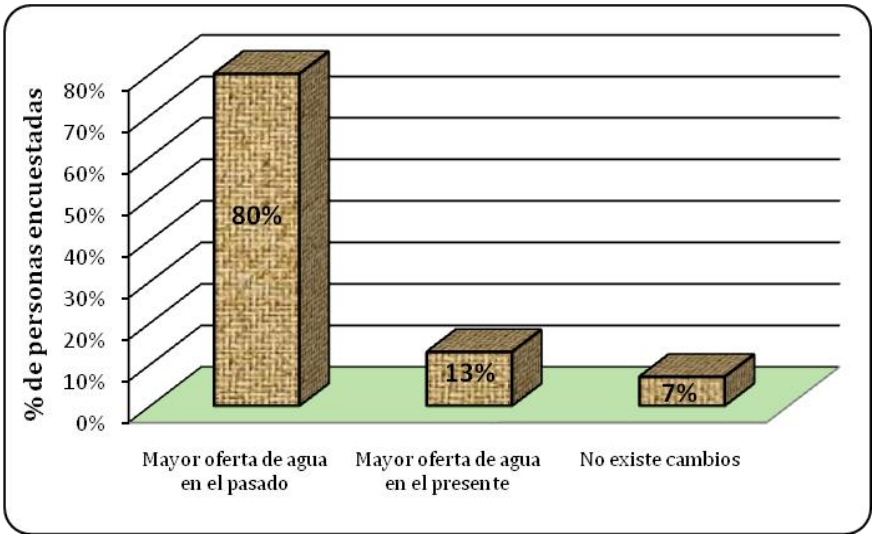
Los canales de riego de la comunidad tienen una infraestructura rústica, generalmente de tierra y en forma de “U”. Algunos tramos son revestidos con cemento. En los últimos años los canales de riego están siendo reemplazados por tuberías plásticas, mejorando de esta manera la eficiencia de conducción desde la toma hasta los canales secundarios.

En época de lluvias los canales de riego son susceptibles al desborde por la infraestructura, la topografía accidentada de la comunidad y por el incremento de caudal de agua; sin embargo el uso de tuberías plásticas disminuye estas dificultades, además que mejora la eficiencia de conducción.

5.5.5. Variación de la oferta de agua en el tiempo

En las encuestas realizadas a la población de la comunidad Cebollullo, se logró conocer los cambios en la oferta de agua en el tiempo. A continuación se presentan los resultados.

Figura 4. Percepción de la variación de la oferta de agua hace 20-30 años del nevado Illimani.



Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

La mayoría de las personas encuestadas afirman que la oferta de agua era mayor hace 20 – 30 años atrás y que no existía los turnos de riego. Otros sostienen que durante los últimos años la oferta de agua manifestó incrementos con relación a unos años atrás, y muy pocas personas encuestadas afirman que no hubo cambios en la oferta de agua en el tiempo.

Según la percepción de los agricultores la reducción en el volumen de agua en los últimos años se puede atribuir al crecimiento de la población en la parte alta de la cuenca, por ende este crecimiento representa mayor demanda de agua por la ampliación de la frontera agrícola. Por otro lado el incremento de las temperaturas ha

provocado la introducción de nuevos cultivos como las hortícolas que requieren mayores volúmenes de agua para la producción.

Vuille, (2007) menciona que los pronósticos de escurrimiento según diferentes escenarios de elevación de temperaturas en cuencas de cobertura glaciar, prevén un incremento temporal de caudales, seguido de una disminución drástica del volumen en las cuencas abastecidas por glaciares.

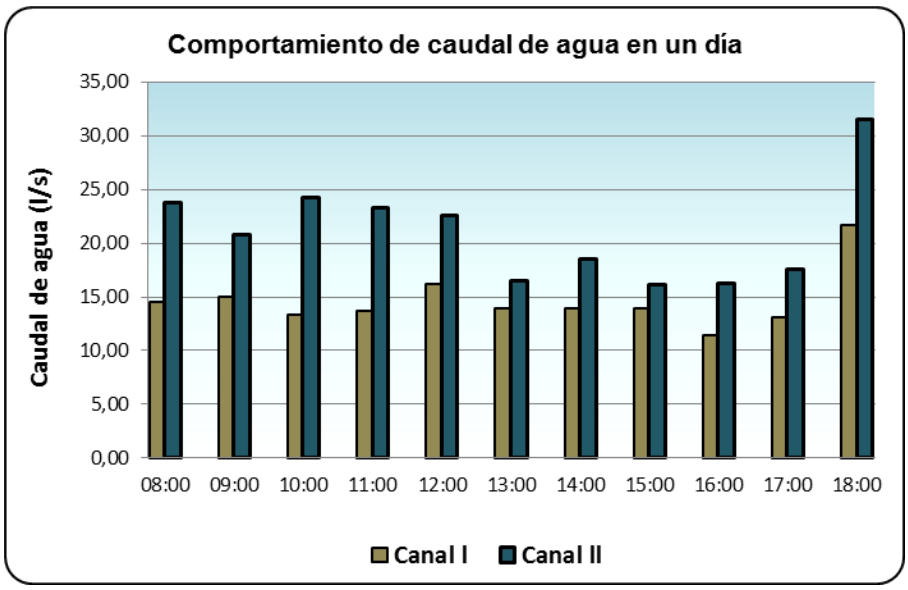
5.5.6. Aforo de los principales canales de riego

Los aforos se realizaron en los principales canales de riego de la comunidad para conocer el volumen de agua que fluye por ese canal en un determinado tiempo. El caudal de agua en los canales se determinó a través del uso del molinete o correntómetro.

Ilustración 2. Aforo de los principales canales de riego.

5.5.6.1. Comportamiento de caudal de agua en los canales de riego en un día

Figura 5. Caudal de agua en el canal de riego



Fuente: Elaboración propia.

La figura 5 muestra el comportamiento de caudal de agua en los canales de riego de la comunidad en un día, donde se observa que por la mañana existe un mayor caudal de agua que ingresa a la comunidad, sin embargo en horas de la tarde a partir de las 13:00 horas, el caudal de agua empieza a disminuir hasta las 17:00 horas, posteriormente existe un notable incremento.

Este tipo de comportamiento se atribuye al uso de agua para riego en las comunidades de la parte alta de la cuenca. Por otro lado existe la percepción de que las altas temperaturas durante el día tienen su impacto en la masa de hielo del glaciar, y que existe un determinado tiempo en que tarda el agua en llegar hasta las comunidades ubicadas en la parte baja de la cuenca.

5.5.7. Dinámica de uso de agua en el sistema productivo

La dinámica del uso de agua en la comunidad se refiere al uso del agua dentro de las actividades agrícolas y pecuarias. La agricultura es el sector que demanda mayores volúmenes de agua, el tipo de cultivo (hortalizas) y las elevadas temperaturas hacen que en los últimos años la aplicación de riego sea más frecuente y más prolongada.
El consumo de agua por el sector pecuario no es muy representativo debido al reducido número de animales con los que cuentan las familias. La fuente de abastecimiento de agua es de origen glaciar, que pasa por la comunidad a través del rio Sajuaya.

Las familias de la comunidad no cuentan con instalaciones apropiadas para la dotación de agua potable, el uso doméstico de agua tiene su origen en las vertientes existentes en la región, la conducción de agua es a través de tuberías hasta los hogares de las familias de la comunidad.

5.5.7.1. Frecuencia de riego en los cultivos

Según la población, la frecuencia de riego con relación a hace unos diez años aumentó considerablemente, pues las temperaturas elevadas de los últimos años están ocasionando que el suelo pierda humedad en menos tiempo. Por ejemplo, la frecuencia de riego del cultivo principal que es lechuga está en un promedio de 3 días (ver tabla 7). La frecuencia de riego depende también del tipo de suelo y la forma como se preparó el suelo (manual o mecanizado). Los agricultores afirman que si el suelo ha sido preparada de forma mecanizada, la capacidad de retención de agua es menor que un suelo preparado manualmente, por lo tanto la frecuencia de riego es mayor en los suelos trabajados con tractor y no así cuando se trabaja con yunta o manualmente.

La percepción general es que la demanda de agua en la agricultura será cada vez mayor por el aumento de las temperaturas según las entrevistas a los agricultores de

la comunidad. El cambio del patrón de los cultivos y el incremento de las áreas cultivadas con cultivos demandantes de agua es motivo de una mayor demanda de agua en los últimos años.

Tabla 7. Variación de requerimiento de agua de los cultivos en la comunidad.

ANTES			AHORA		
Aplicación de riego		Ciclo de cultivo	Aplicación de riego		Ciclo de cultivo
Cultivo	Frecuencia de riego		Cultivo	Frecuencia de riego	
Lechuga	2 veces/semana	3 meses	Lechuga	Cada 3 a 4 días	2 meses y medio
Papa	1 vez/semana	5 meses	Papa	Cada 4 días	4 meses
Maíz	1 vez/semana	5 a 6 meses	Maíz	2 veces/semana	5 meses
Perejil	1 vez/semana	1 mes y medio	Perejil	3 veces/semana	1 mes
Vainita	1 vez/semana	3 meses	Vainita	3 veces/semana	2 meses y medio
Haba	1 vez/semana	4 meses	Tomate	3 veces/semana	4 meses
Cebada	1 vez/semana	5 meses	Locoto	3 veces/semana	5 meses

Fuente: Elaboración propia (taller participativo)

Es importante mencionar que no todos los cultivos requieren de la misma frecuencia de riego, en las encuestas realizadas a los agricultores afirman que el cultivo que demanda mayor aplicación de agua es la lechuga y carote principalmente.

Cabe señalar que las familias aplican riego hasta que el suelo esté húmedo haciendo una observación visual para verificar la humedad como método empírico. La decisión de cuantos días a la semana regar está determinado por las necesidades de agua que el cultivo requiera para lograr una mayor eficiencia del sistema de riego

5.5.7.3. Intensidad de riego

El incremento de las temperaturas ha provocado cambios en el sistema productivo de la comunidad, uno de los cambios es la mayor demanda de agua para riego. En los últimos años la aplicación de riego se realiza en tiempos más prolongadas, ya que las elevadas temperaturas provocan mayor pérdida de humedad.

5.5.7.2. Método de riego

El método de riego que se practica en la comunidad es por surcos, que consiste en la inundación de los surcos con agua por un determinado tiempo, esta forma de riego según los agricultores se ha mantenido desde los tiempos en que se practicó agricultura en la comunidad y en la región.

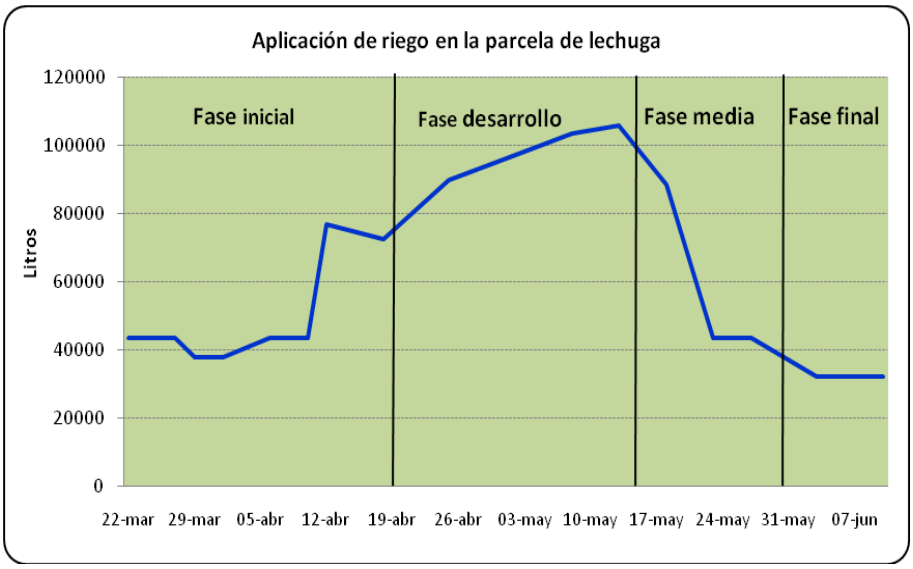
Como estrategia de adaptación al incremento de las temperaturas implementaron surcos de riego en forma de zigzag. Según los agricultores destacan que este tipo de surcos retienen mayor cantidad de agua al momento de la aplicación de riego a la parcela y la humedad se mantiene por más tiempo, además de que se evita el arrastre de las partículas de suelo por el agua. Ver página 28.

5.5.8. Parcela de evaluación

5.5.8.1. Aplicación de riego en la parcela de evaluación

La aplicación de riego a la parcela de lechuga en evaluación fue realizada a través de mediciones durante el ciclo del cultivo. El equipo utilizado para los aforos fue el molinete o correntómetro, pero también el volumétrico. El ciclo de cultivo de lechuga tuvo una duración de ochenta y cinco días desde el trasplante hasta la cosecha.
El agricultor menciona, que se aplica riego según su criterio de humedad de suelo de la parcela, es decir, dependiendo de las condiciones climáticas es que se aplica riego, en días muy soleados se hace preciso aplicar riego más frecuente.

Figura 6. Aplicación de riego durante el ciclo productivo de lechuga



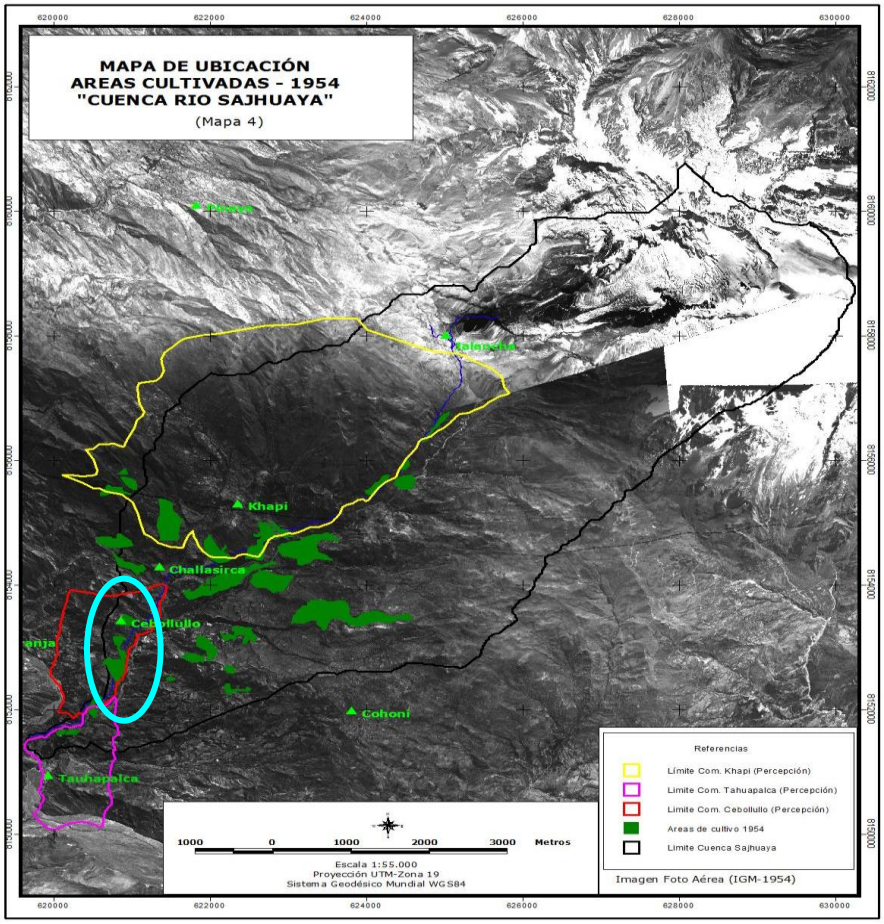
Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que existe un mayor volumen de agua aplicado en forma de riego en la fase de desarrollo, disminuyendo en la fase final. Según los agricultores, la frecuencia y la intensidad de riego está en función de días sin presencia de nubes cuando las temperaturas son elevadas y existe mayor evaporación de humedad del suelo, por tanto se aplica mayor volumen de agua.

Sin embargo, es importante mencionar que en las entrevistas, el agricultor afirma que el cultivo de lechuga requiere mayores volúmenes de agua en la fase inicial, cuando la planta empieza con el enraizamiento. Lo cual no se observó en las mediciones de aplicación de riego en la parcela en evaluación.

5.6. Estructura de las parcelas de riego en el tiempo

Imagen 1. Estructura de parcelas de riego en la comunidad Cebollullo (1954).



Fuente: Proyecto Illimani.

La estructura de las parcelas de riego en la comunidad no ha variado de manera considerable con relación hace 20 a 30 años. Pero con relación al año 1954 la ampliación de la frontera agrícola es muy significativa como se observa en las imágenes 1 y 2. En las entrevistas realizadas a los agricultores, afirman que la superficie cultivada actualmente es casi la misma que hace 20 años atrás. El cambio se observa en las prácticas agrícolas con cultivos intensivos que requieren mayores volúmenes de agua.

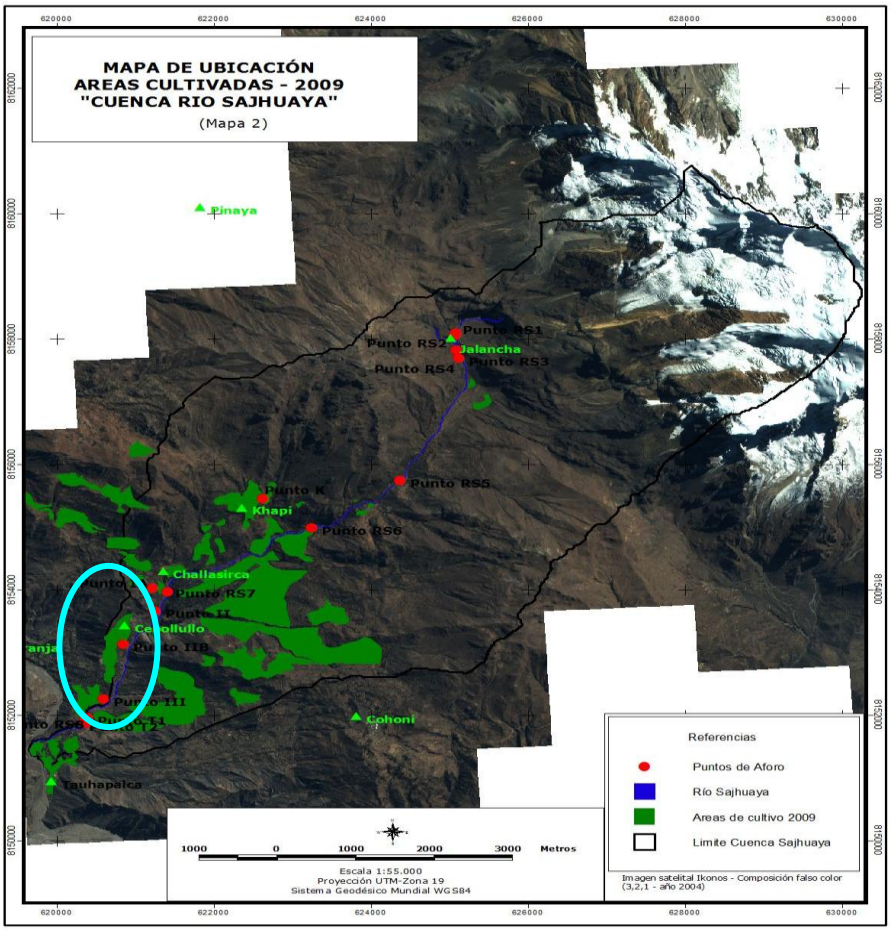
En la comunidad hace veinte años atrás solo había agricultura en una determinada estación del año, actualmente la producción agrícola es durante todo el año, con la introducción de nuevos cultivos como la lechuga.

Según la población, los cultivos existentes en la comunidad hace veinte años atrás como maíz y papa no requerían mayores volúmenes de agua para la producción, sin embargo los cultivos existentes actualmente demandan mayores volúmenes de agua para la producción.

En la imagen se observa que la producción agrícola en el año 1954 era poca practicada. Se observa la existencia de superficie cultivada en la zona Warawarani, según los agricultores la superficie con cultivos que se observa en la imagen satelital del año 1954 presentó riesgos de deslizamiento hace aproximadamente siete años y que actualmente ya no existen parcelas cultivables en el lugar.

Por otro lado, la población afirma que la aplicación de riego a los cultivos en la comunidad se practicó desde la existencia de la agricultura, pero en una determinada estación del año.

Imagen 2. Parcelas de riego en la comunidad en el año 2009.



Fuente: Proyecto Illimani.

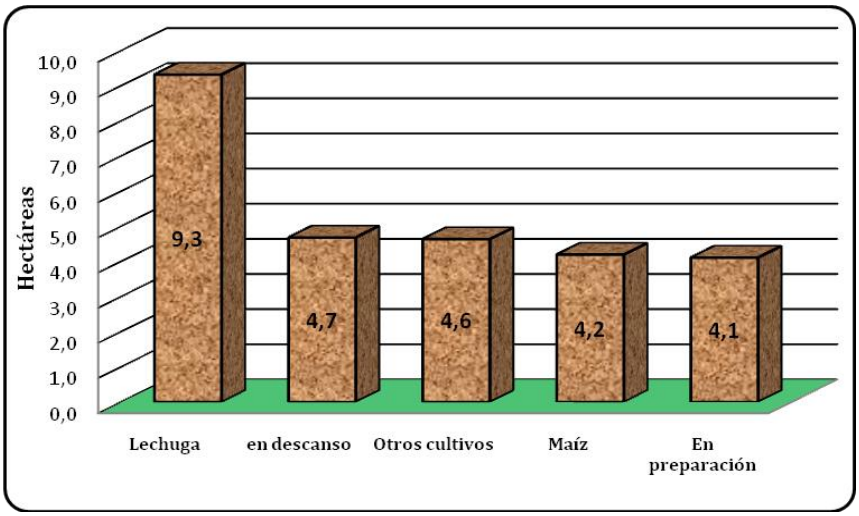
En la imagen satelital del año 2009 se observa la ampliación de la frontera agrícola con relación a la imagen del año 1954. Según la población de la comunidad destaca que por el incremento de las temperaturas se han habilitado nuevas áreas de cultivo, y actualmente se practica agricultura en lugares con alta pendiente.

La disponibilidad de superficie para la producción está siendo afectada por el crecimiento demográfico en la comunidad y por el cambio en los patrones del clima, especialmente el incremento de las temperaturas que provoca una agricultura intensiva pero con mayor demanda de agua.

5.7. Superficie cultivada en la comunidad

En muchos lugares de la comunidad se practica agricultura intensiva en terrenos con pendientes muy elevadas. El crecimiento de la población exige ampliar la frontera agrícola, sin embargo la topografía de la comunidad no permite extender más la superficie cultivable.

Figura 7. Superficie cultivada



Fuente: Elaboración propia.

La superficie cultivada en la época seca (invierno) que comprende los meses de junio - julio es reducida, pero aún en esta época se observa que el cultivo de lechuga es el que predomina entre los cultivos.

La lechuga es el que se cultiva en una mayor superficie, porque la venta de este producto constituye la base de los ingresos económicos, además el ciclo productivo es de tres meses. El maíz se cultiva en superficies menores a comparación de lechuga, tiene un ciclo de cultivo de cinco meses, este cultivo tiene su importancia porque la planta (challa) se utiliza como forraje para los animales.

Existen superficies que se destinan para otros cultivos como las hortalizas entre las que se encuentran el tomate, perejil, carote, vainita, locoto, brócoli, acelga, flores y el

cultivo de papa. En esta época una parte de la superficie cultivable se encuentra en fase descanso debido a las bajas temperaturas. Otra parte se encuentra en proceso de preparación o roturado para luego establecer algún cultivo.

La mayoría de las familias de la comunidad siembran lechuga y maíz debido a la rentabilidad de estos cultivos. La secuencia de los cultivos es de tres a cuatro ciclos de lechuga, posteriormente en esa parcela se siembra maíz, esta práctica se debe al corto ciclo del cultivo de lechuga y existe la tendencia al monocultivo durante los últimos años, aunque en algunos áreas el cultivo de gladiolo está sustituyendo a la lechuga.

5.8. Cambio climático y percepciones

5.8.1. Percepción de los agricultores sobre los cambios en el clima

La percepción de los agricultores sobre el cambio climático y los impactos sobre el sistema productivo de la comunidad se logró conocer mediante entrevistas, encuestas, talleres participativos y observaciones durante el tiempo de permanencia en la comunidad.

Según la percepción general de la población, durante los últimos años los fenómenos meteorológicos mostraron considerables cambios en relación a hace algunos años atrás. La más clara evidencia percibida de estos cambios, es el aumento de la temperatura en la comunidad y la variación de la época de lluvias además de la presencia de heladas.

5.8.2. Percepciones sobre el incremento de las temperaturas

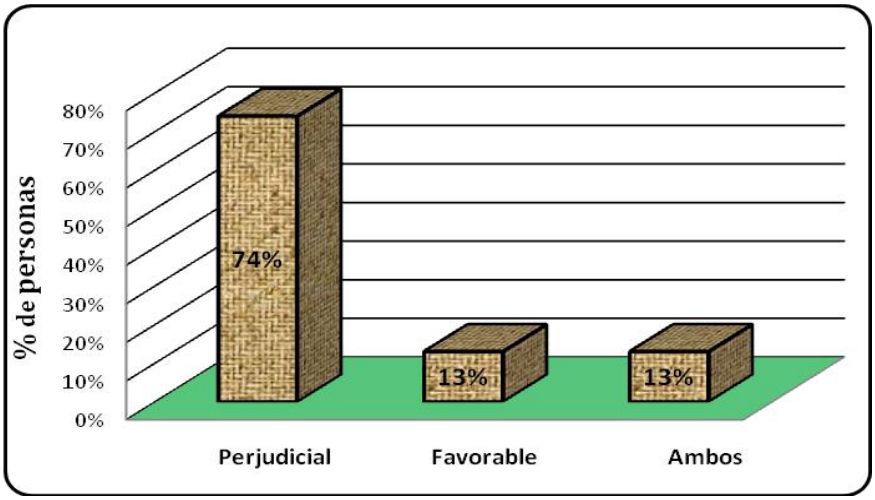
El mayor cambio observado durante los últimos años es el incremento de las temperaturas. En las entrevistas y encuestas realizadas a los agricultores afirman que este cambio se observó con mayor intensidad aproximadamente hace unos diez

años atrás. Este incremento ha ocasionado serios impactos en la agricultura, generalmente impactos negativos.

Las altas temperaturas provocan la pérdida de humedad en el suelo, y la necesidad de aplicar riego es cada vez mayor. Si bien el incremento de las temperaturas ha favorecido sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, las desventajas son mayores para el sistema productivo y su efecto sobre el trabajo humano, pues en las entrevistas se afirma que durante el día con las altas temperaturas es muy agotador continuar trabajando.

Para PNCC, (2007) la principal evidencia es el aumento de la temperatura promedio de la atmosfera terrestre. Sin embargo existen evidencias del cambio climático como el deshielo de los glaciares, la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos, además de los cambios registrados en los ecosistemas.

Figura 8. Percepciones sobre el incremento de las temperaturas y los impactos en la agricultura.



Fuente: Elaboración propia

Según las encuestas, la mayoría de las personas afirman que el incremento de las temperaturas representa impactos negativos para la producción agrícola, y la mayor demanda de agua para riego en los últimos años es una clara evidencia negativa,

además de la mayor presencia de plagas, mayor uso de pesticidas, también el incremento de las temperaturas inquieta en el horario de trabajo humano.

Un pequeño número de personas mencionan que el incremento de las temperaturas constituye ser beneficioso para el sector de la agricultura en la medida de que el ciclo de los cultivos se reduce y se obtiene hasta cuatro cosechas de lechuga. Por otro lado algunos mencionan que el aumento de las temperaturas es beneficioso pero al mismo tiempo es perjudicial por el incremento de plagas y riegos más frecuentes.

Para IPCC, (2007) el aumento de la temperatura en algunos grados puede mejorar los cultivos en ciertas áreas, pero lo que para algunas zonas sería un beneficio para otras resultaría perjudicial. Algunas plagas se podrían presentar en lugares donde no están presentes actualmente, lo que provocaría el uso de nuevos agroquímicos. Como consecuencia de estos efectos, los trabajadores agrícolas de menores recursos económicos serían los más afectados.

5.8.2.1. Época de lluvia más variable

Según la población, la época de lluvia es más variable en tiempo, es decir, en los últimos años se ha observado una época de lluvia por un periodo reducido pero muy intenso. Antes las primeras lluvias se presentaban por los meses de agosto a septiembre, actualmente el periodo de lluvias empieza en los meses de noviembre o por diciembre y se prolonga por más tiempo, pero también en algunos años esta época se reduce.

Por otro lado el PNCC, (2007) destaca que según expertos las lluvias serán cada vez más extremos e intensos en algunas regiones y menos en otras, existirán mayores sequias, inundaciones y deshielo.

5.8.2.2. Variabilidad en las estaciones del año

No se sabe con exactitud hace cuánto tiempo, pero la percepción general es que las estaciones del año han variado en los últimos años. Antes, las estaciones eran bien marcadas, las primeras lluvias llegaban por los meses de junio para preparar la tierra y ayudaban en el crecimiento de los pastos para la alimentación de los animales; ahora casi ya no existen diferencias marcadas entre las estaciones, y los eventos climáticos como las heladas, llegan con mayor intensidad y se prolongan hasta los meses de septiembre a octubre.

5.8.3. Consecuencias del cambio climático sobre el sistema productivo

5.8.3.1. Mayor frecuencia de riego

Con el incremento de las temperaturas el riego es más frecuente en los últimos años, por tanto la demanda de agua para la producción agrícola es cada vez mayor. La pérdida de la humedad en el suelo ocurre en menos tiempo en relación a hace unos años atrás, este proceso hace que el riego en determinados tiempos se realice en una frecuencia de día por medio.

Esta situación genera algunos problemas entre los usuarios regantes de las comunidades por donde pasa el agua. El problema surge en la época de escasez cuando el caudal de agua se reduce, y la población de las comunidades de la parte alta es la que aprovecha el turno que corresponde a comunidades ubicadas en la parte baja.

IPCC, (2007) se proyecta que la demanda de agua para riego va a aumentar con un clima más caliente, trayendo así un aumento en la competencia entre los usuarios del agua en la agricultura, causando que las prácticas agrícolas se vuelvan más costosas.

5.8.3.2. Mayor intensidad de riego

Por otro lado si bien el riego es más frecuente, además es importante mencionar que la intensidad o el tiempo de riego son más prolongados, para proveer mayor humedad al suelo y para que la humedad se mantenga por más tiempo el riego es más intenso que hace unos años atrás.

Otra percepción del agricultor es que los suelos trabajados con maquinaria agrícola (tractor) suelen retener menor cantidad de agua, lo cual hace que se aplique mayores volúmenes de agua a ese suelo, en cambio, suelo que es trabajado manualmente tiene la capacidad de retener mayor cantidad de agua y por tanto la humedad se mantiene por mucho más tiempo.

5.8.3.3. Mayor presencia de plagas

La presencia de plagas durante los últimos seis años aproximadamente se ha incrementado de forma considerable en la comunidad. La percepción es que las temperaturas altas provocan la presencia de plagas. La mosca blanca o “palomillo” así conocido por los agricultores es la plaga que muestra mayor incidencia en los cultivos. El problema con esta plaga es que en los últimos años está atacando a casi todos los cultivos, inclusive se observó la presencia de la mosca blanca en los frutales como el palto.

El método de control que realizan es el control químico, los productos que utilizan son: lección, ridomil, tamarón, todorón. La mayor consecuencia en el uso de estos productos químicos es la adición de la dosis recomendada del producto porque el insecto ha mostrado cierta resistencia. Según bibliografía, la mosca blanca es la principal plaga del cultivo de tomate, pero por la práctica de una agricultura intensiva y una tendencia a monocultivo de la lechuga, la plaga tiende a atacar más al cultivo de lechuga.

Por tanto, el incremento de las plagas ocurre tanto por el incremento de las temperaturas, como por el sistema de monocultivo.

5.8.4. Ocurrencia de eventos climáticos extremos según la percepción de los agricultores

La presencia de eventos extremos como heladas, granizada, vientos fuertes y sequía es cada vez más intensa. Las heladas se presentan en noches menos esperadas y se prolongan hasta los meses de septiembre a octubre los últimos años. Los vientos cada vez son más fuertes; en los últimos años se observó la presencia de vientos fuertes por el mes de agosto, cuando los frutales se encuentran en plena floración, estos vientos ocasionan la caída de flores provocando pérdidas en la producción.

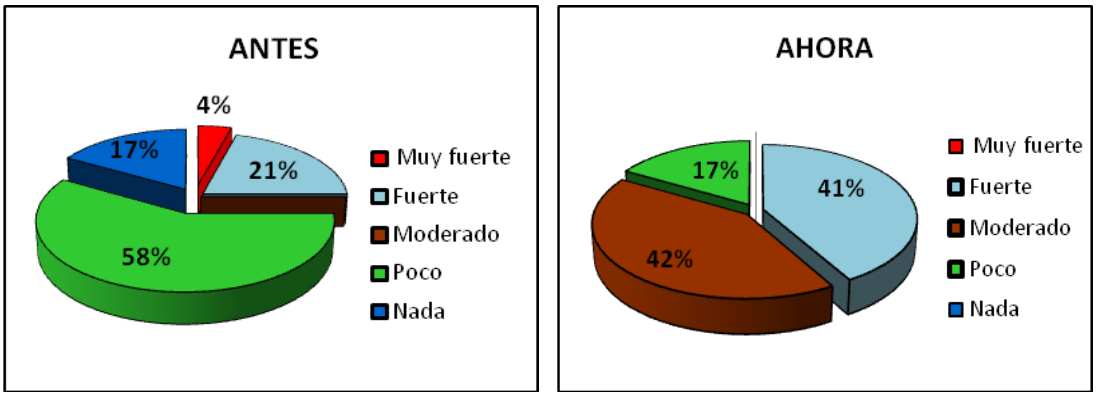
Los talleres participativos para conocer la ocurrencia de eventos extremos en la comunidad mostraron lo siguiente:

5.8.4.1. Granizada

La población destaca que se ha observado mayor presencia de granizadas en los últimos años en la comunidad, pues hace 20 años atrás la presencia de granizada era menor. La mayor consecuencia de la granizada es la caída de las flores y frutos de árboles frutales, pero también los cultivos son muy susceptibles a la granizada.

La población recuerda la presencia de una granizada que rebasó con toda la producción agrícola el año 1989, las personas tuvieron que migrar a las ciudades por conseguir fuentes de trabajo.

Figura 9. Presencia de granizada en la comunidad



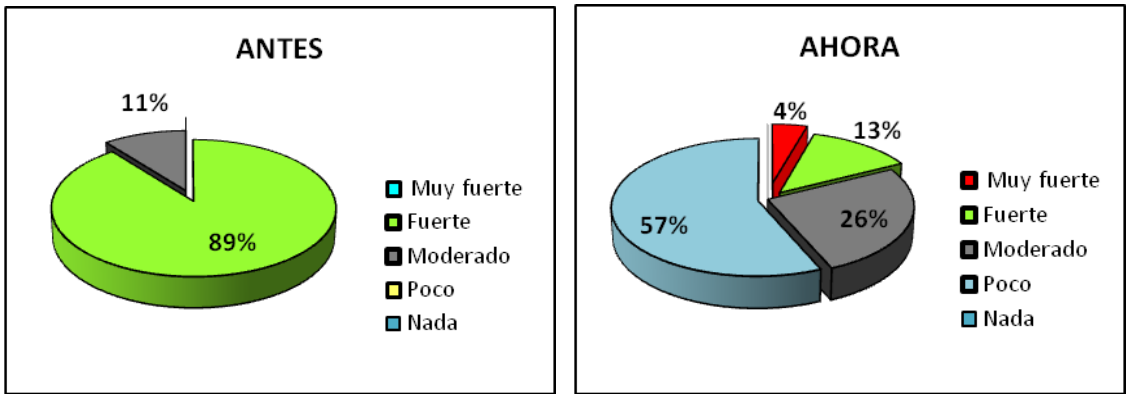
Fuente: Elaboración propia (talleres participativos)

El resultado obtenido en el taller se observa en la figura 17, en donde las personas afirman que en los últimos años la presencia de granizada es mayor que antes.

5.8.4.2. Heladas

La percepción general de los agricultores es que la intensidad de heladas se ha reducido en la comunidad con relación hace 20 a 30 años atrás. Antes la presencia de heladas era muy marcada. En los últimos años la intensidad de heladas se ha reducido pero se prolonga por más tiempo.

Figura 10. Presencia de heladas.



Fuente: Elaboración propia (talleres participativos)

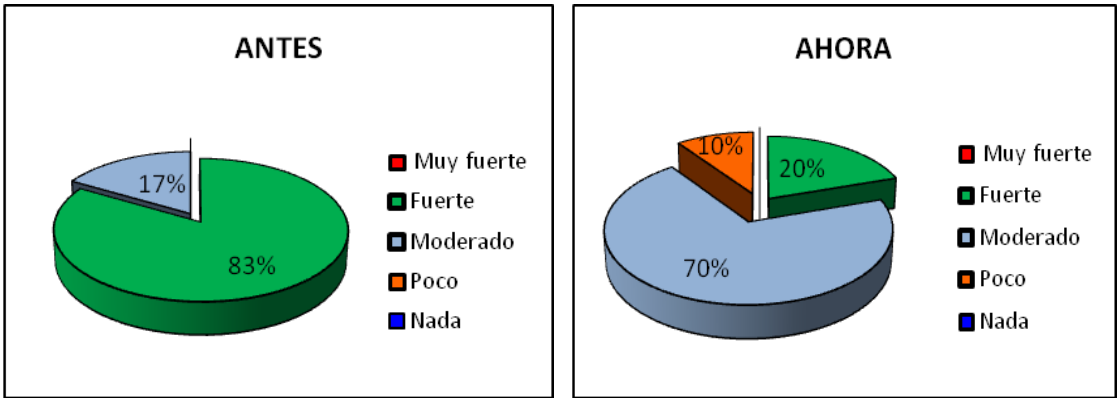
Según la mayoría de las personas, las heladas antes eran fuertes, pero otra parte de la población afirma que las heladas eran moderadas. Como resultado se tiene que las heladas antes eran fuertes pero se presentaban en una época bien marcada, en los últimos años se presentan con menor intensidad, pero el periodo con heladas se extiende inclusive hasta los meses de octubre o noviembre.

5.8.4.3. Sequía

Según los agricultores, hace 20 – 30 años la sequía era más fuerte que en los últimos años. Pero la época de lluvia es más variable en los últimos años, la sequía en algunos años es muy intensa, cuando existen precipitaciones tardías o cuando existen escasas lluvias y en algunos años las precipitaciones se presentan con mucha intensidad.

Sin embargo, es importante mencionar que el sistema de riego que existe en la comunidad, favorece altamente en la producción agrícola, razón por la cual las precipitaciones no son imprescindibles para sistema productivo.

Figura 11. Presencia de sequía en la comunidad



Fuente: Elaboración propia (talleres participativos)

5.8.5. Testimonio de pobladores sobre el cambio climático en la comunidad

"Antes el calor no era tan fuerte como en los últimos años, ahora existe mayor ataque de plagas a los cultivos y en algunos casos ocurre la muerte de las plantas por las altas temperaturas. Pero también el incremento de las altas temperaturas ha favorecido en la producción agrícola, en el sentido de que ahora se practica agricultura durante todo el año, antes solo había agricultura en una determinada estación del año. Sin embargo el incremento de las temperaturas en los últimos años representa más desventajas para el sistema productivo, ya que existe mayor demanda de agua para la agricultura". *Hilarión Mamani*

"Con tanto calor ya no hay caso de trabajar durante el día porque las elevadas temperaturas queman, razón por lo cual solo se trabaja por las mañanas y tardes, inclusive el riego es por las noches para evitar una rápida pérdida de humedad. Han aparecido nuevas plagas que atacan a los cultivos". Sra. Blanca Mamani.

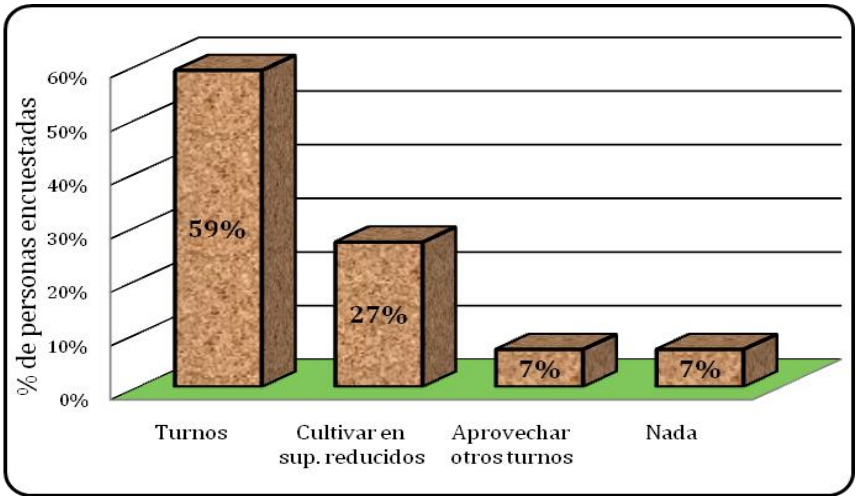
Por tanto las elevadas temperaturas están ocasionando impactos negativos para el sistema productivo que se refleja en una mayor demanda de agua, mayor presencia de plagas y un excesivo uso de pesticidas.

5.9. Medidas de adaptación a los cambios observados durante los últimos años

5.9.1. Medidas preventivas frente a la escasez de agua

En la comunidad existen algunas medidas de adaptación por los agricultores frente a la reducción de agua durante la época de escasez por los meses de julio a septiembre.

Figura 12. Medidas preventivas en la época de escasez de agua



Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

En la época de escasez de agua que ocurre entre julio y septiembre, existen algunas medidas preventivas como se muestra en la figura anterior. La medida más relevante es que la organización de regantes de la comunidad a la cabeza del presidente de riego, establecen el uso de agua para riego por turnos. Otra medida frente a la reducción de agua es cultivar en pequeñas superficies durante la época de escasez, algunos agricultores afirman que en situaciones de extrema escasez aprovechan turnos de otras comunidades durante la noche.

Hace 20-30 años atrás en la comunidad se practicaba agricultura solamente en determinadas estaciones del año y no de forma intensiva como es actualmente, por tanto, la demanda de agua para riego no era alta. Pero actualmente se observa que la agricultura estacional de la comunidad pasó a una agricultura intensiva y altamente dependiente de riego y con cambios en los patrones de cultivos demandantes de agua.

5.9.2. Medidas de adaptación en el uso de agua para riego frente al incremento de las temperaturas

En la encuesta realizada a los agricultores de la comunidad sobre el uso de agua para riego, se logró obtener la siguiente información sobre algunas medidas de adaptación frente al aumento de las temperaturas:

Tabla 8. Cambios percibidos en la comunidad y medidas de adaptación.

Percepciones del cambio climático sobre el uso de agua en los cultivos	Medidas de adaptación
Se requiere una mayor frecuencia de riego en los últimos años, debido que la humedad en el suelo dura muy poco tiempo, esto por las altas temperaturas durante el día.	La aplicación de riego es durante la noche para los cultivos que muestran mayor vulnerabilidad a estos cambios de temperaturas, ejemplo: lechuga.
La necesidad de la cantidad de riego al presente es mucho mayor que hace unos años atrás.	Para una mayor retención de agua en el suelo los agricultores adoptaron la elaboración de surcos en forma de zigzag.
La oferta de agua disminuye en los meses de junio a septiembre, por tanto no existen buenos rendimientos en la producción.	El presidente de riego de cada canal distribuye turnos de riego a los usuarios según las listas.

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.1. Cambio en el horario de riego

La aplicación de riego a los cultivos por lo general es durante el día, pero en los últimos años esta actividad se ha visto afectada de manera considerable por el incremento de las temperaturas. En las entrevistas a los agricultores se logró conocer que actualmente el riego a los cultivos es durante las horas de la tarde y

muchas veces durante la noche, esta particularidad se debe que durante el día, las altas temperaturas calientan el agua al momento de aplicar riego y posteriormente como consecuencia se tiene la muerte de las plantas.

Por otro lado, existen ventajas cuando el riego se aplica durante la noche, como: La humedad en el suelo se mantiene por mucho más tiempo y no existe la muerte de las plantas.

5.9.3. Introducción de nuevos cultivos

Hace 20 años atrás, en la comunidad los principales cultivos eran maíz y papa, pero el incremento de las temperaturas favoreció en la introducción de nuevos cultivos, es así que introdujeron el cultivo de lechuga, y actualmente la venta de este producto es el principal medio de ingreso económico para las familias.

Existe también la reciente introducción del cultivo de gladiolo, y ha mostrado buenos rendimientos. Probablemente este cultivo sustituya a la lechuga como el principal cultivo, ya que es mucho más rentable que la lechuga, además los agricultores destacan que la aplicación de riego al cultivo de gladiolo es menor a comparación del cultivo de lechuga.

5.9.4. Cambio en los cultivos

El incremento de las temperaturas ha provocado alteraciones en el sistema productivo de la comunidad, que se refleja en el paso de la agricultura estacional a una agricultura intensiva, y la poblacional ha realizado cambios con cultivos como las hortalizas que mostraron buenos rendimientos.

Tabla 9. Cultivos existentes en la comunidad.

ANTES	AHORA
Papa, maíz, haba, perejil, arveja, acelga y cebada.	Lechuga, maíz, tomate, vainita, locoto, perejil, acelga, brócoli, coliflor, camote, achojcha, morrón, papa y gladiolo.

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, la economía familiar de la comunidad se basa en la venta de hortalizas. La población realizó la plantación de nuevos frutales como el papayal, lo cual se adaptó muy bien en la parte baja de la comunidad, como resultado del nuevo frutal introducido se tuvo muy buena formación de frutos.

5.9.5. Cambio de la agricultura estacional

Desde los años 80 se experimentó importantes modificaciones en la estructura productiva de la comunidad. Se percibe que se ha pasado de un modelo agrario basado en una producción de autoconsumo a una agricultura comercial bajo riego, actualmente se obtiene hasta cuatro cosechas al año del cultivo principal que es lechuga. Las razones para este cambio fue principalmente el incremento de las temperaturas y el acceso a mercados urbanos gracias a la apertura del camino y la construcción del puente sobre el río La Paz.

En la comunidad se observó la presencia de otros frutales como: banano, sandia y papayal que si bien no se cultiva de forma comercial, estos frutales mostraron una buena producción, más que todo el papayal, demostrando muy buenos frutos.

5.10. Percepción del acelerado retroceso del nevado Illimani

El retroceso del nevado Illimani preocupa a los habitantes de las comunidades circundantes y más que todo a las comunidades que se encuentran en la cuenca. La percepción de la población sobre el retroceso del glaciar es que antes era cubierto de

hielo desde la parte baja, inclusive en algunas ocasiones el hielo llegaba hasta la comunidad más cercana que es Jalancha, pero en los últimos años se ha evidenciado el aumento de las temperaturas, lo cual ha provocado el retroceso de la masa de hielo poniendo en riesgo la oferta de agua para la cuenca.

El retroceso de la masa de hielo, tendrá efectos en las prácticas de gestión hídrica de comunidades rurales que dependen de sistemas de riego, afectando por consiguiente la seguridad alimentaria tanto de las poblaciones rurales como de las familias consumidoras de su producción.

Sin embargo Ramírez, (2009) existe una línea de equilibrio en los glaciares que se encuentran por encima de los 5000 m.s.n.m. El nevado Illimani tiene una altitud de 6402 m.s.n.m. (PRAA, 2008), lo cual indica que no corre el riesgo de la completa desaparición de su masa de hielo como pasó con el glaciar el Chacaltaya, cuya altitud es por debajo de los 5000 metros.

Por otro lado el IPCC, (2007) menciona que se ha observado aumentos de temperatura de 0.5°C en la región sudamericana, lo que ha generado una aceleración en el retroceso de los glaciares y consecuentes impactos sobre la disponibilidad de agua. En la actualidad se ha evidenciado que el retroceso de glaciares en Bolivia se ha acelerado significativamente desde la década de 1980.

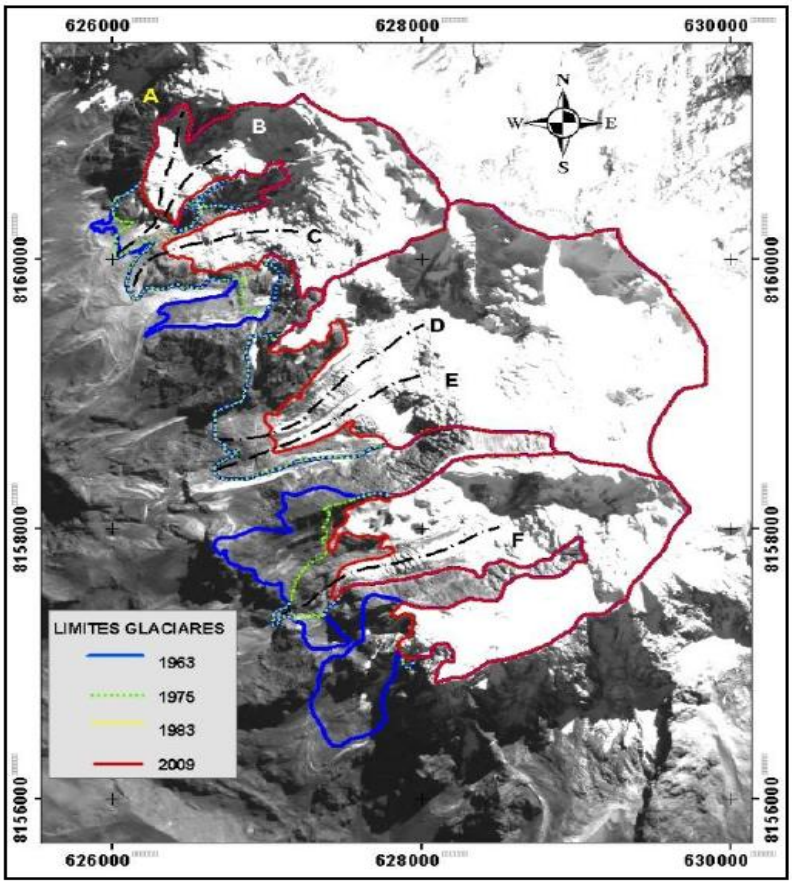
Los últimos 46 años el glaciar Illimani ha perdido aproximadamente 21.3% de su superficie de masa de hielo.

Tabla 10. Pérdida de superficie del glaciar Illimani entre 1963-20009.

Año	Superficie frontal del glaciar (km^2)	% de Superficie perdida
1963	9.57	0.00
1975	8.67	9.37
1983	8.56	1.22
2009	7.53	10.7
Total perdido	**2.04**	**21.3**

Fuente: Agua sustentable, 2011.

Imagen 3. Glaciar Illimani 1963(línea azul), 1975 (verde), 1983 (amarillo) y 2009 (línea rojo)



Fuente: Alurralde, *et al*. 2011.

5.11. Cambio en el uso de fertilizantes

Antiguamente los fertilizantes que se utilizaba en la producción agrícola eran de origen animal, es decir abono natural, pero desde que aumentaron las temperaturas, la población introdujo nuevos cultivos como lechuga, y como se obtuvo buenos rendimientos optaron por utilizar otros fertilizantes que aceleran el crecimiento y desarrollo de los cultivos como urea y fosfato.

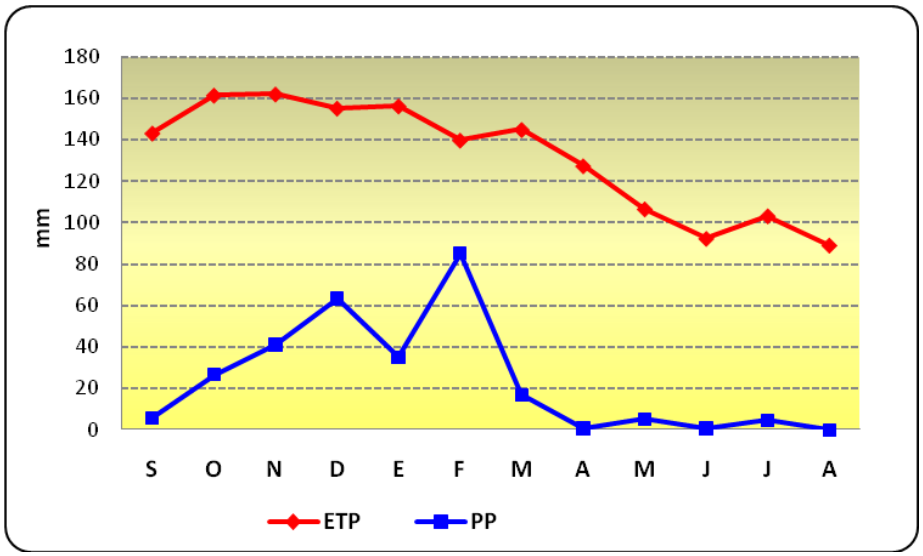
Actualmente se observa el uso de fertilizantes químicos para la mayoría de los cultivos, aunque el agricultor está consciente de que este tipo de fertilizante es nocivo para el suelo, pero que su uso ayuda de gran manera en el crecimiento acelerado de los cultivos.

5.12. Efecto de las altas temperaturas sobre el trabajo humano

Otro impacto negativo del incremento de las temperaturas es el cambio en el horario de trabajo, muchos de los agricultores en la comunidad sostienen que es muy agotador trabajar con tan altas temperaturas. Ahora el horario de trabajo en las actividades agrícolas es por las horas de la mañana y por la tarde, pero antes las labores agrícolas se realizaban desde las horas de la mañana hasta que termine la jornada.

5.13. Balance hídrico climático anual

Figura 13. Balance hídrico anual (2009-2010).

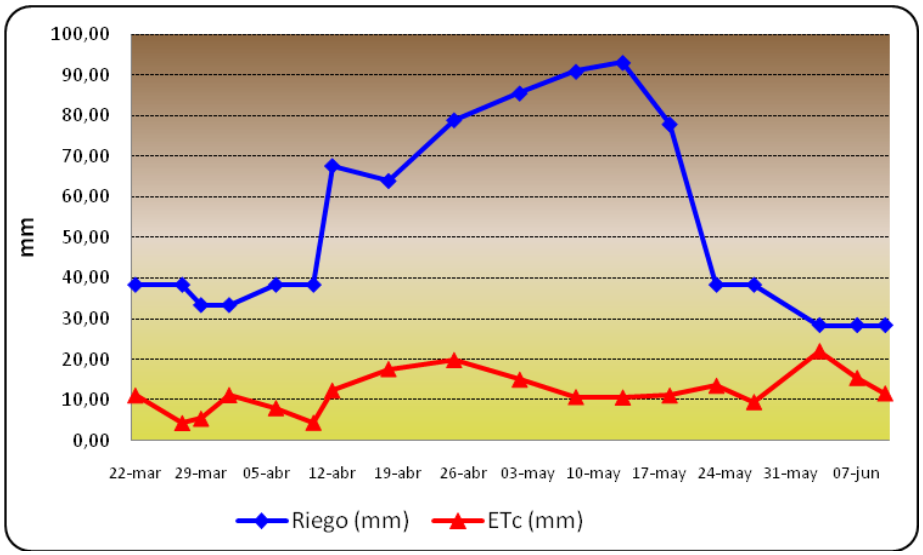


Fuente: Elaboración propia.

La evapotranspiración anual de referencia calculada para la zona durante el periodo de estudio (2009-2010) fue de 1579 mm/año. En su comportamiento mensual hubo variabilidad que alcanzó el máximo valor en el mes de noviembre (162 mm) y el valor mínimo en el mes de agosto (88 mm). En la figura 14 se observa que la evapotranspiración supera a la precipitación mensual en todos los meses, lo que refleja que existe un déficit hídrico en la comunidad.

5.13.1. Balance hídrico del cultivo en evaluación

Figura 14. Balance hídrico del cultivo de lechuga



Fuente: Elaboración propia.

Dada la dependencia de los cultivos del riego, se evaluó las necesidades hídricas del cultivo de lechuga, en donde los resultados obtenidos muestran una excesiva aplicación de volumen de agua en forma de riego. Esta demanda de agua fue calculada en función del clima y del patrón del cultivo. Se determinó que al cultivo de lechuga, se aplica una lámina de agua de 939 mm, cuando el requerimiento hídrico del cultivo es solamente de 213 mm, (calculado con los coeficientes de cultivo de FAO, (2006)) esto muestra que la eficiencia de riego es baja y que el agricultor aplica riego en función de su criterio y no en función de las necesidades hídricas del cultivo.

5.14. Sistema productivo de la comunidad

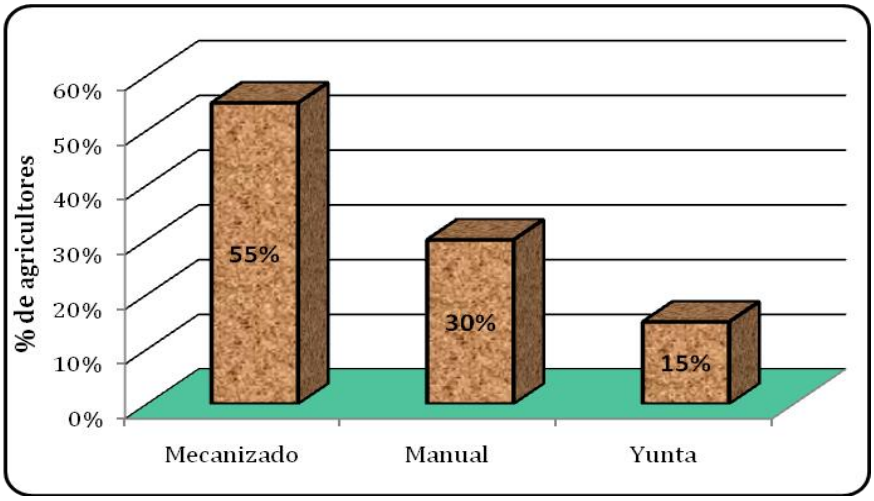
En la comunidad la agricultura es la principal actividad y se basa en la producción de hortalizas con fines comerciales en los mercados de la ciudad de La Paz y El Alto. La ganadería es parte de las actividades familiares de la población, pero la poca disponibilidad de forrajes hace que las familias cuenten con reducidos números de animales como bovinos y ovinos.

5.14.1. Sistemas de preparación de suelo en la comunidad

En la comunidad la preparación de terreno se realiza por diferentes sistemas que son: mecanizado, manual y animal. La forma como se prepara el terreno es uno de los factores que determina una buena producción y rendimiento del cultivo.

Las condiciones topográficas de la comunidad determina el uso de las tres formas de preparación de terreno, en lugares de difícil acceso para la maquinaria o la yunta solo se utiliza tracción humana.

Figura 15. Sistemas de preparación del suelo



Fuente: elaboración propia.

La mayoría de la población prepara el suelo de forma mecanizada utilizando tractor. La tracción humana es el único sistema de trabajo en lugares de difícil acceso para maquinaria o la yunta de animales, pero este sistema es practicado constantemente por los agricultores.

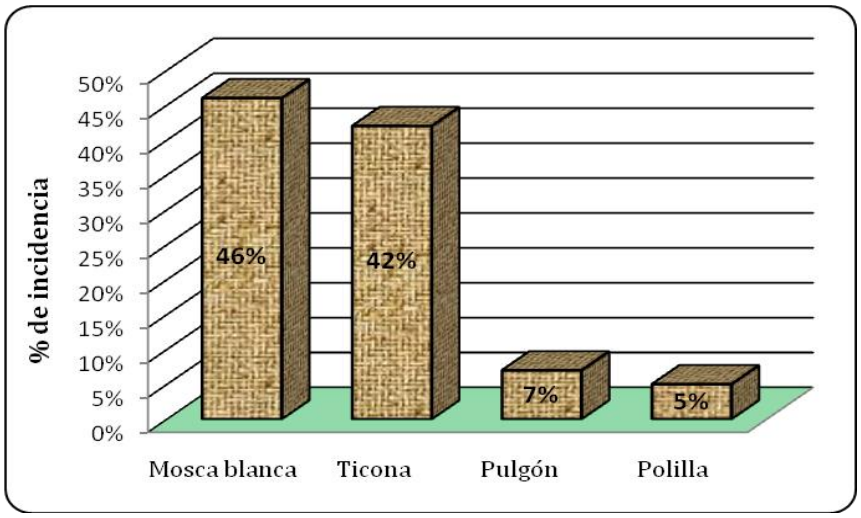
La mano de obra familiar es de vital importancia en los trabajos de preparación del terreno, el uso del tractor agrícola en muchas ocasiones no logra una completa remoción de terreno por la existencia de pendientes que dificulta el trabajo.

La introducción de maquinaria agrícola en la comunidad fue desde el año 1985 aproximadamente según las entrevistas, actualmente la población prefiere el uso de la maquinaria aún si la superficie es pequeña.

5.14.2. Presencia de plagas

Es importante considerar que las plagas se desarrollan mejor cuando existen altas temperaturas. En los últimos años en la comunidad se ha visto la presencia de otras plagas como la mosca blanca, que llegó aproximadamente hace ocho años atrás y se ha adaptado muy bien en la región porque existe condiciones climáticas favorables para su permanencia. Lo preocupante es que la mosca blanca se ha convertido en la principal plaga para la mayoría de los cultivos. Según los agricultores afirman que ya se ha visto la presencia de la mosca blanca en comunidades de la parte alta de la cuenca.

Figura 16. Principales plagas de importancia económica



Fuente: Elaboración propia.

La mosca blanca o “palomillo” denominado así por los habitantes de la región hoy en día es motivo de preocupación además del excesivo uso de pesticidas en la comunidad y en la región. La mosca blanca es la plaga que causa mayor incidencia en los cultivos. Según la población, en los últimos años esta plaga ha mostrado

resistencia al control químico, y la estrategia para controlar la plaga es aumentar la dosis recomendada del producto químico.

Otra plaga de importancia económica es la ticona, que ataca principalmente al cultivo de maíz causando serios daños en las hojas de la planta durante la fase de crecimiento, más adelante ataca a las partes a ser cosechadas que son las mazorcas, si no se controla en el momento adecuado causa considerables pérdidas en la producción.

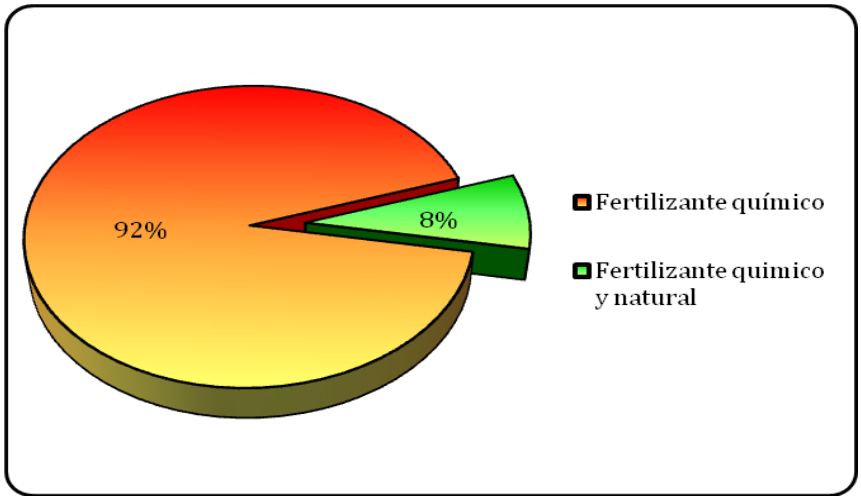
El pulgón y la polilla también causan serios daños a la producción, el primero ataca principalmente a los cultivos de lechuga, tomate, papa y vainita, y la polilla ataca más al cultivo de papa. Según la población afirman que se ha incrementado el ataque de plagas a los cultivos en los últimos años.

En la comunidad no existen alternativas de control ecológico para las plagas. En las entrevistas afirman que no existen instituciones que capaciten sobre las alternativas de control de plagas. Sin embargo la población prefiere el uso de pesticidas por el fácil acceso a estos productos y por el efecto inmediato sobre la plaga.

5.14.3. Uso de fertilizantes en la producción agrícola

Se observó que en la comunidad existe un excesivo uso de fertilizantes químicos para acelerar el desarrollo de las plantas. Los más utilizados son la urea y fosfato y según la población sin el uso de los fertilizantes mencionados no existen buenos rendimientos.

Figura 17. Uso de fertilizantes



Fuente: elaboración propia.

En las encuestas realizadas en la comunidad se tiene como resultado que toda la población utiliza urea y fosfato para acelerar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Muy pocas personas utilizan fertilizantes naturales (guano de oveja) que es incorporado al suelo cada cuatro años aproximadamente, lo cual mejora la estructura del suelo notablemente.

La población sostiene que utilizan fertilizantes químicos porque tiene acción inmediata sobre el cultivo y que sin estos fertilizantes los rendimientos serían bajos. Además, una de las razones por el cual utilizan urea y fosfato, es el fácil acceso y transporte desde el mercado, en cambio adquirir abono natural es más difícil y en la comunidad con el reducido número de animales no se logra obtener suficiente cantidad de guano para incorporar a las parcelas, por otro lado el costo y transporte del guano representa mayores gastos que comprar abonos químicos.

5.14.3.1. Percepciones por el excesivo uso de fertilizantes químicos en el suelo

En las entrevistas a los agricultores se logró conocer la percepción del uso de fertilizantes químicos, y es que origina cambios en la estructura del suelo volviéndolo

pegajoso como un “chicle”, y al momento de la aplicación de riego, la retención de agua por este suelo es menor.

Los agricultores están conscientes sobre las consecuencias de la fertilización química, pero la incorporación de químicos al suelo es necesaria porque la economía familiar depende básicamente de lo que se produce en la comunidad. Sin embargo la poca disponibilidad de los abonos de origen animal en la región constituye un problema y hace que los agricultores sean altamente dependientes de fertilizantes químicos.

“Con la incorporación de guano a mi parcela de lechuga mejoró notablemente el rendimiento, pero es difícil conseguir abono natural y si se consigue es muy caro”. Edgar Mamani Tonconi.

5.14.4. Tipo de suelo en la parcela de evaluación

El tipo de suelo en la parcela de evaluación, según el análisis realizado en el laboratorio presenta una textura franco arcilloso. En general los suelos tienen una profundidad de capa arable superficial, debido a las características topográficas.

5.14.5. Prácticas agrícolas en la parcela de evaluación

5.14.5.1. Deshierbe

El deshierbe es una actividad muy importante dentro de la producción agrícola, pero antes de realizar esta actividad, es necesario aplicar una lámina de agua a la parcela para que el suelo tenga condiciones adecuadas de humedad. La población afirma que si no se realiza el deshierbe en el momento adecuado, la vegetación no deseada empieza a desarrollar más que el cultivo principal porque las condiciones climáticas favorecen también su desarrollo.

5.14.5.2. Fertilización y aporques

Es importante aplicar riego antes de realizar labores culturales en la parcela. Los fertilizantes como urea y fosfato son incorporados al suelo en los aporques, que es aprovechado la remoción del suelo, y para evitar que se pierda en la atmósfera los fertilizantes, se cubren con una capa de tierra. En el segundo aporque también se aplica los mismos fertilizantes.

5.14.6. Cosecha

La fase final del proceso de producción es la cosecha, se observó que la formación de cabezas de lechuga no siempre es uniforme, debido a esta situación la cosecha se realiza en tres fechas. Las cabezas de lechuga son seleccionadas por tamaño (primera, segunda y tercera categoría), para llevar al mercado las lechugas son depositadas en una red llamado ch'ipa.

La actividad de cosecha requiere de mucha mano de obra, razón por la cual existe la mink'a para lograr cosechar en un solo día y poder llevar el producto ese mismo día al mercado.

En la cosecha existe una cierta cantidad de producto que se considera como residuo, lo cual se destina en la alimentación de los animales.

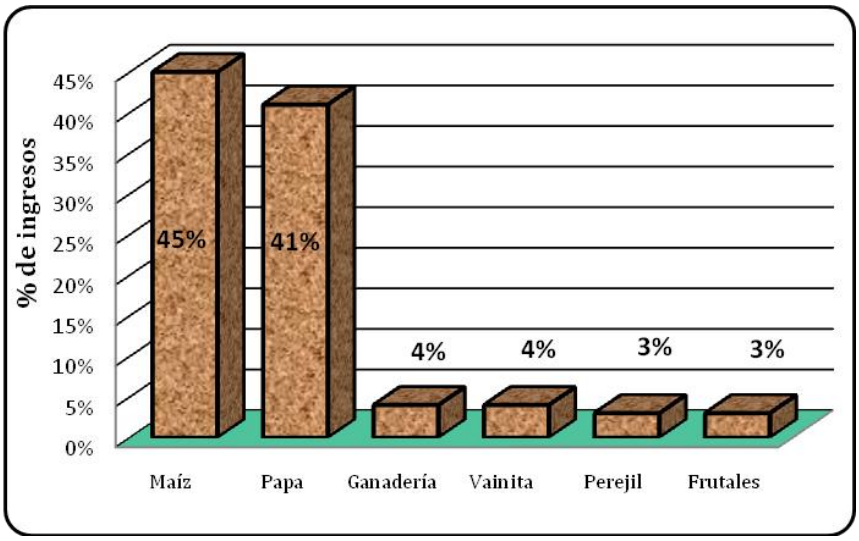
5.15. Fuente de ingresos económicos

5.15.1. Fuentes de ingresos económicos hace 20-30 años

La economía familiar en la comunidad estaba basada en la venta de productos agrícolas. Los productos que generaban mayores ingresos económicos eran: maíz, papa y la ganadería, en donde la familia equipada con sus medios de producción

hacía uso de su fuerza de trabajo para cultivar la tierra. La producción era destinada más a satisfacer las necesidades alimentarias de la familia.

Figura 18. Cultivos de importancia económica hace 20-30 años.



Fuente: Elaboración propia.

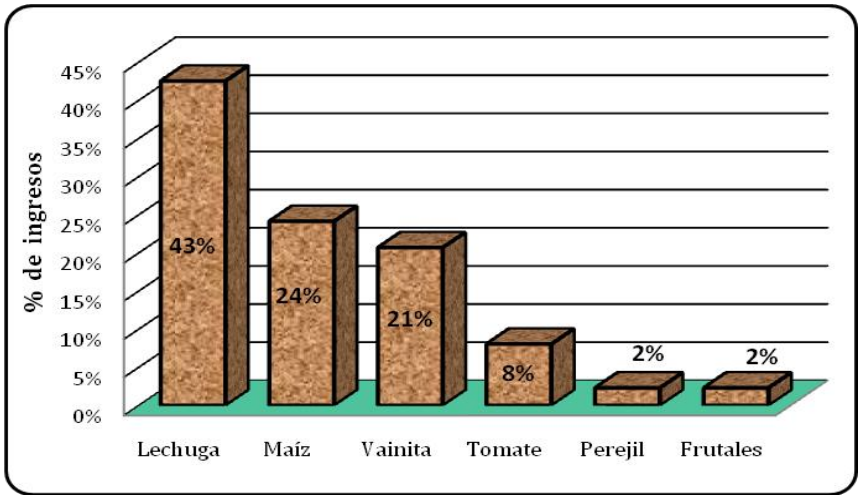
Las encuestas realizadas muestran que hace 20 a 30 años atrás la venta de maíz choclo representaba el mayor ingreso económico familiar, seguido de la venta de la producción de papa, estos dos productos constituían la base de la economía familiar, otros cultivos como: vainita, perejil y algunos frutales (palta, durazno y ciruelo) era un aporte en los ingresos económicos.

La ganadería era un complemento importante en la economía familiar, además de ser fundamental para satisfacer las necesidades alimenticias de las familias. Las personas mayores afirman que mucho más antes la economía de la comunidad estaba basada en la producción de vid, pero con el tiempo fue desapareciendo completamente.

5.15.2. Fuentes de ingresos económicos actualmente

En la comunidad muchas de las familias no cuentan con suficientes unidades de parcelas para la producción, la característica de las comunidades rurales es la producción a la partida, ésta actividad se practica con mucha frecuencia en la comunidad. En la época de invierno existe una migración temporal de la población hacia las ciudades para buscar otras fuentes de trabajo.

Figura 19. Fuente de ingresos económicos actualmente.



Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

Actualmente el cultivo de lechuga constituye el principal producto que genera mayor ingreso económico. Este cultivo fue introducido en la comunidad hace 8 años aproximadamente y con el incremento de las temperaturas se ha logrado obtener buenos rendimientos, actualmente se obtiene hasta cuatro cosechas al año. La venta de maíz choclo representa también un importante ingreso económico, aunque su ciclo productivo es más largo pero que tiene un mercado seguro.

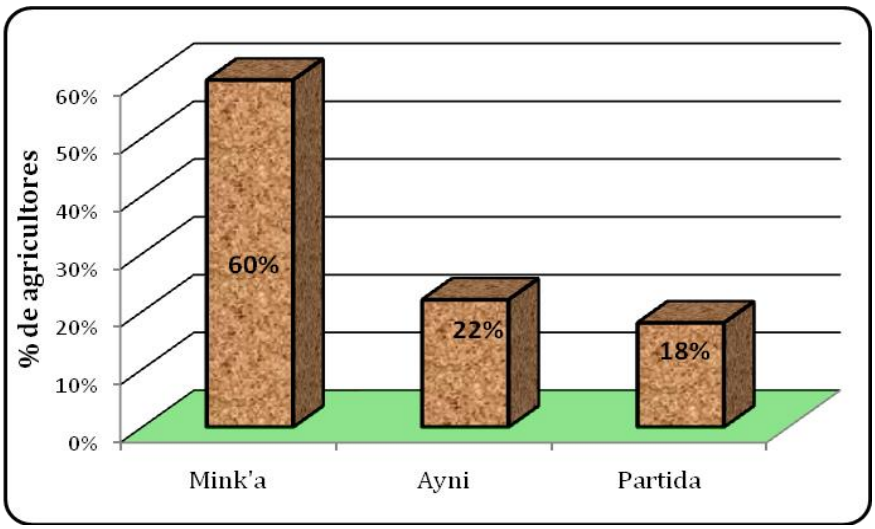
La actividad ganadera actualmente no forma componente fundamental en la generación de ingresos económicos, la escasez de forraje hace que las familias tengan reducido número de animales y las plantas de maíz (challa) son utilizadas en la alimentación de los animales.

Los árboles frutales de carozo y pepita como: pera, manzana, chirimoya, palta, ciruelo constituyen un importante componente en la economía familiar. En los últimos años la presencia de vientos fuertes por el mes de agosto ocasiona la caída de flores lo que representa pérdidas en la producción.

5.16. Formas de cooperación en el trabajo

Una de las características de las comunidades rurales es la forma de cooperación en el trabajo. Se observó en la comunidad que aún existe las diferentes formas de cooperación en el trabajo como es el Ayni, la Mink'a y la producción a la partida.

Figura 20. Formas de cooperación en el trabajo rural



Fuente: elaboración propia.

La mayoría de la población practica la forma de trabajo denominado Mink'a, que consiste en contratar personas para el trabajo y que son remunerados en efectivo o en producto. El Ayni y la Mink'a son formas de trabajo que se ha mantenido durante el tiempo en la comunidad, además estas formas de trabajo constituyen una costumbre de trabajo en grupo, como ejemplo, la limpieza de los canales de riego.

El Ayni es una forma de cooperación en el trabajo a corto, mediano y largo plazo. En la comunidad buena parte de la población practica esta forma de cooperación y que

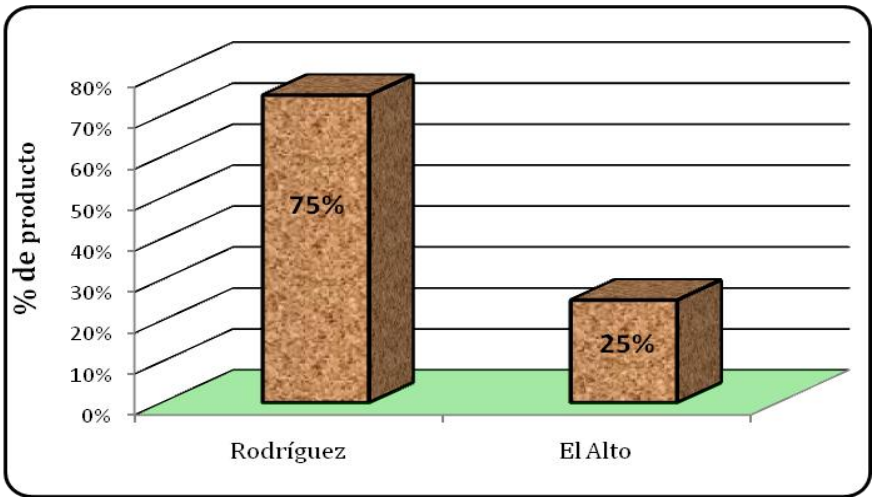
es retribuida en la misma proporción y calidad cuando sea solicitada por los cooperantes. El Ayni es practicado entre familiares y personas de la misma comunidad como una forma de ayuda mutua.

Con el crecimiento de la población se requiere mayores superficies cultivables, y al no poder ampliar más la frontera agrícola hoy en día la producción a la partida es frecuente en la comunidad, y consiste en que el propietario de una determinada parcela o terreno dispone de sus predios para que otra persona disponga de la mano de obra y todas las actividades agrícolas hasta la cosecha de la producción. La producción obtenida es repartida en partes iguales entre el propietario de la parcela y la persona que trabajó durante el proceso de la producción.

5.17. Principales mercados para la venta de los productos

Los productos se venden principalmente en dos mercados de la ciudad que son: mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz y el mercado de villa Dolores de la ciudad de El Alto. La mayoría de productos son destinados al mercado: lechuga, choclo, perejil, vainita, tomate, acelga, locoto, brócoli, frutas como manzana, palta, ciruelo, chirimoya y pacay.

Figura 21. Destino de los productos a diferentes mercados



Fuente: Elaboración propia en base a encuestas.

La mayor parte de los productos tienen como destino el mercado Rodríguez y otra pequeña parte se destina al mercado de la ciudad de El Alto.

La población menciona que atraviesan con serios problemas en el mercado, como es el reducido espacio para realizar la venta de los productos, muchos de ellos tienen que pasar la noche en la calle por la no existencia de sitios para el hospedaje.

5.18. Vulnerabilidad de la comunidad al cambio climático

Durante los últimos años, la producción agrícola de la comunidad y de la región se ha visto afectado por un marcado cambio en las temperaturas, precipitación, presencia de plagas y déficit hídrico, lo que origina problemas en el rendimiento de los cultivos. A esto se suma el proceso de la erosión de los suelos y el excesivo uso de agroquímicos. La pérdida de cosechas por eventos extremos como la helada sobre los cultivos, alta intensidad de las precipitaciones causando erosión de los suelos, presencia de vientos fuertes en la época de floración de frutales.

Las características climáticas de la comunidad corresponden a valle alto, en donde las principales actividades de subsistencia son la agricultura y la ganadería, la primera se desarrolla bajo condiciones de riego, con cosechas de tres a cuatro veces al año, lo que convierte en sensible a los cambios del clima por ser altamente dependiente de la aplicación de riego. La actividad ganadera complementa la economía familiar, sin embargo la poca disponibilidad de forrajes para los animales hace que cada familia tenga muy pocas cabezas de ganado.

En la agricultura los principales cultivos son las hortalizas como la lechuga, vainita, tomate, perejil, acelga, brócoli y locoto. El cultivo de maíz también es un cultivo importante. La reducción de agua para el riego durante los últimos años evidencia que la producción de los cultivos es afectada, ya que para su desarrollo dependen directamente de la aplicación de agua.

5.19. Estudio de calidad de agua

5.19.1. Potencial de hidrogeniones

De acuerdo a los resultados obtenidos en base a valores de Ph y según la clasificación propuesta por Ayers y Wescott (1995), son catalogadas como normales por lo que estas aguas no pueden producir problemas en el desarrollo de los cultivos.

5.19.2. Clasificación de agua para riego según su pH

Tabla 11. Clasificación de agua según el pH

Comunidad	Fuente de agua	PH	Tipo de agua
Cebollullo	Canal 1	7,37	Normal
	Canal 2	7,51	Normal
	Canal 3	7,24	Normal

Fuente: Proyecto Illimani.

5.19.3. Conductividad eléctrica

Según los resultados de conductividad eléctrica de los canales de riego y tomando en cuenta la clasificación propuesta por Ayers y Wescott (1995), sobre la calidad de agua para riego, se determina que las aguas de las muestras no presentan ningún grado de restricción por lo que los mismos pueden ser usados con fines de riego agrícola.

Tabla 12. Clasificación de agua según la conductividad eléctrica.

Comunidad	Fuente de agua	C. E. (dS/m)	Grado de restricción
Cebollullo	Canal 1	0,192	Ninguna
	Canal 2	0,237	Ninguna
	Canal 3	0,227	Ninguna

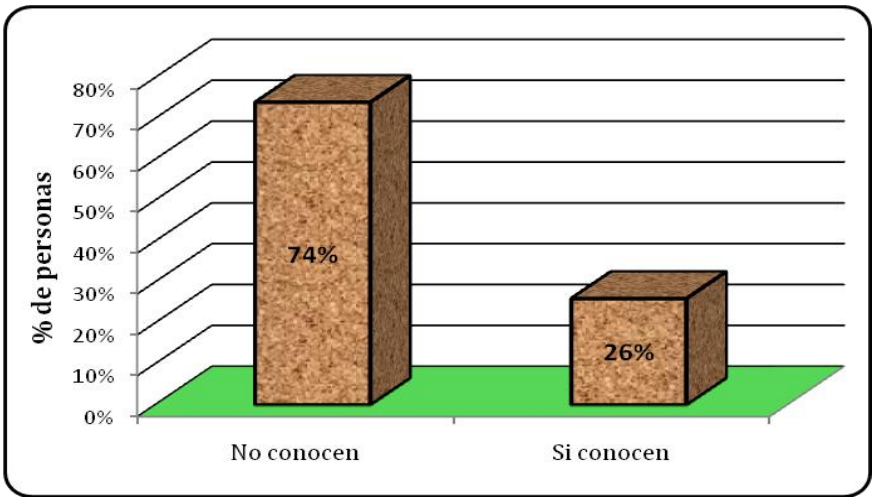
Fuente: Proyecto Illimani.

En base a los resultados de conductividad electrica, que se muestran en el cuadro y de acuerdo a la clasificación propuesta por Ayers y Wescott (1985), las muestras de agua de los canales de riego de la comunidad, no tienen un grado de restricción de uso severo, por el bajo contenido de sales en el agua.

5.20. Uso y conocimiento de los bioindicadores

Los bioindicadores son utilizados en la predicción de eventos como la granizada, ocurrencia de heladas, inicio y cese de la época de lluvias, predicen también la producción agrícola entre otros.

Figura 22. Conocimiento sobre los bioindicadores



Fuente: Elaboración propia.

En la encuesta realizada sobre el uso y conocimiento de bioindicadores, se tuvo como resultados; que solo un pequeño porcentaje de personas conocen sobre la existencia de los indicadores naturales. Según los agricultores no se basan en los bioindicadores en las predicciones climáticas, por el simple hecho de que cuentan con sistema de riego, lo cual hace que la producción agrícola no dependa directamente de las lluvias. Además, afirman que con los cambios del clima, los bioindicadores ya no predicen la ocurrencia de algún evento climático.

La mayoría de personas encuestadas, afirman que no tienen conocimiento sobre los bioindicadores, inclusive personas de tercera edad dicen no conocer la existencia de indicadores y sostienen que en la comunidad no prestan mucha importancia porque tienen agua para riego.

6. CONCLUSIONES

En la comunidad y en la región, la agricultura es el sector que demanda mayores volúmenes de agua, en donde existe el paso de una agricultura estacional a una agricultura comercial y con cultivos demandantes de agua. El uso de agua doméstico es captado de las vertientes existentes en la región y es conducida a través de tuberías plásticas hasta los hogares de las familias.

La comunidad se encuentra en la cuenca del rio Sajuaya, y tiene como fuente de abastecimiento de agua para las actividades agrícolas y pecuarias el deshielo del glaciar Illimani.

Existe mayor demanda de agua para los cultivos en los últimos años, esto se debe al incremento de las temperaturas, en donde la aplicación de riego es más frecuente e intensa, por tanto, existe la preocupación de la población por el retroceso del glaciar Illimani que es la única fuente de abastecimiento de agua.

El incremento de las temperaturas si bien favorece el crecimiento de las plantas, por otro lado representa más impactos negativos para el sistema productivo, pues existe una mayor incidencia de plagas que se refleja en un excesivo uso de agroquímicos y mayor incorporación de fertilizantes químicos al suelo.

La infraestructura de los canales de riego, se restringe a construcciones hechas con materiales existentes en el lugar (piedra, arena), una mayor parte de esta infraestructura es de tierra en forma de “U”, pero en los últimos años la población ha revestido ciertos tramos de los canales con cemento, posteriormente realizaron cambios con tubos PVC, mejorando la eficiencia de conducción.

El incremento de las temperaturas se ha evidenciado claramente hace aproximadamente diez años, desde entonces hubo alteraciones en el sistema productivo como la práctica de una agricultura durante todo el año y la introducción

de nuevos cultivos demandantes de agua, lo cual ha provocado la existencia de turnos de riego en la época de escasez (junio-septiembre).

La presencia de fenómenos climatológicos como la granizada, heladas y vientos han mostrado alteraciones, causando considerables pérdidas en la producción agrícola cuando existe la presencia de alguno de los eventos climatológicos extremos.

Las estaciones del año con relación a hace 20-30 años atrás ha mostrado notables cambios, antes la época de invierno era desde el mes de junio hasta agosto, pero en los últimos años, las heladas aún se presentan por los meses de octubre o noviembre.

El incremento de las temperaturas provocó la ampliación de la frontera agrícola en la comunidad con relación hace unos treinta años atrás, por otro lado, el crecimiento de la población fue motivo también para la ampliación de áreas cultivadas en la comunidad.

El sistema productivo de la comunidad es altamente vulnerable a la reducción de la oferta de agua, lograr buenos rendimientos en los cultivos depende directamente de la aplicación de riego. Si no hay agua, no hay producción por tanto no hay ingresos económicos.

La economía familiar está en base a la venta de productos agrícolas, principalmente la venta de lechuga constituye el pilar de los ingresos económicos.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más investigaciones a nivel local y regional de los impactos del cambio climático sobre el sistema productivo.

Es importante realizar aforos periódicos del rio Sajuaya para tener datos de oferta de agua para las actividades agrícolas de las comunidades de la cuenca.

Mejorar el sistema de riego de la comunidad para tener mayor eficiencia de riego y una buena distribución entre los usuarios.

Se recomienda contar con información histórica climática de la región, para constatar la percepción de la población sobre los cambios producidos en las temperaturas y precipitaciones.

Concientizar a la población sobre el excesivo uso de agroquímicos en el sistema productivo.

8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AGUA SUSTENTABLE. 2011. Enforcing capacity and developing strategies for adaptation to the phenomena of climate change in communities of the cordillera real in the Central Andes of Bolivia. La, Bolivia.

Aidarov, I. P. y Golovanov, A. I. 1985. El riego. Editorial Mir. Moscú, URSS. 367p.

Alurralde, J. C, E. Ramírez, M. García, P. Pacheco. 2011. Living with glaciers, adapting to change the experience of the Illimani project in Bolivia.

ANDERSEN, L. and VERNER, D. 2009. Social impacts of climate change in Bolivia. Sustainable Development Department, Social Development Division.

Ayers, I. y Wescott, F. 1995. EL Agua. Naturaleza y propiedades.

Bates,B,C,Z. 2008. Climate Change and Water. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Chávarri, E. 2004. Curso de Hidrología Aplicada. Universidad Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento de Recursos de Agua y Tierra.

CIPCA, 2009. Documento de trabajo. Sistematización de experiencias en cambio climático. CIPCA-PNUD. La Paz, Bolivia.

Cruz, D. 2008. Impactos del cambio climático en los sectores No- energéticos en Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

FAO, 2007. El Estado de la Seguridad Alimentaria en el Mundo.

FRAG, 1999. Fortalecimiento en Riego Agrícola. Guía técnica. Riego por surcos. Estelí Nicaragua.

IPCC, 2001a. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al tercer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

IPCC, 2001b: Climate Change 2001: Impacts, Adaption, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1031pp.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2008. The technical Paper on Climate Change y Water. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Luque, J. A. 1987. Hidrología agrícola aplicada. Buenos Aires-Argentina.

Mendoza V., Villanueva E. y Madera L. 2007. Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el Cambio Climático Global. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, Instituto de Geografía, UNAM.

MMAyA. 2007. Plan nacional de desarrollo de riego. Vice ministerio de recursos hídricos y riego. Presentación Vice-ministerio de riego en línea a: http://www.aguasustentable.org/constituyente/docs/propuestas%20constitucionales/Viceministerio%20Riego,%20constituyente.pdf

MPD (Ministerio de Planificación del Desarrollo), 2005. Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático. La Paz, Bolivia.

OMM, 1994. Guía de practicas hidrometeorológicas, Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones.

Peñaranda, H. 2003. Aprovechamiento de Recursos Hídricos y Conservación de Suelos. La Paz, Bolivia. p 17-18.

Plan de Desarrollo Municipal, 2007-20011. Gobierno Municipal de Palca. La Paz-Bolivia.

PNCC, 2007. Ministerio de Planificación del Desarrollo. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Entendiendo el Cambio Climático.

PNCC, 2009. Segunda comunicación nacional frente al convenio marco de las naciones unidas frente al cambio climático.

PNCC, 2010. Estrategia Nacional Bosque y Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz- Bolivia. p. 18.

PNUD, 2007. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático.

PNUD, 2008. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido.

PNUD, 2010. El Estado del Arte del Conocimiento en la Adaptación al Cambio Climático en Bolivia. Agua y Seguridad Alimentaria. La Paz- Bolivia.

PNUD, 2011. Estado del Arte del Conocimiento en la Adaptación al Cambio Climático en Bolivia. Agua y Seguridad Alimentaria. La Paz- Bolivia.

PNUMA. 2007. Secretaria General de la Comunidad Andina. El fin de las cumbres nevadas? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina. Lima Perú.

PRAA, 2008. Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático. Ministerio de Planificación del Desarrollo - Programa Nacional de Cambios Climáticos. La Paz, Bolivia. p. 11, 12 y 26.

Ramírez, E. 2009. Cambio Climático, Disponibilidad de Recursos Hídricos y Medidas de Adaptación en Bolivia. La Paz, Bolivia.

REDESMA (Red de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). 2008. Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto.

SENARI, 2007. Ministerio del Agua. Plan Nacional de Desarrollo del Riego. Para vivir bien. La Paz, Bolivia. p. 24.

Sequeira, 1997. Técnicas y métodos de investigación participativa.

Villon, M. 2002. Hidrología. Segunda edición. Editorial Villon. Lima, Perú. 435 p.

Vuille, M. 2007. Cambios Climáticos en los Andes Tropicales – Impactos y consecuencias para glaciares y recursos de agua.

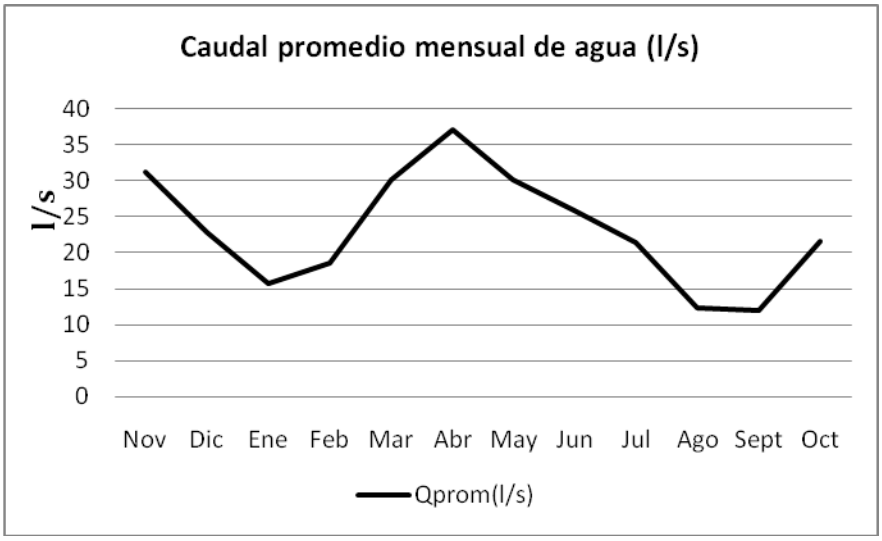
ANEXOS

Inventario Glaciar de la Cordillera Real

Región	Latitud	Longitud	Área (Km^2)	Altitud máxima (m^2)	Altitud mínima (m^2)
Cordillera real	**15°45'-16°40'**	**67°40'-68°34'**	**323,603**	**6,436**	**4,42**
Norte-Cordillera Real	15°45'-16°20'	68°01'-68°34'	262,766	6,436	4,42
Región Illampu-Ancohuma	15°50'	68°30'	103,099	6,436	4,438
Región Calzda-chearoco-Chachacomani	16°00'	68°20'	94,072	6,127	4,676
Región nigruni-Condoriri	16°08'	68°15'	40,868	5,752	4,42
Región Saltunio-Huayna Potosí	16°15'	68°08'	14,504	6,088	4,804
Región Zongo-cumbre-Chacaltaya	16°18'	68°05'	10,223	5,519	4,578
Sur-Cordillera Real	16°20'-16°40'	67°40'-67°58'	60,837	6,414	4,499
Región Hampaturi-Taquesi	16°26'	67°52'	11,685	5,548	4,723
Región Mururata	16°30'	67°47'	17,207	5,836	4,592
Región Illimani	16°38'	67°44'	31,945	6,414	4,499

Fuente: PRAA, 2008.

Comportamiento mensual de caudal de agua. (2009-2010)



Fuente: Elaboración propia.

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y
Recursos Naturales
"PROYECTO ILLIMANI"

PLANILLA DE ENCUESTAS

Dinámica de uso de agua para el sistema productivo en la comunidad Cebollullo

Nombre del encuestado……. Nº de encuesta……..
Comunidad…… Edad……..

1. Usted notó que el tiempo está cambiando y la temperatura está subiendo? Si? No? Desde hace cuantos años aumentó la temperatura?
2. Si hubo el aumento de temperatura, esto les beneficia o es perjudicial para su sistema productivo?
3. Existe una variación en la cantidad de agua que bajaba del Illimani hace 20-30 años atrás con relación a la cantidad de agua que baja ahora para el riego de sus parcelas?.
4. Esta variación en qué manera les afecta como agricultores? O cuáles son los problemas que tienen con esta variación?.

Problema	Efecto

5. Que métodos de riego utilizaban hace 20-30 años atrás y ahora que métodos de riego utilizan?
6. Actualmente tienen problemas de déficit de agua para el riego de sus parcelas? En que meses?
7. Hace 20-30 años atrás entraban en turnos de riego de sus parcelas?
   SI
   NO ¿Por qué?
8. Qué medidas adoptan cuando tienen déficit de agua para el riego de sus parcelas? y tienen pensado tomar alguna medida para no tener déficit de agua para el riego?
   SI ¿Cuál?
   NO
9. ahora existe turnos de riego? Como se distribuyen los turnos de riego?
10. Qué pasa con las persona que tienen una mayor superficie de terrenos y requiere de mayor cantidad de agua para el riego?
11. Qué pasa cuando alguien desacata el turno de riego que le corresponde? Cual es o en qué consiste esta sanción?
12. Cada cuanto tiempo riega sus parcelas ahora?
14. Cada cuanto tiempo regaba sus parcelas hace 20-30 años atrás?
15. Cuál es el cultivo que requiere de más riego para su crecimiento?
16. Cuantos canales principales de riego tiene la comunidad ahora? Y cuantos tenía hace 20 años atrás?.
17. Le parece eficiente el método de riego que utiliza? O cual sería el más adecuado?.
18. Hace 20 años existía la organización de riego? SI NO Porque?.
19. Actualmente existe organización de riego? SI NO Porque?.

Anexo de indicadores naturales en la comunidad.

N°	Bioindicador	Fecha de observación	Descripción evento	Uso comunidad	
				si	no
1	Zorro	Julio- agosto- septiembre	Cuando el aullido del zorro es agudo, será buen año.		x
2	Hormigas con alas	Cualquier momento	Va llover		x
3	Cuando silba el pájaro	Cualquier momento	Va llover		x
4	Luna nueva	Cualquier momento	Va llover		x
5	Chihuanco (ave)	Diciembre-enero-febrero	Va llover		x
6	Pájaro de visita	Diciembre-enero-febrero	Pájaro que viene de visita y no para de volar. Va llover		x
7	Hay mucho sapo negro	Diciembre-enero-febrero	Va llover		x
8	Cuando hay víbora	Cualquier momento	Va llover		x
9	Cuando el pájaro pone su huevo abajo	Julio- agosto- septiembre	No va haber mucha lluvia		x
10	Flor de valda	Diciembre-enero-febrero	Cuando ve hacia el Titicaca. Habrá buena cosecha de papa.		x
11	Cuando el zorro llora en agosto	Agosto	Escaso de lluvia		x
12	Cuando el zorro llora en septiembre	Septiembre	Buena cosecha		x
13	Cuando entra el cóndor	Diciembre-enero-febrero	Llueve		x
14	Cuando el pájaro blanco viene	Diciembre-enero-febrero	Llueve		x
15	Arco iris	Aparece en vertientes	Adelanto o retraso de lluvias		x
16	Planta sewenca	Febrero-marzo	Significa que cuando empieza a florecer, ya no lloverá más.	x	
17	Achuma (planta)	Octubre – noviembre	Cuando florece vista al sol, significa que será un año seco y si es vista al otro lado entonces año lluvioso.	x	
18	Puchuncara (planta)	Después de las lluvias	Cuando florece significa que ya no lloverá más.	x	

ANEXO DE FOTOGRAFÍAS

Diseño de surcos y aplicación de riego

Cultivo de lechuga en fase inicial

Lechuga en fase de crecimiento

Cosecha del cultivo de maíz

Árboles frutales existentes en la comunidad.

Cosecha de lechuga.

Transporte de lechuga al mercado.

Canal de riego de material rústica.

Conducción de agua a través de tuberías

Caña de azúcar en la comunidad Cebollullo.

Instalación de estación meteorológica DAVIS en la comunidad.