



Estudio de caso

Evaluación de vulnerabilidad climática de pequeños productores agrícolas en la Comunidad Chullcumayu (Cochabamba)

Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable PROAGRO

Bolivia
enero, 2014



PROAGRO es ejecutado por:



Índice

Antecedentes

Listado de acrónimos

1. Introducción.....	7
2. Comprendiendo los impactos del Cambio Climático.....	9
3. Metodología de la evaluación de vulnerabilidad.....	11
4. Resultados de la evaluación de vulnerabilidad.....	19

Índice de Tablas

Tabla 1: Escalas temporales de la evaluación de vulnerabilidad.....	8
Tabla 2: Factores relacionados con la exposición climática.....	12
Tabla 3: Factores relacionados con la sensibilidad climática.....	13
Tabla 4: Criterios para verificar la adecuación del indicador indirecto de impacto climático.....	13
Tabla 5: Factores relacionados a la capacidad adaptativa.....	14
Tabla 6: Área bajo riego óptimo para condiciones climáticas antes y después de la implementación del Riego Tecnificado (para el cálculo del impacto potencial).....	15
Tabla 7: Ponderación de los factores de capacidad adaptativa de pequeños productores agrícolas.....	16
Tabla 8: Valoración de impacto climático en Chullcumayu.....	17
Tabla 9: Normalización de datos para el cálculo de capacidad adaptativa en la comunidad de Chullcumayu.....	17
Tabla 10: Cálculo de la vulnerabilidad climática en Chullcumayu.....	18
Tabla 11: Área bajo riego óptimo para condiciones climáticas antes y después de la implementación del Riego Tecnificado en Chullcumayu.....	20
Tabla 12: Área bajo riego óptimo para condiciones extremas de precipitación en Chullcumayu.....	21
Tabla 13: Área bajo riego óptimo con clima presente y clima futuro en Chullcumayu.....	22

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Cadena de impactos para el estudio de caso en la comunidad Chullcumayu.....	10
Ilustración 2: Métodos seleccionados para evaluar la vulnerabilidad.....	12

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Mapa de ubicación de la comunidad Chullcumayu.....	9
Gráfico 2: Precipitaciones anuales modeladas para la estación meteorológica Toralapa.....	15



Antecedentes

El presente estudio de caso fue elaborado para la aplicación piloto del “*Sourcebook Vulnerability - Conceptual Framework, Guidelines & Tools to Assess Climate Change Vulnerability*”, en colaboración con el Proyecto Sectorial “Protección Climática a los países en desarrollo” del Centro de Competencias sobre el Cambio Climático de la GIZ.

El *Sourcebook Vulnerability*, denominado como Guía de Evaluación de Vulnerabilidad al Cambio Climático, fue elaborado por el consorcio **adelfi** (Berlín, Alemania) y **EURAC Research** (Bolzano, Italia) por encargo de la sede central de GIZ en Alemania, para avanzar en la aplicación de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático en la planificación y el Monitoreo y Evaluación de la adaptación en el contexto de la cooperación al desarrollo. El objetivo de la Guía es proveer un enfoque estandarizado para evaluar la vulnerabilidad cubriendo los diversos alcances temáticos, sectoriales, espaciales y temporales. Está destinada a instituciones y actores en países en desarrollo, y pretende guiar sobre cómo aplicar evaluaciones de vulnerabilidad para informar y mejorar la planificación de la adaptación; particularmente está diseñada para evaluar la vulnerabilidad en sistemas rurales, habitados por población pobre cuyos medios de vida son directamente afectados por impactos climáticos adversos.

La Guía consiste en un marco conceptual con el enfoque teórico y metodológico para la evaluación, ocho módulos que orientan la aplicación metodológica, y unos anexos con herramientas de apoyo suplementarias. En el siguiente link se puede acceder a más información sobre la Guía: adaptationcommunity.org --> *Vulnerability Assessment* --> *Sourcebook Vulnerability* (disponible a partir de julio 2014).

La aplicación piloto de la Guía fue realizada en Bolivia, por Claudia Cordero y Jose Luis Gutierrez, autores del presente estudio de caso, elaborado en 2013, con apoyo del equipo técnico de asesores de PROAGRO.

Listado de acrónimos

ABRO	Área Bajo Riego Óptimo
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
IPCC	Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático
PRECIS	Providing Regional Climates for Impact Studies
PROAGRO	Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Bolivia



1. Introducción

¿Cuál es el contexto de la evaluación de vulnerabilidad?

El Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO) es ejecutado por la GIZ en Bolivia. El Programa, en su segunda fase (2011-2014) cuenta con un co-financiamiento de la Cooperación Sueca, y está enfocado en fortalecer la resiliencia de pequeños productores agropecuarios en áreas secas del país.

En este contexto, se promueve, en conjunto con los socios estratégicos, la implementación de Modelos de Gestión, que consisten en experiencias validadas y documentadas para facilitar las réplicas y la gestión del conocimiento. Uno de estos Modelos de Gestión es *“Riego Tecnificado para uso más eficiente del agua en la agricultura”* (en adelante Riego Tecnificado) implementado en respuesta a la escasez de agua en sistemas comunitarios de riego, que funcionan con bajas eficiencias. Más aún, ante la escasez e irregularidad de las lluvias que limitan la agricultura, se incrementa la vulnerabilidad de pequeños/as productores/as en zonas áridas y semiáridas, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de sus medios de vida por la menor producción y por tanto menores ingresos agrícolas. Ante esta situación, este Modelo de Gestión promueve la introducción de nuevas tecnologías que permiten cambios en la distribución y aplicación del agua a los cultivos, aumentando las áreas de riego con las mismas fuentes, logrando una mayor frecuencia de riego y la diversificación de cultivos.

Se requieren ajustes en los proyectos de desarrollo agropecuario para reducir la vulnerabilidad de pequeños productores, especialmente en zonas áridas y semiáridas, donde los productores enfrentan mayores riesgos climáticos por la irregularidad de lluvias y cuentan con baja calidad en sus medios de vida. Para mejorar la comprensión de los determinantes de la vulnerabilidad en estas regiones productoras, que permita mejorar la planificación de la adaptación, PROAGRO tiene el interés de determinar en qué medida se reduce la vulnerabilidad climática de los productores a partir de la implementación del mencionado Riego Tecnificado.

¿Cuáles son los objetivos de la evaluación de vulnerabilidad?

PROAGRO promueve el Modelo de Gestión Riego Tecnificado para uso más eficiente del agua en la agricultura, como una medida de Adaptación al Cambio Climático de pequeños productores vulnerables a los impactos climáticos. El objetivo de la evaluación para PROAGRO es cuantificar en qué medida ha reducido la vulnerabilidad de los pequeños productores agrícolas en la comunidad Chullcumayu con la implementación del Riego Tecnificado.

¿Cuáles son los temas, áreas y periodos de tiempo cubiertos en la evaluación de vulnerabilidad?

La comunidad Chullcumayu cuenta con tierras de aptitud agrícola, teniendo como limitante la baja disponibilidad de agua, por lo que en el año 2005 se diseñó el proyecto de riego presurizado por gravedad para mejorar las condiciones de vida de las familias. Esta comunidad está ubicada en la zona de valles interandinos, que se caracterizan por una fisiografía accidentada, con precipitaciones entre 400 a 800 mm y pérdidas de suelos por la erosión. La escasez de agua es el obstáculo para esta zona fértil del país.



Vista de Chullcumayu

La problemática para la producción agrícola en esta comunidad es la escasa disponibilidad de agua ante las lluvias irregulares y las bajas eficiencias de los sistemas de riego. En consecuencia, el principal impacto potencial climático es la reducción de la superficie agrícola bajo riego óptimo.

En este contexto, se realiza una evaluación semi-cuantitativa de vulnerabilidad climática de los pequeños productores de la comunidad Chullcumayu, antes y después de la implementación del Riego Tecnificado. El análisis se enfoca en la vulnerabilidad presente, considerando el impacto de las condiciones climáticas promedio, antes de implementar el proyecto Riego Tecnificado (período 1960-1990) y de las condiciones climáticas promedio, después de implementado el proyecto (período 1991-2011).

Con el propósito de comprender mejor el funcionamiento del sistema, adicionalmente se analiza el impacto de la variabilidad climática en el sistema de riego tradicional existente en la comunidad, frente los eventos extremos de menor precipitación (año 2000) y de mayor precipitación (año 1986). Asimismo, se analiza cómo impactarían las condiciones climáticas previstas para el futuro (año 2030) de acuerdo al modelo PRECIS, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1: Escalas temporales de la evaluación de vulnerabilidad

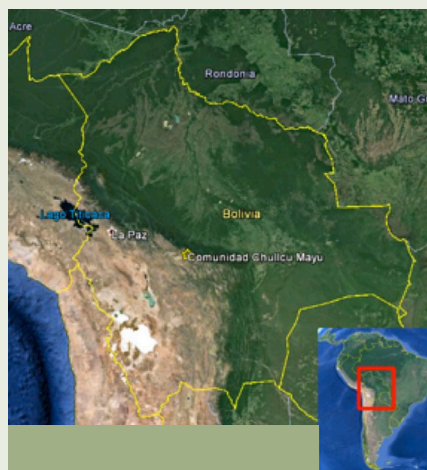
Periodo o Año	Justificación
2000	Condiciones del evento extremo de menor precipitación (percentil 10 de la serie de datos de precipitación)
1986	Condiciones del evento extremo de mayor precipitación (percentil 90 de la serie de datos de precipitación)
1960-1990	Condiciones climáticas promedio en Chullcumayu, antes de la implementación del Riego Tecnificado
1991-2011	Condiciones climáticas promedio en Chullcumayu después de la implementación del Riego Tecnificado
2030	Condiciones climáticas futuras ¹ generadas por el modelo climático regional 'Providing Regional Climates for Impacts Studies' (PRECIS) desarrollados por el Hadley Centre de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, en base al modelo ECHAM4, bajo el escenario de emisiones A2 para el periodo en tiempo futuro 2001-2030 (considerando el tiempo presente como el periodo 1961-1990). Este modelo muestra los siguientes cambios climáticos para el 2030: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Aumento de temperatura en 1.6 °C ▶ Variación en precipitación: <ul style="list-style-type: none"> ▪ En los meses de la época de estiaje, con una reducción del 26%. ▪ En los meses de la época húmeda, con un incremento del 26%.

Fuente: Elaboración propia

La escala espacial seleccionada corresponde a la comunidad Chullcumayu, en el Municipio Tiraque, Departamento de Cochabamba (Bolivia), cuya ubicación geográfica aproximada está entre las coordenadas 65° 32' 30" a 65°33'30" de Longitud Oeste y 17°29'55" a 17°27'30" Latitud Sur, a una altura media de 3486 msnm, con una distancia a la ciudad capital más cercana de 75 km por carretera asfaltada. Específicamente el alcance espacial de la evaluación cubre el área con potencial agrícola (61 ha) en la comunidad Chullcumayu, donde habitan 97 familias campesinas.

¹La fuente de información corresponde a: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, **Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático**, Pág. 133. Diciembre 2009.

Gráfico 1: Mapa de ubicación de la comunidad Chullcumayu



Fuente: Elaboración propia, usando Google Earth

¿Cómo se entiende la vulnerabilidad y sus componentes en la aplicación de la evaluación?

El marco conceptual de la evaluación de vulnerabilidad se basa en el IPCC (AR4), donde la vulnerabilidad es el grado en el cual un sistema es susceptible a, o incapaz de enfrentar, efectos adversos del cambio climático, incluyendo variabilidad climática y extremos. La vulnerabilidad es función del carácter, magnitud y tasa de cambio climático y variaciones al cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa.

El tipo de evaluación de la vulnerabilidad es focalizada (análisis del sistema principalmente cuantitativo). Para la exposición, sensibilidad e impactos, se aplica un enfoque cuantitativo, haciendo uso del software ABRO (Área Bajo Riego Óptimo), instrumento normativo del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego para el diseño de proyectos de riego en Bolivia. Para la capacidad adaptativa, se aplica un enfoque cualitativo, basado en 'criterio de experto', usando un indicador indirecto (Proxy) que considera los aspectos de gobernanza, recursos, conocimientos, tecnologías, que son necesarios para la autogestión de un sistema de riego tecnificado. Por tanto, la evaluación de vulnerabilidad tiene un enfoque semi-cuantitativo, basado en la valoración del impacto climático potencial y de la capacidad adaptativa en la comunidad.

Actores involucrados en la preparación e implementación en la evaluación de vulnerabilidad

Los actores interesados en los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad son los pequeños productores agrícolas de valles interandinos, instituciones públicas y privadas que trabajan en la región en el marco del desarrollo agropecuario con sistemas de riego, autoridades y técnicos del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, asesores del PROAGRO, así como de otros organismos /agencias internacionales de cooperación.

Por su parte, los socios involucrados directamente en la elaboración del estudio de caso en Bolivia fueron PROAGRO, GIZ Alemania y EURAC Research.

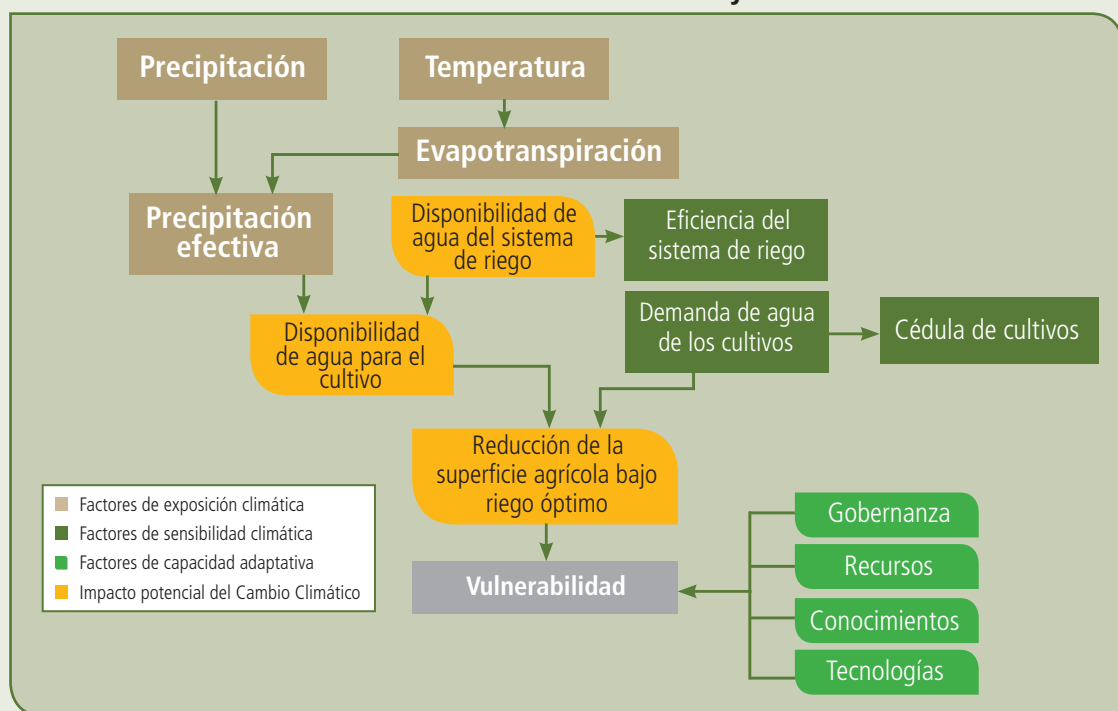
2. Comprendiendo los impactos del Cambio Climático

Para comprender el impacto potencial del Cambio Climático en la comunidad analizada se realizó el análisis de la cadena de impactos, herramienta analítica que -de manera sistemática- permite evaluar los factores de vulnerabilidad y su relación causa-efecto. El análisis inicia con la identificación del principal impacto potencial al sistema evaluado, lo cual se realizó como se indica a continuación.

En un proceso de consulta con expertos en sistemas de riego, se identificó que el pequeño productor es vulnerable ante la poca disponibilidad de agua para la producción agrícola, lo que implica que cambios en condiciones climáticas pueden afectar la disponibilidad de agua en las parcelas y el mayor requerimiento hídrico de los cultivos, por tanto se reduce la superficie agrícola bajo riego.

Una vez analizado el impacto climático potencial, en este mismo proceso de consulta con expertos (personal técnico de PROAGRO), se identificaron los factores relativos a la capacidad adaptativa de productores agrícolas en la comunidad; estos factores se agruparon en cuatro grandes temas: gobernanza, recursos, conocimientos y tecnologías. Para cada tema se identificaron subfactores que caracterizan la capacidad adaptativa específica en la comunidad frente a la actividad productiva analizada. En la siguiente ilustración se muestra la cadena de impactos:

Ilustración 1: Cadena de impactos para el estudio de caso en la comunidad Chullcumayu



Fuente: Elaboración propia

La cadena de impactos, permite visualizar que en la comunidad Chullcumayu la vulnerabilidad climática está determinada por:

- Exposición climática: variaciones en temperatura y precipitación afectan la evapotranspiración y los niveles de precipitación efectiva.
- Sensibilidad climática: el sistema de producción agrícola en Chullcumayu es sensible a variaciones climáticas por la baja eficiencia del sistema de riego tradicional, y el tipo de la cédula de cultivos que tienen en las parcelas, la cual determina la cantidad de la demanda de agua de los cultivos.
- Impacto potencial del cambio climático: para el caso de la comunidad Chullcumayu, la menor superficie agrícola bajo riego óptimo es el principal impacto potencial, que depende del balance entre la oferta y demanda de agua de los cultivos. A partir de este balance, se calcula la superficie agrícola en las parcelas que puede ser regada óptimamente.
- Capacidad adaptativa: elementos como el nivel de gobernanza u organización social, recursos disponibles en la comunidad, conocimientos (know how) de los productores para manejo de cultivos y sistemas productivos, o tecnologías disponibles para el proceso productivo, determinan la capacidad de los productores para hacer frente a los impactos climáticos.

3. Metodología de la evaluación de vulnerabilidad

Información clave del proceso de implementación general de la evaluación de vulnerabilidad

El proceso de la evaluación inició con la visita del equipo EURAC Research a Bolivia, para explorar la aplicación piloto del *Sourcebook Vulnerability*, donde se realizó un taller de arranque con este fin, junto con personal de PROAGRO. Se seleccionó el proyecto de riego Chullumayu para la evaluación, puesto que ya fue implementado hace algunos años y se buscaba medir o cuantificar los resultados en la reducción de la vulnerabilidad de los productores beneficiados con el proyecto.

Los recursos utilizados en la evaluación de vulnerabilidad fueron el software ABRO, el modelo climático regional PRECIS y datos históricos meteorológicos. Después de un análisis de la información disponible, se contrató un consultor para apoyar la modelación estadística de los datos meteorológicos, la aplicación del software ABRO con los nuevos datos climáticos y la evaluación de la capacidad adaptativa, para lo que se hicieron 3 talleres con técnicos de PROAGRO vinculados con el proyecto de Riego Tecnificado en la comunidad evaluada, y 2 talleres de presentación de resultados con estos mismos actores. Adicionalmente el equipo de EURAC realizó una segunda visita a Bolivia para conocer los resultados de la aplicación del *Sourcebook Vulnerability*. En total se utilizaron unos 4 meses para realizar la evaluación.

¿Qué indicadores fueron seleccionados para evaluar los factores de vulnerabilidad?

Junto con el equipo de EURAC Research y técnicos de PROAGRO se realizó una visita a la comunidad para conocer el área y obtener información clave de los productores. Con esta información, se construyó una cadena de impactos inicial. A partir de esta propuesta, junto con tres asesores técnicos de PROAGRO se finalizó la construcción de la cadena de impactos en torno a los factores que determinan la vulnerabilidad del pequeño productor en esta comunidad.

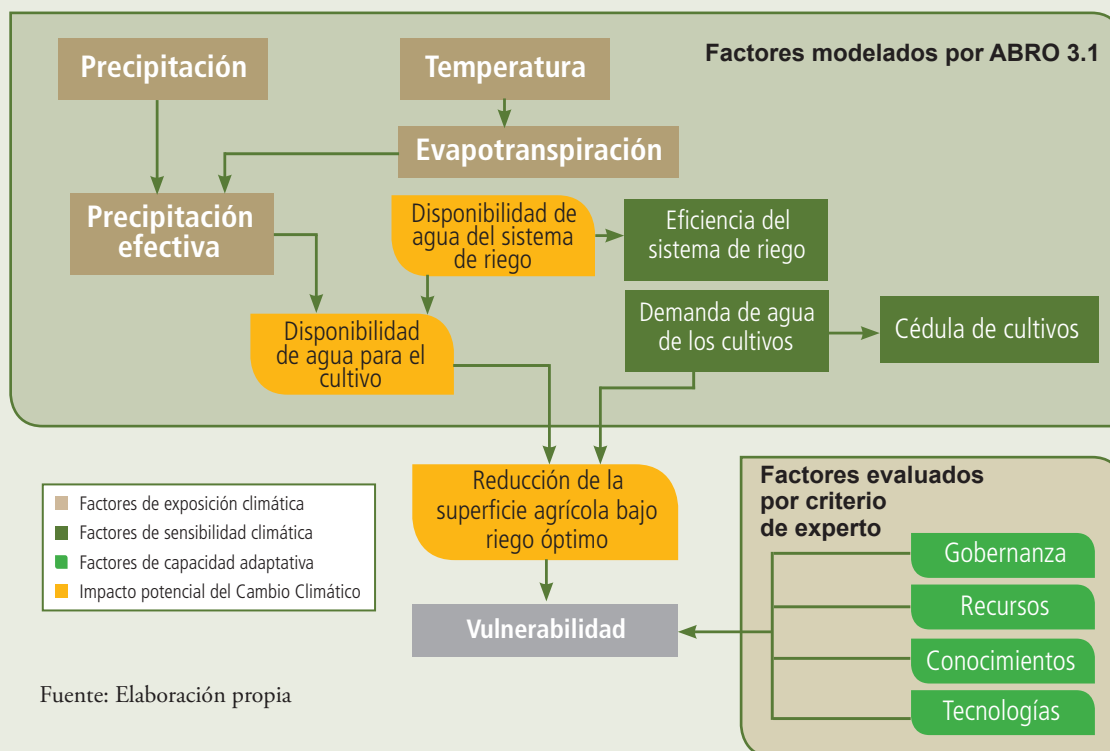
Según la percepción local de productores entrevistados en la visita de campo, en esta comunidad las amenazas climáticas consisten principalmente en déficit e irregularidad de precipitaciones, y también eventos extremos como granizadas, heladas y olas de calor. De estas amenazas, el déficit de lluvias tiene el mayor impacto potencial, debido a la menor disponibilidad de agua para la agricultura y en consecuencia, menores niveles de producción, seguridad alimentaria e ingresos familiares agrícolas. De esta forma, se identificó que el principal impacto es la menor disponibilidad de agua para la agricultura.

Una vez identificado el impacto potencial a ser evaluado (menor disponibilidad de agua para agricultura), se evidenció con los técnicos la dificultad en su medición directa, razón por la cual se identificó un indicador indirecto o proxy: el área bajo riego óptimo. Esto porque una reducción en la disponibilidad de agua, ante escasez de lluvias o irregularidad de las mismas, implica que el área bajo riego óptimo en las parcelas se reduce.

¿Cuál es la información base para la evaluación?

Los métodos para la evaluación de los componentes de la vulnerabilidad climática son presentados en la siguiente ilustración: para evaluar el impacto se utiliza el Software ABRO y para evaluar la capacidad adaptativa se utiliza el criterio de experto.

Ilustración 2: Métodos seleccionados para evaluar la vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se presenta para cada uno de los componentes de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa): su modo de cálculo y otra información adicional, si corresponde, como frecuencia de medición, fuente o propietario de la información.

Tabla 2: Factores relacionados con la exposición climática

Factor [Unidad de Medida]	Modo de cálculo	Observación
Precipitación [mm]	Medición Directa	<ul style="list-style-type: none"> ► Dato de ingreso para el modelo ABRO 3.1
Temperatura (máxima y mínima) [°C]	Medición Directa	<ul style="list-style-type: none"> ► La frecuencia de medición es mensual. La fuente y propietario de la información es el SENAMHI. ► En función de trabajar con un registro de datos de temperatura y precipitación de más de 30 años, se modelaron estos valores con métodos estadísticos de regresión entre la información de la estación meteorológica de Tiraque (con datos de 1960 a 2011) para completar el mismo número de registros para la estación Toralapa (utilizada para el diseño del proyecto).
Evapotranspiración [mm/día]	Modelo ABRO 3.1	Calculada por ABRO 3.1, basada en datos de temperatura máxima y mínima modelada para la estación Toralapa, en base a la información de la estación Tiraque.
Precipitación efectiva ² [mm]	Modelo ABRO 3.1	Calculada por ABRO, para las condiciones de altiplano, en la cual está ubicada Chullcumayu.
Disponibilidad de agua del sistema de riego [m ³]	Modelo ABRO 3.1	<ul style="list-style-type: none"> ► Dato de ingreso para el modelo ABRO 3.1 ► La información usada para el cálculo proviene de aforos de caudal realizados el año 2007 de las fuentes de agua del sistema de riego existente y de las fuentes proyectadas que incrementarían el caudal de riego.
Disponibilidad de agua para el cultivo	Modelo ABRO 3.1	Corresponde a la suma de precipitación efectiva y la disponibilidad de agua en el sistema de riego, ambas a disposición de riego del cultivo.

Fuente: Elaboración propia

²La precipitación efectiva es la fracción de lluvia que se incorpora a la zona de las raíces de las plantas y es la que efectivamente se aprovecha por el cultivo.

Tabla 3: Factores relacionados con la sensibilidad climática

Factor	Modo de cálculo	Observación
Cédula de cultivos	Dato de ingreso para el modelo ABRO 3.1	La información proporcionada es el cultivo, su mes de siembra y el área sembrada.
Demanda de agua de los cultivos	Modelo ABRO 3.1	Calculado en base a la composición de la cédula de cultivos
Eficiencia del sistema de riego	Dato de ingreso para el modelo ABRO 3.1	Calculada en base a la eficiencia de los componentes del sistema de riego: captación, conducción, distribución y aplicación.

Fuente: Elaboración propia

En base a los indicadores de exposición y sensibilidad, se calcula el impacto climático para la actividad productiva de pequeños agricultores en Chullcumayu. La adecuación del indicador indirecto para este fin (superficie agrícola bajo riego óptimo), se valida con los siguientes criterios:

Tabla 4: Criterios para verificar la adecuación del indicador indirecto de impacto climático

Criterio	Comentario
Validez	El área bajo riego óptimo depende de la cantidad de agua que provee el sistema de riego y de la precipitación y las temperaturas (máximas y mínimas), por tanto muestra el efecto que tienen estas variables climáticas en la cantidad de hectáreas que pueden ser regadas óptimamente. Por ejemplo, cuando disminuye la precipitación y hay un aumento de temperatura, entonces se reduce el área bajo riego óptimo, aun si se mantiene constante la cantidad de agua de las fuentes que alimentan al sistema de riego.
Significado preciso	Los técnicos que elaboran proyectos de riego utilizan el área bajo riego óptimo como parámetro de diseño de los sistemas de riego, aplicando el Software ABRO. Los técnicos del PROAGRO coinciden en que este indicador proxy es útil considerando que no se dispone de mediciones directas o cálculos que representen mejor la afectación de la variación climática en la actividad agrícola con la información disponible en Bolivia.
Apropiado	El software ABRO, que calcula el área bajo riego óptimo, tiene la versatilidad de mantener constante algunos parámetros que hacen a la operación del sistema de riego (Ej. composición de las cédulas de cultivos, cantidad de agua que cuenta el sistema de riego, etc.) y permite variar las condiciones climáticas de precipitación y temperatura, con lo cual se puede analizar la respuesta del sistema de riego para diferentes condiciones climáticas en el tiempo.
Fiable	El software ABRO ha sido desarrollado en base a varias experiencias del diseño de sistemas de riego en Bolivia, y su uso se extiende a lo largo del territorio nacional, por tanto cálculo del área bajo riego óptimo calculada por este software es confiable.
Práctico, asequible y simple	El uso del software ABRO para calcular el área bajo riego óptimo como indicador indirecto del cambio climático, cumple con los criterios de práctico, asequible y simple, ya que es un software de sencilla aplicación que incluye manual para su instalación en cualquier computadora con configuración de hardware básica; es asequible ya que puede ser bajado de la Web de forma gratuita.
Sensibilidad	La sensibilidad del software ABRO para detectar pequeñas variaciones de las condiciones climáticas no es muy alta, constituyéndose en una limitante para estudios de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático. No obstante de ello, debido a la falta de información para alimentar a modelos más sofisticados y posiblemente más sensibles, obliga al uso de software ABRO para el presente estudio de caso, tomando en cuenta esta limitante.

Fuente: Elaboración propia

Los factores de la capacidad adaptativa han sido seleccionados considerando su aporte para enfrentar la menor disponibilidad de agua para la agricultura en la comunidad Chullcumayu. Estos factores son los siguientes:

Tabla 5: Factores relacionados a la capacidad adaptativa

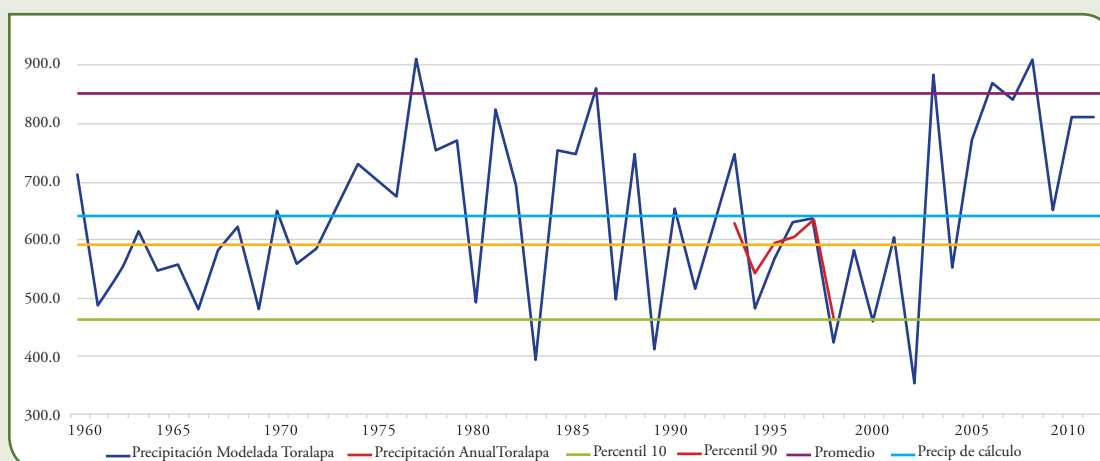
Factor	Modo de cálculo	Observación
Gobernanza	Criterio de experto	Se evalúan las condiciones de organización social y productiva de los productores de Chullcumayu respecto al sistema de riego, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Organización de productores en relación al sistema de riego y a los derechos de acceso al agua que ellos han definido.
Recursos	Criterio de experto	Se evalúan los recursos disponibles en la comunidad que podría mejorar la producción agrícola, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de tierra que tienen los productores en la comunidad Chullcumayu Apoyo institucional al que acceden los productores de Chullcumayu (principalmente por asistencia técnica). Acceso a la información de los productores de Chullcumayu referida al proceso agrícola (información climática, de insumos, de técnicas y manejo de cultivos) Proximidad de la comunidad a canales de comercialización.
Conocimientos	Criterio de experto	Se evalúan conocimientos (<i>know how</i>), de los productores de Chullcumayu que podrían mejorar la producción agrícola, sean estos ancestrales (tradicionales) o introducidos (mediante técnicas contemporáneas), incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Introducción de nuevos cultivos Manejo de cultivos Ajuste del calendario agrícola
Tecnologías	Criterio de experto	Se evalúa la aplicación de técnicas por parte de los productores de Chullcumayu para mejorar la producción agrícola, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> Manejo de suelos Manejo de semillas Control de plagas y enfermedades.

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar las limitaciones enfrentadas para el acceso a los datos. En el diseño del proyecto, se utilizó principalmente la información meteorológica de la estación Toralapa, la cual solo cuenta con un registro de 10 años, por tanto, se realizó una modelación estadística para contar con más registros meteorológicos. De esta manera, la información climática utilizada corresponde a una serie histórica modelada estadísticamente con regresión lineal para la estación Toralapa, usando la información de precipitación y temperatura (máxima y mínima) de la estación Tiraque, ubicada en la misma cuenca, con un registro histórico de 52 años. Se verificó que los coeficientes de correlación y el valor p-valor tienen una asociación estadísticamente significativa entre los registros de ambas estaciones, lo cual ha permitido dar mayor confianza en los datos modelados de la Estación Toralapa.

En el gráfico 2 se presenta el registro histórico de las precipitaciones anuales modeladas para estación Toralapa, que muestra un comportamiento poco estable, existiendo cinco picos en los que la precipitación es mayor al percentil 90 de 850 mm, y un número similar para el percentil 10 de 461 mm de precipitación. Adicionalmente, se puede observar que la precipitación anual usada para el cálculo del sistema de riego (590 mm) está por debajo de la precipitación anual promedio para el periodo 1960 – 2011 (640 mm), aportando a tener -desde el diseño- una mejor capacidad para afrontar lluvias, por debajo del promedio histórico.

Gráfico 2: Precipitaciones anuales modeladas para la estación meteorológica Toralapa



Fuente: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI

¿Cómo se realizó la ponderación de los indicadores?

Para realizar el cálculo del impacto potencial climático se utilizó como insumo el software ABRO. Los resultados de este modelo indican lo siguiente:

Tabla 6: Área bajo riego óptimo para condiciones climáticas antes y después de la implementación del Riego Tecnificado (para el cálculo del impacto potencial)

Año o Período		1960-1990 (sin proyecto)	1991-2011 (con proyecto)
Precipitación Anual (mm)		632.8	650.8
Temperatura Promedio Anual (°C)	Máxima	16.1	17.0
	Mínima	2.2	1.9
Evapotranspiración Anual (mm)		1,229.00	1,295.77
Área bajo riego óptimo	ha	4.94	56.12

Fuente: Elaboración propia

Lo que implica que sin el proyecto, y con las condiciones climáticas promedio, el sistema de riego tradicional solamente abastecía a 4.94 ha para la producción agrícola, con el proyecto de riego tecnificado se incrementó el área a 56.12 ha bajo riego óptimo. Con estos datos posteriormente se realiza el cálculo del impacto potencial climático.

Para el cálculo de la capacidad adaptativa en la comunidad Chullcumayu, se utilizó la técnica 'criterio de experto', lo cual implicó realizar una ponderación de los factores considerados, para dar un peso específico a cada factor según la experiencia y criterios de los expertos que participaron en la evaluación. Con este fin, se realizó una reunión con cuatro técnicos de PROAGRO, para analizar qué capacidades existen para la producción agrícola entre los productores de la comunidad, en función a ciertos elementos referidos a Gobernanza, disponibilidad de Recursos, Tecnologías y Conocimientos aplicados para la producción agrícola. Para cada uno de estos factores, se analizaron cuáles son los elementos más importantes que determinan la mayor superficie bajo riego, en un rango de 0 a 100 (escala: 0 = inexistente capacidad adaptativa, 100 = alta capacidad adaptativa). Es decir, de las cuatro categorías identificadas, se definió que los factores de Gobernanza valen 35 puntos (elemento principal), tanto Recursos y Tecnologías valen 25 puntos, y Conocimientos 15 puntos. Este conjunto de valores es el criterio para evaluar la capacidad adaptativa en la comunidad.

Como siguiente paso, para cada una de estas categorías se definió qué elementos determinan capacidad adaptativa. Por ejemplo en el factor de Tecnologías, se definió que los productores que hacen manejo de suelos, manejo de semillas y control de plagas, pueden enfrentar de mejor forma los impactos climáticos adversos. Así, se han ponderado cada uno de los factores, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7: Ponderación de los factores de capacidad adaptativa de pequeños productores agrícolas

Factor	Ponderación	Subfactor	Ponderación
Gobernanza	35	Organización de regantes	100
Recursos	25	Disponibilidad de tierra	40
		Apoyo institucional (Asistencia técnica)	10
		Acceso a la información	25
		Proximidad a canales de comercialización	25
Conocimientos	15	Conocimientos en la introducción de nuevos cultivos	30
		Conocimientos en el manejo de los cultivos	30
		Ajustes del calendario agrícola	40
Tecnologías	25	Manejo de suelos	30
		Manejo de semillas	35
		Control de plagas y enfermedades	35

Fuente: Elaboración propia

¿Cómo se normalizaron los datos?

Una vez establecidos los factores, indicadores, parámetros de cálculo, se procede a normalizar los datos para transformarlos en unidades de medida comparables, de manera que puedan agregarse. Siendo que el cálculo del impacto potencial es cuantitativo, y que el cálculo de la capacidad adaptativa es cualitativo, se requiere normalizar los datos para lograr una medida de vulnerabilidad estandarizada y comparable en el tiempo. De esta forma, se procedió al cálculo del impacto del cambio climático en el sistema productivo de Chullcumayu, antes y después del Riego Tecnificado.

Partiendo del hecho que la comunidad Chullcumayu tiene 61 ha de potencial agrícola, se analiza el impacto climático que se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Impacto climático} = \frac{61 \text{ ha} - \text{Área bajo Riego Óptimo en ha}}{61 \text{ ha}} * 100$$

Donde el valor de 61, corresponde a la cantidad total de superficie habilitada para la producción agrícola. Por tanto, el mayor impacto esperado sería igual a 100 puntos, lo que implicaría que el área bajo riego óptimo sería 0 ha, ya que las condiciones climáticas serían tan adversas que no suministraría suficiente agua para el riego óptimo, y por el contrario, un resultado de 61 ha bajo riego óptimo implicaría que las condiciones climáticas no tienen impacto alguno (igual a 0 puntos). Aplicando esta fórmula se tienen los siguientes valores:

Tabla 8: Valoración del impacto climático en Chullcumayu

Situación	Periodo (años)	Área bajo riego óptimo (ha)	Impacto del Cambio Climático (puntos)
Sin Proyecto	1960-1990	4.94	91.90
Con Proyecto	1991-2011	56.12	8.00

Fuente: Elaboración propia

Esto implica que sin el proyecto, en el pasado, se tenía un alto impacto climático (91.9 puntos). En el presente, a partir de la implementación del proyecto, el impacto climático es menor en Chullcu mayu (sólo 8 puntos), porque se tiene una mayor superficie bajo riego óptimo (56.12 ha, frente a 4.94 ha).

Respecto a la capacidad adaptativa, en función a los factores identificados y al establecimiento de criterios para su evaluación, se realizó el cálculo de la capacidad adaptativa para los casos con y sin proyecto. Para esto, se ha evaluado cada uno de los subfactores en la escala del 0 al 3, correspondiendo a los valores: 0 = “inexistente capacidad adaptativa”, 1 = “baja capacidad adaptativa”, 2 = “capacidad adaptativa media” y 3 = “alta capacidad adaptativa”. La calificación de cada factor se realizó en conjunto con técnicos de PROAGRO, discutiendo en cada punto los argumentos para tal puntuación. Los resultados se presentan en la tabla 9. A partir de los valores evaluados según la escala de ponderación, se procedió a normalizar los datos y obtener una agregación aritmética que permita tener un valor absoluto de la capacidad adaptativa para los casos con y sin la implementación del Modelo de Gestión Riego Tecnificado.

Tabla 9: Normalización de datos para el cálculo de capacidad adaptativa en la comunidad Chullcumayu

Factor	Valor	Subfactor	Ponderación máxima	Evaluación (Escala de 0 a 3)		Normalización (Escala de 0 a 100)		Agregación Aritmética	
				Antes del RT	Después del RT	Antes del RT	Después del RT	Antes del RT	Después del RT
Gobernanza	35	Organización de regantes	100	1	3	33,3	100,0	33,3	100,0
Recursos	25	Disponibilidad de tierra	40	1	1	33,3	33,3	50,0	50,0
		Apoyo institucional (asistencia técnica)	10	1	1	33,3	33,3		
		Acceso a la información	25	1	1	33,3	33,3		
		Proximidad a canales de comercialización	25	3	3	100,0	100,0		
Conocimientos (know how)	15	Conocimientos en la introducción de nuevos cultivos	30	1	2	33,3	66,7	33,3	66,7
		Conocimientos en el manejo de los cultivos	30	1	2	33,3	66,7		
		Ajustes del calendario agrícola	40	1	2	33,3	66,7		
Tecnologías	25	Manejo de suelos	30	1	1	33,3	33,3	33,3	33,3
		Manejo semillas	35	1	1	33,3	33,3		
		Control de plagas	35	1	1	33,3	33,3		
Total	100			Capacidad adaptativa				37,5	65,8

Fuente: Elaboración propia
RT: Riego Tecnificado

La información de la tabla anterior, denota que antes de la implementación del Riego Tecnificado había una baja capacidad adaptativa entre los productores de la comunidad, la misma que se incrementó con la implementación del proyecto. Esto porque el proyecto fortaleció la organización de regantes, promovió la introducción de nuevos cultivos, el manejo agronómico de cultivos y ajustes al calendario agrícola. No obstante, todavía está pendiente que los productores en la comunidad mejoren sus conocimientos y prácticas respecto al manejo de suelos, el manejo y probablemente acceso de semillas, así como el control de plagas y enfermedades.

¿Cómo se realizó la agregación de datos para calcular la vulnerabilidad y sus componentes?

Para el cálculo de la vulnerabilidad climática con y sin la implementación del Riego Tecnificado, se identificó una relación matemática para vincular los datos del impacto climático y la capacidad adaptativa, ambas medidas en una escala de 1 a 100. Reflejando esto en una fórmula matemática se tiene que:

$$Vulnerabilidad = Impacto - Capacidad Adaptativa$$

Al agregar el impacto climático y la capacidad adaptativa, se debe considerar que ambos factores tienen direcciones diferentes en términos de su influencia en la vulnerabilidad (alta capacidad adaptativa reduce la vulnerabilidad, alto impacto aumenta la vulnerabilidad). Por esto, el ajuste de esta fórmula está dado a continuación:

$$Vulnerabilidad = 100 - \frac{((100 - Impacto) + Capacidad Adaptativa)}{2}$$

La siguiente tabla muestra los resultados de la aplicación de esta fórmula, para el presente caso de estudio:

Tabla 10: Cálculo de la vulnerabilidad climática en Chullcumayu

Situación	Impacto	Capacidad Adaptativa	Vulnerabilidad
Antes del Riego Tecnificado	92	38	77
Después del Riego Tecnificado	8	66	21

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación del Riego Tecnificado, la vulnerabilidad de los pequeños productores agrícolas en la comunidad Chullcumayu ha reducido, por un lado porque la capacidad adaptativa aumentó, y por otro lado porque el impacto ha reducido en gran magnitud con la provisión de agua segura mediante la tecnificación del sistema de riego.

Es importante notar que, para la situación con proyecto, a pesar de que se mejore aún más la capacidad adaptativa (lo que implicaría 100 puntos), la vulnerabilidad no se reduce totalmente a cero, la vulnerabilidad se reduce en una magnitud de 77 a 21 puntos. Lo que muestra que, ante el cambio climático, es muy importante implementar estrategias para reducir la sensibilidad climática del sistema; por ejemplo, ajustando la cédula de cultivos para reducir el déficit hídrico en los cultivos y, en consecuencia, reducir la vulnerabilidad climática de los productores ante eventos adversos.

4. Resultados de la evaluación de vulnerabilidad

¿Cuáles son los principales hallazgos de la evaluación relacionados a su objetivo?

El Modelo de Gestión Riego Tecnificado ha contribuido de manera eficaz a reducir la vulnerabilidad climática de pequeños productores agrícolas en la comunidad Chullcumayu, mediante:

- La reducción de la sensibilidad climática del sistema, a partir del ajuste de la cédula de cultivos y de las fechas de siembra, con la certeza de provisión segura de agua y con una mayor eficiencia en la parcela, lo que incrementó la superficie bajo riego óptimo.
- El incremento de la capacidad adaptativa, a través del fortalecimiento de la organización de regantes, un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles (uso más óptimo de la parcela, proximidad a canales de comercialización), un mayor acceso a conocimientos (introducción de nuevos cultivos, ajuste del calendario agrícola) y la aplicación de tecnologías para la producción (manejo de suelos, semillas, control de plagas).

Antes de la implementación del proyecto de Riego Tecnificado, la variabilidad climática impactó más severamente que el cambio climático en las actividades agrícolas de la comunidad Chullcumayu. Este impacto climático negativo fue sustancialmente reducido con la implementación del proyecto, porque la mayor provisión de agua aumentó la superficie bajo riego óptimo y esto contribuyó a mejorar la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas. Como se observa en la tabla 10, el proyecto, al haber reducido la vulnerabilidad de los productores (de 77 a 21 puntos, en una escala de 100), se constituye en una eficaz medida de Adaptación al Cambio Climático.

La reducción de la vulnerabilidad al Cambio Climático de pequeños productores con el Riego Tecnificado se debe al incremento de la capacidad adaptativa y a la reducción del impacto potencial. Es probable que la capacidad adaptativa hubiese aumentado a pesar de variaciones climáticas, situación que se ha mostrado en la tabla 9. Conocida esta situación, a continuación se muestran los resultados de cómo el proyecto ha reducido el impacto potencial climático ante eventos extremos y el cambio climático esperado en el futuro.

• Sobre el impacto del Cambio Climático antes y después del Riego Tecnificado

Utilizando el modelo ABRO, se analizó la diferencia del área bajo riego óptimo antes y después de la implementación del Riego Tecnificado en Chullcumayu, como se muestra en la tabla 11.

Estos resultados indican que, si bien el promedio de las condiciones climáticas respecto al pasado ha variado ligeramente, es importante notar que el aumento de precipitación promedio (18 mm) es solo relativo, ya que durante 6 meses del año el nivel de precipitación en el presente es menor respecto a los mismos meses en el pasado y con el aumento actual de temperatura máxima en casi 1°C, el incremento de la evapotranspiración anual en 67 mm podría ser considerable para la producción agrícola, por el mayor requerimiento hídrico de los cultivos.

Sin el proyecto, con el sistema tradicional de riego existente en la comunidad, el área bajo riego óptimo era de 4.94 ha. Con la implementación del Riego Tecnificado, el área bajo riego óptimo aumentó a 56.12 ha. El proyecto ha incrementado notablemente el área bajo riego óptimo unas 11 veces, lo cual incrementa la producción y las posibilidades de mayor seguridad alimentaria e ingresos familiares agrícolas.

La modelación con ABRO ilustra que antes de la implementación del proyecto, las condiciones climáticas del periodo 1960-1990 hubieran permitido un área bajo riego óptimo de 57.85 ha, un 3%

más que en la actualidad. Esto muestra que las variaciones climáticas tienen un efecto directo en el sistema productivo, y resulta fundamental ajustar permanentemente la cédula de cultivos, el calendario agrícola e incluso las técnicas de cultivo, para optimizar el uso del agua y suelo en la producción agrícola.

Tabla 11: Área bajo riego óptimo para condiciones climáticas antes y después de la implementación del Riego Tecnificado en Chullcumayu

Año o Periodo		1960-1990	1991-2011	Diferencia
Precipitación Anual		632.8	650.8	18.0 mm
Temperatura Promedio Anual	Máxima	16.1	17.0	0.9 °C
	Mínima	2.2	1.9	-0.3 °C
Evapotranspiración Anual (mm)		1,229.00	1,295.77	66.77 mm
Área bajo riego óptimo <i>sin</i> proyecto	Papa (tardía)	2.09	2.26	8.13 %
	Haba (seca)	0.90	0.98	8.89 %
	Zanahoria	0.49	0.53	8.16 %
	Avena (forraje)	0.90	0.98	8.89 %
	Gladiolos	0.56	0.60	7.14 %
	Total Área	4.94	5.35	8.30 %
Área bajo riego óptimo <i>con</i> proyecto	Papa (precoz)	20.87	20.24	-3.02 %
	Haba (verde)	11.38	11.04	-2.99 %
	Zanahoria	6.64	6.44	-3.01 %
	Avena (forraje)	9.48	9.20	-2.95 %
	Gladiolos	9.48	9.20	-2.95 %
	Total Área	57.85	56.12	-2.99 %

Fuente: Elaboración propia, en base al ABRO, con datos modelados de la estación Toralapa.

En conclusión, los resultados del ABRO en condiciones climáticas antes y después de la implementación del proyecto, muestran que las variables climáticas tienen efectos en la superficie productiva, por tanto se requieren ajustes en función a las condiciones climáticas reales para que las inversiones generen los resultados esperados y se haga uso eficiente de los recursos. De manera que se nota la importancia de monitorear las condiciones climáticas para ajustar el calendario agrícola y la cédula de cultivos, para optimizar el área de producción con asistencia técnica integral ante la necesidad de adaptación para reducir impactos climáticos adversos.

- **Sobre el impacto climático en condiciones extremas de precipitación**

Se analizó el impacto de la variabilidad climática en el área de producción en la comunidad Chullcumayu, con la serie histórica de datos meteorológicos, donde se identificó que el año 2000 se tuvo el nivel más bajo de lluvia (cercano a la frontera del percentil 10), y al otro extremo, que el año 1986 se tuvo la mayor cantidad de lluvia (cercano a la frontera del percentil 90). Estos datos se introdujeron al ABRO para modelar la superficie bajo riego óptimo (indicador indirecto del impacto del cambio climático) en ambos eventos extremos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12: Área bajo riego óptimo para condiciones extremas de precipitación en Chullcumayu

Año		2000	1986	Diferencia
Motivo del Análisis		Percentil 10 de precipitación	Percentil 90 de precipitación	(1986 respecto del 2000)
Precipitación Anual (mm)		455.3	857.5	402.2 mm
Temperatura Promedio Anual (°C)	Máxima	16.9	16.8	- 0.1 °C
	Mínima	1.7	1.4	- 0.3 °C
Evapotranspiración Anual (mm)		1,294.81	1,300.25	5.44 mm
Área bajo riego óptimo <i>sin</i> proyecto	Papa (tardía)	1.14	1.85	62.28 %
	Haba (seca)	0.49	0.80	63.27 %
	Zanahoria	0.27	0.43	59.26 %
	Avena (forraje)	0.49	0.80	63.27 %
	Gladiolos	0.30	0.49	63.33 %
	Total Área	2.69	4.37	62.45 %
Área bajo riego óptimo <i>con</i> proyecto	Papa (precoz)	18.51	18.61	0.54 %
	Haba (verde)	10.10	10.15	0.50 %
	Zanahoria	5.89	5.92	0.51 %
	Avena (forraje)	8.41	8.46	0.59 %
	Gladiolos	8.41	8.46	0.59 %
	Total Área	51.32	51.60	0.55 %

Fuente: Elaboración propia, en base a información modelada de la estación Toralapa y uso del ABRO.

En Chullcumayu son las variaciones en precipitación lo que causan los eventos climáticos extremos (entre los dos eventos extremos ocurridos en 1986 y 2000 hay una diferencia de 402 mm que equivale a 88%), en cambio las variaciones en temperatura (y evapotranspiración) son muy leves.

Analizando la situación sin proyecto, se observa que variaciones extremas en precipitación, determinan la mayor o menor superficie bajo riego óptimo.

En la situación con proyecto, en cambio, la superficie bajo riego óptimo no es afectada por el nivel de precipitación, sea alto o bajo, ya que se encuentra en operación el Riego Tecnificado que complementa el suministro de agua ante cualquier déficit de lluvia. De hecho, el proyecto de Riego Tecnificado aumenta la eficiencia del sistema de riego y por tanto reduce la sensibilidad climática del sistema.

En conclusión, el proyecto permite reducir el impacto de la variabilidad climática: variaciones en la precipitación, no afectan el área bajo riego óptimo. Al aumentar la eficiencia del sistema de riego con tecnificación, se reduce la sensibilidad climática del sistema, se cuenta con agua disponible y segura para la producción agrícola.

- **Sobre el impacto potencial del Cambio Climático en el futuro**

Se utilizó la información del modelo regional 'Providing Regional Climates for Impacts Studies' (PRECIS), para analizar el impacto potencial del cambio climático en la actividad productiva de Chullcumayu hacia el futuro. Este modelo considera como tiempo presente el periodo 1961-1990 y como tiempo futuro el periodo 2001-2030. Se promedió la precipitación y temperatura en el presente, y se calcularon las condiciones climáticas futuras, considerando el aumento de temperatura en 1.6 °C y variaciones en el régimen de precipitación (en época de estiaje se reduce 26% y en época húmeda incrementa 26%).

Cabe mencionar que la información climática proyectada a futuro muestra una buena correspondencia en el incremento y magnitud de la precipitación y la temperatura máxima respecto al presente, pero la tendencia de la temperatura mínima tiene sentido contrario respecto a los datos registrados. En el futuro, la temperatura mínima tiene tendencia a incrementarse, sin embargo los registros históricos muestran que ésta descende. A pesar de esto y de las incertidumbres que implica la modelación climática, los resultados del modelo PRECIS han sido presentados en la II Comunicación Nacional de Bolivia ante la CMNUCC, por tanto al momento corresponden a información oficial en el país. Los datos del clima para el presente y futuro han sido introducidos al modelo ABRO para observar el impacto climático en la superficie bajo riego óptimo para Chullcumayu.

Tabla 13: Área bajo riego óptimo con clima presente y clima futuro en Chullcumayu

Año o Periodo		1960-1990	2001-2030	Diferencia (futuro respecto del presente)
Motivo del Análisis		Condiciones climáticas presentes	Condiciones climáticas futuras	
Precipitación Anual		632.7	752.4	128.7 mm
Temperatura Promedio Anual	Máxima	16.1	17.7	1.6 °C
	Mínima	2.2	3.8	1.6 °C
Evapotranspiración Anual (mm)		1,229.00	1,285.62	56.62 mm
Área bajo riego óptimo <i>sin</i> proyecto	Papa (tardía)	2.09	2.55	22.01 %
	Haba (seca)	0.90	1.11	23.33 %
	Zanahoria	0.49	0.60	22.45 %
	Avena (forraje)	0.90	1.11	23.33 %
	Gladiolos	0.56	0.68	21.43 %
	Total Área	4.94	6.05	22.47 %
Área bajo riego óptimo <i>con</i> proyecto	Papa (precoz)	20.87	18.79	9.97 %
	Haba (verde)	11.38	10.25	9.93 %
	Zanahoria	6.64	5.98	9.94 %
	Avena (forraje)	9.48	8.54	9.92 %
	Gladiolos	9.48	8.54	9.92 %
	Total Área	57.85	52.10	- 9.94 %

Nota: Las casillas con sombra corresponden a casos simulados, que no existen en la realidad.

Fuente: Elaboración propia, en base al ABRO, datos modelados de la estación Toralapa y proyecciones del Modelo Regional PRECIS.

Las condiciones climáticas futuras son: mayor precipitación promedio anual en 129 mm, aumento de temperatura mínima promedio de 2.2°C a 3.8°C y aumento de temperatura máxima promedio de 16.1°C a 17.7°C. A pesar de que aparentemente las condiciones climáticas mejoran para favorecer la producción agrícola, el aumento de temperatura implica un aumento de evapotranspiración, lo que incrementará la demanda hídrica de los cultivos y a su vez que compensa el aumento de precipitación, resultando un incremento neto de solo 72 mm.

El aumento de evapotranspiración en el futuro implica considerar con mucha atención cuáles son los cultivos adecuados a las condiciones climáticas futuras que optimizarán el uso del agua y suelo para la producción agrícola sostenible. De manera que en el futuro, una estrategia para reducir la vulnerabilidad al cambio climático consiste en ajustar la cédula de cultivos considerando la demanda hídrica, con el propósito de reducir la sensibilidad climática del sistema agrícola.

Asumiendo que en la comunidad Chullcumayu no se hubiese implementado el proyecto, en el presente se tendrían como 5 ha de producción bajo riego óptimo, y en el futuro se podrían lograr hasta 6 ha, probablemente por el aumento de precipitación que tiene casi la misma proporción que el incremento de superficie. Como se observó anteriormente, la superficie agrícola bajo riego óptimo es sensible a los cambios en precipitación, si ésta aumenta, también aumenta la superficie bajo riego. Pero también se debe considerar que podrían darse eventos extremos, con efectos negativos en el área bajo riego.

La situación con proyecto muestra que en condiciones climáticas del presente se tendrían 58 ha bajo riego óptimo, pero con las condiciones climáticas del futuro sólo 52 ha. Si bien la precipitación promedio anual aumenta en 20%, en lo largo del año y especialmente en el período seco hay varios meses en que el nivel de precipitación mensual en el futuro será menor que en los mismos meses en el presente. Por esta menor precipitación, y dada la mayor evapotranspiración ante mayor temperatura en el futuro, el área bajo riego óptimo con proyecto sería casi 10% menos en el futuro que en el presente. Adicionalmente, el ejercicio del ABRO para el futuro no ajustó una nueva cédula de cultivos para las nuevas condiciones climáticas, y eso se refleja en que no se optimiza el agua disponible, por tanto parecería que el área bajo riego en el futuro se reduce, cuando en realidad solo responde a que en el modelo ABRO se ha usado la misma cédula de cultivos que en el presente. Si se hubiera hecho un ajuste sí se verían seguramente mayor área bajo riego óptimo, no obstante para los fines del estudio de caso, se aprecia el efecto climático en el área de cultivo.

¿Qué recomendaciones se realizan a partir de los resultados de la evaluación?

En base a los registros climáticos de precipitación y temperatura utilizados en el estudio de caso, es evidente el constante cambio de las condiciones climáticas, que tienen impactos negativos para la actividad agrícola. No obstante, en tanto funcione el sistema de riego tecnificado y se fortalezcan las capacidades de adaptación (por ejemplo realizando ajustes al calendario agrícola), estos impactos no serán significativos para los productores en Chullcumayu. Una estrategia para reducir el impacto climático potencial en la superficie agrícola sería reducir los efectos del incremento de la evapotranspiración, y aprovechar el aumento de lluvia en algunos meses del año mediante: i) ajustes a la cédula de cultivos introduciendo cultivos con menor requerimiento hídrico, adecuados a condiciones climáticas futuras, y ii) ajustes al calendario agrícola. Esto muestra la necesidad de que en el diseño de proyectos de riego se incluya la asistencia técnica integral para orientar estos ajustes según las variaciones de las condiciones climáticas, así como la importancia de monitorear las condiciones climáticas para ajustar las medidas al desarrollo agrícola y optimizar el uso de los recursos.

A pesar de que la implementación del Riego Tecnificado en Chullcumayu ha permitido reducir la vulnerabilidad climática hasta niveles bajos, se aprecia que aún existe un impacto residual, bajo las condiciones climáticas presentes, que podría ser reducido con medidas para fortalecer la capacidad adaptativa de los productores en la comunidad.



Resulta así evidente la importancia de conocer los determinantes de la vulnerabilidad del sistema analizado, porque el proceso de adaptación al cambio climático requiere varias estrategias en distintos ámbitos: i) en el manejo del sistema productivo, a nivel de infraestructura y a nivel de capacidades humanas para mantener la eficiencia del sistema, ii) en el ámbito de organización productiva, para mejorar capacidades de negociación que permitan al grupo acceso a recursos, tecnologías, conocimientos, y iii) en el ámbito de asistencia técnica integral a productores agrícolas en torno a diversas infraestructuras, que normalmente consiste en un servicio externo (municipal o nacional), para garantizar el acompañamiento técnico a las inversiones del sector público.

De esta forma, la implementación de proyectos productivos requiere un enfoque integral que mejore capacidades adaptativas y reduzca la sensibilidad climática, considerando los factores climáticos y su influencia en el rendimiento de los recursos naturales (agua, suelo, cultivos), por lo cual el monitoreo de estos factores climáticos es esencial para hacer los ajustes necesarios al sistema analizado.

Idealmente, para aprovechar el sistema de riego tecnificado actual en la comunidad, se debería fortalecer aún más la capacidad adaptativa de los productores. En algunos aspectos esto no será posible, por las propias limitaciones del sistema, por ejemplo los productores en Chullcumayu tienen limitada disponibilidad de tierra y esto no cambiará en el futuro. Pero aspectos como conocimientos y tecnologías, así como acceso a recursos como la asistencia técnica, sí podrían ser optimizados para reducir la vulnerabilidad de los productores ante el cambio climático. Esto no implica que tengan que recibir asistencia externa, más bien implica que los productores fortalezcan sus redes y alianzas para lograr mejores condiciones de negociación con el municipio, de asistencia técnica con entidades estatales de extensión rural, para acceder a mejores servicios en la parcela. Asimismo, mayor información sobre precios y mercados, productos e insumos agrícolas, podrían ser obtenidos con una fuerte organización social-productiva en la comunidad.

Si bien el sistema de riego reduce la vulnerabilidad a los cambios de precipitación y de temperatura, este tiene un efecto limitado para evitar o reducir los impactos negativos en la producción agrícola por las heladas. Por tanto será necesario establecer estrategias adaptativas para evitar daños y pérdidas que genera ese fenómeno natural. En ese mismo sentido, también se debería realizar similar análisis para eventos de granizadas.

Considerando que en el presente estudio de caso, se ha utilizado como indicador indirecto del impacto del cambio climático el área bajo riego óptimo, manteniendo constante las otras variables componentes del sistema de riego, es necesario monitorear periódicamente: la eficiencia y la cantidad de agua que alimenta al sistema de riego tecnificado, verificando que los mismos no bajen de los niveles de diseño.

¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas de la implementación de la evaluación de vulnerabilidad?

Para llevar adelante el proceso de la evaluación de vulnerabilidad es importante comprender la herramienta de 'cadena de impactos', puesto que brinda un panorama muy claro sobre las relaciones de causa-efecto en el sistema analizado, y permite en sí misma identificar puntos de entrada para la adaptación. Realizar el análisis de la cadena de impactos con metodologías participativas para involucrar a diversos tipos de actores, resulta útil en mejorar la comprensión de la vulnerabilidad del sistema y las necesidades de adaptación. Es decir, que esta herramienta no sólo brinda la guía para avanzar con la evaluación identificando los factores de la vulnerabilidad, sino que puede utilizarse para aumentar la sensibilización sobre la necesidad de adaptación al cambio climático y el desarrollo de capacidades en este ámbito del desarrollo.

Otra lección aprendida es que normalmente habrá una brecha entre el requerimiento de información para llevar adelante una evaluación de vulnerabilidad y la disponibilidad de la información necesaria, ya sea histórica o modelaciones futuras, el grado de incertidumbre será alto. Será necesario encontrar un balance que permita dar curso con el análisis, considerando que no siempre el número final está destinado a la toma de decisiones, sino al aumento de la sensibilización de los actores involucrados con el sistema analizado, que genere una base de discusión sobre los ajustes necesarios para reducir impactos o aumentar capacidades adaptativas. De manera que el valor agregado de la evaluación será la comprensión de la vulnerabilidad del sistema, la identificación de los puntos de entrada para la adaptación y la definición de los indicadores para el monitoreo y seguimiento de la adaptación.

Para mayor información sobre el *Sourcebook Vulnerability* y preguntas o comentarios sobre el estudio de caso, favor contactar a: claudia.cordero@giz.de



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable
PROAGRO

Av. Sánchez Bustamante N° 509, entre calles 11 y 12 de Calacoto
Casilla 11400
Teléfonos: +591 (2) 211 5180 - 291 6789
La Paz, Bolivia
www.proagro-bolivia.org