

Cambio climático y adaptación
en el Altiplano boliviano

Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano

Coordinadora
Elizabeth Jiménez Zamora

SANREM CRSP

UNIVERSIDAD DE MISSOURI/UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS/FUNDACIÓN PROINPA

UNIVERSIDAD DE LA CORDILLERA/UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

KANSAS STATE UNIVERSITY/UNIVERSITY OF CONNECTICUT/IOWA STATE UNIVERSITY

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA



NGCII
north
plus
Centro Nacional
Suizo de
Competencias
en Investigación
Norte-Sur
JACS Sudamérica

El Postgrado en Ciencias del Desarrollo es el primer postgrado en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) especializado en estudios del desarrollo. Por su carácter multidisciplinario depende del Vicerrectorado de la UMSA. Tiene como misión formar recursos humanos para el desarrollo y contribuir a través de la investigación y la interacción social al debate académico e intelectual en Bolivia y América Latina, en el marco del rigor profesional y el pluralismo teórico y político, al amparo de los compromisos democráticos, populares y emancipatorios de la universidad pública boliviana.

© CIDES-UMSA, 2013

Edición: Helen Álvarez Virreira

Foto de tapa: El Nevado Illampu, foto tomada por Corinne Valdivia.

Foto de contratapa: Taller participativo comunitario en Ancoraimes, foto tomada por uno de los participantes.

Primera edición: junio 2013

D.L.: 4-1-1151-13

ISBN: 978-99954-1-527-3

Producción

Plural editores

Av. Ecuador 2337 esq. calle Rosendo Gutiérrez

Teléfono: 2411018 / Casilla 5097 / La Paz

e-mail: plural@plural.bo / www.plural.bo

Impreso en Bolivia

Este libro está dedicado a todos los pobladores de los municipios de Umala y Ancoraimes en el Departamento de La Paz, quienes entre el 2006 y el 2010 nos acompañaron participando en diversos talleres y seminarios que sirvieron para reflexionar sobre los temas presentados. El equipo de investigación agradece en particular a las 330 familias que entrevistamos al inicio y al final del proyecto; gracias a su participación pudimos explorar los impactos de la variabilidad climática en la sostenibilidad de sus estrategias de vida. La perseverancia, el trabajo duro y el compromiso con la vida y con la naturaleza de todos estos hogares ha sido, sin duda, la fuente de inspiración más importante que ha guiado nuestras reflexiones y nos ha confirmado la necesidad de comprometernos para seguir reflexionando de forma colectiva sobre esta temática.

Índice

Introducción <i>Corinne Valdivia, Jere Gilles y Elizabeth Jiménez</i>	9
Cambio climático y adaptación en el Altiplano de Bolivia <i>Corinne Valdivia, Anji Seth, Elizabeth Jiménez</i> y <i>Jorge Cusicanqui</i>	17
Conocimientos científicos y locales <i>Jere Gilles</i>	47
El marco de los capitales de la comunidad: cambio climático, universidades y comunidades rurales <i>Cornelia Butler Flora</i>	57
Cambio climático, enfermedades de las plantas e insectos plaga <i>K.A. Garrett, G.A. Forbes, L. Gómez, M.A. González,</i> <i>M. Gray, P. Skelsey, A.H. Sparks</i>	71
Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino <i>P.P. Motavalli, J. Aguilera, H. Blanco-Canqui, C. Valdivia,</i> <i>A. Seth, y M. García</i>	99

Cambio climático y diversidad de la papa en el Altiplano boliviano <i>Elizabeth Jiménez, Alejandro Romero y Olga Yana</i>	123
Factores de pérdida de los conocimientos sobre el uso de los indicadores locales en comunidades del Altiplano norte y central <i>Jere L. Gilles, Edwin Yucra, Magalí García, Rogelio Quispe, Gladys Yana, Héctor Fernández</i>	157
Papas nativas, acceso al mercado y resiliencia en el Altiplano boliviano <i>María Figueroa-Armijos, Corinne Valdivia</i>	179
Explorando la relación entre las estrategias de vida y la resiliencia social y ecológica en el Altiplano de Bolivia <i>Nathan Jensen y Corinne Valdivia</i>	219
Autores.....	247

Introducción

Origen del libro

En estas últimas décadas, los sistemas agrícolas en el Altiplano de Bolivia han experimentado varios cambios que ponen en riesgo la estabilidad de la producción agrícola en la región. La integración de estos sistemas en mercados nacionales y globales, las transformaciones demográficas y el cambio climático han incrementado la inseguridad alimentaria y amenazan a la sostenibilidad de la agricultura.

El propósito de este libro es presentar los resultados de un programa de investigación, cuya finalidad fue el desarrollo de estrategias para negociar el cambio climático y económico que enfrentan los agricultores del Altiplano norte y central de Bolivia. El Programa de Colaboración en la Investigación sobre Agricultura y Manejo Sostenible de los Recursos Naturales (SANREM CRSP, por sus siglas en inglés) trabajó en colaboración con cuatro universidades estadounidenses –The University of Missouri, Kansas State University, University of Connecticut y Iowa State University–, dos universidades bolivianas –Universidad de la Cordillera y Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)– y la organización no gubernamental boliviana Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA). También colaboraron universidades y comunidades del Altiplano de Perú.

El equipo estuvo integrado por climatólogos e investigadores en ciencias de la atmósfera, agrónomos, biólogos, patólogos, sociólogos y economistas. Debido a que los procesos de cambio que permiten la construcción de estrategias de adaptación tienen como base la integración de los saberes locales con el nuevo conocimiento, el componente esencial del programa fue la investigación participativa entre las comunidades científicas, de las varias disciplinas involucradas, y las comunidades campesinas del Altiplano, además de los procesos de socialización de los conocimientos.

El enfoque del programa de investigación

El proyecto “Adaptándose a los cambios del clima y del mercado” fue desarrollado a partir de procesos de consulta con investigadores y pobladores de las comunidades campesinas en los Andes, desde el 2005 al 2009. El programa de investigación, desde que comenzó, se basó en la cooperación con un enfoque participativo de todos los actores y en una visión compartida: el desarrollo consiste en el bienestar de las familias y en la fortaleza de las comunidades rurales para adaptarse a los cambios. Esta visión y la definición del problema permitieron establecer alianzas, para que el conocimiento contribuya a la acción.

La adaptación al cambio que mejore la calidad de vida y del medio ambiente es un problema complejo. Esto demanda la colaboración de las ciencias y de los tomadores de decisión, a fin de que los saberes locales y científicos contribuyan al desarrollo de nuevos conocimientos, ya que en momentos de cambios acelerados es cuando más se necesita del capital humano.

Este proyecto ha encarado la investigación desde varias disciplinas para entender la dinámica de cambio y ha elaborado preguntas que se responden desde el conocimiento local y científico. Se facilita la integración de estos saberes mediante procesos participativos que son necesarios, pues se trata de resolver problemas que abarcan los sistemas humanos y ambientales. El enfoque incluye la investigación interdisciplinaria, donde se juntan las ciencias en

modelos integrados, y transdisciplinaria donde los actores trabajan juntos para entender cuáles son las tendencias y los factores que dominan los procesos. El marco tiene varias escalas, desde el nivel global (clima y mercados) hasta el nacional (normas, políticas y mercados), regional (municipalidad y agroecosistemas) y local (cuencas y comunidades), en los que coexisten factores físicos, biológicos, económicos, sociales y políticos que se refieren a los sistemas sociales y ecológicos. Este tipo de investigación requirió el desarrollo de metodologías participativas que incorporen las perspectivas de los actores y la necesidad de información para cada una de las ciencias. Los procesos de colaboración son muy importantes en este contexto, pues de ellos depende la calidad de los datos y de los productos que se generan, así como la capacidad de transformar la realidad.

Descripción de las zonas de investigación

De acuerdo con sus características agroecológicas, el Altiplano boliviano se divide en norte, central y sur. En la región norte, circundante con el Lago Titicaca, se encuentra el Municipio de Ancoraimes entre los 3.856 y 4.313 msnm. En promedio, las precipitaciones pluviales son de 481 mm y su temperatura anual de 8°C. El Municipio de Umala, en el Altiplano central, se ubica entre los 3.850 y 3.950 msnm; sus precipitaciones anuales están por debajo de los 400 mm y su temperatura gira en torno a los 9°C, es decir que su clima es más seco que en el Altiplano norte. El proyecto SANREM ha indagado en nueve comunidades de ambos municipios (Cuadro 1), cinco en Ancoraimes y cuatro en Umala.

La fisiografía de ambas regiones contempla diversos pisos ecológicos desde bofedales hasta áreas de vegetación nativa para el pastoreo, pendientes pronunciadas y planicies extensas. En las quebradas mantienen el sistema de producción con tracción animal y utilizan fertilizantes naturales, mientras que en los lugares más planos es generalizado el empleo de insumos químicos y maquinaria agrícola.

Figura 1
Ubicación del Municipio de Ancoraimes en el Altiplano norte (izq.) y del Municipio de Umala en el Altiplano central (der.)



Fuente: Elaboración de Alejandro Romero.

Cuadro 1
Algunas características de Ancoraimes y Umala

	Altura msnm	Temperatura °C	Precipitación mm	Nº hogares muestra
ANCORAIMES				149
Chinchaya	3.849	8,1	360	57
Karcapata	3.986	7,7	289	15
Cohani	4.088	7,7	289	27
Calahuancani	4.090	6,1	370	23
Chojñapata	4.246	4,2	597	27
UMALA				181
San José Llanga	3.755	9	322	96
San Juan Circa	3.770	9	322	31
Vinto Coopani	3.900	9	322	29
Kelluiri	4.100	9	322	25

Fuente: Elaboración propia.

Contenido del libro y conclusión

El libro se compone de nueve capítulos. Los tres primeros abordan los marcos conceptuales que han guiado el proyecto y en los otros seis se presentan los resultados de investigaciones puntuales en las áreas de conservación sobre la diversidad de variedades de papas, las plagas, enmiendas de suelos, el rol del conocimiento local, la articulación con los mercados y las estrategias de vida.

El primer capítulo, “Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano”, escrito por Corinne Valdivia, economista de la University of Missouri (USA); Anji Seth, especialista en ciencias de la atmósfera de la University of Connecticut, y Elizabeth Jiménez, economista del Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES/UMSA), describe los cambios climáticos observados a la fecha en la región y los resultados de la proyección de los modelos climáticos hasta el fin del siglo 21. Las variaciones más destacadas se refieren a un aumento en temperaturas máximas, que deviene en suelos más secos, y un cambio en la distribución de lluvias durante el ciclo de producción agrícola, que se manifiesta en una disminución de la precipitación durante los meses de octubre, noviembre y diciembre; un incremento en enero, con precipitaciones menos frecuentes, y mayor intensidad en febrero y marzo.

Las tendencias y proyecciones se comparan con las percepciones de los agricultores en las comunidades de los dos municipios. En este marco, el enfoque interdisciplinario permite entender las dinámicas físicas y sociales, para poder evaluar en qué medida se asemejan e iniciar los procesos de investigación participativa, que se alimentan de un entendimiento consensuado de lo observado. El capítulo acaba con una discusión sobre las medidas necesarias para encarar la adaptación al cambio climático, lo que incluye la investigación participativa en el ámbito de la comunidad.

El segundo capítulo, “Conocimientos científicos y locales”, escrito por Jere Gilles de la University of Missouri, es un ensayo sobre las diferencias de organización entre los sistemas de conocimiento de los productores y de los técnicos, y la necesidad de desarrollar vínculos o puentes entre ambos sistemas que permitan

una adaptación local al cambio climático y a los riesgos relacionados con la variabilidad climática. La adaptación a estos cambios no es solamente a nivel del productor sino también a nivel de la comunidad.

El tercer capítulo, “El marco de los capitales de la comunidad”, escrito por Cornelia Flora de la Iowa State University, trata sobre el cambio climático, las universidades y las comunidades rurales. Presenta un esquema conceptual para analizar la capacidad de adaptación de la comunidad. Cada comunidad posee seis tipos de capitales a saber: capital natural, capital cultural, capital humano, capital social, capital político y capital financiero. Las universidades, así como otras organizaciones de investigación, tienen la capacidad de incrementar el capital social, humano y político si colaboran con las comunidades en programas participativos de investigación.

El clima es uno de los factores principales que determina la dinámica de las plagas, por lo que un cambio significa también una modificación en su comportamiento. Las plagas en las plantas son, en la actualidad, una de las causas más importantes para la pérdida de la productividad, lo que pone en peligro la seguridad alimentaria y esto se analiza en el cuarto capítulo. El artículo titulado “Cambio climático, enfermedades de las plantas e insectos plaga”, escrito por Karen Garrett, M. Gray, P. Skelsey y A.H. Sparks de Kansas State University; G.A. Forbes del Centro Internacional de la Papa y M.A. Gonzáles de PROINPA, presenta una perspectiva general de la relación entre el cambio climático y las plagas, y nos da una idea sobre la complejidad de la relación clima-plaga. Pero además confirma que el índice de incidencia de plagas tiende a incrementarse con el calentamiento global y que tanto agricultores como científicos deben buscar nuevas estrategias para enfrentar a nuevas plagas y/o a plagas más intensas.

El quinto capítulo, titulado “Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino”, escrito por Peter Motavalli y Corinne Valdivia de la University of Missouri, J. Aguilera de PROINPA, A. Seth de la University of Connecticut, H. Blanco-Canqui de Kansas State University y M. García de la UMSA, analiza los principales efectos del cambio

climático en los suelos de esta región. Prevé un menor contenido de agua durante la última etapa de crecimiento de las plantas, la pérdida de materia orgánica, el incremento de la erosión, cambios en las prácticas de cultivo y mayores deslizamientos de tierras y aludes. La adaptación requiere del desarrollo de nuevas técnicas que puedan reducir la pérdida de humedad del terreno, por lo que se sugieren las estrategias posibles para conservarla. Asimismo se identifica los vacíos en el conocimiento de los suelos altiplánicos.

En Bolivia se han identificado más de mil morfotipos de papa que están adaptadas a los diversos pisos ecológicos del país. El cultivo tradicional de estas múltiples variedades ha garantizado la seguridad alimentaria de las comunidades rurales a lo largo del tiempo, lo cual implica el manejo de los riesgos climáticos y otros factores relacionados directa e indirectamente con ellos. De ahí que el sexto capítulo, “Cambio climático y diversidad de papa en el Altiplano boliviano”, escrito por Elizabeth Jiménez, Alejandro Romero y Olga Yana, tiene por objeto identificar y analizar los posibles impactos que el cambio climático pueda tener sobre la diversidad de este tubérculo en la región. El estudio se centra en la organización de la producción familiar y en el portafolio de la producción de variedades de papa y sus posibles cambios en los últimos años.

La conservación de las variedades de papa depende también del grado de articulación con el mercado y de las variedades que tengan mayor demanda. En ese sentido, para analizar el grado en que el mercado determina las variedades a producirse se han identificado tres tipos de hogares según el destino de la producción: para la venta, para el autoconsumo y, uno intermedio, para el *autoconsumo y venta*. Utilizando un enfoque de estrategias de vida e integración al mercado, el artículo explora los posibles impactos del cambio climático en estos grupos de productores y los factores que influyen y/o afectan a la biodiversidad.

El séptimo capítulo, “Factores de pérdida de los conocimientos sobre el uso de indicadores locales en comunidades del Altiplano norte y central”, escrito por Jere Gilles, Edwin Yucra, Magalí García, Rogelio Quispe, Gladys Yana y Héctor Fernández, examina los

factores que intervienen en la pérdida del uso de indicadores locales que son parte de los saberes de la región y que fueron tradicionalmente utilizados para la predicción de la variabilidad climática. Los resultados muestran que el cambio y la variabilidad climática no son los elementos más importantes de ese desuso, sino, fundamentalmente, los factores sociales, culturales y económicos.

El octavo capítulo, “Papas nativas, acceso al mercado y resiliencia en el Altiplano boliviano”, escrito por María Figueroa y Corinne Valdivia, evalúa cómo la Plataforma Andina Boliviana (PAB), bajo la filosofía del Enfoque Productivo de Cadenas Participativas (EPCP), facilita el acceso al mercado de pequeños productores de papas nativas. De manera específica identifica los incentivos y barreras que determinan la participación de actores a lo largo de la cadena (productores, procesadores, intermediarios y exportadores). Los resultados muestran que la PAB reduce ciertos costos de transacción, promoviendo la capacidad de negociación e integración al mercado de los pequeños agricultores. Uno de los problemas es que el precio ofrecido por la plataforma, no parece compensar el esfuerzo que deben realizar los productores, para alcanzar los estándares de calidad requeridos para el chuño y la tunta.

Finalmente, el noveno capítulo, escrito por Nathan Jensen y Corinne Valdivia, “Explorando la relación entre las estrategias de vida y la resiliencia social y ecológica en el Altiplano de Bolivia”, a través de un análisis de correlación canónica, estudia las relaciones entre el acceso de los hogares a capitales, sus estrategias de vida y el impacto en la resiliencia de sus sistemas social y ecológico. El artículo concluye que las limitaciones de acceso a la tierra, el ciclo de vida y la diversificación del ingreso son los tres factores más significativos en la resiliencia de los hogares. Según la información obtenida de las familias, el éxito parece requerir una cantidad mínima de tierras de cultivo, incluso si avanzan hacia otras fuentes de ingreso, incluyendo la migración.

En conclusión, este libro presenta una perspectiva multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria sobre los impactos tanto del cambio climático como de los mercados en los sistemas de producción del Altiplano norte y central de Bolivia.

Cambio climático y adaptación en el Altiplano de Bolivia

*Corinne Valdivia, Anji Seth, Elizabeth Jiménez
y Jorge Cusicanqui*

Introducción

Artículos recientes en revistas científicas coinciden en señalar que el cambio climático contribuirá a una mayor inseguridad alimentaria en los trópicos del mundo (Lobell *et al.*, 2008; Brown y Funk, 2008). Los patrones de lluvia y la altitud de los Andes han hecho que la agricultura en esta región, siempre sea vulnerable a las heladas, al granizo, a las sequías y a las inundaciones. Los modelos climáticos existentes para el mundo predicen que en el futuro habrá mayor frecuencia de estaciones con sequía y tormentas (Robledo *et al.*, 2004) y, por lo tanto, más inseguridad alimentaria (Brown y Funk, 2008). Otros modelos de simulación de los impactos del cambio climático proyectan que los retos serán mayores para la agricultura de América Latina y del África (Jones y Thornton, 2002).

Existe un vínculo estrecho entre la diversidad y la capacidad de recuperación de los sistemas humanos y biológicos. Mientras más opciones existan para las poblaciones humanas, menos vulnerables serán a los desastres o cambios en el mercado (Valdivia *et al.*, 2003; Howden *et al.*, 2007). Lo mismo ocurre con los sistemas naturales, la diversidad aumenta la capacidad de los ecosistemas para adaptarse al cambio (Peterson *et al.*, 1998).

La evolución tecnológica puede elevar la capacidad de adaptación y la resiliencia de los sistemas productivos a la evolución de

las tendencias climáticas. Sin embargo, el adelanto tecnológico y la adopción de nuevas tecnologías no se dan en el vacío. El contexto político, los incentivos y las barreras del mercado son elementos críticos, en términos de la capacidad que puedan tener los agricultores de adoptar las innovaciones y beneficiarse económicamente. La investigación sobre el particular es esencial para incrementar la capacidad de anticipar estas variaciones, en particular en los países que no tienen acceso a los recursos científicos ni la infraestructura económica para reducir su vulnerabilidad a los posibles cambios bruscos del clima (CACC, 2002).

Los patrones del cambio climático vienen siendo observados por los agricultores de la región andina (PNCC, 2005; Valdivia *et al.*, 2007). Las estrategias de producción que se utilizaban para amortiguar la variabilidad climática se están perdiendo por las nuevas condiciones económicas, sociales y de mercado. Las rotaciones tradicionales de cultivos están siendo abandonadas y las estrategias de producción que mantuvieron a las poblaciones por cientos de años, ya no funcionan. Además, el crecimiento de la economía de mercado y la migración han logrado que sea más difícil mantener las prácticas tradicionales (Zimmerer, 1993).

En Bolivia, el Programa Nacional de Cambio Climático (PNCC) se ha enfocado tanto en la mitigación como en la adaptación. El desarrollo de programas piloto sobre la adaptación es fundamental para entender, las estrategias y los procesos que pueden facilitar el bienestar de los hogares rurales de la región andina ante estas condiciones cambiantes. Sin embargo, el clima no es la única fuerza motriz de cambio que experimentan las zonas rurales. Los mercados envían señales acerca de lo que demanda en un momento dado, lo cual conduce a los agricultores a concentrarse en los productos o variedades que se pueden vender. Las políticas gubernamentales tienen el mismo efecto. Los productores que participan en el mercado, a menudo se enfrentan con desafíos respecto a información y costos de comercialización. Los agroecosistemas son cada vez menos diversos y, frecuentemente, esto significa que también se vuelven más vulnerables a los *shocks* (Valdivia 2004), sobre todo cuando la cartera de actividades se ve afectada de manera

similar por los precios y el clima. La disminución de la cantidad de especies y variedades cultivadas en la región, contribuyen a la vulnerabilidad del portafolio económico de las familias, haciéndolas más frágiles tanto al mercado como al clima (Valdivia y Quiroz, 2003; Sperling *et al.*, 2008). Estos cambios han dado lugar a una reducción de la seguridad alimentaria, tanto por la disminución de las fuentes de proteína disponible, así como por el incremento en las pérdidas debidas a la sequía, las heladas, las enfermedades y las plagas. Esto afecta los capitales de las familias rurales y su capacidad de negociación para la adaptación.

En los Andes, las comunidades rurales son especialmente sensibles a los cambios del clima por la naturaleza imperfecta de los mercados. Por ejemplo, los agricultores enfrentan mercados donde el comprador establece los precios, no tiene acceso a información y no cuenta con mecanismos de protección contra pérdidas de su inversión. Ellos tienen que adaptarse desarrollando sus propios mecanismos de seguridad que, a menudo, significan migración temporal o venta de recursos productivos (PNUD, 2004; Programa Mundial de Alimentos, 2002; Jette, 2005). Por lo tanto, es fundamental entender no solo las tendencias de los cambios en los mercados y en el clima, sino los efectos de sus interacciones tanto en los hogares como en la comunidad, dado que muchas de las respuestas a los *shocks* y a los giros se dan a nivel individual y también grupal.

Este artículo presenta recientes hallazgos sobre las tendencias y las proyecciones del cambio climático para la región del Altiplano. También analiza cómo la población de las comunidades rurales viene percibiendo las variaciones y el impacto tanto en sus medios de vida como en sus capitales, especialmente en el capital natural. Los incentivos del mercado han sido analizados a partir del rol de los cultivos comerciales en la generación de ingresos económicos y de la implicancia que tienen para el reacomodo de las actuales estrategias de generar ese ingreso. Este apartado concluye con una reflexión sobre la necesidad de desarrollar y fortalecer redes de intercambio de información y capacidades, para contribuir al diseño de mecanismos de adaptación.

El cambio climático en el Altiplano de Bolivia: estimaciones y proyecciones de los modelos

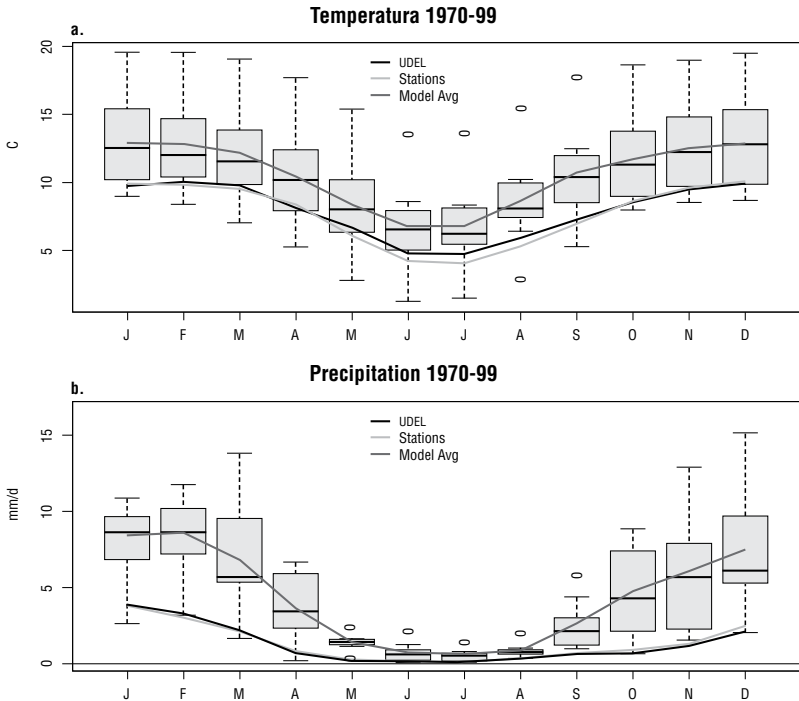
Si bien se tiene conocimiento de los efectos del cambio climático a escala mundial, aún no se cuenta con estudios en áreas más pequeñas como los Andes, que permitan entender si existe una correlación significativa entre los valores observados y los proyectados. De esto derivan tres razones fundamentales para evaluar los modelos globales aplicados a la región del Altiplano. La primera es ver de qué manera estos modelos pueden captar la temperatura ambiente y las precipitaciones actuales (observadas), a fin de establecer las tendencias a seguir para mediados y finales de siglo, e incluso para periodos más cortos. Estas proyecciones son muy importantes para la adaptación de la agricultura y para los procesos de desarrollo y variaciones que se den en estas décadas. La segunda razón tiene que ver con el hecho de que los resultados de los modelos globales, o de un modelo global, suelen ser utilizados por las organizaciones nacionales para iniciar los modelos locales, lo cual tiene sentido porque necesitan responder a las demandas de información de sus regiones. La tercera razón, que es esencial para lograr capacidad de adaptación, es desarrollar una base para la discusión de los resultados de distintos modelos, tanto globales como regionales, a fin de crear un ambiente de intercambio y análisis de los diferentes enfoques, que puedan proporcionar información a escala local, ya sea por métodos estadísticos o numéricos. Esto es vital en los ecosistemas de los Andes, en especial, donde existe variabilidad en la topografía y la altitud, lo cual influye en la variabilidad climática, en los extremos de precipitación y en la temperatura.

Cambio climático: cambios y escenarios futuros

El análisis espacial y temporal de las tendencias climáticas para el Altiplano, realizado por García (Valdivia *et al.*, 2010), muestra tendencias al incremento de la temperatura mínima y máxima es decir de las temperaturas extremas en los últimos 50 años. Sin embargo,

se observan variantes de acuerdo al territorio; así en el Altiplano sur hay una tendencia al enfriamiento de la temperatura mínima, mientras que el Altiplano norte y centro tiende al incremento de la temperatura máxima, es decir al calentamiento. Este mismo estudio no identifica tendencias al cambio en las precipitaciones. García analizó 14 estaciones meteorológicas y sus resultados muestran que con el aumento en la temperatura hay una tendencia al incremento significativo de la evapotranspiración en el Altiplano norte y sur con el consecuente cambio en el régimen climático.

Gráfico 1
Ciclo anual de la temperatura para la región del Altiplano



Fuente: A. Seth, J. Thibeault, M. García y C. Valdivia, 2010 (publicado con su permiso).

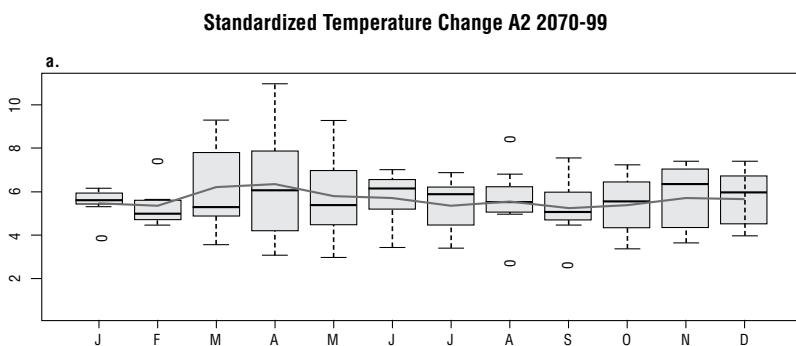
a) Ciclo anual de la temperatura (°C) para la región del Altiplano (67-70 longitud oeste, 16-19 latitud sur) en las estaciones (color azul), UDEL (negro), para el promedio del multimodelo a 20 °C (caja y patillas).

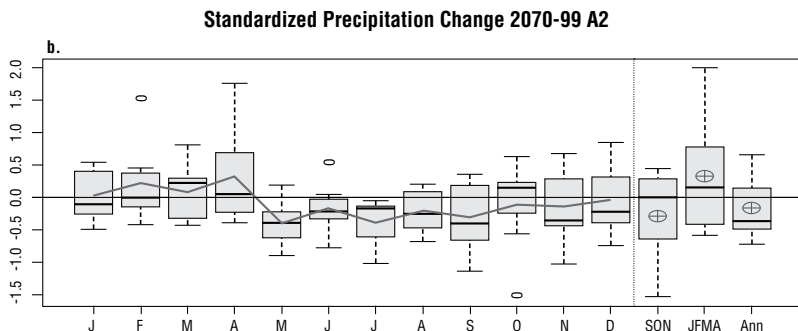
b) Lo mismo, pero para la precipitación (mm/día).

En cuanto al futuro, el resultado de los análisis realizados con el archivo de datos de varios modelos globales apuntan a que las tendencias observadas persistirán (Seth *et al.*, 2010).

La comprensión del cambio climático en el Altiplano requiere escenarios de alta resolución, debido a la complejidad topográfica de la región; en la actualidad la resolución de los modelos varía de 100 a 400 kilómetros. Para este análisis se eligió un conjunto de 10 modelos que permiten caracterizar la precipitación, la temperatura y los fenómenos extremos que influyen en la agricultura (gráficos 1 y 2). Los modelos climáticos empleados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) (Solomon *et al.*, 2007) fueron analizados utilizando un conjunto de datos del Proyecto de Intercomparación del Modelo Conjunto (CMIP3) (Meehl *et al.*, 2007). Los modelos comprenden componentes de la atmósfera mundial, del océano, la vegetación de la tierra, los glaciares de mar y procesos que emplean grillas horizontales con resoluciones que van de 100 a más de 400 km. Las resoluciones medias y altas de estos modelos representan una elevada meseta en la región andina central y proporcionan un punto aproximado de partida para esta evaluación.

Gráfico 2
Estandarización de los cambios en temperatura y precipitaciones





Fuente: A. Seth, J. Thibeault, M. García y C. Valdivia (2010) (publicado con su permiso).

a) Diferencias de temperatura mensual estandarizada A2-20 C para la región del Altiplano (cajas para el grupo multimodelo y patillas) y el promedio del multimodelo (rojo).

b) Lo mismo, pero para la precipitación. Los promedios HIJO, JFMA y anuales también se muestran con estrellas verdes que representan los medios de modelo.

Los actuales análisis del ciclo anual de la temperatura y la precipitación simulados por los modelos permiten identificar la fecha de inicio de la temporada de lluvias y de la estación seca. Asimismo, capturan el ciclo más débil de las temperaturas mensuales; sin embargo, y en comparación con las observaciones de los modelos, muestran un pequeño sesgo al calor y la humedad por el transporte de excesiva humedad desde la Amazonia (Seth *et al.*, 2009a).

El análisis de las proyecciones para mediados del siglo 21 muestra una concordancia entre los modelos cuyas medias del incremento de la temperatura son de 1,5°C con la probabilidad de que para el año 2099 sea mayor a los 4°C (desviación estándar de 5 a 6). Los cambios esperados en las precipitaciones son generalmente más pequeños y no significativos al momento de ser promediados para todas las estaciones. Sin embargo, nuestro análisis presentado en el Gráfico 2 sugiere que es probable que el principio de la estación lluviosa (sep-nov) sea más seco y que el punto más alto (ene-mar) sea más húmedo, lo cual implica un cambio hacia una temporada de lluvia más fuerte y más tardía (Seth *et al.*, 2009a). Dicha variación es consistente con los estudios de mayor escala desarrollados por el Sistema Monzónico Sudamericano, que

muestran sequías al principio de la estación e incremento de las precipitaciones al final (Seth *et al.*, 2009).

Debido a que los cambios en el clima pueden provocar grandes efectos en la distribución de los extremos, también es necesario examinar los índices de temperatura y precipitación en distintos escenarios. Las tendencias muestran un incremento de la temperatura por las noches, el aumento de las olas de calor, la disminución de los días de helada y la mayor variabilidad de las temperaturas extremas (Thibeault *et al.*, 2010). Sin bien ahora, los días de helada están en constante aumento, probablemente por la elevación de la temperatura y la reducción de la humedad, se estima que en el futuro esto se invertirá. Por otro lado, los extremos de las precipitaciones proyectadas han ido en aumento, tanto de las lluvias fuertes como de los periodos secos (Gráfico 3). Ambos fenómenos son apreciados en los registros de Patacamaya, aunque la señal de periodo seco no es estadísticamente significativa (Thibeault *et al.*, 2010).

Gran parte de la agricultura rural es a secano y, por lo tanto, vulnerable a la variación de las lluvias y la humedad del suelo. Las proyecciones de los modelos climáticos indican que a pesar del aumento en las precipitaciones durante el periodo más alto de la época lluviosa, la humedad del suelo se reduce notablemente durante todo el año, inclusive durante los períodos de precipitación, debido a las temperaturas más altas que elevan también las tasas de evapotranspiración (Thibeault *et al.*, 2009b). Estos resultados deben considerarse provisionales, hasta contar con modelos de mayor resolución.

¿Qué significan estos resultados para la agricultura del Altiplano?

Las proyecciones muestran que el comienzo del periodo lluvias, de septiembre a noviembre, será más incierto y más seco; sin embargo, las lluvias serán más intensas que en la actualidad, aunque en períodos de corta duración. Todo esto apunta a un periodo agrícola de más corta duración, con mayores temperaturas promedios,

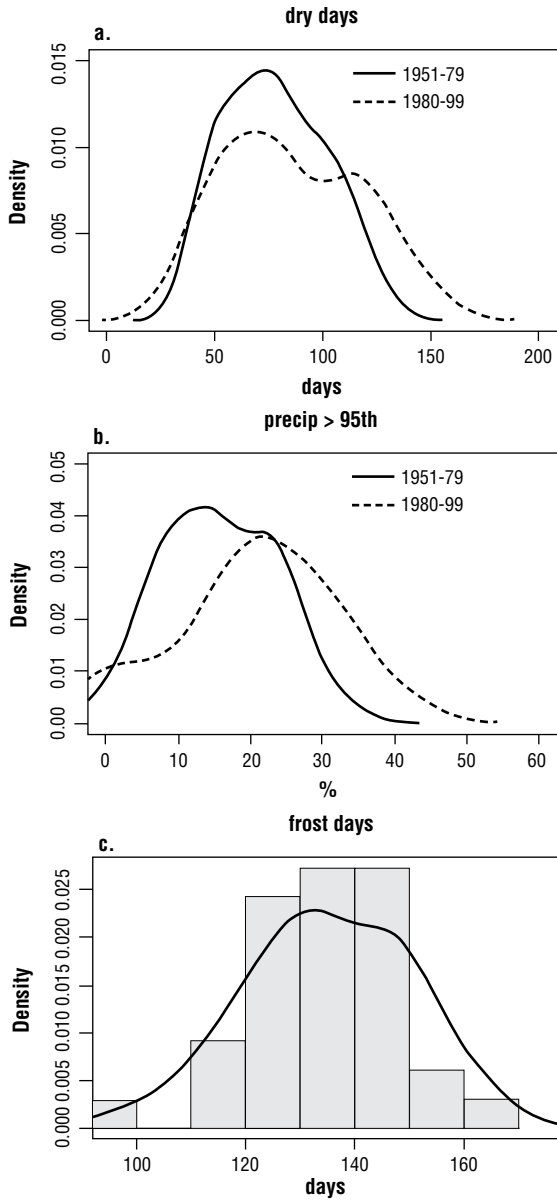
menor humedad en el suelo durante el período de crecimiento y, además, mayor incertidumbre. Esto debido a los cambios que se prevén en la distribución de la precipitación, temperaturas y eventos extremos. Dadas estas condiciones ¿cómo es posible desarrollar mecanismos de adaptación?

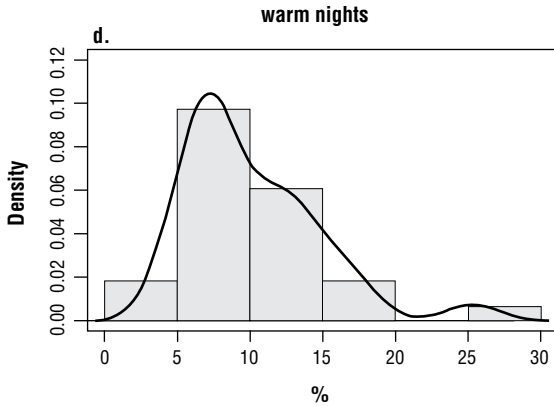
Las percepciones locales sobre el cambio climático

Los análisis de las tendencias climáticas para los próximos 50 años muestran un cambio en el régimen climático para el Altiplano. En este contexto, ¿podrá la información sobre el clima y los mercados, mejorar la selección de las actividades y la capacidad de los hogares para producir y mejorar sus niveles de vida? Los investigadores han encontrado limitaciones institucionales, económicas y políticas para la utilización de los pronósticos del tiempo, incluso cuando existe el personal capacitado para ello (Broad *et al.*, 2002; Eakin, 2000); resalta el hecho de que la información por sí sola no puede abordar la vulnerabilidad y que las instituciones y su capacidad de actuar con dicha información son claves. Por lo general, quienes se benefician son los que están mejor desarrollados para aprovechar el conocimiento y no necesariamente son los más vulnerables (Adger 2006). Los problemas de jerarquía y coordinación también son preocupantes (Roncoli *et al.*, 2000).

La información que se proporciona con alternativas, permite a los campesinos acomodar sus estrategias y ajustarse a los cambios (Valdivia *et al.*, 2003; Patt Suárez y Gwata, 2005). Un estudio en los Andes reveló que los productores de papa eran los que más se interesaban en contar con una mayor cantidad de datos sobre la variación del clima y en la necesidad de realizar investigaciones al respecto, puesto que parecían ser los más sensibles a las variaciones (Valdivia *et al.*, 2002), aunque también eran los que más confiaban en las redes locales de difusión (Gilles y Valdivia, 2009). Las conclusiones indican que la información por sí sola puede no resultar en el cambio de acciones para abordar la vulnerabilidad; no obstante, sí existe la necesidad de que las instituciones faciliten la transición, junto con las prácticas, a fin de generar nuevas referencias.

Gráfico 3
Distribución de la probabilidad de las lluvias y de los días secos





Fuente: A. Seth, J. Thibeault, M. García y C. Valdivia (2010) (publicado con su permiso). Distribución probable en función de índices extremos computados de la distribución diaria de la precipitación en Patacamaya. Para 1951-1979 (continuo) y 1980-1999 (discontinuo).

(a) Días secos.

(b) Precip > 95 th y temperatura mínima diaria en La Paz/El Alto para 1973-2007.

(c) Días de helada.

(d) Noches cálidas.

Los estudios sobre cómo se toman las decisiones, incluyen la evaluación del riesgo, las percepciones, la comunicación y la gestión. Los pronósticos acerca del clima y el mercado son probabilísticos, dado que los resultados futuros son inciertos. Por lo tanto, estos son los tipos de evaluación del riesgo a que un evento pueda ocurrir. Las estimaciones del riesgo representan la forma más sistemática de evaluar los riesgos y son necesarias para la adopción informada de decisiones.

Las investigaciones han develado que la percepción del riesgo puede influir más que el riesgo en sí mismo, en la toma de decisiones. Sin embargo, no existen muchos estudios sobre este aspecto en América Latina (Renn y Rohrman, 2000, 20; Sjoberg *et al.*, 2000). De igual forma, pocos estudios han abordado las percepciones de los peligros ecológicos inminentes (Willis *et al.*, 2005; Rees, 2009). Los datos sobre percepciones del riesgo que existen a la fecha dan cuenta de que la gente subestima la probabilidad de los peligros conocidos y sobrestima la probabilidad de los nuevos (Fischhoff *et*

al., 1981). Es posible cuantificar y pronosticar esas percepciones y también identificar esto en la descripción de escenarios probables, en términos del grado de temor y del nivel de conciencia del mismo (Hinman *et al.*, 1993; Marks, 2001; Slovic, 1987; Teigen *et al.*, 1988). La cultura incide en las percepciones del riesgo (Anderson, 1997; Hansen, 1993; Johnson y Covello, 1987; Gobel, 2002). La gente comprende que el riesgo es interactivo y desconfía de los modelos simplistas que no expresan los supuestos y limitaciones subyacentes de la evaluación del peligro (Hilgartner y Bosk, 1988; Krimsky y Plough, 1988). La gente también realiza sus evaluaciones empleando sistemas basados en reglas y asociaciones (de forma experimental), por separado o combinados (Slovic y Weber, 2002). Al generarse conflictos entre estos sistemas, es más probable que las personas evalúen el riesgo basándose en criterios anteriores. En el caso del Altiplano, posiblemente signifique que si existe un trance entre los pronósticos ancestrales y los de los expertos, los productores campesinos seguirán confiando en sus modelos de evaluación tradicional (Slovic *et al.*, 2002).

El que una evaluación sea empleada por los tomadores de decisiones, depende del grado de confianza que exista entre ellos y el manejo del riesgo (Slovic, 1993), y la comunicación participativa de ambas vías puede elevarla más (Wilkins, 2001). Scherer y Cho (2003, 261) han argumentado que el enfoque individualista no muestra cómo la percepción del riesgo puede variar en las mismas comunidades y también entre ellas. Sostienen que la teoría de las redes de transmisión puede ayudar a integrar numerosos aspectos de la literatura de percepción del riesgo citada más arriba. Se presume que la estructura de la red comunitaria influye sobre el riesgo; por lo tanto, la comprensión sobre cómo las redes de información en la comunidad afectan la percepción, comunicación y manejo del riesgo, pueden aportar a definir un marco básico acerca de los cambios que están ocurriendo en el Altiplano. En el proyecto “Adaptándose al cambio del clima y del mercado” del SANREM CRSP se presenta esta propuesta teórica hecha por Marks, con el objeto de evaluar cuáles son las percepciones de riesgo y de qué manera influirán en la toma de decisiones (Valdivia *et al.*, 2007).

Los campesinos basan las decisiones de producción de cultivos en sistemas de conocimiento local que se han desarrollado a través de años de observación, experiencia y experimentación (Hatch, 1981; Gilles y Espejo, 2003; Claverias, 2000; Bharara y Seeland, 1994; Osunade, 1994).

Los pronósticos de los usuarios (conocimiento local) no sólo proveen información acerca de la prevención, sino también del conjunto de normas de comportamiento que las familias y las comunidades deben seguir cuando ciertos indicadores son o no observados. Los agricultores pueden incorporar nuevos conocimientos a sus decisiones (Bebbington, 1991; Markowitz y Valdivia, 2001; Valdivia *et al.*, 2001; Materer, 2001). En el Altiplano central de Bolivia las redes de información sobre el clima del año venidero son locales y no utilizan predicciones científicas (Valdivia, Gilles y Materer, 2000). Las agencias de pronóstico climático, que suelen lanzar sus resultados, no incluyen a los agricultores de forma directa (Espejo, Gilles y Valdivia, 2003). Estudios recientes (Gilles y Valdivia, 2009) han confirmado que los campesinos microproductores se apoyan en sistemas ancestrales de predicción más que en los métodos científicos. Las redes que distribuyen la información de pronósticos tradicionales están organizadas sobre la base de una vecindad alrededor de los expertos locales, los cuales conforman los nódulos. Actualmente los productores andinos tienen muy poca confianza en los pronósticos generados fuera de sus comunidades o vecindades; por ello, las decisiones para la siembra están basadas en la interpretación de los indicadores tradicionales del clima realizadas por expertos locales. La habilidad de estos no radica en el conocimiento de los indicadores, sino en su habilidad para interpretarlos y en el entendimiento intuitivo de los principios de la predicción probabilística. Además comprenden la idea básica de un trabajo a escala, puesto que emplean indicadores que poseen diferentes niveles o grados de resolución. Indicadores como las estrellas y los vientos pertenecen a los patrones de clima regional o subregional, mientras que los indicadores vegetales o animales son vistos como específicos a una vecindad o comunidad local (Gilles y Valdivia, 2009).

¿Cuáles son las percepciones sobre los peligros al bienestar familiar?

Si nos basamos en los estudios que señalan que es posible medir las percepciones de riesgo, podemos comparar en el ecosistema la forma en que perciben el peligro las diferentes comunidades y los grupos de cada comunidad. Para este análisis se seleccionaron las regiones norte y central del Altiplano, que registran procesos de calentamiento distintos. Las alturas permiten evaluar cómo en cada región hay diferencias en la presentación de eventos por su localización.

Como señala la literatura, la percepción de los riesgos también es una función del efecto del riesgo en la estrategia de vida y la capacidad de responder y recuperarse. En la encuesta realizada con el proyecto SANREM CRSP, se entrevistaron a jefes de la unidad doméstica familiar (mujeres y hombres) y se les preguntó cuál era el nivel de riesgo para el bienestar de su hogar ante la ocurrencia de eventos adversos (cuya metodología se explica en Valdivia, Jiménez y Romero, 2007).

En el Cuadro 2 se presentan, en promedio, las percepciones de 330 hogares para cada tipo de riesgo percibido por agroecosistema (en función a la altura sobre el nivel del mar) en dos municipios altiplánicos. En Ancoraimes (Altiplano norte) se consideraron tres ecosistemas: cerca al Lago, en la mitad de la cuenca y en su parte alta. En Umala (Altiplano central) las comunidades fueron clasificadas en dos grupos: las de la cuenca lechera y las de ladera de montaña con características agrícolas.

Recordemos que los resultados de tendencias de temperatura, lluvias y evapotranspiración, indican un proceso de calentamiento en el Altiplano norte y central. Al mismo tiempo, los análisis de extremos de precipitación señalan que si bien el volumen anual es similar, la distribución está cambiando. El comienzo de las lluvias se viene atrasando y la intensidad de las lluvias en enero, febrero y marzo está en aumento.

En el Altiplano norte son altas las percepciones sobre el riesgo que trae el cambio en el comportamiento del clima, con diferencias

significativas entre agroecosistemas (análisis de varianza y evaluación *post hoc*); la parte media y alta de la cuenca de Ancoraimes es donde se perciben más las variaciones. Por otro lado, los niveles son similares tanto para la parte baja de esta cuenca como para los dos agroecosistemas del Altiplano central.

También se observan niveles altos de peligro percibidos para el caso de inundaciones, heladas y otros eventos extremos, sobre todo en el Altiplano central y en la parte media de la cuenca de Ancoraimes. Durante el período de estudio no se observa el mismo nivel de peligro al impacto de la sequía, con excepción de la parte alta en el Altiplano central donde no hay riego.

Cuadro 1
Las percepciones de riesgo para el bienestar del hogar por cada ecosistema en el Altiplano norte y central de Bolivia (2006)

Región	Municipio de Ancoraimes			Municipio de Umala		
	Zona baja	Zona media	Zona alta	Zona baja	Zona alta	
Número de observaciones=330	57	65	27	127	54	
Granizo afecta cultivos y animales	3,51	3,97	3,56	3,85	4,28	***
Impacto de las inundaciones	3,96	3,82	3,85	4,42	4,00	***
Impacto de la sequía	2,41	2,97	2,67	2,96	3,00	***
Impacto de la helada	3,89	4,06	3,59	4,35	4,50	***
Impacto del clima climático	3,79	4,17	4,11	3,87	3,53	***
Impacto de las plagas	3,68	4,11	3,78	3,13	3,67	***
Pérdida de la fertilidad del suelo	3,91	4,23	4,00	3,44	3,68	***
Precios bajos del ganado	3,84	4,12	3,78	3,72	3,83	***
Pérdida del empleo	3,70	4,23	4,04	2,33	2,98	***
*** P<0,001			Escala de respuestas. 1: no es una amenaza; 2: es una amenaza mínima; 3: es una amenaza moderada; 4: es una amenaza fuerte; 5: es una amenaza extrema.			

Fuente: SANREM CRSP LTRA4. Con datos de la encuesta de hogares "Capitales, prácticas y percepciones" (2006).

***P<0,001 NS diferencias no significativas ANOVA.

Cuadro 2
Eventos *shock* (pérdidas) y distribución de riqueza por cada ecosistema del Altiplano norte y central de Bolivia (2006)

Causa de la pérdida	Familias afectadas	Altiplano norte (pérdidas %)			Altiplano central (pérdidas %)	
		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Alto
Sequía	34	40	23	0	27	19
Inundación	50	21	0	28	28	12
Heladas	107	19	19	25	22	0
Granizo	48	17	22	20	21	21
Plagas/cultivos	278	28	32	22	12	11
Helada/ganado	40	29	25	30	9	5
Enfermedades/ganado	164	14	17	18	18	15

Distribución de la población por nivel de ingresos ¹		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Alto
Nº de hogares mayores ingresos	68	5	0	3	46	14
Nº de hogares jóvenes	124	23	32	11	40	18
Nº de hogares de mayores	136	29	32	12	41	22
Total de hogares	328	57	64	26	127	54

¹ Las agrupaciones son resultado de un análisis de conglomerado que consideró ingresos, edad, y educación (Valdivia et al., 2007).

Fuente: SANREM CRSP LTRA4. Encuesta de hogares "Capitales, prácticas y percepciones" (2006)

***P<0,000; NS Diferencias no significativas ANOVA.

Al analizar el Cuadro 2 por columnas, se observa que en el nivel medio de la cuenca de Ancoraimes todos los riesgos son altos con excepción de la sequía. En el Altiplano central, en cambio, hay variabilidad en el tipo de peligros, aunque en los ecosistemas en ladera las percepciones son más altas, a excepción de las inundaciones. Entre

otros riesgos derivados del cambio climático están los factores socioeconómicos, el efecto de las plagas y la pérdida de la fertilidad del suelo; en este caso las percepciones son más altas en el Municipio de Acoraimes. Se puede observar también que el peligro de los precios de venta bajos para el ganado es de alto impacto y es que la ganadería cumple un rol importante como fuente de acumulación de dinero y para enfrentar los riesgos climáticos. También se notan diferencias entre las dos regiones respecto a la vulnerabilidad relacionada con la pérdida de trabajo de un miembro adulto de la familia. Esto se relaciona con las condiciones socioeconómicas de los hogares, lo cual se explica a continuación.

En el Cuadro 2 se muestra, por un lado, el número de hogares que sufrieron pérdidas como consecuencia de fenómenos relacionados con el clima. Por otro lado, se observa que las pérdidas por plagas representan la experiencia más común, seguida de las enfermedades que afectan al ganado y la frecuencia de las heladas. El daño ocasionado por las plagas es más alto en Acoraimes al igual que las percepciones sobre el cambio climático. En el año 2006 las heladas ocasionaron pérdidas en todos los agroecosistemas, a excepción de la parte alta del Altiplano central. Pocos registraron mermas por la sequía, de ahí que el promedio del índice de temor (Cuadro 1) sea bajo en todas las zonas. Los miedos anotados en el Cuadro 1 reflejan que la pérdida de trabajo por un adulto es considerada como un gran peligro, lo que muestra que no sólo se trata de las características del agroecosistema, sino también de las condiciones socioeconómicas y del ciclo de vida de los hogares.

Adaptación: ¿qué implica y cuáles son las alternativas?

La comprensión de los factores que determinan estrategias como respuesta al riesgo, proporciona el conocimiento que apunta a incrementar la habilidad de las personas y la capacidad de su medio ambiente para recuperarse de *shocks* y estrés. Sobrellevar y adaptarse al cambio climático puede no representar lo mismo. En el primer caso, la resistencia a las transformaciones del clima puede derivar,

a corto plazo, en el aumento de la vulnerabilidad a mediano y largo plazo (Valdivia, 2004). En este marco, deben investigarse los aspectos sociales y tecnológicos de la adaptación de los sistemas de cultivos (Lobell *et al.*, 2008, p. 610). En el segundo caso, el desarrollo de la capacidad de adaptación demanda vigorizar los sistemas de conocimiento y las características del capital humano que tenga la habilidad de anticipar, más que reaccionar, un evento; requiere además de procesos que faciliten la planificación y el fortalecimiento de los capitales social y político en las comunidades rurales. Esto es clave para alcanzar la capacidad de recuperación a un nivel micro y a un nivel macro (Valdivia *et al.*, 2006; O'Brien *et al.*, 2008, p. 198).

El enfoque de medios de vida sostenibles y la cartera de actividades del hogar (Valdivia *et al.*, 1996; Valdivia y Gilles, 2001; Valdivia y Quiroz, 2003) dan cuenta de la manera en que los mercados dan forma a las estrategias de vida. El objetivo es identificar qué capitales y actividades contribuyen a la habilidad de los individuos (género y ciclo de vida), de las familias y de los grupos para negociar con los mercados y abordar la variabilidad climática y otro tipo de *shocks*, ya sea para mejorar el bienestar o reducir la inseguridad (Adato y Meinzen-Dick, 2002; Ellis y Conway, 1992; Bebbington, 1999; Valdivia y Gilles, 2001; Valdivia *et al.*, 2001; Valdivia y Quiroz, 2003; Valdivia, 2004; Valdivia *et al.*, 2007).

Un medio de vida comprende las actividades generadoras de ingreso, realizadas por una familia y sus miembros, como resultado del uso de los capitales tangibles e intangibles con los que cuentan: humanos, naturales, financieros, sociales, culturales y físicos (De Haan, 2000; Conway y Chambers, 1992; Bebbington, 1999; Valdivia y Gilles, 2001; Valdivia *et al.*, 2003; Valdivia, 2004; Valdivia *et al.*, 2009), y que son necesarios para acceder y controlar las redes de mercado y las instituciones, entendidas estas como las reglas de juego (Banco Mundial, 1998; De Haan, 2000: 345-6; Valdivia y Jette, 1997; Pretty y Ward, 2001; Winters *et al.*, 2002). La hipótesis planteada en este estudio es que hay una relación positiva entre la capacidad para acceder a los recursos (Chambers y Conway, 1992) y a la información, y la capacidad para adaptarse y reducir las vulnerabilidades (Valdivia *et al.*, 2010; Valdivia *et al.*, 2007).

Un mecanismo para reducir el impacto de la variabilidad climática es la diversificación. Ellis (1998), en la década pasada, revisó este concepto y sus motivos. La investigación en los Andes ha demostrado que la naturaleza de las actividades en materia de diversificación, expresa una trayectoria de la agricultura en las zonas rurales (Valdivia y Quiroz, 2003; Bebbington, 1999). Estos resultados se confirman en el paisaje amplio del Altiplano, donde la forma de enfrentar los eventos de *shock*, especialmente los relacionados con el clima, ha sido mediante la liquidación de activos (ganado, por ejemplo), la migración temporal, las remesas, sacando a los niños de la escuela y/o reduciendo el consumo de alimentos (Valdivia *et al.*, 2001; Valdivia y Quiroz, 2003; Materer y Valdivia, ND; Zimmerman y Carter, 2003; Valdivia *et al.*, 2007). En general, estas estrategias han tenido efectos significativos y negativos sobre los activos o capitales de las familias (Valdivia *et al.*, 2007).

El enfoque del presente estudio toma en cuenta los tipos de mercados, la existencia de instituciones no mercantiles como el *ayni* y el impacto de las diferentes políticas medioambientales. Los resultados son robustos (consistentes) en todas las comunidades del Altiplano. El Cuadro 4 muestra, en promedio, los capitales de los hogares en cada uno de los agroecosistemas, con algunas diferencias significativas entre ecosistemas. La diversidad de papa y de cultivos, así como las hectáreas de tierras en descanso son indicadores del capital natural. En el caso del capital humano, los años de educación del jefe de la unidad doméstica familiar son más altos en las pampas del Altiplano central y en la parte baja de la cuenca de Ancoraimes. Mientras que en el Altiplano central la diversificación de variedades de papa es mayor, en el Altiplano norte se han diversificado los cultivos de manera más significativa. Es también en el Altiplano central donde se mantiene un mayor promedio de hectáreas en descanso. Con excepción de la parte alta de Ancoraimes, el promedio de ganado ovino es mayor en el Altiplano central. Utilizamos al ganado como indicador, pues representa una forma de ahorro. En términos de seguridad alimentaria, el chuño es un indicador del nivel de vulnerabilidad de las familias (Valdivia *et al.*, 2003; Materer, 2001) y se guarda en cantidades mucho mayores en el Altiplano central (de 5 a 10 veces más que en el norte). Esto

es consistente con los resultados de percepciones de riesgos: mucho más alto en Ancoraimes, en especial en la parte media de la cuenca.

Cuadro 3
Capitales por cada paisaje en el Altiplano norte y central de Bolivia (2006)

Paisajes	Altiplano norte Municipio de Ancoraimes			Altiplano central Municipio de Umala		
	Zona baja	Zona intermedia	Zona alta	Zona baja	Zona alta	
Nº de hogares	57	65	27	127	54	
<i>Capital humano</i>						
Educación del jefe del hogar	7,46	5,41	4,42	7,47	5,48	***
<i>Capital natural</i>						
Diversidad de papas (número de variedades)	1,88	1,98	2,67	3,64	4,07	***
Índice de diversidad de cultivos	2,12	2,63	2,67	1,80	1,72	***
Área de descanso has	1,63	0,5	0,7	4,78	4,30	***
<i>Capital social</i>						
Acceso a crédito (% hogares)	19	31	30	26	20	***
<i>Capital cultural</i>						
Conocimiento local de indicadores biofísicos	31,6	53,8	55,6	58,2	43,3	
<i>Capital económico</i>						
Ovejas (número)	14,6	15,5	42,7	34,3	37,6	***
<i>Seguridad alimentaria</i>						
Chuño (arroba =11 kg)	5,05	2,61	4,72	22,85	22,14	***

Fuente: SANREM CRSP LTRA4. Encuesta de hogares "Capitales, prácticas y percepciones", 2006.

***P<0,000; NS Diferencias no significativas ANOVA.

Los ingresos son mucho más altos en los ecosistemas del Altiplano central, aunque existen diferencias dentro la región, puesto que el promedio de ingresos de la parte baja es casi el doble del de la parte alta. Además, el ingreso en la cuenca de Ancoraimes es mayor en la parte baja y menor en la parte media. La proporción del ingreso por agricultura es mucho más alta en Umala, es decir que en la región se practica una estrategia eminentemente agrícola. Esto no sucede

en Ancoraimes, en especial en la zona media y alta de la cuenca. La parte inferior del Cuadro 4 registra el ingreso por cultivos, leche, productos elaborados y venta de ganado, lo cual refleja la variabilidad y el rol de la articulación con el mercado. Casi la mitad de todos los hogares vende leche, pero los ingresos significativamente más altos están en la pampa de Umala; esto es consecuencia de las políticas de apoyo en esta región al desarrollo de la lechería, en la década de los noventa. También queda en evidencia que el ingreso por chuño es común en casi toda la muestra, pero los promedios también son más elevados en Umala; lo mismo sucede con la producción de papa.

Cuadro 4
Fuentes de ingreso en el Altiplano norte y central de Bolivia (2006)

Paisajes	Altiplano norte Municipio de Ancoraimes			Altiplano central Municipio de Umala		
	Zona baja	Zona media	Zona alta	Zona baja	Zona alta	
Nº de hogares	57	65	27	127	54	
Fuentes de ingreso						
Ingreso total Efectivo y en especie	10.171	4.266	5.910	23.749	12.916	***
Ingreso agropecuario Efectivo y especie	8.242	2.270	4.482	21.601	10.035	***
Ingreso total efectivo	8.700	3.228	4.077	14.100	7.187	***
Ingreso efectivo cultivos	5.278	346	265	4.599	370	***
Ingreso venta de quinua	81 (6)	32 (2)	0	3.897 (15)	2.565 (23)	NS
Ingreso venta de leche (170)	625	485	460	3.991	1.587	***
Ingreso venta de chuño (325)	216	152	232	1.229	1.128	***
Ingreso venta de caya	0	303 (7)	336 (11)	0	0	NS
Ingreso venta de papa (230)	201	319	150	4.348	999	***
Ingreso venta productos con valor agregado	911	291	800	4.639	1.863	***
Venta de ganado	581	594	1.584	2.712	2.072	***
Diversidad del ingreso (in- dice)	1,92	2,33	2,67	2,27	2,63	***

Fuente: SANREM CRSP LTRA4. Encuesta de hogares "Capitales, prácticas y percepciones", 2006.
***P<0,000; NS Diferencias no significativas ANOVA.

En resumen, la venta de ganado y productos con valor agregado también es mayor en Umala, especialmente en la zona baja. Es importante notar que, como lo han demostrado otros estudios, la mayor diversificación se da en esta región con mayores ingresos agrícolas. En el caso de Ancoraimes los ingresos en efectivo dependen, de manera significativa, de la migración. Cultivos como la cebolla y la arveja han sido introducidos como alternativa para la generación de los ingresos. La pregunta es ¿en qué medida estas incorporaciones en el corto plazo son resilientes y se ajustan no sólo a las necesidades de bienestar de los hogares, sino también a las condiciones de resiliencia del ecosistema?

Los mercados son una fuente de oportunidad, pero también implican un riesgo para los hogares rurales en las comunidades del Altiplano, dado que, por lo general, estos tienen que enfrentarse a decisiones simultáneas sobre la producción para el consumo y el mercado (Valdivia *et al.*, 2001; Valdivia y Quiroz, 2003; Easter, 2002; Materer, 2001; Ellis, 1993, 1998). Estas decisiones tienen consecuencias directas sobre la seguridad alimentaria de los hogares. Las familias participan en los mercados solamente con ciertos productos. La conexión de las actividades agrícolas y no agrícolas es una estrategia de diversificación, a fin de amortiguar la variabilidad climática. Se ha encontrado que la estrategia no agrícola, en especial la migración, es más permanente en las regiones donde existe mucha fragmentación de la tierra, con parcelas pequeñas, y donde hay un alto grado de riesgo climático (Valdivia *et al.*, 2001; Valdivia *et al.*, 2003; Bebbington, 1999; Reardon *et al.*, 2001). El papel de los ingresos por actividades que no dependen de la tierra es más importante para algunos hogares del Altiplano norte de Bolivia y el Altiplano sur de Perú, mientras que en el Altiplano central de Bolivia las actividades no agrícolas se han convertido en una alternativa, durante el periodo de sequías, para quienes tienen mejores conexiones (Valdivia, 2004). El ingreso por la comercialización de productos es muy variable, el mercado es volátil y poco confiable, pues cuando existe producción en abundancia los precios son bajos, lo cual deriva en la pérdida de capacidad adquisitiva y encarece la compra de otros alimentos y el cubrir las necesidades.

Las relaciones no mercantiles, por lo general expresadas en instituciones culturales, son importantes para el acceso al trabajo, la tierra, los alimentos y los animales (Ellis, 1998; Valdivia, 2001; Mayer, 2002; Bebbington, 1999; Reardon *et al.*, 1992; Easter, 2002; Materer, 2001). Las diarias decisiones en el Altiplano se ven afectadas por la incertidumbre relacionada con el clima, los precios bajos, los paros y bloqueos, y los eventos idiosincráticos (Valdivia, 2001; Materer, 2001). Esto también sucede en otros lugares del mundo como África, que enfrenta peligros similares y cuyos mercados no funcionan de forma adecuada (Morduch, 1995; Rosenzweig y Binswanger, 1993; Reardon *et al.*, 1992). Los productores campesinos pueden manejar los riesgos anticipadamente, mediante la diversificación de su cartera de actividades económicas, a fin de subsanar (suavizar) la irregularidad de sus ingresos a lo largo del año (Valdivia *et al.*, 1996; Ellis, 1998; Reardon *et al.*, 2001). El nivel de ingresos y la sensibilidad al clima influyen sobre la habilidad para sobrellevar los *shocks* y el estrés (Valdivia *et al.*, 2000a; 2001; Materer, 2001). Las opciones laborales incluyen el empleo fuera de las tareas agrícolas (Valdivia *et al.*, 2001), la diversificación espacial de los cultivos, las estrategias de siembra (Materer, 2001) y la elección de actividades económicas que no varíen y que puedan desempeñarse de manera simultánea con todo lo anterior (Reardon *et al.*, 1992), como la ganadería, la plantación de árboles o trabajos con valor agregado. La literatura producida para el África, describe ambientes de mayor riesgo con una cartera de recursos menos sensible al clima, pero también menos rentable (Rosenzweig y Binswanger, 1993; Reardon *et al.*, 1992; Ellis, 1998). En los Andes, la diversificación y la producción comercial se complementan, para maximizar el uso de los recursos disponibles (Cotlear, 1997; Valdivia *et al.*, 2001; 2003).

Sobrellevar y adaptarse:

La habilidad de lidiar con eventos no es equivalente a adaptarse. Adaptarse significa contar con la flexibilidad de incorporar estrategias que reduzcan el impacto del clima y, al mismo tiempo, contribuir

a que el sistema pueda recuperarse de la ocurrencia de un evento. Las opciones que generen ingresos en el corto plazo, pueden cambiar las condiciones del sistema en el largo plazo, ya sea una mayor demanda de agua o por la introducción de cultivos y prácticas que hagan que la producción sea más vulnerable a las plagas.

Desarrollando capacidades de adaptación

Los resultados de este estudio apuntan a que el desarrollo de la capacidad de adaptación, se puede lograr mediante procesos e instituciones que faciliten la conexión de los sistemas de conocimiento con los sistemas de información. Sin embargo, no se pueden generalizar las posibles políticas e intervenciones que puedan contribuir a ello, ya que las fuentes de vulnerabilidad y de temor varían de acuerdo al ecosistema, las regiones, la población y la pericia para abordar estos aspectos. Las prácticas (las tecnologías) y las estrategias incluyen la conservación de las especies y variedades nativas, los incentivos del mercado para esos cultivos, el diseño y la introducción de tecnología diversa que reduzca los impactos relacionados con el clima, el desarrollo de estrategias que motiven el incremento de materia orgánica en el suelo, así como eficiencia en el uso del agua para la agricultura.

El estudio del SANREM CRSP en el Altiplano de Bolivia confirmó que los cambios económicos, sociales y climáticos, son una amenaza para los pequeños sistemas productivos de los Andes. Se puede aumentar la resiliencia de los ecosistemas sociales a través de la investigación colaborativa, con la perspectiva de muchas disciplinas y como resultado de un trabajo colectivo con los propios actores y productores locales. El SANREM CRSP basa su enfoque en los equipos de investigadores y los propios agricultores de las comunidades campesinas, a fin de generar una comprensión común de los factores que conducen al incremento de la vulnerabilidad y la menor diversificación en dichos sistemas, para que a partir de ello se desarrollen capacidades de adaptación al cambio en su conjunto.

Una condición necesaria, pero no suficiente para la adaptación, es la capacidad de anticiparse a los eventos, eligiendo

alternativas que reduzcan la vulnerabilidad. Uno de los requisitos fundamentales es que las opciones no pongan en riesgo el capital natural, la flexibilidad de los ecosistemas, ni tampoco su capacidad para la recuperación después de un evento traumático o estresante. En este marco, la identificación y la elección de opciones presentes sin poner en riesgo las condiciones de los ecosistemas futuros, constituyen estrategias efectivas de adaptación que facilitan la capacidad de recuperación, lo cual es particularmente crítico en un contexto de cambio climático, puesto que la adaptación y la capacidad de recuperación son conceptos dinámicos.

El proceso de desarrollo de información sobre el cambio climático y la adaptación tiene que ser necesariamente colaborativo. En los Andes es indispensable que el trabajo de investigación se comparta y que se promuevan redes con objetivos y ética comunes, a fin de permitir el intercambio, que es esencial para la construcción del conocimiento. En el campo de la modelación del cambio climático, por ejemplo, se requiere que a partir de estudios globales se diseñen modelos regionales y se orienten los esfuerzos a la acumulación de información local. En el área de adaptación hay mucha investigación, tanto en los conocimientos como en los procesos que facilitan la acción; en este caso, el éxito depende de la acción colectiva, no sólo en las comunidades, sino también en la interacción con municipalidades y entidades gubernamentales y privadas. Enfoques que faciliten el intercambio y colaboración entre todos los actores deben ser creados y fortalecidos, para contribuir a la generación de capacidades de adaptación en forma efectiva y equitativa.

Bibliografía

Adger, W.N.

2006 *Vulnerability Global Environmental Change*. 16 (2006) 268-281.

Agrawala, S. y K. Broad

2002 *Technology Transfer Perspectives on Climate Forecast Applications*. Research in Science and Technology Studies. 13: 45-69.

- Bebbington, A.
1999 *Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty*. World Development. 27(12):2021-2044.
- Bebbington, A.
2000 *Reencountering Development: Livelihood Transitions and Place Transformations in the Andes*. Annals of the Association of American Geographers. 90(3): 495.
- Brown, M. E. y Christopher C. Funk
2008 *Food Security under Climate Change Science* 319 (1 February): 580-581 CACC (Committee on Abrupt Climate Change) 2002. *Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises*. Richard Alley, committee chair. National Academy Press. Washington, D.C <http://www.nap.edu/catalog/10136.html>
- Chambers, R. y G. R. Conway
1991 *Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century*. Disc. Paper 296. Institute of Development Studies, London.
- De Haan, L. J.
2000 *Globalization, Localization and Sustainable Livelihood*. Sociologia Ruralis. 40(3): 339-365.
- Eakin, H.
2000 *Smallholder Maize Production and Climatic Risk: A Case Study from Mexico*. Climatic Change 45: 19-36.
- Ellis, F.
1998 *Household Strategies and Rural Livelihood Diversification*. The Journal of Development Studies. 35(1): 1-38.
- Figueroa, M. y C. Valdivia
2008 “*Strategies to develop market access that contribute to resilience in the Bolivian Highlands, case study: PMCA and BAP for Chuño and Tunta*”. Selected Paper American Agricultural Economics Association. Orlando FL, July 27-30. Published Electronically at Ag Econ Search. <http://ageconsearch.umn.edu/handle/6439>

- Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C.S. Holling y B. Walker
2001 *Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations*. *Ambio* 31(5):437-440.
- Gilles, J. y C. Valdivia
2009 “*Local Forecast Communication in the Altiplano*”. *Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*. 90 (January 1): 85-91.
- Howden, S. M., J. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri y M. Dunlop
2007. *Adapting agriculture to climate change*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(50): 19691-19696.
- Jetté, C.
2005 *Democratic decentralization and poverty reduction. The Bolivian Case*. United Nations Development Programme Oslo Governance Centre.
- Kloppenburg, J.
1991 *Social theory and the deconstruction of agricultural science: Local Knowledge for an alternative agriculture*. *Rural Sociology* 56(4): 519-548.
- Lobell, D. B., M. B. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon y R. L. Naylor
2008 *Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030*. *Science* 319 (607 1 February): 607-610.
- Meehl G.A., Covey C., Delworth T., Mojić L., McAvaney B., Mitchell J.F.B., Stouffer R.J. y Taylor K.E.
2007 The WCRP CMIP3 multimodel dataset: A new era in climate change *research*. *Bull Amer Meteorol Soc* 88:1383-1394
- O'Brien, G., P. O'Keefe, H. Meena, J. Rose y L. Wilson
2008 *Climate adaptation from a poverty perspective*. *Climate Policy* 8 (2008): 194-2001
- Ostrom, E.
2007 *A diagnostic approach for going beyond panaceas*. *PNAS*. 104 (39): 15181-15187.

- Patt, A., P. Suárez y C. Gwata
 2005 *Effects of seasonal climate forecasts and participatory workshops among subsistence farmers in Zimbabwe*. PNAS 102(35):12623-12628. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0506125102
- Peterson, G., C.R. Allen y C.S. Holling
 1998 *Ecological resilience, biodiversity and scale*. Ecosystems 1(1):6-18.
- Seth, A., M. Rojas y S. A. Rauscher
 2010 *CMIP3 projected changes in the annual cycle of the South American Monsoon*. Climatic Change, 98:331-357. DOI 10.1007/s10584-009-9736-6
- Seth, A., J. Thibeault y M. García
 2009 *MIP3 projected changes in the annual cycle of precipitation in the Altiplano*, *Geophys. Res. Let.*, in review.
- Seth, A., J. Thibeault, M. García y C. Valdivia
 2010 *Making Sense of 21st century climate change in the Altiplano: Observed trends and CMIP3 projections* *Annals of the Association of American Geographers*. Special Issue: Climate Change. 100 (4):835-865.
- Slovic, P.
 1993 *Perceived risk, trust, and democracy*. Risk Analysis. 13(6): 675-682.
- Slovic, P. y Weber, E.U.
 2002 *Perception of Risk Posed by Extreme Events. Paper presented at Risk Management Strategies in an Uncertain World*. Palisades, New York, April 12-13.
- Solomon S, Qin D.
 2007 *Climate Change: The physical science basis*. Cambridge University Press, Working Group I report to the fourth assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- Sperling, F., C. Valdivia, R. Quiroz, R. Valdivia, L. Angulo, A. Seimon y I. Noble
 2008 *Transitioning to Climate Resilient Development - Perspectives from Communities of Perú*. Climate Change Series No. 115. The World Bank Environment Department Papers. Sustainable Development Vice Presidency. Washington DC. 103p.

- Thibeault, J. M., A. Seth y M. García
 2010 *Changing climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for precipitation and temperature extremes*, *J. Geophys. Res.*, doi: 10.1029/2009JD012718, (en prensa).
- Thibeault, J., A. Seth y G. Wang
 2009 *Changing climate in the Altiplano: CMIP3 projected changes in soil moisture*. *Int. J. Clim. Notes* (en preparación).
- UNDP
 2004 Índice de desarrollo humano en los municipios de Bolivia. La Paz, Bolivia: United Nations Development Program.
- Valdivia C., E. Jiménez y A. Romero
 2007 *El impacto de los cambios climáticos y de mercado en comunidades campesinas del Altiplano de La Paz*. Ediciones Plural, La Paz, Bolivia. 16 (December): 233-262.
- Valdivia, C.
 2004 *Andean Livelihoods and the Livestock Portfolio*. *Culture and Agriculture*. 26 (Spring 1&2): 19-29.
- Valdivia, C. y J. Gilles
 2001 *Gender and Resource Management: Households and Groups, Strategies and Transitions*. *Agriculture and Human Values*. 18 (1): 5-9.
- Valdivia, C., J. Gilles, A. Seth, E. Jimenez, M. García, E. Yucra, J. Cusicanqui y F. Navia
 2010 *Adapting to Climate Change in Andean Ecosystems: Landscapes, Capitals, and Perceptions shaping Rural Livelihood Strategies*. *Annals of the Association of American Geographers* (en prensa)
- Valdivia, C., M. Gold, L. Zabek, J. Arbuckle y C. Flora
 2009 *Human and Institutional Dimensions of Agroforestry. Chapter 13*. In: Garrett, H.E. (ed). *North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice*. 2nd Edition. Agronomy Society of America, Madison, WI.
- Wilkins, L.
 2001 *A primer on risk: An Interdisciplinary approach to thinking about public understanding of agbiotech*. *AgBioForum*, 4(3&4): 163-172.

Zimmerer, K.S.

1993 *Soil erosion and labor shortages in the Andes with special reference to Bolivia 1953-91: Implications for conservation with development.* *World Development* 21 (10): 1659-1675.

Conocimientos científicos y locales

Jere Gilles

Uno de los componentes centrales del estudio sobre adaptación y cambio climático en el Altiplano boliviano es la investigación participativa entre las comunidades científicas y locales, con el objetivo de identificar de manera conjunta, estrategias sostenibles para enfrentar los cambios en el clima y en la economía que afectan a los agricultores. El presente ensayo tiene por objeto presentar los fundamentos teóricos de este enfoque, los desafíos en torno a las investigaciones participativas y algunas observaciones sobre esta en el altiplano norte y central de Bolivia.

Investigación para el desarrollo

Los programas de investigación en las áreas de agronomía y de manejo de los recursos naturales existen, porque se cree que la ciencia puede contribuir al bienestar de las zonas rurales y a la protección del medio ambiente. El programa SANREM trabajó con las comunidades campesinas del Altiplano boliviano, con el propósito de identificar estrategias, conocimientos y técnicas que aporten al bienestar de los pequeños productores.

En la práctica, la mayoría de los productores no utiliza los resultados de las investigaciones científicas, debido a que confían más en los conocimientos o saberes locales. El desafío de cualquier

programa de investigación para el desarrollo es convertir los conocimientos científicos en locales o integrarlos a ellos. Para lograrlo, primero se debe entender en qué consisten ambos tipos de conocimiento.

Conocimientos científicos y locales

En el mundo actual, la importancia de la ciencia y de la tecnología es enorme. Por ello, a veces, se olvida que los conocimientos locales tienen un papel relevante en nuestras vidas; de hecho, se habla mucho de la ciencia y muy poco de los saberes locales. En lo cotidiano, la relación entre ambos sistemas de conocimiento se expresa en tensiones y en roces entre la *práctica* y la *teoría*, es decir, entre los conocimientos locales y científicos, respectivamente.

Es importante señalar que los conocimientos locales no son indígenas ni tradicionales, exclusivamente. Si bien esos saberes –al menos gran parte de ellos– podrían ser considerados como locales, estos son componentes importantes para el funcionamiento de instituciones modernas, como las universidades y las grandes empresas. Los conocimientos locales se distinguen de los científicos por sus enfoques y por sus metas, más que por su origen. Tanto los primeros como los segundos están basados en la observación de fenómenos naturales y sociales, en consecuencia, ambos sistemas son empíricos.

Los conocimientos científicos se orientan a la búsqueda de generalizaciones –esto es, a las relaciones y a los principios invariables en todos los lugares y en todos los tiempos– y tienden a ser reduccionistas. Su enfoque se basa en el comportamiento de variables específicas y no en la totalidad de un fenómeno. Muchas veces, los experimentos científicos tratan de manipular una sola variable y de controlar los demás factores relacionados con un fenómeno. Sin embargo, en el mundo *real* de los negocios o de la producción agrícola, no es posible manipular variables como se lo hace en los laboratorios y en las estaciones experimentales.

Aunque los conocimientos locales también se sustentan en observaciones empíricas, su enfoque no consiste en producir explicaciones válidas en el tiempo y en el espacio, sino para un determinado lugar y momento. Su enfoque es holístico y, por tanto, no se fundamenta en la explicación del comportamiento de variables específicas. En el caso de la producción agrícola, esa diferencia es relevante: mientras que los agrónomos se refieren al rendimiento de un cultivo o al ingreso neto de una actividad, los productores hablan de buenos y de malos años.

Un ejemplo de las diferencias entre los conocimientos científicos y los locales se encuentra en las investigaciones de Magalí García y de Edwin Yucra –realizadas en los años 2007 y 2009, respectivamente– sobre las percepciones de los cambios climáticos en algunas comunidades aimaras de la región del Lago Titicaca. Sus estudios intentan vincular los conocimientos científicos recolectados en las estaciones meteorológicas con las experiencias y las percepciones de los productores agrícolas.

En un primer momento, los investigadores recolectaron datos de temperatura y de precipitación pluvial de todas las estaciones meteorológicas del Altiplano central y norte, de por lo menos los últimos 30 años. Tales registros revelaron una variación climática en ambas zonas, principalmente por el incremento de las temperaturas máximas y mínimas, así como una reducción de los días con precipitación pluvial, aunque no se advirtió un cambio significativo en la cantidad de lluvia. La segunda parte de la investigación consistió en la realización de talleres en las comunidades campesinas, con el propósito de conocer las percepciones y las experiencias de los productores del lugar respecto al cambio climático. En los encuentros, hubo consenso respecto al aumento de la variabilidad de la precipitación pluvial y a la menor cantidad de lluvias, en comparación con el pasado. Sin embargo, esta última percepción no fue validada por los datos de las estaciones meteorológicas próximas a las comunidades, que no indicaban menos precipitaciones pluviales.

Desde el punto de vista de los conocimientos científicos, las percepciones de estos productores son incorrectas. En realidad, la

diferencia entre las apreciaciones de los agricultores –basadas en sus experiencias– y las de los científicos –basadas en la observación de datos meteorológicos– muestra la divergencia de enfoques de los dos sistemas de conocimientos. Con el enfoque reduccionista científico, la frase “falta de lluvia” indica una disminución de la cantidad de agua medida en las estaciones meteorológicas. Para los productores, a partir de un enfoque más holístico, esa misma frase señala la reducción del agua necesaria para el desarrollo normal de sus cultivos, especialmente en los momentos críticos. En el pasado, llovía la cantidad suficiente como para producir quinua, haba y papa; actualmente, en cambio, esos cultivos sufren, debido a la falta de agua.

Muchas son las situaciones en las que se manifiesta este tipo de diferencia entre las percepciones de los técnicos y las de los campesinos respecto a los problemas de producción agrícola. Cuando los técnicos no entienden la diferencia entre los conocimientos locales de los productores y sus propios conocimientos científicos, su reacción típica es tratar de convencer a los campesinos sobre la superioridad de lo científico, mediante programas de educación o a través de debates. Sin embargo, esta estrategia es bastante inútil. Por su parte, los técnicos que entienden la diferencia entre esos sistemas de conocimiento suelen llegar a otras conclusiones. En el caso descrito, la realidad es que en el Altiplano central y norte la precipitación no disminuyó, pero la cantidad de agua disponible para los cultivos sí se redujo, como resultado de las temperaturas más altas que elevaron la tasa de evapotranspiración en la región. Como consecuencia, al finalizar el invierno los suelos están más secos que antes y los primeros aguaceros del año no son suficientes para la siembra de cultivos precoces, como los de quinua o de habas; de igual modo, la siembra de papa se efectúa más tarde. En todo caso, ni los conocimientos científicos ni los locales son incorrectos. Lo que sucede es que sin producirse un cambio en la precipitación pluvial, ahora las lluvias son insuficientes para alcanzar los niveles de producción que la misma cantidad de agua permitía en el pasado.

De la transferencia tecnológica a la investigación participativa

La paradoja para los científicos es que los resultados de sus investigaciones, no contribuyen al bienestar de las comunidades rurales si se quedan como conocimientos científicos. Para que eso sea posible, es necesario construir puentes entre los dos sistemas de conocimientos, a fin de que los hallazgos científicos sean incorporados en el sistema de conocimientos locales.

La respuesta clásica a ese desafío se basa en la teoría de la difusión de innovaciones (Rogers, 2003). Siguiendo a Rogers, el problema del desarrollo agrario radica en la ausencia de comunicación entre los investigadores y los productores, al igual que en la falta de entendimiento por parte de estos últimos. Aunque esa teoría es bastante compleja y rica, su aplicación presenta una forma institucional casi universal, sustentada en dos pilares: la ubicación de estaciones experimentales en varias regiones agroecológicas y la formación de un grupo de expertos, es decir, de técnicos, que traduzcan los conocimientos científicos a conocimientos locales. Tales técnicos cumplen una doble función: traducir esos conocimientos y enseñar el lenguaje científico a los agricultores.

La aplicación de la teoría de la difusión de innovaciones tuvo logros –entre ellos, la revolución verde–, pero, en general, no presentó los resultados esperados. Ciertamente, las tecnologías desarrolladas no resultaron apropiadas para las necesidades de los productores o para la demanda de los consumidores. Entre las múltiples razones de ese fracaso figuran: la carencia de recursos adecuados para financiar tanto investigaciones a largo plazo como buenos sistemas de extensión, la ausencia de sistemas de retroalimentación y la falta de poder de los campesinos para orientar los programas de investigación y de extensión.

Si bien algunos principios de la teoría de la difusión mantienen actualmente su valor, el enfoque principal de la investigación agrícola está orientado a los países en desarrollo (Collinson, 2001), mediante investigaciones participativas. En ellas, los productores investigan y evalúan los resultados desde sus propios sistemas de

conocimiento. De esa manera, resulta más fácil construir puentes entre los conocimientos científicos y los conocimientos locales.

Entre la diversidad de modalidades de investigación participativa, el programa SANREM utilizó tres. La primera se ocupó de temas que no se pueden hacer en las parcelas de los campesinos o en sus comunidades, como las modelaciones del cambio climático, el análisis de datos obtenidos de las estaciones meteorológicas y los estudios que solamente se realizan en los laboratorios, entre ellos, los genéticos. En esos casos, los productores no participaron en el registro de los datos ni en su análisis, pero los investigadores les presentaron los resultados en talleres, en los que tuvieron la posibilidad de compararlos con sus propias experiencias y percepciones. La finalidad de los talleres fue el intercambio de información y la discusión sobre los impactos posibles de los cambios y de las estrategias para mitigar su efecto.

El segundo tipo de investigación participativa consistió en efectuar experimentos agrícolas con los productores, en sus comunidades. Hasta el momento, se cuenta con experiencias en las temáticas de suelos, plagas y quinua. Esas investigaciones, que fueron diseñadas por científicos, proporcionaron insumos a los agricultores para la siembra de sus parcelas, según la propuesta científica. Luego de cada cosecha, científicos y productores intercambiaron ideas y opiniones. La intención de esta modalidad tiene que ver con la creación de conocimientos científicos que incorporen pautas de evaluación a partir de los conocimientos locales. De ese modo, en las investigaciones, los científicos y los productores evaluaron de forma conjunta los resultados, de acuerdo a sus propios criterios.

La tercera modalidad fue la validación o la recuperación de los conocimientos tradicionales. Con ese propósito, se utilizaron métodos científicos para desarrollar conocimientos locales. En las investigaciones, las comunidades aimaras tenían un sistema para reducir los riesgos climáticos, basado en un grupo de indicadores tradicionales. A pesar de que este conocimiento se está perdiendo, los resultados científicos validaron su valor (Orlove *et al.*, 2000). En este tipo de estudios, grupos de productores con interés en los

pronósticos climáticos elaboraron inicialmente una lista de indicadores, a partir de entrevistas a personas mayores de sus pueblos. Luego, observaron esos indicadores con la coordinación de un técnico de la UMSA y, sobre la base de sus observaciones, obtuvieron predicciones climáticas verificando la información después de las cosechas. Los presagios también fueron confrontados con los datos de algunas estaciones meteorológicas localizadas en cada comunidad. La meta de esta actividad fue desarrollar un sistema de alerta temprana que contribuya a mitigar los riesgos climáticos.

Redes sociales y capital social

En general, el problema para el desarrollo de las comunidades rurales no es la falta de conocimientos útiles para los pequeños productores, sino el acceso a ellos. Los estudios sobre la difusión de innovaciones muestran que los talleres y los medios de comunicación tienen poca influencia en la toma de decisiones de los agricultores. Así, para adoptar una nueva tecnología, ellos se dirigen a los líderes de opinión que, comúnmente, son personas mayores dedicadas también a la producción, sin rango de autoridad o de liderazgo entre sus comunidades, pero respetados por su buena fama con sus cultivos.

Antes, los comunarios del Altiplano se comunicaban con los expertos o los observaban para tomar decisiones. Pero ahora las redes que unen a los expertos con la comunidad presentan dificultades. En los pueblos, debido al mayor grado de educación formal y al incremento de la migración, existe menos confianza en las creencias tradicionales y hay menos tiempo para observar la eficacia de la toma de decisiones de los productores. En esos casos, no es necesario que todos los agricultores tengan la habilidad de pronosticar el clima; sin embargo, es necesario comunicarles que pueden manejar los indicadores climáticos. En esa dirección, las investigaciones del programa SANREM en las áreas temáticas de mercados y de clima intentan fortalecer tales redes o, en algunas situaciones, se orientan a establecerlas.

Conclusiones

Mediante las investigaciones participativas es posible construir puentes entre los sistemas de conocimientos científicos y locales, aunque aún existen múltiples retos. Los principales desafíos para las personas interesadas en aplicarlas, a fin de resolver los problemas de los pequeños productores andinos, son las creencias acerca del papel de la ciencia en el desarrollo rural y las contradicciones entre los enfoques de ambos sistemas.

En el primer desafío, una de esas creencias se refiere a que las soluciones para los problemas de los pequeños agricultores *están a la mano*. Es decir, se cree que existen tecnologías para mejorar los actuales sistemas de producción con un breve proceso de adaptación y las políticas de las instituciones que financian investigaciones agrícolas se basan en esa conjetura. Asimismo, los propios campesinos siguen esa línea de pensamiento, bajo el supuesto de que la tecnología es una especie de poción mágica que transformará sus vidas rápidamente. Sin embargo, los actuales sistemas de producción son el resultado de un largo proceso de adaptación y, por tanto, es difícil encontrar alternativas inmediatas, puesto que hay pocas regiones en el mundo con las mismas condiciones de los Andes. Dado que las posibilidades para las transferencias directas de nuevas tecnologías son mínimas, es necesario crear nuevos sistemas de producción sustentados en las experiencias de otras zonas del mundo. Por otra parte, la idea de que hay tecnología apropiada para el entorno andino, conduce, en muchos casos, al fracaso de los programas de investigación, ya que los productores y las instituciones que invierten en los estudios no tienen la paciencia necesaria y dejan de participar.

Pero la realidad es mucho más compleja. En principio se debe considerar que los conocimientos acerca de los sistemas de producción nuevos o avanzados no son abundantes, debido a la escasez de recursos destinados a esa área durante los últimos 100 años. También se debe tener en cuenta que la implementación de tecnologías a gran escala implica cambios institucionales –sistemas de crédito, transporte y seguros, entre otros– y que la adaptación

de determinada tecnología a una localidad es un proceso que dura varios años o muchas generaciones. Así, por ejemplo, es posible saber que una nueva variedad de papa es superior a las cultivadas anteriormente a partir de los resultados de dos años de ensayos. La creencia en el poder de la tecnología para transformar fácilmente los sistemas de producción es una barrera que enfrentan las investigaciones participativas, ya que se esperan resultados positivos en un tiempo corto y se tiene la expectativa de que los campesinos los acepten casi inmediatamente.

En el segundo desafío, la contradicción se produce por la tendencia reduccionista de los conocimientos científicos y por la orientación holística de los conocimientos locales. Esto se advierte en la necesidad que tienen los científicos de contar con testigos y de hacer un mismo experimento tres veces o más, a fin de asegurar la validez de sus hallazgos, y en la falta de interés de los productores por la relación entre variables. En efecto, los agricultores se preocupan por producir más y con mejor calidad, y se aburren de evaluar los mismos experimentos, de los cuales obtienen resultados parecidos durante tres o cuatro años. Por todo lo anterior, la investigación participativa requiere una negociación continua entre campesinos e investigadores.

Bibliografía

Collinson, M.

2001 “*Institutional and professional obstacles to a more effective research process for smallholder agriculture*”, en *Agricultural Systems* 69 (1-2), pp. 27-36. Amsterdam: Elsevier Publishing.

Kloppenbergh, J.

1993 “*A social theory and the de/re-construction of agricultural science: Local knowledge for an alternative agriculture*”, en *Rural Sociology* 56, pp. 483-504. Columbia, Missouri: Rural Sociology Society.

Orlove, B.S., J.C.H. Chang y M.A. Canelik

2000 “*Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence from the influence of Pleiades visibility*”, en *Nature* 403, pp. 68-71. Londres: Nature Publishing Group.

Rogers, Everett M.

2003 *The Diffusion of Innovations*, quinta edición. Nueva York: Free Press.

El marco de los capitales de la comunidad: cambio climático, universidades y comunidades rurales

Cornelia Butler Flora

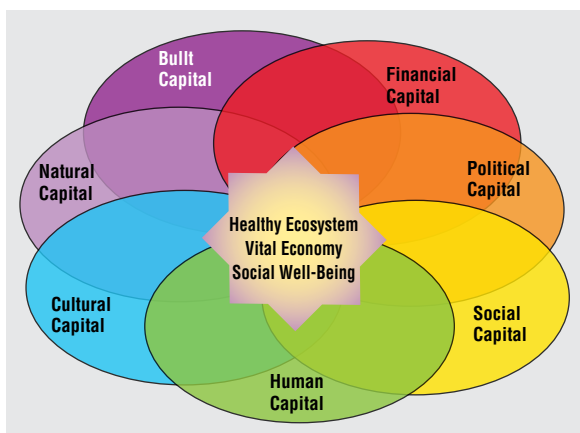
Todas las comunidades tienen recursos que pueden ser reducidos o cuyo acceso es limitado; pueden ser ahorrados para usarse a futuro o invertidos para crear nuevos recursos. Cuando se los invierte para crear nuevos recursos en un horizonte de largo plazo, nos referimos a ellos como *capital*. Los capitales son tanto fines en sí mismos como medios para un fin. Sólo un equilibrio dinámico entre los capitales y las inversiones para mejorarlos, posibilita la emergencia de estrategias sostenibles que permitan encarar las alternativas que tienen las poblaciones vulnerables en una economía global y un clima rápidamente cambiante.

El *capital natural* se refiere a los bienes que se encuentran en una localidad, incluidos el clima, el aislamiento geográfico, la biodiversidad, los paisajes y la belleza de la naturaleza, los recursos naturales, así la calidad y cantidad agua, suelo y aire (Costanza, *et al.* 1997). Las actividades de desarrollo rural impactan sobre el capital natural, a menudo de forma negativa, disminuyendo el progreso a largo plazo. El capital natural determina, a su vez, tanto los límites como las oportunidades para la acción humana.

Basándose en la etnicidad, el género y la clase, los diferentes grupos tienen acceso y control diferenciados sobre los recursos naturales. Construyendo sobre el conocimiento local y el científico, es posible proyectar ecosistemas saludables con múltiples beneficios comunitarios, donde las comunidades humanas actúen

en forma concertada con los sistemas naturales, en vez de pretender dominar estos sistemas para obtener ganancias de corto plazo (Ostrom, 1990; Ostrom *et al.* 1994). Una alerta temprana del deterioro del capital natural puede ayudar a identificar estrategias de mediación que garanticen beneficios colectivos múltiples y abarcadores.

Figura 1
Marco de los capitales



Fuente: Elaboración propia.

Built capital (capital construido), financial capital (capital financiero), healthy ecosystem, Vital economy, social well-being (ecosistema saludable, economía vital, bienestar social)

El *capital cultural* refleja la manera en que la gente *conoce el mundo* y cómo actúa dentro de él, así como sus tradiciones y lenguaje. Comprende la cosmovisión (la espiritualidad y cómo están conectadas las distintas partes), los modos de conocer, la comida y el idioma, las formas de ser y las definiciones de lo que puede ser cambiado. Con bastante frecuencia, las personas del lugar tienen múltiples términos para las fases de crecimiento de plantas y árboles, que pueden ser una alerta temprana respecto a una situación anormal o a la presencia de una plaga exótica. La capacidad de ver diferencias es muy importante para identificar una nueva peste o una condición.

El capital cultural tiene influencia sobre qué voces son oídas y escuchadas, cuáles voces son tomadas como referencia en qué áreas, y cómo es que surgen y se cultivan la creatividad y la innovación. La hegemonía privilegia el capital cultural de los grupos dominantes (Bourdieu, 1986; Flora y Flora, 2008). La comunidad se apropia de otros capitales y negocia con el capital cultural de los grupos dominantes.

Cuando los científicos y los agentes de cambio tienen éxito con las inversiones en capital cultural, las diferencias culturales son reconocidas y valoradas, y las costumbres ancestrales y los idiomas son preservados. Al invertir en la preservación de la diversidad cultural, la biodiversidad y las diferentes formas de abordar el cambio, estas pueden ser utilizadas para enfrentar el cambio climático.

El *capital humano* comprende las destrezas y capacidades de la gente para desarrollar y ampliar sus bienes, y para acceder a recursos y conocimientos externos a objeto de incrementar su comprensión, identificar prácticas deseables y obtener información para acrecentar los capitales de la comunidad. La educación formal e informal son inversiones en capital humano (Becker, 1964; Schultz, 1961, 1963, 1964). El capital humano comprende también la salud y el liderazgo. Con frecuencia los hombres y mujeres aprenden aspectos diferentes de su medio ambiente y es importante reconocer esas diferencias del capital humano (Flora y Kroma, 1998).

Las universidades, y los profesionales vinculados a ellas, a menudo se consideran a sí mismas como las principales creadoras de capital humano de alto nivel, pues transfieren el conocimiento científico a quienes se beneficiarán de su utilización. Sin embargo, incidir en el capital humano para el desarrollo rural y la adaptación al cambio climático, tiene muchos más matices que el del experto transmitiendo conocimientos generados por los científicos en sus estaciones experimentales. Más bien, la inversión universitaria para mejorar los capitales de la comunidad incluye la identificación de motivaciones y capacidades de cada individuo, el incremento de las habilidades y la salud de las

personas, y la recombinación de las destrezas y motivación de la población hacia un futuro más sostenible. En particular, cuando se trabaja con comunidades locales para responder al cambio climático, es importante transferir conocimientos apoyándose en lo que ya está ahí; es decir, reconocer el lugar especial del conocimiento local y la complementariedad con el científico, a fin de promover la adaptación colectiva y sostenible.

El *capital social* refleja las conexiones entre la gente y las organizaciones, o el apego social para hacer que las cosas, positivas o negativas, ocurran (Coleman, 1988; Portes y Sessenbrenner, 1993). Comprende la confianza mutua, la reciprocidad, las agrupaciones, la identidad colectiva, el sentimiento de un futuro compartido y el trabajo conjunto (Putnam, 1998, 1995; 1993a, b). Es extremadamente importante para crear un ecosistema saludable y una economía vigorosa (Triglia, 2001; C. Flora, 1995, 1998a, 2000; J. Flora, 1998).

El capital social “de apego” (*bonding*) se refiere a los lazos estrechos que constituyen la cohesión de la comunidad. El capital social de puente (*bridging*) incluye los vínculos libres que hacen de puente entre las organizaciones y las comunidades (Narayan, 1999; Daasgupta y Serageldin (2000)). El capital social empresarial (CSE), que es una configuración específica de capital social, está relacionado con el desarrollo económico de la comunidad (Flora y Flora, 1989; 1993; Flora *et al.*, 1997) y comprende tanto las redes internas como externas, la movilización local de los recursos y la predisposición a considerar vías alternativas de alcanzar las metas. Es particularmente importante alentar esto último para enfrentar el cambio climático.

Las inversiones universitarias en capital social, tanto de puente como de apego, suelen ser un punto de entrada clave para un desarrollo rural participativo. Sin embargo, es importante que las universidades entiendan que ingresar a una comunidad con altos niveles de capital social de puente, lo cual permite el acceso a una amplia variedad de recursos, puede, en realidad, impedir la formación de capital social de apego y conducir al clientelismo. Cuando los agentes externos otorgan recursos a una comunidad,

sin que esta haya determinado cómo eso puede aportar a un futuro común sostenible, la tradicional dependencia de los políticos y los partidos políticos, basadas en las relaciones personales de una o dos personas, simplemente se transfiere a los científicos involucrados. Es mejor que las universidades empiecen a trabajar para enfrentar los efectos del cambio climático, en comunidades donde existe cierto capital social de apego, y, a través del capital social de puente, ayudar a construir delimitaciones flexibles y porosas que puedan ampliar la inclusión. El capital social puede ser un medio clave para reducir los costos de transacción al vincular el conocimiento local y el científico, y lidiar con los impactos del cambio climático.

Cuando las universidades invierten en capital social, sea de puente o de apego, en las comunidades y regiones se observa iniciativa, responsabilidad y adaptabilidad mejoradas. Los indicadores de un aumento equilibrado de las dos formas de capital social incluyen: tener una visión compartida (cuyo desarrollo requiere tiempo y confianza), construir primero sobre los recursos internos (lo que quiere decir que la comunidad ha determinado de manera conjunta aquellos bienes efectivos que pueden convertirse en capital para el desarrollo rural participativo), buscar vías alternativas para responder a los cambios constantes (en vez de pensar que determinada inversión resolverá todo, como si fuera una solución mágica), perder la mentalidad de víctima (sentirse abrumados por la globalización o el cambio climático) y liberarse de la mentalidad del *cargo cult* (es decir, que los comunarios asuman la actitud de esperar que una inversión externa los rescate).

El *capital político* refleja el acceso al poder, es decir a las organizaciones y la conexión con recursos e intermediarios del poder (Flora y Flora, 2008). Es la capacidad que tiene un grupo de utilizar sus propias normas y valores para influir en la articulación de estándares, y en la formulación y cumplimiento de reglas y regulaciones que determinan la distribución y destino de los recursos. Cuando una comunidad tiene un elevado capital político, su gente tiene la fuerza colectiva para utilizar su propia voz y emprender acciones que contribuyan al bienestar de la comunidad.

En muchos países, el capital político ha sido definido como el poder de perturbar o impedir la ocurrencia de algo, o de conseguir bienes específicos de una autoridad central (Aigner *et al.*, 2001). Se manifiesta en la habilidad de un grupo excluido, para negociar con grupos poderosos. La universidad puede ser una aliada en esas negociaciones. A medida que disminuye la exclusión de los grupos, a través de un creciente capital social de puente y de apego, aumenta su poder de negociación, especialmente para identificar aliados que comparten su visión de un futuro rural sostenible y con una mayor bioseguridad.

Los indicadores de capital político incrementado, a los que la universidad puede contribuir a través del desarrollo rural participativo, en respuesta al cambio climático y la globalización, incluyen el trabajo conjunto de grupos organizados. La gente local tiene sus propios conocimientos y se siente cómoda entre personas con poder, como científicos y funcionarios del gobierno, y sus preocupaciones son parte de la agenda en el debate sobre la regulación y distribución de recursos destinados al cambio climático. Con frecuencia las universidades focalizan su atención en medios técnicos o mecánicos, para mitigar el impacto de las transformaciones del clima; sin embargo, esto suele encubrir u oscurecer la naturaleza eminentemente política del proceso de desarrollo. Cuando la universidad ayuda a los habitantes del área rural a participar en la discusión de las políticas sobre el cambio climático, evitando apoyar a candidatos determinados, contribuye a formar un capital político –esencial para las decisiones de cambio a todos los niveles– que puede ser utilizado para afrontar la aclimatación y el desarrollo rural.

El *capital financiero* comprende los recursos financieros disponibles para inversiones en el fortalecimiento de las capacidades comunitarias, para cubrir los costos de una adaptación colectiva al cambio climático y el desarrollo empresarial, para apoyar los emprendimientos cívicos y sociales, y para acumular excedentes destinados al progreso futuro de la comunidad. Con frecuencia los estudios se enfocan en el capital financiero porque es fácil de medir. Se observa también que hay una tendencia a monetizar otros

capitales, en vez de considerar lo inverso: el dinero proveniente de la destrucción de los recursos naturales o del trabajo infantil resulta en una merma del capital natural y del capital humano. El dinero que se gasta en consumo no es capital financiero. El que se coloca en ahorros y no se invierte, tampoco lo es todavía. El dinero debe ser invertido en la creación de nuevos recursos para convertirse en capital y las universidades pueden ayudar a identificar y crear fuentes de capital financiero en el área rural. La vinculación de las medidas de mitigación del cambio climático con el capital financiero puede contribuir a legitimar las actividades de las poblaciones locales.

El capital financiero incluye las remesas (Landold, 2001), los ahorros (en particular al aumentar su eficiencia a través de una mejor gestión), el crédito (Siles *et al.*, 1994; Wilson, 2000), el uso de tecnología por los más capacitados trabajadores, la generación de ingresos y utilidades empresariales (a través del incremento del capital humano, mediante la difusión de destrezas y capital social en las cadenas de valor más integradas) (Lorenz, 1999; Mollering, 2002; Talmud y Mesch, 1997), el pago de servicios ambientales, las inversiones, los impuestos, las exenciones de impuestos, los derechos de uso y las donaciones y filantropía. Con frecuencia se percibe a las comunidades rurales como desprovistas de capital financiero, aunque debido a la creciente globalización de la fuerza laboral, los emigrantes pueden estar incluso mejor organizados para invertir en sus comunidades, de un modo acumulativo, con miras al desarrollo rural y a la búsqueda de respuestas ante el cambio climático.

El capital social “de puente” (*bridging*) puede ampliar el capital financiero (Grannovetter, 1973; 1985). Las universidades pueden utilizar cierto número de indicadores, para saber si las inversiones de capital financiero han sido exitosas en la creación de una economía apropiadamente diversa y saludable, y lograr que la adaptación al cambio climático esté basada en la comunidad. Entre estos indicadores están el de la pobreza reducida, mayor eficiencia empresarial, mayor diversidad económica y patrimonios incrementados de quienes viven en la comunidad. Las universida-

des deberían desarrollar indicadores de condiciones económicas cambiantes en coordinación con las comunidades, ya que, muy a menudo, los indicadores impuestos desde fuera, podrían ocultar la extracción de riqueza que en el transcurso de los siglos empobreció a mucha gente del área rural.

El *capital construido* incluye la infraestructura que sostiene a los otros capitales (Flora *et al.*, 2004). Comprende una diversidad de objetos y sistemas edificados por los esfuerzos humanos: sistemas de alcantarillado, de agua, comunicación electrónica, canchas de fútbol y plantas de procesamiento, entre otros, así como el equipamiento científico necesario para responder localmente a los impactos externos y mitigar los efectos del cambio climático. El capital construido puede ampliar o disminuir la calidad de los otros capitales. Un ejemplo de tal potencial, tanto para la ampliación como la degradación, es un sistema de alcantarillado rural, que desemboque en la fuente de suministro de agua de la comunidad para obtener agua potable o más bien proveer un servicio de tratamiento apropiado y costo/efectivo de las aguas servidas (Flora, 2004). Más aun, puede determinar el acceso a los otros capitales, por parte de sectores diferentes de la comunidad.

Marco de capitales de la comunidad

El marco de capitales de la comunidad ha sido utilizado por una amplia variedad de investigaciones científicas para analizar los cambios en el área rural, tanto en Estados Unidos como en otras partes del mundo. Hay una red creciente de estudiosos y activistas del desarrollo comunitario que usan este enfoque en su trabajo (Bebbington, 1999; Emery y Flora, 2006; Adato y Meinzen-Dick, 2007) y una red de investigadores y activistas del marco de capitales de la comunidad cada vez más amplia (<http://www.ncrcrd.iastate.edu/projects/commcap/7capitals.htm>).

Este enfoque fue particularmente utilizado en América Latina en la construcción de una propuesta de desarrollo sostenible (Cepeda Gómez *et al.*, 2009; Canet *et al.*, 2008; Montoya y Drews,

2006). Lo importante es que las universidades, en sus programas y proyectos de investigación y de desarrollo, entiendan la importancia de cada uno de los siete capitales de la comunidad y se esfuercen para mejorarlos y balancearlos.

Bibliografía

- Adato, M. y R. S. Meinzen-Dick, R.S. (eds)
2007 *Agricultural research, livelihoods, and poverty: Studies of economic and social impacts in six countries*. Washington, D.C. Baltimore, MD: Published for the International Food Policy Research Institute (IFPRI) by Johns Hopkins University Press.
- Aigner, S.M., C.B. Flora y J.M. Hernández
2001 *The Premise and Promise of Citizenship and Civil Society for Renewing Democracies and Empowering Sustainable Communities*. Sociological Inquiry. 71 (4): 493-507. <http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/pubs/flora/empower.htm>.
- Bebbington, A.
1999 *Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty*. World Development. 27: 2021-2044.
- Becker, Gary
1964 *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*. New York: Columbia University Press.
- Canet, L., B. Finegan, C. Bouroncle, I. Gutiérrez y B. Herrera
2008 *El monitoreo de la efectividad del manejo de corredores biológicos Una herramienta basada en la experiencia de los comités de gestión en Costa Rica*. Recursos Naturales y Ambiente 54: 51-58.
- Cepeda Gómez, C., I. Gutiérrez-Montes, A. Imbach, F. Alpízar y N. Windevoxhel.
2009 *Tiburón ballena y bienestar comunitario en Holbox, Quintana Roo, México*. Recursos Naturales y Ambiente. 55: 109-117.

Coleman, James C.

1988 *Social capital in the creation of human capital*. American Journal of Sociology 94 (Supplement S95-S120): 95-119.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot,

S. Farber, M. Grasso, B. Hanson, K. Limburg,

S. Naeem, R.V. O'Neil, J. Parvelo,

R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt

1997 *The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital*. Nature 387:253-260.

Dasgupta, P. y I. Serageldin (eds)

2000 *Social Capital: A Multifaceted Perspective*. Washington, D.C.: World Bank.

Emery, M. y C.B. Flora

2006 *Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework*. Community Development: Journal of the Community Development Society 37: 19-35.

Flora, C.B.

2001 *The Creation of Social Incentives for the Conservation of Biodiversity*. En *Integrated Conservation and Development in Tropical America: Experiences and Lessons in Linking Communities, Projects, and Policies*. R.E. Rhoades and J. Stallings (eds.) P. 135-144. Athens, GA.: SANREM and CARE.

Flora, C.B.

2004a *Community Dynamics and Social Capital*. En *Agroecosystems Analysis*. D. Rickert y C. Francis (eds.) P. 93-107. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.

Flora, C.B.

2003 *Comprehensive Community Initiatives: Evaluating Multi-Level Collaboration for Systems Change*. Rural Development News. 26:3: 1-4. <http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol26No3-2003/flora.html>.

Flora, C.B.

2001 *Shifting Agroecosystems and Communities*. En *Interactions Between Agroecosystems and Rural Communities*. C. Flora (ed.) Pp. 5-14. Boca Raton: CRC Press. <http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/pubs/chapter2.pdf>.

Flora, C.B.

2004b *Social Aspects of Small Water Systems*. *Journal of Contemporary Water Research and Education* 128: 6-12. <http://www.ncrcrd.iastate.edu/pubs/flora/watersystems.htm>.

Flora, C.B.

1995 *Social Capital and Sustainability: Agriculture and Communities in the Great Plains and the Corn Belt*. *Research in Rural Sociology and Development* 6: 227246.

Flora, C.B.

1998a *Sustainable Production and Consumption Patterns: Community Capitals*. En *The Brundtland Commission's Report – Ten Years*. Pp. 115-122. G. B. Softing, G. Benneh, K. Hindar, L. Walloe, and A. Wijkman (eds.) Oslo: Scandinavian University Press.

Flora, C.B.

2000 *Sustainability in agriculture and rural communities*. En *Nachhaltigkeit in de Landwirtschaft: Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften*. (Sustainability in Agriculture: Tensions between Ecology, Economics and Social Sciences). Pp. 191-207. M. Härdtlein, M. Kaltschmitt, I. Lewandowski, and H.N. Wurl (eds.) Berlín, Alemania: Erich Schmidt Verlag.

Flora, C.B. y J. Flora

1989 *Characteristics of Entrepreneurial Communities in a Time of Crisis*. *Rural Development News*. 12 (2): 14.

Flora, C.B. y J.L. Flora

1996 *El desarrollo comunitario basado en los bienes comunitarios: cómo movilizar a una comunidad entera*. Quito: SANREM CRSP, Ecuador, Documentos de Trabajo.

- Flora, C.B. y J.L. Flora
1993 *Entrepreneurial Social Infrastructure: A Necessary Ingredient*. The Annals of the Academy of Social and Political Sciences 529:4858.
- Flora, C.B. y J.L. Flora
2003 *Social Capital*. En Challenges for Rural America in the Twenty-First Century. D.L. Brown and L.E. Swanson (eds.) Pp. 214-227. University Park, Pennsylvania: The Pennsylvania State University Press.
- Flora, C.B. y J.L. Flora
2008 *Rural Communities: Legacy and Change*, 3rd edition. Boulder, CO: Westview Press.
- Flora, C.B. y M. Kroma
1998 *Gender and Sustainability in Agriculture and Rural Development*. En Sustainability in Agricultural and Rural Development. G.E. D'Souza and T.G. Gebermedhin (eds.) Pp. 103-116. Brookfield, VT: Ashgate Publishing Company.
- Flora, J.
1998 *Social Capital and Communities of Place*". Rural Sociology 63: 481-506.
- Montoya F. y C. Drews.
2006 *Livelihoods, Community Well-Being, and Species Conservation. A Guide for Understanding, Evaluating and Improving the Links in the Context of Marine Turtle Programs*. WWF - Marine and Species Program for Latin America and the Caribbean. San José, Costa Rica.
- Nayaran, D.
1999 *Bonds and Bridges: Social Capital and Poverty*. Washington, DC: World Bank Poverty Group.
- Ostrom, E.
1990 *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Ostrom, E., R. Gardner y J. Taylor
1994 *Rules, Games and Common-Pool Resources*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.

Portes, A. y J. Sensenbrenner

1993 *Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Action*. American Journal of Sociology 98:1320-1350.

Pretty, J.N.

2000 *Conditions for Successful Implementation of Sustainable Agriculture*. En *Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft: Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften*. M. Härdtlein, M. Kaltschmitt, I. Lewandowski, and H.N. Wurl (eds.) Pp. 323-343. Berlín, Alemania: Erich Schmidt Verlag.

Pretty, J.N.

1998 *The Living Land: Agriculture, Food and Community Regeneration in Rural Europe*. London: Earthscan Publications Ltd.

Putnam, R.D.

1995 *Bowling Alone: America's Decline in Social Capital*. Journal of Democracy. 6: 6578.

Putnam, R.D.

1993a *Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Putnam, R.D.

1993b *The Prosperous Community: Social Capital and Public Life*. The American Prospect 13:35-42.

Schultz, T.

1963 *The Economic Value of Education*. New York: Columbia University Press.

Schultz, T.

1961 *Investment in Human Capital*. American Economic Review 51: 1-17.

Schultz, T.

1964 *Transforming Traditional Agriculture*. New Haven: Yale University Press.

Siles, M., S.D. Hanson y L.J. Robison.

1994 *Socio-Economics and the Probability of loan Approval*. Review of Agricultural Economics 16: 363-372.

Talmud, I. y G.S. Mesch.

1997 *Market Embeddedness and Corporate Instability: The Ecology of Inter-Industrial Networks*. *Social Science Research* 26: 419-441.

Triglia, C.

2001 *Social Capital and Local Development*. *European Journal of Social Theory* 4: 427-442.

Wilson, P.N.

2000 *Social Capital, Trust, and the Agribusiness of Economics*. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 25: 1-13.

Cambio climático, enfermedades de las plantas e insectos plaga

K.A. Garrett, G.A. Forbes, L. Gómez, M.A. Gonzáles, M. Gray, P. Skelsey, A.H. Sparks

Introducción

En términos globales, cerca del 10% de las cosechas se pierden por enfermedades de las plantas (Savary *et al.*, 2006), que también pueden influir en otros servicios del ecosistema (Cheatham *et al.*, 2009); por ejemplo, motivar labranzas adicionales o el retiro de materiales vegetales podrían incrementar la exposición de los suelos a la erosión. Esas enfermedades y los insectos plaga pueden interactuar y perjudicar de manera simultánea a los sistemas de las plantas, con impactos potenciales. Es bien sabido que las condiciones ambientales afectan directamente a la flora y las condiciones desfavorables, como la sequía, el exceso o la deficiencia de nutrientes, la humedad, la luz, los productos químicos tóxicos, etc., pueden aumentar el riesgo de infección por nematodos, virus, bacterias, hongos y protozoos (Agrios, 1997). El clásico triángulo patológico que se compone de las plantas hospedantes, los agentes patógenos y el medio ambiente, se usa a menudo para ilustrar cómo su interacción determina la presencia y el impacto de las enfermedades de las plantas en el tiempo y el espacio (Madden y Hughes, 1995; Campbell, 1999; Scholthof, 2007; Garrett *et al.*, 2009, 2011).

Dado que el riesgo de muchas enfermedades de las plantas está fuertemente ligado al clima, la variación en las condiciones

climáticas también modificará el peligro que ocasionan. La temperatura y la humedad pueden afectar varias fases de los ciclos de vida de los patógenos, en la supervivencia fuera de las plantas (en el aire, el agua, el suelo o en la superficie de las plantas) y en el proceso de infección. La variación en las condiciones climáticas de un año a otro, hace difícil el manejo de estas enfermedades, incluso sin cambios en el clima. Los agentes patógenos de las plantas pueden ser particularmente adaptables al cambio global, debido a su corto tiempo de generación y eficaces mecanismos de dispersión (Coakley *et al.*, 1999).

Otros tres fenómenos del cambio global tienen una influencia muy importante en el riesgo de enfermedades para las plantas. (1) Los patrones de uso de la tierra están cambiando, por la presión que existe para apoyar, tanto la producción de alimentos como la generación de biocombustibles para la creciente población. Una mayor homogeneidad de las tierras agrícolas representa un factor de riesgo por la enfermedad. (2) Las especies invasoras son un problema constante. Los patógenos de las plantas invasoras pueden ser muy problemáticos para las especies locales de los sistemas naturales y agrícolas, y los patólogos de plantas, que tienen la responsabilidad de diseñar estrategias de gestión contra enfermedades, no están preparados para las nuevas especies. (3) Las redes de transporte global se están expandiendo y los materiales se mueven más rápido. El material vegetal se puede mover directamente, como alimento o fibra, o puede convertirse en contenedor para otros productos. De cualquier manera, pueden representar una fuente de nuevos agentes patógenos y nuevos insectos vectores de los mismos.

Las enfermedades de las plantas constituyen un desafío particular para los agricultores que no tienen acceso a la información. Se trata de un componente del sistema de cultivo que con frecuencia es mal entendido. Los productores a menudo carecen del acceso a la información sobre el manejo seguro de plaguicidas, así como el equipo necesario para aplicarlos de manera segura. Como consecuencia, tanto ellos como sus familias pueden experimentar una exposición innecesaria cuando los problemas de las nuevas y

desconocidas enfermedades, provoquen mayor uso de plaguicidas innecesarios.

El cambio climático y las enfermedades de plantas en los Andes

Aunque los modelos de cambio climático no son consistentes a plenitud y, de manera usual, se trabaja con resoluciones espaciales grandes, algunas directrices generales parecen ser lo suficientemente fuertes para conducir a la hipótesis de los cambios que podemos esperar en las enfermedades de las plantas. En los Andes existe una gran diversidad de plantas cultivadas con fines comerciales y para el consumo interno. También hay un mayor número de enfermedades, aunque las tendencias del cambio climático no se aplicarán a todas, es decir, algunas enfermedades serán más “promovidas” por la variación climática que otras. Aquí se hará una referencia particular sobre algunas enfermedades de la papa, un cultivo muy importante en el Altiplano; muchos de los conceptos se podrían aplicar a otras plantaciones y sus enfermedades.

Hay poco desacuerdo en la comunidad del cambio climático respecto a que la temperatura subirá en el futuro y que este incremento se amplificará a altitudes mayores (Solomon *et al.*, 2007), por lo que nuestro análisis se basa en este supuesto. Existe mucho menos certeza sobre las tendencias de la precipitación. Probablemente será más variable y, en una escala anual, la acumulación total puede aumentar o disminuir. Sin embargo, también parece haber un consenso creciente en sentido de que el futuro no sólo será más caliente, sino también más húmedo (Wentz *et al.*, 2007).

¿Cómo afectará esto a las enfermedades de plantas?

Se puede suponer que en los trópicos de la región montañosa de los Andes, las temperaturas más cálidas incrementarán las enfermedades que afectan a las plantas. Esta hipótesis general se basa en la premisa

de que las bajas temperaturas asociadas con la altitud, a menudo han representado un obstáculo para esas enfermedades. El virus de la papa es un ejemplo muy claro e interesante de este fenómeno. Los productores sabían hace mucho tiempo que la semilla de mejor calidad proviene de las regiones más altas; la producción de semillas tradicionales y los sistemas de distribución se han desarrollado sobre la base de este conocimiento. El efecto sobre el virus de la papa probablemente no cae de manera directa en el agente patógeno, sino en los vectores cuya mayoría son áfidos y moscas blancas, los cuales se ven limitados por las bajas temperaturas.

Las crecientes temperaturas podrían incrementar las enfermedades causadas por *Oomycetes* (pseudo hongos asociados a medios acuosos) y probablemente estas sean un claro ejemplo de lo que puede ocurrir con otros males causados por hongos. Utilizando otra vez a la papa como modelo, los campesinos han cultivado de manera tradicional las variedades que son más susceptibles a *Phytophthora infestans* (tizón tardío) en altitudes mayores y las variedades más resistentes en las altitudes menores (Devaux and Haverkort 1987); por lo tanto, las crecientes temperaturas podrían reducir los refugios libres de enfermedad o de poca enfermedad para variedades propensas.

Los anteriores ejemplos (virus y tizón tardío) son útiles para anticipar las estrategias de adaptación, que podrían adoptar los campesinos. Pero, sea cual sea la enfermedad, una opción poco afortunada sería trasladar la producción a mayor altitud en las montañas, es decir hacia ecosistemas extremadamente frágiles, de puna en el sur de los Andes y de páramo en el norte. Ambos ecosistemas juegan papeles importantes en los ciclos hidrológicos andinos, por lo que su destrucción sería catastrófica.

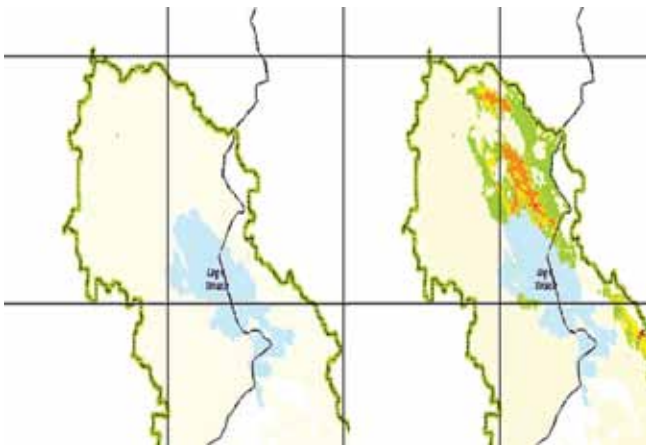
Puede que los efectos de un incremento en la precipitación sobre las enfermedades virales vía vector, como las mencionadas antes para la papa, no sean muy claros (Reynaud *et al.*, 2009); sin embargo, la lluvia es el principal factor que promueve la proliferación de muchas enfermedades fungosas y, en particular, las causadas por este *Oomycete* (pseudo-hongo), el tizón de la papa (Forbes y Simon, 2007). Por otro lado, puede esperarse que el

aumento en la precipitación y la temperatura, eleve la severidad de infección de la enfermedad, lo cual tendría consecuencias no sólo para las áreas de producción existentes, sino también para los refugios seguros que podrían perderse.

Las regiones con bajo nivel de enfermedades no son utilizadas por los agricultores sólo para evitar los males, sino también para guardar importantes recursos genéticos silvestres, que podrían estar amenazados por enfermedades invasoras. Estudios recientes, realizados en el Centro Internacional de la Papa (inéditos) utilizando el modelo geoespacial de enfermedades (Hijmans, Forbes y Walker, 2000), demostraron que el potencial para el tizón tardío fue mayor entre 2001 y 2004 que entre 1996 y 1998 (Figura 1). Se están haciendo esfuerzos para bajar la escala de las predicciones globales y evaluar el potencial en el futuro. La zona del Altiplano ha sido considerada virtualmente libre del tizón tardío. Un número bastante grande de variedades de la especie *Wild solanum* se encuentran en esta área y podrían estar amenazadas por la emergencia del tizón tardío en la región.

Figura 1

Área norte del Lago Titicaca en Perú, donde el tizón tardío de la papa puede volverse un problema emergente para la papa cultivada y silvestre



Fuente: Elaboración propia. A = 1996-1998; B = 2001-2004.

En conclusión, se han desarrollado hipótesis respecto a que muchos tipos de enfermedades de plantas aparecerán con más intensidad, a medida que las tierras altas andinas se vuelvan más templadas. Los efectos del incremento de lluvias, en caso de que esto ocurriera, podrían hacer que las enfermedades sean más severas (las ocasionadas por hongos y mohos), mientras que no se conocen las consecuencias en otras (aquellas en las cuales los vectores son virus). Los agricultores probablemente intentarán trasladarse hacia las partes altas, para seguir utilizando el efecto de las bajas temperaturas, es decir la inhibición de la enfermedad, y esto representará una mayor presión sobre esos entornos frágiles.

Pronosticando futuros riesgos de enfermedades en escenarios de cambio climático

Diferentes enfoques de modelación fueron utilizados, para predecir los efectos del cambio climático en modelos de enfermedad o pérdida de la producción. Debido a la interrelación entre huésped, agente patógeno y medio ambiente, existen muchos desafíos al momento de predecir las enfermedades de plantas en condiciones de transformaciones climáticas. Presagiar enfermedades de plantas, es diferente de predecir la ocurrencia de una única especie, puesto que la enfermedad infecciosa es siempre una interacción entre dos o más organismos. Para sostener el surgimiento de una enfermedad, deben estar presentes un huésped apropiado y un patógeno potencial (y, si fuera necesario, un vector para el movimiento del patógeno), combinados con temperaturas apropiadas.

Los insumos clave de los modelos para predecir los efectos del cambio climático, son algo inciertos y esto se perpetúa y/o propaga a través del modelo, de modo que los resultados también serán inciertos (Scherin, 2004). Las estimaciones de las transformaciones climáticas se realizan con frecuencia utilizando modelos de circulación general (MCGs). Debido a las compensaciones que se requieren para ejecutar los MCGs, el detalle físico es sacrificado a favor del poder computacional. En consecuencia, los MCGs

estiman los cambios climáticos a escalas espaciales y temporales muy gruesas (*coarse*). Sin embargo, la mayor parte de los eventos relacionados con enfermedades de plantas, ocurre a escalas espaciales y temporales más finas respecto al nivel operativo de los MCGs o los modelos de cambio climático. Aparte de que las estimaciones no son como los pronósticos sinópticos del tiempo, debido a que los MCGs proporcionan estimaciones a escalas tan grandes, hay mucha incertidumbre sobre lo que ocurre a escala local (Russo & Zack, 1997; Seem, 2004). Para poder utilizar los MCGs en el pronóstico de enfermedad de plantas, se debe bajar la escala los resultados (Russo & Zack, 1997; Seem *et al.*, 2000; Bergant *et al.*, 2002; Hijmans *et al.*, 2005).

También se genera incertidumbre por las variaciones de huésped o patógeno. Los cambios pueden darse en ciertos rangos de la población patógena, a medida que se transforman los patrones climáticos. El patógeno puede establecerse en nuevas áreas, cuyos ambientes son cada vez más favorable. Estos agentes tienen ciclos de vida relativamente cortos y por ello pueden adaptarse de forma rápida a las nuevas condiciones; algunas investigaciones ya han mostrado su adaptación genética a condiciones de cambio climático en un ambiente artificial (Scherm, 2004). El manejo humano puede resultar en el cultivo de un huésped en nuevas áreas, a medida que cambian los patrones climáticos y se expone potencialmente al huésped a nuevos patógenos. También puede haber cambios fisiológicos en el huésped que afecten su desarrollo, la resistencia a la enfermedad o que produzca ciertas transformaciones que alteran el microclima favoreciendo el desarrollo de las enfermedades (Coakley *et al.*, 1999; Chakraborty *et al.*, 2000; Scherm, 2004; Garrett *et al.*, 2006).

Los mapas son una herramienta natural, para presentar los efectos previstos del cambio climático en las enfermedades de plantas. Por lo general, estos mapas están hechos a una escala temporal (meses, años o décadas) y espacial (países o continentes) mucho más “gruesas”, que las escalas utilizada para la mayoría de los modelos de pronóstico de enfermedades (días o semanas, y para áreas locales). Tales mapas pueden contribuir a la toma de

decisiones respecto a los agentes patógenos invasores, en términos de puntos probables de introducción, áreas donde el clima es propicio para su asentamiento y la conectividad de poblaciones del huésped, de manera de poder influir en los procesos de invasión (Magarey *et al.*, 2007; Margosian *et al.*, 2009).

Las consecuencias del cambio climático en las enfermedades forestales son una preocupación específica, puesto que los árboles longevos no pueden adaptarse rápidamente a las nuevas amenazas patógenas y el traslado humano de bosques a nuevas regiones es menos factible que trasladar los sistemas agrícolas. Bergot *et al.* (2004) y Desprez-Loustau *et al.* (2007) examinaron los efectos de las transformaciones climáticas en los patógenos de bosques en Europa. Encontraron que las modificaciones en las temperaturas invernales o en la precipitación estival incrementan el alcance o impacto de varias enfermedades; sin embargo, en el caso de otras enfermedades el efecto favorable del calentamiento fue neutralizado por una precipitación estival disminuida, lo que indica que los resultados del cambio climático no serán iguales para todas las enfermedades. Venette & Cohen (2006) modelaron la potencial idoneidad climática para el asentamiento de *Phytophthora ramorum*, el agente causal de la repentina muerte del roble en los países contiguos a Estados Unidos, y descubrieron que el rango posible para que se asiente se encuentra en los Estados del sudeste, noreste y medio Atlántico, además de la costa del Pacífico.

Bourgeois *et al.* (2004) evaluaron la idoneidad de varios modelos bioclimáticos que pronostican el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*), la sarna de la manzana (*Venturia inaequalis*) y la mancha foliar en la zanahoria (*Cercospora carotae*). Para poder utilizar modelos previamente desarrollados y pronosticar los efectos del cambio climático en las enfermedades de plantas, se necesita evaluar la respuesta a temperaturas pronosticadas más altas que las utilizadas originalmente en el diseño de los modelos. Considerando que anteriormente se han utilizado temperaturas lineales en los modelos estadísticos, se necesitará reemplazarlas con respuestas no lineales para incluir los impactos a temperaturas más altas (Scherm 2004).

Las computadoras se están volviendo suficientemente capaces de ejecutar simulaciones climáticas muy complejas y bajar la escala de los resultados, generando datos útiles para que los patólogos de plantas puedan utilizarlos en modelos de pronóstico de enfermedades. Sin embargo, aún existe mucha incertidumbre respecto al modo en que los sistemas patológicos reaccionarán al cambio climático. Hay dos fuentes de incertidumbre. 1) la de los insumos clave del modelo, debido a que las simulaciones de cambio climático producen una serie de proyecciones de valor que son inciertas; cuando estas son utilizadas en modelos de enfermedad, los resultados también serán dudosos, por la perpetuación y (o) propagación del error (Scherin, 2004). 2) cuando los insumos del modelo de enfermedad de plantas no incluyen o no pueden incluir variables importantes para la enfermedad, como los eventos de temperaturas extremas (Venette & Cohen, 2006), u omiten factores que son importantes para la enfermedad (Desprez-Loustau *et al.*, 2007). Por ello, debería recordarse que en la actualidad la incertidumbre es una parte de los resultados del modelo, al momento de predecir el riesgo de enfermedad de plantas en futuros escenarios del clima.

Los efectos de las inundaciones y el estrés por sequía en la resistencia a las enfermedades

Se ha visto que en el caso de varios patógenos el incremento/reducción de su actividad depende de factores abióticos. Los efectos de las condiciones ambientales sobre las interacciones entre plantas-patógenos-humanos pueden ser complejos e importantes. Por ejemplo, el químico tóxico producido por el hongo *Fusarium* aumenta en concentración y acción a temperaturas y humedad más altas (Rosenzweig *et al.* 2001), lo cual resulta en daño de cultivos, como el trigo y la cebada, y mayores riesgos de salud para los seres humanos y el ganado que los consumen. En otro ejemplo, Tronsmo *et al.* (1984) encontraron que luego de una exposición al frío, los cereales de invierno son más resistentes a las enfermedades fungales.

Puesto que las plantas son incapaces de trasladarse para escapar del estrés hídrico, ellas han desarrollado ciertos mecanismos para disminuir el efecto del estrés. Los mecanismos de resistencia a la sequía, por ejemplo, pueden alterar los procesos físicos y fisiológicos de la misma planta (ICRISAT, 1988). Uno de tales métodos es el cierre de los estomas (aberturas minúsculas en la capa externa del tejido de la hoja), para prevenir que el agua sea liberada a través de la evapotranspiración. Otro es el control osmótico, para incrementar la retención de agua e incluso un cambio en las características del tejido, a fin de reducir, de manera efectiva, la pérdida de líquido. Las respuestas hormonales a la sequía en las plantas tienen que ver con el ácido abscísico (ABA), que está ampliamente involucrado con el desarrollo de la planta, en particular en su equilibrio hídrico (Saab, 1999). Cuando las plantas se encuentran bajo el ataque de un patógeno, también liberan ABA. Se ha observado una correlación entre el nivel de concentración del ABA y la resistencia a la enfermedad de plantas, lo que, según lo descubierto, puede ser tanto positivo como negativo. Esto último ocurre cuando, por ejemplo, las concentraciones incrementadas de ABA propician una mayor susceptibilidad de la *Arabidopsis* a una bacteria virulenta (Mohr y Cahill, 2003). Parece que el ABA puede ocasionar que las plantas tengan menor resistencia a la enfermedad, porque interfiere las señales que implican a otras hormonas, como los ácidos jasmónico, salicílico y etilénico (Mauch-Mani y Mauch, 2005). El ácido salicílico es importante para que se produzca una resistencia localizada a la invasión patógena (Lamb y Dixon, 1997). En cuanto a lo positivo, un estudio de 2004, realizado por Ton y Mauch-Mani, mostró que, como efecto del ABA, la planta produce un callo que se constituye en defensa frente a los patógenos. Asimismo, Melotto *et al.* (2006) encontraron que un aumento en los niveles de ABA deriva en el cierre de estomas, lo que puede ayudar a prevenir la infección bacteriana.

El arroz, un producto básico en muchos países del mundo, es un cultivo que se beneficia de la precipitación intensa o la irrigación cercana a la inundación, en particular en tierras bajas. Las vías de transmisión de señales conservadas evolutivamente, como las de la

proteína quinasa activada por mitógeno (PKAM), han sido estudiadas para entender mejor cómo los estreses bióticos y abióticos, activan señales hacia una cascada de respuesta intracelular (Xiong y Yang, 2001; Zhang y Klessig, 2001). En el arroz, los estímulos bióticos a los que responden las vías PKAM, incluyen los agentes patógenos; mientras que los estímulos abióticos incluyen la sequía, salinidad y hormonas como el ABA, estimuladas por un déficit de agua. Un gen que codifica la PKAM en este cereal es *OsPKAM1*, el cual está involucrado en la fosforilación o activación/desactivación de proteínas presentes en condiciones de estrés patogénico y abiótico. Al observar arroz infectado con el hongo patógeno *Magnaportha grisea* (Blast fungus), Xiong y Yang (2001) encontraron que todas las plantas con *OsPKAM5* habían aumentado su resistencia. Los genes *RP1b* y *RP10K*, de respuesta a los patógenos del arroz, estaban presentes en los tipos de plantas con *OsPKAM5*. Se halló también que el gen *OsPKAM5*, parece regular de forma positiva la tolerancia a la sequía. La pregunta que quedó abierta, es si las vías PKAM son o no parte de una relación antagonica entre factores de estrés bióticos y abióticos. Si bien un incremento del *OsPKAM5* por encima de niveles normales resultó en una mayor tolerancia del arroz a la sequía, su eliminación redujo la tolerancia al estrés abiótico, pero canalizó la expresión del gen RP y la posterior resistencia a la enfermedad (Xiong y Yang, 2003).

Los eventos de inundaciones resultan en un agotamiento del oxígeno alrededor del sistema de raíces de la planta. Mientras que la supervivencia temporal de la planta es posible mediante el incremento de la actividad de las enzimas involucradas en las vías de energía básica, como la glicolisis (Saab, 1999), los rasgos más especializados, como la aerénquima, permiten que las plantas sobrevivan en ambientes con bajo nivel de oxígeno. La aerénquima es un tejido especializado, con “huecos de aire” que se forman a continuación de la degradación de la pared celular en las raíces de las plantas y el tejido mesocótilo. El oxígeno puede ser transportado a través de estos “huecos de aire” a las partes sumergidas de la planta. La aerénquima se forma, aparentemente, por la hormona gaseosa etileno, que se desencadena en ambientes con

escasez de oxígeno (Drew *et al.*, 1979). Una vez más se ha establecido un vínculo entre una hormona asociada al estrés abiótico y la resistencia a la enfermedad de plantas, por cuanto el etileno es una hormona común generada en respuesta a una infección patógena. Todavía no se entiende con claridad, si el desencadenamiento temprano de etileno promueve o previene la resistencia a la enfermedad; no obstante, la manipulación genética permite comprender mejor los efectos del etileno sobre la resistencia a la enfermedad de plantas, tal como lo relatan Hoffman y sus colegas en su experimento de 1999. Ellos estudiaron la resistencia a las enfermedades de mutantes de la soya, con una sensibilidad reducida al etileno, e informaron que su resistencia quedó ya sea inalterada o bien mejorada, en respuesta a múltiples grupos de patógenos, entre ellos *Pseudomonas syringae* y *Phytophthora sojae*. Sin embargo, algunos mutantes mostraron una mayor susceptibilidad a *Septoria glycines* y *Rhizoctonia solani*. Por último, observaron que la reducida sensibilidad al etileno es beneficiosa para la resistencia a la enfermedad contra algunos patógenos, pero no contra otros.

En muchos sentidos, para conocer los efectos de la sequía y las inundaciones en la resistencia a la enfermedad de plantas, se siguen necesitando resultados concluyentes que incorporen las oscilaciones alcanzadas hasta el momento entre correlaciones negativas y positivas, y la influencia de varios factores complicados como: tipo de patógeno, diversidad y proliferación de determinados agentes patógenos de la región, e interacciones entre varias vías de transmisión bioquímica en las plantas. En el futuro, los estudios que conciernen a la resistencia a agentes patógenos específicos de cultivos seleccionados, en vista del cambio climático, serán dignos de estudio.

La diseminación a larga distancia de agentes patógenos de plantas

La diseminación a larga distancia de agentes patógenos ocurre de modo natural a escala global y continental (Brown y Hovmoller,

2002), por el movimiento de la gente y de materiales vegetales (Anderson *et al.*, 2004). Pueden surgir problemas de importancia si un agente patógeno es introducido a otra región del mundo donde las plantas nativas tienen poca resistencia y las condiciones ambientales favorecen su desarrollo, o cuando no existen enemigos naturales (Brasier, 2008). Esta situación puede tener impactos negativos en el bienestar humano, en la conservación de la biodiversidad y en la economía (Anderson *et al.*, 2004). Por ejemplo, *Phytophthora infestans* surgió como una enfermedad importante de la papa cuando el parásito se trasladó a nuevos países y a plantas huésped nativas. Este moho de agua (*Oomycete*) ingresó a Europa en la década de 1840, diezmo la producción de papa, desencadenó la gran hambruna en Irlanda y la migración forzosa de unos cinco millones de personas (Campbell, 1999). El cancro de los cítricos, una enfermedad bacteriana causada por *Xanthomonas axonopodis pathovar citri*, ha ocasionado considerables pérdidas económicas en todo el mundo; surgió en más de 30 países, incluyendo Estados Unidos donde, a mediados de 1990, el gobierno llevó a cabo un programa de erradicación con una inversión de aproximadamente 200 millones de dólares (Anderson *et al.*, 2004). Por tanto, se necesita desarrollar estrategias para manejar y vigilar la introducción de patógenos (Anderson *et al.*, 2004) y, del mismo modo, se precisan estudios a largo plazo, para entender cómo la variación de las condiciones climáticas afecta a los agentes patógenos y a otros microbios asociados a plantas (Coakley *et al.*, 1999; Harvell *et al.*, 2002; Scherm y Coakley, 2003).

La diseminación de la inoculación patógena es clave para el desarrollo de epidemias en las plantas; sin embargo, la investigación de los efectos potenciales del cambio climático sobre las enfermedades se ha concentrado, en especial, en el desarrollo de la afección en la planta. Esto se debe, en parte, a la complejidad física y biológica de los procesos de dispersión del contagio, a la dificultad de recoger datos empíricos de la propagación a escalas espaciales relevantes y a las dificultades matemáticas de los modelos de dispersión atmosférica. En consecuencia, existe una carencia de información respecto al impacto potencial de la variación del clima sobre la aéreo-biología de las enfermedades de plantas.

Los análisis con un modelo recientemente construido y validado para el componente aéreo-biológico del ciclo del tizón tardío de la papa (agente causal: *Phytophthora infestans*) ilustran la importancia de los modelos de simulación para develar los efectos complejos de la variación climática en los procesos de dispersión (Skelsey *et al.*, 2008; Skelsey *et al.*, 2009). En este modelo, las condiciones de mayor humedad sirven para retrasar el desprendimiento de esporas de los esporangióforos (Nielsen *et al.*, 2007). Esto quiere decir que la diseminación de las esporas se enfrenta con condiciones diferentes de viento y turbulencia, de acuerdo al clima del día de desprendimiento. Una vez separadas, las esporas deben escapar hacia arriba a través de la cubierta para estar disponibles al transporte de larga distancia hacia nuevas áreas huésped. La salida de esporas depende de la etapa de crecimiento del cultivo y de la velocidad del viento dentro de la cubierta (Jong *et al.*, 2002). La temperatura más cálida crea remolinos turbulentos de aire, más y más grandes, que sirven para mezclar nubes de esporas en dirección vertical (Arya, 1999); como consecuencia, las nubes de esporas se vuelven más profundas y más diluidas a medida que suben y se alejan de la superficie. Esto ocasiona una reducción en la deposición superficial de las esporas, lo cual tiende a disminuir el riesgo de extensión de la enfermedad. Los vientos fuertes sirven para transportar las esporas a nuevas áreas huésped a velocidades mayores. La supervivencia del esporangio de *P. infestans* depende de la dosis de radiación solar recibida (Mizubuti *et al.*, 2000); por tanto, corrientes de aire más energéticas y tiempos de viaje más cortos (o condiciones más nubladas) incrementan las posibilidades de sobrevivencia de las esporas. Con vientos más fuertes hay una menor mezcla vertical de esporas y los gradientes de deposición en ellas se aplanan. Así, los vientos fuertes tienden a incrementar el riesgo de traslado de las esporas viables a larga distancia y de forma considerable. En los días conducentes a la producción de esporas, los resultados del modelo revelaron que a una distancia de 10 km desde la fuente de inóculo, podría haber una diferencia de hasta cuatro órdenes de magnitud en el número de esporas viables que se depositan por metro, dependiendo de las condiciones de transporte por la atmósfera (Skelsey *et al.*, 2009).

Este modelo aéreo-biológico es utilizado como un componente en el simulador de multiescala espacio-temporal del tizón tardío de la papa (Skelsey, 2008); este comprende tres submodelos: (i) un modelo validado a escala de campo del tizón tardío de la papa, que simula los ciclos de vida de huésped y patógeno, las interacciones huésped-patógeno, el manejo de fungicidas y la influencia del clima en todos los aspectos (Skelsey *et al.*, 2009ab; Skelsey *et al.*, 2005); (ii) el modelo aéreo-biológico descrito anteriormente y (iii) un generador de paisaje. En el futuro esperamos poder utilizar este simulador, junto con variables climáticas a menor escala generadas por un modelo de circulación general (MCG), para investigar la influencia potencial del cambio climático sobre la extensión espacio-temporal y el manejo de la epidemia del tizón tardío de la papa.

El clima y los insectos plaga

En la actualidad, los enfoques de los programas que se diseñan para el manejo integrado de plagas, permiten controlar, en alguna medida, los problemas fitosanitarios en los diferentes cultivos de la región andina. Muchas de las pérdidas son ocasionadas precisamente por el ataque de hongos e insectos plaga, que ahora tienen un comportamiento diferente por el efecto del cambio climático. Las enfermedades son favorecidas por el aumento de las temperaturas, que posibilitan el desarrollo de los aparatos reproductores con una humedad favorable, ya que pueden ser diseminadas de manera sencilla a través del viento y otros factores físicos y abióticos de propagación que son conocidos.

Las regiones circundantes del Lago Titicaca son productoras de papas oriundas y leguminosas, que son susceptibles al ataque de hongos –como *Phytophthora infestans* en papa y *Botrytis fabae* en haba– y de insectos plaga nativos del lugar –como *Rhagoletis pomonella* y *Premonotrypes* sp, el gorgojo de los Andes en papa, y *Phthorimaea operculella*, la polilla de la papa, conocida también por los agricultores como *pilpintu*, *pasa pasa* o *thuta*–. Estas plagas son sensibles a los factores ambientales que afectan su incidencia y poblaciones.

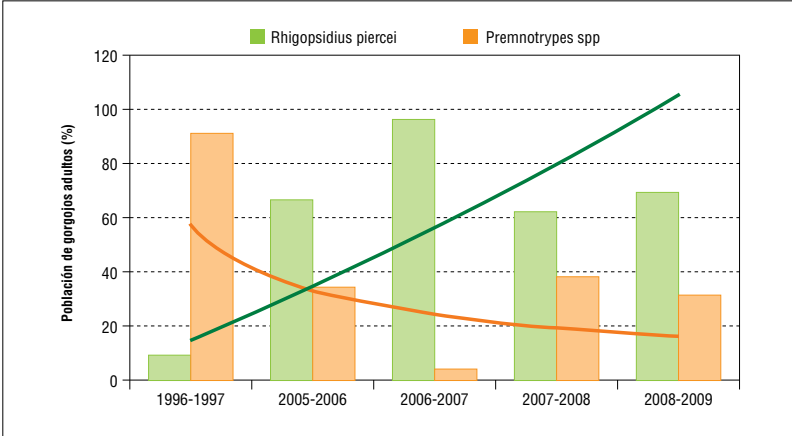
¿Qué se observó en los últimos años?

Hasta ahora se han definido estrategias de control de estas plagas, con cronogramas de aplicación detallados para ciertos meses y épocas del año, cuando ocurren eventos climáticos específicos (como la época de lluvias) que en la actualidad han variado. Un caso muy particular y que conlleva gran importancia, es el observado en especímenes del gorgojo de los Andes (*Rhigopsidius piercei* y *Premnotrypes* spp), una plaga nativa de la papa, pero cuya procedencia es diferente. El primero (*Rhigopsidius piercei*) es originario de las región norte de Argentina y sur de Bolivia, mientras que el segundo (*Premnotrypes* sp) lo es del altiplano boliviano y peruano. En la década de los noventa, los reportes de su presencia indican que las poblaciones de *Premnotrypes* sp eran del 91% y de *Rhigopsidius piercei* del 9% (Calderón *et al.*, 1996). En trabajos de investigación realizados entre 2005 y 2009, se encontraron variaciones importantes.

La Figura 2 muestra que el *Rhigopsidius piercei* ahora tiene mayor población que el *Premnotrypes* sp. (que tiende a seguir bajando). Cabe señalar que ambos especímenes tienen un comportamiento diferente en su fase de desarrollo final: el primero lo termina dentro del tubérculo, lo que le permite escapar a las condiciones climáticas externas, y el segundo lo hace en el suelo, expuesto a las condiciones climáticas existentes, lo que afecta a su cantidad.

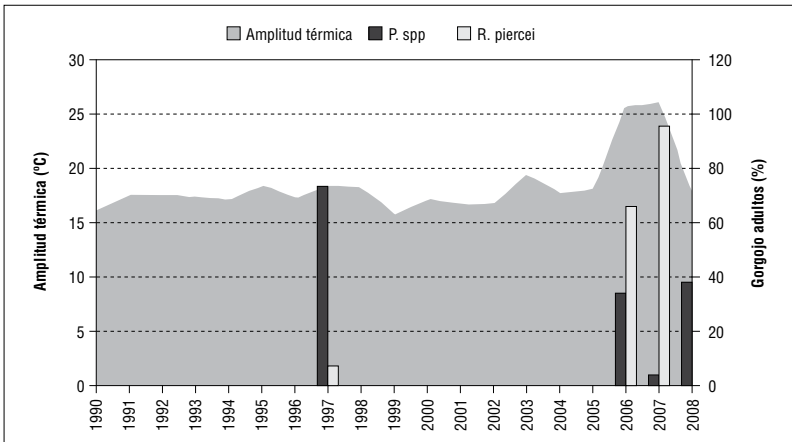
En la Figura 3 se observa un aumento en la amplitud térmica desde el año 2005 y este factor puede tener una influencia positiva en las poblaciones de *Rhigopsidius piercei*, que se incrementan en algunas épocas. A la inversa, la consecuencia negativa puede recaer en las poblaciones de *Premnotrypes* sp, que es más susceptible al cambio climático por las condiciones que necesita para desarrollarse. La hipótesis es que este espécimen requiere de humedad en el suelo para salir de su refugio; al estar más seca la tierra (por las temperaturas más altas) es más difícil que salga y complete su ciclo; por esta razón, una cantidad muere en el suelo.

Figura 2
Poblaciones de especímenes de gorgojo de los Andes por gestión agrícola



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3
Amplitud térmica registrada en el Altiplano boliviano



Fuente: Elaboración propia.

Es probable que el aumento de temperaturas en los diferentes períodos de lluvias en la región andina del Altiplano afecte el desarrollo y comportamiento de los insectos plaga, como se ha evidenciado en los últimos años con el gorgojo de los Andes (*Rhagoletis pomonella* y *Premonotrypes* sp), al cual se le hizo estudios de seguimiento de sus poblaciones respecto a los eventos climáticos. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de monitorear de forma permanente las estrategias de control diseñadas y que cualquier cambio se lo implemente con anterioridad a las épocas de aplicación de los componentes que habían quedado definidos para esas estrategias. Adicionalmente, en el Altiplano están empezando a ser evidentes algunas enfermedades ocasionadas por hongos; es el caso de la verruga de la papa (*Synchytrium endobioticum*), cuya presencia parece estar influida por las actuales condiciones climáticas. Por ello es que se deben delinear nuevas herramientas, que permitan entender cómo será su desarrollo ante los nuevos eventos del clima.

Abordando la complejidad de los efectos del cambio climático sobre la enfermedad de plantas

El efecto del tiempo y del clima no sólo se ve en las plantas, sino también en el suelo, ya que puede influir sobre la diversidad de nichos disponibles para sostener las poblaciones de microorganismos (Paul y Clark, 1989; Sylvia *et al.*, 2007; Roesch *et al.*, 2007; Van der Heijden *et al.*, 2008). En un artículo reciente, Lauber *et al.* (2009) describieron la manera en que la diversidad y la composición de la comunidad microbiana varían a través de un amplio rango de ambientes, donde esta variación está posiblemente relacionada con cambios en múltiples números de factores bióticos y abióticos. La composición del grupo microbiano y las enfermedades de las plantas están asociadas a un clima cambiante con consecuencias para los seres humanos y el medio ambiente (Easterling *et al.*, 2000; Garrett *et al.*, 2006). El modo en que las variables ambientales afectan la composición de la comunidad

microbiana es algo que todavía se entiende poco (Acosta-Martínez *et al.*, 2008; Laubert *et al.*, 2009). Las nuevas oportunidades para caracterizar las agrupaciones de microorganismos deberían ayudar a clarificar las respuestas de la comunidad. Los estudios que utilizan pirosecuenciación, o 454 *pyrosequencing*, para caracterizar las respuestas de la comunidad de microbios al manejo agrícola y al uso del suelo muestran el potencial para la utilización de estas herramientas, a fin de clarificar los efectos ambientales (Roesch *et al.*, 2007; Acosta-Martínez *et al.*, 2008).

Los efectos del cambio climático en las enfermedades y plagas de plantas no han recibido una atención adecuada en la evaluación del futuro de agricultura, a pesar de que estos registrarán una importante variabilidad y sus efectos requerirán mayor atención de científicos, educadores y agricultores para adaptar el manejo de cultivos a las condiciones del futuro.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento por el apoyo de USAID al Sustainable Agriculture and Natural Resources Management Collaborative Research Support Program (SANREM CRSP), bajo las condiciones del Cooperative Agreement Award No. EPP-A-00-04-00013-00 a la Office of International Research and Development en el Virginia Tech, por la NSF Grant DEB-0516046, por la NSF grant EF-0525712 como parte del programa conjunto NSF-NIH Ecology of Infectious Disease program, y por la Kansas Agricultural Experiment Station.

Bibliografía

- Acosta-Martínez, V., Dowd, S., Sun, Y. y Allen, V.
2008 *Tag-encoded pyrosequencing analysis of bacteria diversity in a single soil type as affected by management and land use*. Soil biology and Biochemistry 40:2762-2770.

- Adie, B.A.T., Pérez-Pérez, J., Pérez-Pérez, M.M., Godoy, M., Sánchez-Serrano, J.J., Schmelz, E.A. y Solano, R.
2007 *ABA is an essential signal for plant resistance to pathogens affecting JA biosynthesis and the activation of defenses in Arabidopsis*. Plant Cell 19:1665-1681.
- Agrios, G.N.
1997 *Plant Pathology*. Fourth Edition. Academic Press, California, U.S.A.
- Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R. y Daszak, P.
2004 *Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers*. Trends in Ecology & Evolution 19: 10:535-544.
- Andrew, R., Calderón, Crespo, L. y Herbas, J.
1999 *Biología y comportamiento del gorgojo de los Andes Premnotrypes spp.* Ficha técnica N° 1- 1999. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- Arya, S.P.
1999 *Air pollution meteorology and dispersion*. Oxford university press, New York.
- Bergant, K., Kajfez-Bogataj, L. y Crepinsek, Z.
2002 *Statistical downscaling of general-circulation-model- simulated average monthly air temperature to the beginning of flowering of the dandelion (taraxacum officinale) in Slovenia*. International Journal of Biometeorology 46:22-32.
- Bergot, M., Cloppet, E., Perarnaud, V., Deque, M., Marcais, B. y Desprez-Loustau, M.L.
2004 *Simulation of potential range expansion of oak disease caused by Phytophthora cinnamomi under climate change*. Global Change Biology 10:1539-1552.
- Brasier, C.M.
2008 *The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants*. Plant Pathology 57:792- 808.
- Brown, J.D.M. y Hovmoller, M.S.
2002 *Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease*. Science 297:537-541.

- Bourgeois, G., Bourque, A. y Deudelin, G.
2004 *Modelling the impact of climate change on disease incidence: a bioclimatic challenge*. Canadian Journal of Plant Pathology 26:284-290.
- Bidinger, F.R., Patancheru, A.P. y Johansen, C.
1988 *Drought research priorities for the dryland tropics*. India: ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 502-324p.
- Campbell, C. L.
1999 *The importance of dispersal mechanisms in the epidemiology of Phytophthora blights and Downy mildews on crop plants*. Ecosystem Health 5:146-157.
- Chakraborty, S., Tiedemann, A. y Teng, P.
2000 *Climate change: Potential impact on plant diseases*. Environmental Pollution 108:317-326.
- Coakley, S.M., Scherm, H. y Chakraborty, S.
1999 *Climate change and plant disease management*. Annual Review of Phytopathology 37:399-426.
- Daszak, P., Cunningham, A.A. y Hyatt, A.D.
2000 *Wildlife ecology - Emerging infectious diseases of wildlife - Threats to biodiversity and human health*. Science 287:443-449.
- de Jong, M., Bourdôt, G.W., Powell, J. y Goudriaan, J.
2002 *A model of the escape of Sclerotinia sclerotiorum ascospores from pasture*. Ecol. Model. 150:83-105.
- Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Reynaud, G., Deque, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. y Marcais, B.
2007 *Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest pathogenic fungi*. Canadian Journal of Plant Pathology / Revue Canadienne de Phytopathologie 29:101-120.
- Devaux, A. y Haverkort, A. J.
1987 *The effects of shifting planting dates and mulching on late blight (Phytophthora infestans) and drought stress on potato crops grown under tropical highland conditions*. Experimental Agriculture 23:325-333.

- Drew, M.C., Jackson, M.B. y Giffard, S.
1979 *Ethylene-promoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in Zea mays*. L. Planta 147:83-88.
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R. y Mearns, L.O.
2000 *Climate extremes: observations, modeling, and impacts*. Science 289:2068-2074.
- Forbes, G. A. y Simon, R.
2007 *Implications for a warmer, wetter world on the late blight pathogen: How CIP efforts can reduce risk for low-input potato farmers*. Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research 4:34pp.
- Garrett, K.A., Dendy, S.P., Frank, E.E., Rouse, M.N. y Travers, S.E.
2006 *Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems*. Annual Review of Phytopathology 44:489-509.
- Garrett, K.A., Nita, M., De Wolf, E.D., Gomez, L. y Sparks, A.H.
2009 *Plant pathogens as indicator of climate change. Chapter 25. In: Climate change. Observed impacts on planet earth*. Edited by Letcher TM. Elsevier, Jordan Hill, Oxford, UK. 444p.
- Garrett, K. A., Forbes, G., Pande, S., Savary, S., Sparks, A., Valdivia, C., Vera Cruz, C. y Willocquet, L.
2009 *Anticipating and responding to biological complexity in the effects of climate change on agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 6, article 372007*. Available at http://www.iop.org/EJ/article/1755-1315/6/37/372007/ees9_6_372007.pdf
- Garrett, K. A., Forbes, G. A., Savary, S., Skelsey, P., Sparks, A. H., Valdivia, C., van Bruggen, A. H. C., Willocquet, L., Djurle, A., Duveiller, E., Eckersten, H., Pande, S., Vera Cruz, C. y Yuen, J.
2011 *Complexity in climate change impacts: A framework for analysis of effects mediated by plant disease*. Plant Pathology, in review [invited].

Gonzales, M.A., Jarandilla, C.

2009 *Memoria Sanidad vegetal con mirada sustentable; V Congreso nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal*. Sucre, Bolivia Pg. 177-182.

Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S. y Samuel, M.D.

2002 *Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota*. Science 296:2158-2162.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. y Jarvis, A.

2005 *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas*. International Journal of Climatology 25:1965-1978.

Hijmans, R. J., Forbes, G. A. y Walker, T. S.

2000 *Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models*. Plant Pathology 49 (6):697-705.

Hoffman, T., Schmidt, J.S., Zheng, X. y Bent, A.F.

1999 *Isolation of ethylene-insensitive soybean mutants that are altered in pathogen susceptibility and gene-for-gene disease resistance*. Plant Physiology 119:935-950.

Hon, W.C., Griffith, M., Mlynarz, A., Kwok, Y.C. y Yang, D.S.

1995 *Antifreeze proteins in winter rye are similar to pathogenesis-related proteins*. Plant Physiology 109:879-889.

Huber, D.M., Hugh-Jones, M.E., Rust, M.K., Sheffield, S.R., Simberloff, D. y Taylor, C.R.

2002 *Invasive pest species: impacts on agricultural production, natural resources, and the environment*. CAST Issue Paper 20:1-18.

Lamb, C. y Dixon, R.A.

1997. *The oxidative burst in plant disease resistance*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 48:251-275.

Lauber, C.L., Hamady, M., Knight, R. y Fierer, N.

2009 *Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacteria community structure at the continental scale*. Applied and Environmental Microbiology 75:5111-5120.

- Madden, L.V. y Hughe, G.
1995 *Plant disease incidence: Distribution, heterogeneity and temporal analysis*. Annual Review of Phytopathology 33:529-564.
- Magarey, R. D., Fowler, G. A., Borchert, D. M., Sutton, T. B., Colunga-Garcia, M. y Simpson, J. A.
2007 *NAPPEAST: An internet system for the weather-based mapping of plant pathogens*. Plant Disease 91:336-345.
- Margosian, M. L., Garrett, K. A., Hutchinson, J. M. S. y With, K. A.
2009 *Connectivity of the American agricultural landscape: Assessing the national risk of crop pest and disease spread*. BioScience 59:141-151.
- Mauch-Mani, B. y Mauch, F.
2005 *The role of abscisic acid in plant-pathogen interactions*. Current Opinion in Plant Biol 8:409-414.
- Melotto, M., Underwood, W., Koczan, J., Nomura, K. y He, S.Y.
2006 *Plant stomata function in innate immunity against bacterial invasion*. Cell 126:969-980.
- Mohr, P.G. y Cahill, D.M.
2003 *Abscisic acid influences the susceptibility of Arabidopsis thaliana to Pseudomonas syringae pv. Tomato and Peronospora parasitica*. Functional Plant Biology 30:461-469.
- Mizubuti, E.S.G., Aylor, D.E. y Fry, W. E.
2000 *Survival of Phytophthora infestans sporangia exposed to solar radiation*. Phytopathology 90:78-84.
- Nielsen, B.J., Hansen, J.G., Pinnschmidt, H., Narstad, R., Hermansen, A., Le, V.H. y Hannukkala, A.
2007 *Studies of release and infectivity of Phytophthora infestans sporangia under field conditions. Proceedings of the tenth workshop of a European network for development of an integrated control strategy of potato late blight*. H. T. A. M. Schepers, ed. Bolgna, Italy. 211-220p.
- Paul, E.A. y Clark, F.E.
1989 *Soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press Inc., San Diego, California. 265p.

- Raskin, I. y Kende, H.
1983 *How does deep water rice solve its aeration problems*. Plant Physiology 72:447-454.
- Reynaud, B., Delatte, H., Peterschmitt, M. y Fargette, D.
2009 *Effects of temperature increase on the epidemiology of three major vector-borne viruses*. European Journal of Plant Pathology 123:269-280.
- Roesch, L.F.W., Fulthorpe, R., Riva, A., Casella, G., Hadwin, A.K.M., Kent, A.D., Daroub, S.H., Camargo, F.A.O., Farmerie, W. y Triplett, E.W.
2007 *Pyrosequencing enumerates and contrast soil microbial diversity*. The ISME Journal 1:283-290.
- Rosenweig, C., Inglesias, A., Yang, X.B., Epstein, P.R. y Chivian, E.
2001 *Climate change and extreme weather events: Implications for food production, plant diseases, and pests*. Global Change and Human Health 2:90-104.
- Russo, J. M. y Zack, J. W.
1997 *Downscaling GCM output with a mesoscale model*. Journal of Environmental Management 49:19-29.
- Saab, I.N.
1999 *Involvement of the Cell Wall Responses to Water Deficit and Flooding*. Plant Responses to Environmental Stresses: From Phytohormones to Genome Reorganization 413-430p.
- Scherm, H. y Coakley, S.M.
2003 *Plant pathogens in a changing world*. Australas. Plant pathology 32:157-165.
- Scherm, H.
2004 *Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management?* Canadian Journal of Plant Pathology 273:267-273.
- Scholthof, K.B.
2007 *The disease triangle: pathogens, the environment and society*. Nature Reviews of Microbiology 5:152-156.
- Seem, R. C.
2004 *Forecasting plant disease in a changing climate: a question of scale*. Canadian Journal of Plant Pathology 26:274-283.

- Seem, R. C., Magarey, R. D., Zack, J. W. Russo, J. M.
2000 *Estimating disease risk at the whole plant level with general circulation models*. Environmental Pollution 108:389-395.
- Skelsey, P.
2008 *Multi-scale Modeling of Potato Late Blight Epidemics*. PhD thesis, Wageningen University, the Netherlands. 257p.
- Skelsey, P., Holtslag, A.A.M. y van der Werf, W.
2008 *Development and Validation of a Quasi-Gaussian Plume Model for the Transport of Botanical Spores*. Agricultural and Forest Meteorology 148:1383-1394.
- Skelsey, P., Kessel, G.J.T., Holtslag, A.A.M., Moene, A.F. y Werf, W.
2008 *Regional spore dispersal as a factor in disease risk warnings for potato late blight: a proof of concept*. Agricultural and Forest Meteorology. 149:419-430.
- Skelsey, P., Kessel, G.J.T., Rossing, W.A.H. y van der Werf, W.
2009 *Parameterization and evaluation of a spatio-temporal model of the late blight pathosystem*. Phytopathology 99:290-300.
- Skelsey, P., Kessel, G.J.T., Rossing, W.A.H. y van der Werf, W.
2009 *Scenario approach for assessing the utility of dispersal information in decision support for aerielly spread plant pathogens, applied to Phytophthora infestans*. Phytopathology 99:887-895.
- Skelsey, P., Rossing, W.A.H., Kessel, G.J.T., Powell, J. y van der Werf, W.
2005 *Influence of host diversity on development of epidemics: an evaluation and elaboration of mixture theory*. Phytopathology 95:328-338.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L.
2007 *Climate change: The physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Strange, R.N. y Scott, P.R.
2005 *Plant disease: a threat to global food security*. Annual Review of Phytopathology 43:83-116.

- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G. y Zuberer, D.A.
2007 *Principles and Applications of soil microbiology*. Second edition. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 640 p.
- Ton, J. y Mauch-Mani, B.
2004 *Beta-amino-butyric acid-induced resistance against necrotrophic pathogens is based on ABA-dependent priming for callose*. *Plant J* 38:119-130.
- Tronsmo, A.M.
1984 *Predisposing effects of low temperature on resistance to winter stress factors in grasses Phalaris arundinacea, Fusarium nivale, Thyphula ishikariensis*. *Acta Agriculturae Scandinavica* 34:210-220.
- Van der Heijden, M.G.A., Bardgett, R.D. y Straalen, N.M.
2008 *The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems*. *Ecology Letters* 11:296-310.
- Venette, R. y Cohen, S.
2006 *Potential climatic suitability for establishment of Phytophthora ramorum within the contiguous united states*. *Forest Ecology and Management* 231:18-26.
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. y Westbrooks, R.
1996 *Biological invasion as global environmental change*. *American scientist* 84:468-478.
- Xiong, L., Lee, M.W., Qi, M. y Yang, Y.
2001 *Identification of defense-related rice genes by suppression subtractive hybridization and differential screening*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 14:685-692.
- Xiong, L. y Yang, Y.
2003 *Disease resistance and abiotic stress tolerance in rice are inversely modulated by an abscisic acid-inducible mitogen-activated protein kinase*. *Plant Cell* 15:745-759.
- Zhang, S. y Klessig, D.F.
2001 *MAPK cascades in plant defense signaling*. *Trends in Plant Science* 6:520-527.

Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino

*P.P. Motavalli, J. Aguilera, H. Blanco-Canqui,
C. Valdivia, A. Seth, y M. García*

Resumen

El Altiplano de los Andes es una región de elevada inseguridad alimentaria, debido a sus recursos socioeconómicos y varios factores climáticos que se caracterizan por presentar altas variaciones de temperatura diurna, riesgos de heladas, precipitaciones bajas e irregulares y altos riesgos de sequía, durante el periodo de crecimiento de las plantas. Los recientes estudios y las proyecciones efectuadas por los modelos de cambio climático, muestran que esta región ha sido y será afectada por el aumento de las temperaturas y la mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos. El objetivo de este trabajo es generar una discusión sobre las posibles secuelas de las variaciones climáticas en las propiedades del suelo, las prácticas en el Altiplano y los procesos de adaptación que pueden ayudar a los agricultores a mitigar sus efectos. Entre las consecuencias principales se prevé un menor contenido de agua en el suelo durante la última etapa de crecimiento de las plantas, la pérdida de materia orgánica, el incremento de la erosión, modificaciones en las prácticas de cultivo y mayores deslizamientos de tierras y aludes de lodo. Los procesos de adaptación al cambio climático sugeridos para esta región, consideran medidas de conservación del agua y del suelo, para captar y reducir la pérdida de humedad. También son fundamentales las prácticas para reducir la erosión

y el deslizamiento de tierras, y mejorar los métodos de riego; la incorporación de especies y variedades alternativas de ciclos cortos y resistentes a la sequía y heladas; un mayor uso de insumos de fertilidad del suelo, lo que incluye la utilización de enmiendas orgánicas opcionales; optimizar la gestión de residuos de cosecha y mantener la diversidad genética. La evaluación eficiente de los posibles efectos del cambio climático sobre la tierra del Altiplano, debe realizarse desde diversas áreas de investigación, tomando en cuenta la elaboración de un inventario más detallado de sus recursos y el estudio de los impactos potenciales a largo plazo; para ello, es preciso recurrir a modelos de simulación del suelo que incorporen los parámetros y escenarios de cambio climático definidos para la región.

Introducción

El Altiplano abarca partes de Chile, Argentina, Bolivia, Perú y Ecuador en los Andes centrales. Esta región se caracteriza por tener a las poblaciones más pobres del mundo, en su mayoría indígenas (75%) quechuas y aymaras que viven de la agricultura, en condiciones de precariedad (Li Pan *et al.*, 2006). La inseguridad alimentaria es alta, debido a sus escasos recursos socioeconómicos y a varios factores climáticos, cuyas características son las altas variaciones de temperatura diurna, los peligros de heladas, precipitaciones bajas e irregulares, y altos riesgos de sequía durante el periodo de crecimiento (García *et al.*, 2007). Además, los estudios y modelos de cambio climático registrados indican que la evapotranspiración seguirá aumentando y probablemente con mayor frecuencia en función a eventos climáticos extremos (Seth *et al.*, 2009; Thibeault *et al.*, 2009), lo que podría ocasionar impactos no previstos en el suelo, los recursos hídricos y la producción agrícola. En el pasado, el crecimiento y la caída del Imperio Inca en esta región fueron atribuidos al cambio climático y al desarrollo de prácticas agrícolas efectivas para la adaptación (Chepstow-Lusty *et al.*, 2009). Otros cambios económicos y sociales actuales, tales como la migración

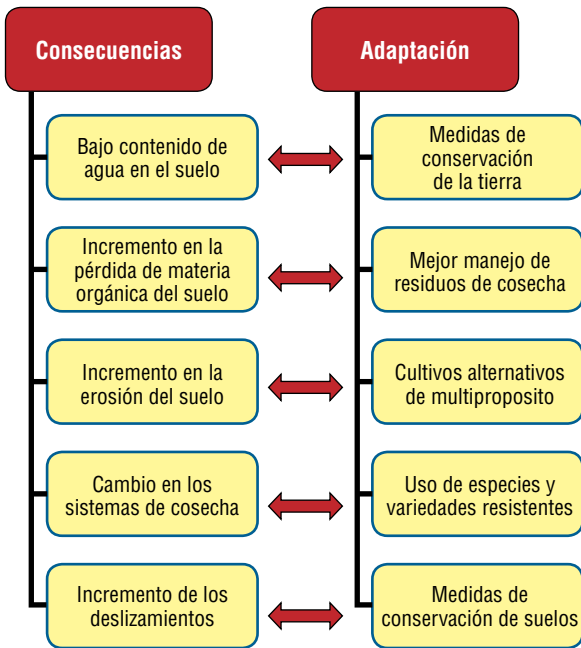
urbana, han tenido también importantes repercusiones en las prácticas de gestión del suelo y en su degradación (Valdivia *et al.*, 2001; Swinton y Quiroz, 2003), lo que, hace a menudo, difícil distinguir si el cambio climático o los factores socioeconómicos son la principal causa de su degradación.

El cambio climático puede tener varios efectos sobre los agroecosistemas, incluida la disminución de rendimientos de los cultivos y la menor producción de alimentos en las regiones con inseguridad alimentaria (Parry *et al.*, 1999; Führer, 2003). Por ejemplo, Jones y Thornton (2003) pronostican un descenso global del 10% en la producción de maíz para América Latina y el África hasta el 2055, lo que implicará pérdidas de aproximadamente dos mil millones de dólares. Sin embargo, esta pérdida media global oculta las reducciones desproporcionadas de los rendimientos provocados por el cambio climático, que podrían sufrir los pequeños agricultores de escasos recursos (Jones y Thornton, 2003). Las potenciales modificaciones en la formación del suelo estarían relacionadas con la cantidad de biomasa que ingresa a la tierra para formar materia orgánica, los alteraciones en la temperatura y la hidrología del suelo, y las relaciones de agua (Brinkman y Sombroek, 1996). Otra de las consecuencias posibles tiene que ver con la escasa o excesiva humedad del suelo durante los momentos críticos del periodo de crecimiento. Por ejemplo, en Indonesia se prevé que el cambio climático puede causar una precipitación adelantada hacia la época de cosecha y una enorme disminución en la estación seca, lo cual podría ocasionar una baja en la producción de arroz, si no se desarrollan estrategias de adaptación (Naylor *et al.*, 2007). También se destaca la mayor pérdida de materia orgánica en el suelo, el incremento en la obtención de biomasa de algunas otras regiones, mayores riesgos de erosión, transformación en los sistemas de cultivo con posibles resultados negativos sobre las propiedades del suelo y mayores deslizamientos de tierra, con corrientes de lodo, debido a una mayor frecuencia de lluvias de alta intensidad (Parry *et al.*, 2007).

En ese marco, el objetivo de este trabajo es plantear la discusión sobre las posibles consecuencias del cambio climático en las propiedades del suelo, las prácticas en el Altiplano y prever las

estrategias de adaptación que podrían adoptar los agricultores para mitigar estos efectos (ver Figura 1). Adicionalmente, se propone una discusión sobre los vacíos de conocimiento que existen para esta región, lo cual sería importante superar, a fin de permitir el desarrollo de estrategias eficaces de mitigación.

Figura 1
Relación entre las posibles consecuencias del cambio climático y la adaptación de la comunidad en el Altiplano



El bajo contenido de agua del suelo

El seguimiento al impacto del cambio climático ha puesto de manifiesto, de manera más visible, el retroceso de los glaciares en Bolivia y en otras regiones altas de montaña tropical (Thompson *et al.*, 2006; Francou *et al.*, 2003). Los glaciares de montaña retienen las precipitaciones atmosféricas y luego sueltan el agua de forma gradual

durante todo el año, incluso en las estaciones calurosas o secas, cuando los déficits de agua son habituales (Coudrain *et al.*, 2005). Bolivia, Ecuador y Perú son los países más expuestos al riesgo de escasez de agua, debido a la mayor fusión de los glaciares, los cuales alimentan los ríos durante todo el año. Las zonas de humedales altoandinos (conocidos como bofedales), que son fuentes importantes de agua y de forraje en el transcurso de la estación seca (Alzérreca *et al.*, 2006), también podrían estar encogiéndose, debido a las variaciones climática. Empero, otros factores, como el pastoreo excesivo y la desviación de agua, pueden estar contribuyendo a la degradación de este importante recurso natural (Alzérreca *et al.*, 2006).

Otra secuela del aumento previsto en la temperatura del aire, es el incremento de la evapotranspiración, con reducciones posteriores del contenido de agua del suelo y la disponibilidad para el crecimiento de los cultivos. Por ejemplo, Thibeault *et al.* (en proceso) predicen una disminución general del agua en el suelo para el año 2030, que sería en mayor medida para el 2080. Pero en las regiones montañosas, el derretimiento de la nieve puede crear situaciones más complicadas, como el mayor contenido de agua en el suelo a principios de la temporada de crecimiento y su reducción más tarde, cuando la demanda es alta (Barnett *et al.*, 2005). Esto último podría incidir en una menor producción de los cultivos que demandan mucha agua y obligaría a los productores a modificar sus sistemas de producción de especies, a fin de controlar el estrés hídrico y los consecuentes conflictos por el uso del líquido. El recurrir más a prácticas de conservación del agua y del suelo, y optar por cultivos resistentes a la sequía y sistemas de riego efectivos y rentables, pueden ser muy importantes para manejar la posible merma en la disponibilidad del agua.

La pérdida de materia orgánica en el suelo

Un componente primordial de la tierra que puede ser afectado por el cambio climático, pero que también puede ayudar a mitigar sus efectos, es la materia orgánica del suelo (MOS) o carbono

orgánico del suelo (SOC). El incremento de la temperatura, en general, podría aumentar la tasa de descomposición del SOC, en especial de las fracciones relativamente inestables que son importantes tanto para el movimiento de los nutrientes como para el crecimiento de los cultivos (Davidson y Janssens, 2006). El aporte de la MOS es importante, porque mejora la calidad del suelo y la sostenibilidad de los agroecosistemas a largo plazo (Gupta *et al.*, 1994). Las innovaciones en la prácticas agrícolas pueden afectar a la MOS y poner en riesgo la sostenibilidad y la capacidad de recuperación de los agroecosistemas, más aún cuando las perturbaciones ecológicas, tales como el cambio climático, se producen y generan modificaciones en las propiedades químicas, físicas y biológicas de la MOS, que alteran su productividad (Fernández *et al.*, 1997).

La materia orgánica del suelo cumple también otras funciones en el aumento de la productividad del suelo, que son muy importantes para la región del Altiplano, donde el uso de fertilizantes artificiales no es común o se aplica en cantidades mínimas. Entre los beneficios de mantener o aumentar la MOS, está el incremento en la capacidad de retención del agua; la mejora en la estructura del suelo, para favorecer el crecimiento de las raíces y el drenaje; la elevación del contenido de nutrientes disponibles durante un largo período de tiempo; el aumento de la CEC y una mayor actividad biológica (Woomer *et al.*, 1994). Entre las prácticas de manejo que afectan a los niveles de MOS están el método y la frecuencia de la labranza; la cantidad y el destino de los residuos de cultivos; el manejo de la fertilidad del suelo, que incluye la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas, el uso de riego y la administración de los posibles períodos de barbecho (Swift *et al.*, 1994).

Debido a las múltiples funciones de la MOS o SOC, su cantidad y composición se constituirán en indicadores importantes de la degradación del suelo, entendida esta como la reducción de la capacidad del suelo para realizar las funciones ecológicas que se desee, por ejemplo, para actuar como un medio de cultivo (Brady *et al.*, 2002). El aumento de la degradación del suelo puede tener

graves consecuencias en el Altiplano, donde la agricultura es la principal fuente de ingresos y el sustento para los hogares indígenas (es decir, aymaras y quechuas).

Entre las prácticas de manejo que han logrado aumentar la MOS se destaca la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas; el uso de labranzas de conservación; la mejor utilización del barbecho, abonos verdes y cultivos de cobertura, así como la adquisición de habilidades para la preservación del suelo y el uso de riego (Fernandes *et al.*, 1997). Entre los potenciales obstáculos para que los agricultores de los países en desarrollo adopten estas prácticas, están los costos relativamente altos de la nueva tecnología frente a los modos tradicionales, los diferentes usos de la materia orgánica (por ejemplo, para combustible y la alimentación del ganado), la disponibilidad de mano de obra adecuada para la nueva práctica o su posible conflicto con las actividades laborales, la falta de capacitación o educación y las implicaciones sociales y culturales que pueda traer.

El aumento de la erosión del suelo

El cultivo intensivo, la deforestación, el mal manejo y el excesivo pastoreo han aumentado los riesgos de erosión del suelo provocando descensos drásticos en la productividad de la región andina (Kessler y Stroosnijder, 2006). Las actividades antropogénicas son las principales impulsoras de la erosión y la degradación de los suelos, en especial en la zona altiplánica; los muchos paisajes áridos que se observan en el lugar reflejan una erosión extrema (Zimmerer, 1993). La combinación entre la escasa cobertura vegetal del ambiente árido, el pastoreo intensivo y los periodos cortos de barbecho, que han reducido más la presencia de plantas, ha empeorado los riesgos de erosión por viento y agua (Mahboubi *et al.*, 1997). En algunas zonas de los Andes con terrenos montañosos y suelos pobres, las tasas de erosión son altas, debido a los cultivos y el aumento de la densidad poblacional (personas/ha) de 4,86 en 1950 a 9,44 en 2005 (Cohen *et al.* 2005). En la región andina, las

pérdidas por erosión del suelo en tierras de cultivo, oscilan entre 10 y 60 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Derpsch y Florentín, 2000). Menos del 5% de la tierra es adecuada para la agricultura intensiva (Slunge y Jaldin, 2007) y el factor que explica esta limitación para la agricultura es la mezcla de la erosión del suelo (Wall, 1999) con la reducción de almacenamiento de agua y la alta evapotranspiración (García *et al.*, 2004). Pero no sólo el mal manejo de tierras agrícolas daña el suelo y ocasiona el menor rendimiento de los cultivos, sino también la pobreza, el hambre, la migración y el aumento de los conflictos sociales (Zimmerer, 1993). Los agricultores andinos a menudo siembran en terrenos empinados (hasta con 65% de pendiente), lo cual ha elevado aún más los riesgos de erosión hídrica y eólica (Sims y Rodríguez, 2001).

Se prevé que el cambio climático agravará los índices de erosión y la degradación del suelo, y pondrá en riesgo la sostenibilidad de la agricultura en la región de los Andes, debido a las siguientes razones. En primer lugar, el aumento de la temperatura puede acelerar la evaporación del suelo, incrementar la frecuencia e intensidad de las sequías, reducir la cobertura vegetal y acelerar los problemas de erosión eólica al igual que la desertificación. Por ejemplo, se espera que la temperatura media en la zona se eleve de 0,8 a 1,7 °C para el 2030, de 1 a 2 °C en los años posteriores hasta el 2050 y de ahí de 2 a 4°C hasta el 2100 (Magrin *et al.*, 2007; SENAMHI, 2008). La alta evaporación puede provocar la escasez periódica de agua, lo cual sería algo crónico en la producción de cultivos.

En segundo lugar, mientras que la cantidad total de las precipitaciones anuales no ha cambiado de manera drástica, las tormentas tienden a ser cada vez más fuertes y localizadas en los Andes. Los datos muestran que la mayor irregularidad e intensidad en las lluvias ha modificado las tasas de escurrimiento, lo que, a su vez, ha incrementado las variaciones de caudal, los deslizamientos de tierra y los aludes de lodo en las zonas montañosas (Magrin *et al.*, 2007). La formación y concentración de la escorrentía ha aumentado la capacidad de transporte de sedimentos y ha dado lugar a la formación de grietas, al desvío de los ríos y a la erosión en los bordes por la corriente.

En tercer lugar, el derretimiento de la nieve, la desaparición de los nevados y el oscurecimiento de los picos de montaña en los Andes, son signos actuales del impacto que tiene el aumento de la temperatura y las tasas de evaporación. El deshielo progresivo también puede acelerar los riesgos de erosión hídrica en las tierras bajas y generar mayor escasez de agua. Los nevados parecen estar disminuyendo más rápido de lo esperado, debido al cambio climático inducido por los flujos de energía en la superficie. Según algunas proyecciones, los nevados de Zongo, en la Cordillera de los Andes, podrían desaparecer para el 2050 y afectar de forma negativa a la agricultura del lugar (Molnar, 2001; Magrin *et al.*, 2007). Las investigaciones en curso continúan tratando de discernir, de manera concluyente, la magnitud de la desaparición de los nevados y sus consecuencias en el nuevo contexto.

Un fenómeno evidente es el aumento de las lluvias irregulares que han elevado las tasas de erosión de la tierra en las regiones montañosas. Por ejemplo, en el Altiplano sur de Bolivia, un solo evento extremo de tormenta ha provocado la erosión de una capa de suelo de un centímetro de grosor, lo que equivale a unos 125 Mg ha⁻¹ (Coppus e Imeson, 2002). Estudios de teledetección en el Altiplano muestran que más del 50% de los suelos tienen un potencial de erosión de gran magnitud (Ouattara *et al.*, 2004). Alrededor del 45% de los suelos están gravemente afectados por la erosión hídrica, mientras que el viento dañó a otro 35%.

Son poco comunes las mediciones de viento y de las tasas de erosión por agua en la región. De los efectos combinados de la erosión hídrica y eólica, en el marco del nuevo clima, se prevé que el agua ejerce cambios más drásticos que el viento solo, por lo que las inundaciones en ambientes áridos serían cada vez más frecuentes y comunes. Como consecuencia del aumento de la evapotranspiración, el clima en la zona andina se ha desplazado hacia condiciones más áridas, a pesar de que la precipitación total es relativamente constante. Los eventos extremos de sequía, heladas, lluvias e inundaciones interactúan y afectan de forma negativa a la producción agrícola y a las condiciones de vida de los habitantes andinos (Magrin *et al.*, 2007). La caída en la producción

de biomasa, resultante de las altas temperaturas y la evaporación previstas, pueden reducir la cubierta protectora de la superficie del suelo y dar lugar a que suban aún más sus tasas de degradación. La cubierta vegetal es el principal determinante para el control de la erosión del suelo.

Aunque el cambio climático, a través del aumento de la temperatura del suelo y de las tasas de precipitación, puede tener algunos efectos positivos sobre el crecimiento vegetativo y la producción de biomasa en algunas regiones (por ejemplo, las latitudes húmedas), en general se esperan consecuencias negativas en las zonas áridas y semiáridas. Reducir la vulnerabilidad a las transformaciones climáticas es un desafío importante en la región andina, puesto que el Altiplano es más adverso que el trópico, en especial en Bolivia y Perú.

Los cambios en las prácticas de cultivo

El cambio climático puede incrementar el riesgo de pérdida de cosechas e inseguridad alimentaria de las comunidades del Altiplano. Otros cambios económicos y sociales en la región, tales como la migración urbana y los incentivos del mercado, también han tenido un impacto negativo en las principales actividades agrícolas de esta región, concentradas sobre todo en la producción de papa y la cría del ganado vacuno, ovino y camélido (alpacas y llamas) (Valdivia *et al.*, 2001). En la actualidad, los agricultores han añadido cultivos comerciales, como la cebolla, y cuentan con menos sembradíos nativos para la rotación tradicional. Sin embargo, en muchos casos, es difícil distinguir las modificaciones en los sistemas de cultivo, debido a factores socioeconómicos o climáticos.

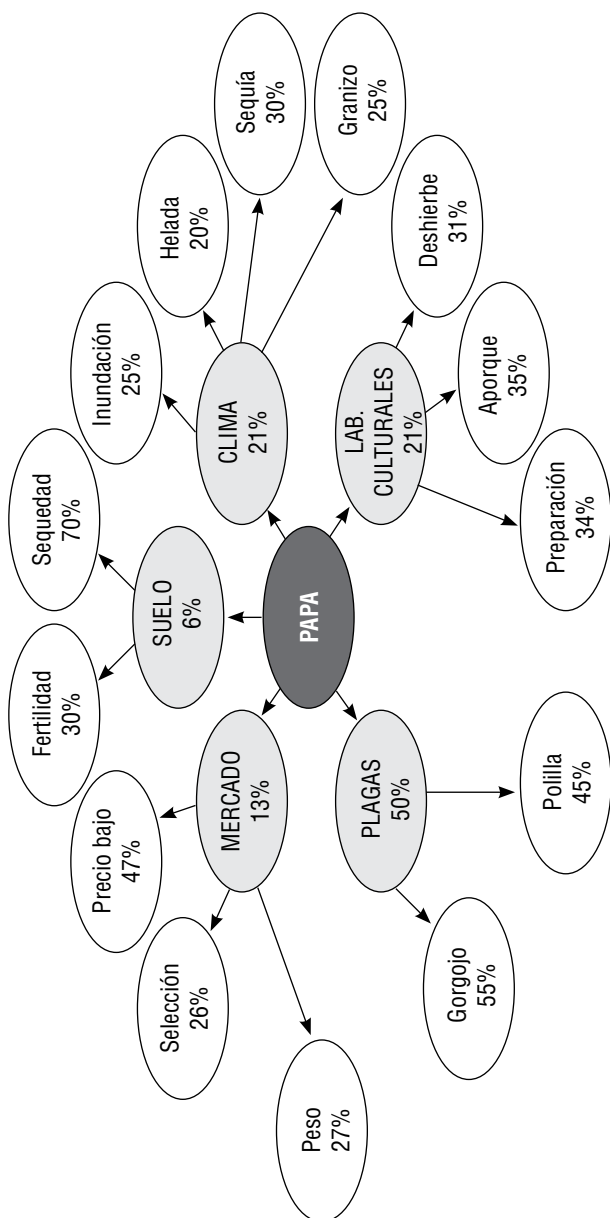
Desde la época de la incursión humana en la región altiplánica, el clima ha cambiado de forma marcada. En la región sur de Bolivia, por ejemplo, a lo largo de los siglos se han alternado épocas de clima frío y seco, con períodos de lluvia relativamente altos que han promovido el crecimiento de los cultivos y la cría de animales. Las fluctuaciones climáticas pasadas y actuales han impulsado

transformaciones ambientales que, a la vez, han generado cambios en el relieve, los suelos, la vegetación y uso del suelo (Preston *et al.*, 2003). Estas experiencias de cambio, han permitido que los agricultores desarrollen varias estrategias para adaptarse a condiciones climáticas extremas, entre ellas el desarrollo de un conjunto de indicadores biológicos y astronómicos de ocurrencia climática, el uso de la diversidad genética y el conocimiento de diferentes eventos climáticos que impactan sobre el suelo.

En el Altiplano boliviano, los agricultores perciben varios efectos del cambio climático en sus sistemas de cultivo (Valdivia *et al.*, 2008). Por ejemplo, las posibles alteraciones en la distribución de las precipitaciones y la mayor evapotranspiración diurna durante el periodo de crecimiento, se están traduciendo en una reducción tanto del cultivo de la tierra como de la diversidad de cultivos, y están provocando un movimiento paulatino a las zonas de mayor altitud, donde existen pastizales para el ganado. Aunque la mayoría de las comunidades de montaña son muy resistentes a las condiciones climáticas adversas, son muchos los cultivos que se encuentran en el límite de su adaptación climática, de manera que cualquier variación en el patrón climático podría tener un gran impacto en el rendimiento de los sistemas de cultivo y su sostenibilidad. Curiosamente, a pesar de la importancia del clima en el crecimiento de la papa en esta región, los productores perciben otros factores, tales como plagas y enfermedades, que representan mayor peligro para el rendimiento de los cultivos (Figura 2). Empero, la mayor incidencia de plagas y enfermedades también puede ser una consecuencia del incremento de la temperatura, que puede propiciar las condiciones, para el desarrollo de nuevas plagas y enfermedades, tal como se documenta en el caso de las especies del gorgojo andino (González *et al.*, 2009; Peñaranda *et al.*, 2009).

Es probable que las prácticas agrícolas convencionales requieran ser revisadas, para desarrollar otras alternativas que puedan reducir los riesgos de erosión del suelo y mejorar su productividad. La siembra directa (sin labranza), el uso de cultivos de cobertura, la rotación de cultivos, el uso de abonos naturales y las franjas de

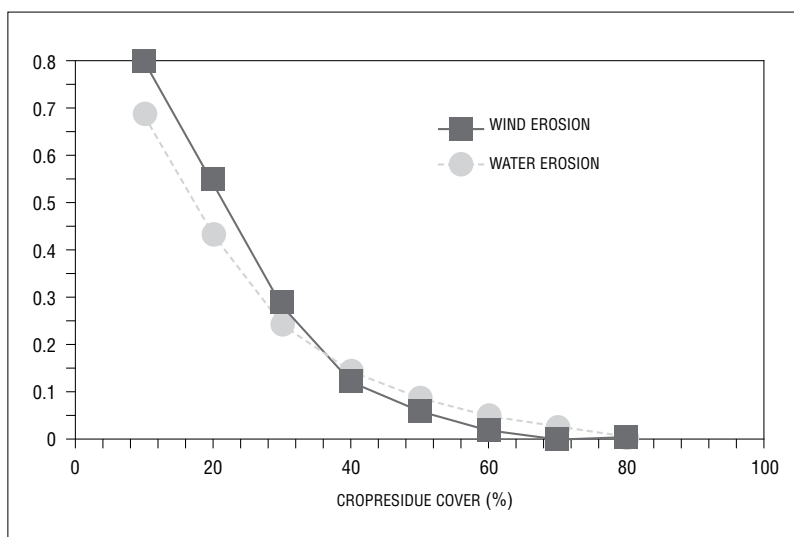
Figura 2
Percepciones de la comunidad respecto a los riesgos asociados a la producción de papa, en una comunidad rural de Umala.
Altiplano central de Bolivia, 2006



Fuente: Elaboración propia basada en resultados de grupos focales. Los porcentajes indican la proporción relativa de los encuestados de la comunidad que seleccionaron el factor como un riesgo.

protección y conservación son algunas de las tecnologías disponibles para disminuir la erosión de la tierra, mejorar su calidad, secuestrar el carbono y aumentar la cosecha en las regiones andinas, en el marco del nuevo clima (FAO, 2008). Por ejemplo, la cobertura de pastos de los contornos puede ser utilizada para disminuir la escorrentía, filtrar o capturar los sedimentos, y mejorar la infiltración de la escorrentía de tierras cultivadas en pendiente (Blanco-Canqui *et al.*, 2006). Los pastos también se han mostrado como alternativas útiles para reducir la erosión en las terrazas y estabilizar los cultivos en ladera de la región andina (Sims y Rodríguez, 2001). Los restos de cosecha y el estiércol animal pueden incrementar la MOS y promover la capacidad de resistencia del suelo contra la erosión y la degradación (Figura 3); ya que su acumulación amortigua el cambio climático mundial proyectado.

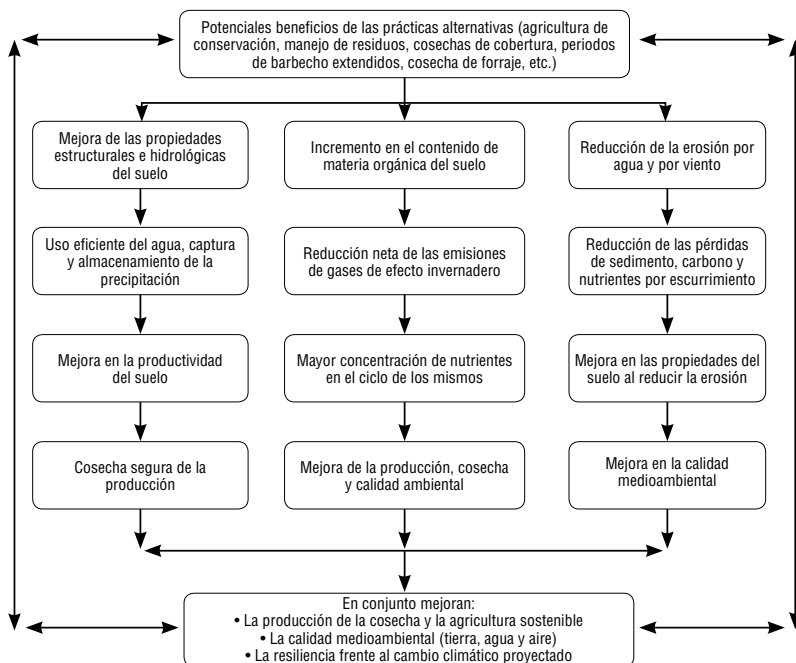
Figura 3
La cobertura de residuos de los cultivos es esencial para reducir la erosión hídrica y eólica en zonas áridas y semiáridas



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Wind erosion (erosión por viento), water erosion (erosión por agua), crop residue cover % (residuos de cultivos % de cobertura).

Figura 4
La adopción de mejores prácticas de manejo puede derivar en una variedad de suelos con beneficios agronómicos y ambientales



Fuente: Elaboración propia.

La identificación de sistemas de cultivo que dejen residuos de cobertura después de la cosecha y la ampliación de los períodos de descanso, son necesarios para captar el agua de las precipitaciones y mejorar tanto su infiltración como la capacidad del suelo (Wall, 1999). En las zonas altas de Bolivia y Perú la mayoría de los cultivos no producen ni dejan restos suficientes para proteger la tierra (Wall, 1999). Por lo tanto, es necesario desarrollar prácticas alternativas que permitan conservar el agua y el suelo para mejorar su productividad (Figura 4).

Un resumen de las posibles alternativas de adaptación en los sistemas de producción de los Andes incluye:

- Medidas de conservación del suelo para capturar el agua y reducir la pérdida de humedad.
- Medidas de conservación del suelo para reducir la erosión y los deslizamientos de tierra.
- Mejora de los métodos de riego (por ejemplo, riego por goteo).
- Uso de especies de múltiple propósito que presenten cualidades para forraje, mejoren la fertilidad del suelo y sirvan de cobertura vegetal.
- Prácticas de preparación de suelos alternativos (por ejemplo, la labranza de conservación).
- Uso de especies y variedades de cultivos alternativos de ciclo corto, con resistencia a sequía y heladas.
- Incremento de insumos para mejorar la fertilidad de los suelos, incluyendo el uso de enmiendas orgánicas alternativas.
- Mejora en el manejo de los residuos de cosecha.
- Mantenimiento de la diversidad genética.

El aumento de los deslizamientos de tierra

Los deslizamientos de tierra y derrumbes son cada vez más frecuentes, como nunca antes en la zona de los Andes, debido a las lluvias intensas e inundaciones que resultan del cambio climático y de fenómenos atmosféricos (Coppus e Imeson, 2002), así como a las influencias antropogénicas, como la urbanización, la construcción de carreteras y las operaciones mineras. Los deslizamientos ocurren cuando los sedimentos no están consolidados y se encuentran sueltos en las laderas saturadas con el agua de lluvia y cayendo por la fuerza gravitacional. El agua subterránea lubrica las capas de la tierra y causa el movimiento de la tierra cuesta abajo. Las precipitaciones dispersan los materiales del suelo que, en la región andina, están formados por sedimentos sueltos o materiales superficiales no consolidados, que se desprenden fácilmente con la lluvia. Las inundaciones destruyen viviendas y cosechas en las zonas rurales, mientras que los derrumbes y deslizamientos de

tierra bloquean las carreteras. Los deslizamientos son el resultado de las fuerzas interactivas de la filtración de agua, los gradientes de pendiente, la influencia humana y los problemas de drenaje. Las zonas propensas a este evento son aquellas con actividad minera, deforestadas y con áreas urbanizadas. Entre los años 2001 y 2007, las habituales inundaciones y deslizamientos de tierra han tenido grandes efectos negativos en la economía global y la calidad ambiental en la región andina (O'Hare y Rivas, 2005). En 2006, las inundaciones, los deslizamientos y las avalanchas de lodo han dañado a unas 103.000 hectáreas de cultivos en el oeste de Bolivia.

Los deslizamientos de tierra pueden ser grandes o pequeños, dependiendo de la topografía y la intensidad de las precipitaciones. Los menores son numerosos y contribuyen de manera significativa a las tasas de erosión anuales de las montañas andinas. Los grandes deslizamientos son localizados, pero causan muchos más daños. Los yacimientos mineros, que son comunes en la región andina, son especialmente frágiles y susceptibles a deslizamientos de tierra. Por ejemplo, en el Altiplano norte de Bolivia, estos eventos han ocurrido en sitios de extracción de oro y han causado la muerte de cientos de personas entre 1992 y 2003, así como la destrucción de cientos de viviendas que afectaron a miles de personas (O'Hare y Rivas, 2005). Del mismo modo, en el 2001, las intensas lluvias han resultado en inundaciones y deslizamientos de tierras, que dejaron damnificadas a 115.000 familias de 22 comunidades andinas. De igual forma, en el Altiplano sur del Perú, los deslizamientos de tierra en el campamento minero Mucumayoth han ocasionado muchos fallecimientos durante el 2009. Estos ejemplos de Bolivia y Perú muestran la gravedad y la frecuencia de los deslizamientos de tierra en la región andina (Gobierno del Perú, 2009). Por otro lado, la migración a las zonas urbanas han incrementado el riesgo de deslizamientos de tierra en las ciudades del área montañosa, debido, sobre todo, a la escasez e incluso inexistencia de planes de desarrollo urbano. En la sede de Gobierno de Bolivia, La Paz, los derrumbes son frecuentes, como consecuencia de la configuración topográfica de la urbe que se encuentra en una hoyada; asimismo, las escarpadas laderas que la rodean están saturadas de viviendas.

Las actividades antropogénicas, sumadas al escaso desarrollo de planes urbanísticos, han alterado la estabilidad y el flujo de energía en pendiente de las montañas; esto, a su vez, ha elevado el riesgo de derrumbes y deslizamientos de tierra, no sólo en las zonas urbanas sino también en las comunidades rurales.

Vacíos en el conocimiento

Existen numerosos vacíos en el conocimiento de la región andina, sobre temáticas que deben ser investigadas, a fin de evaluar con eficacia los posibles efectos del cambio climático. Algunas de las necesidades inmediatas para llenar estas lagunas son:

1. Desarrollo de un inventario más detallado de los recursos del suelo en la región, que permita mejorar la gestión del uso del suelo y la evaluación de los impactos del cambio climático.
2. Mejora del seguimiento del cambio climático, mediante el establecimiento de más estaciones meteorológicas en toda la región.
3. Evaluación conjunta con los agricultores sobre la eficacia de las prácticas agrícolas introducidas, para mitigar los posibles efectos negativos de las variaciones climáticas proyectadas, de acuerdo a su productividad en el corto y largo plazo, y adecuar los agroecosistemas y los mercados locales.
4. Introducción de prácticas de manejo para incrementar la materia orgánica y reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero.
5. Desarrollo de métodos de evaluación de suelo, rápidos y de bajo costo, para medir los efectos de los cambios en las prácticas de manejo y en las propiedades del suelo.
6. Evaluación de los impactos del cambio climático a largo plazo, utilizando los modelos de simulación de uso de suelo, que incorporen parámetros y escenarios proyectados para la región.

Bibliografía

- Alzérreca, H., J. Laura, F. Loza, D. Luna y J. Ortega.
2006 *Importance of carrying capacity in sustainable management of key high Andean Puna rangelands (bofedales) in Ulla Ulla, Bolivia.* p. 167-186. In Spehn, E.M., M. Liberman y C. Körner (eds.) *Land use change and mountain biodiversity.* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Barnett, T.P., J.C. Adam y D.P. Lettenmaier.
S.F. *Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions.* *Nature* 438:303-309.
- Brady, N. y R. Weil.
2002 *The nature and properties of soils.* 13th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Bradley, R., M. Vuille, H.F. Diaz y W. Vergara.
2006 *Threats to water supplies in the tropical Andes.* *Science* 312:1755-1756.
- Blanco-Canqui, H., C.J. Gantzer y S.H. Anderson.
2006 *Performance of grass barriers and filter strips under interrill and concentrated flow.* *Journal of Environmental Quality* 35:1969-1974.
- Brinkman, R. y W. G. Sombroek.
1996 *The effects of global change on soil conditions in relation to plant growth and food production.* p. 49-63. In F. Bazzazz and W. Sombroek (eds.) *Global climate change and agricultural production.* John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England.
- Chepstow-Lusty, A.J., M.R. Fogley, B.S. Bauer, M.J. Leng, K.P. Boessenkool, C. Carcaillet, A.A. Ali y A. Gioda.
2009 *Putting the rise of the Inca Empire within a climatic and land management context.* *Clim. Past* 5:375-388.
- Cohen M.E., Pickens, J.B. Cárdenas. J.C. y Orr B.
2005 *Ecological suitability and tree seedling survival in the Bolivian altiplano.* *Ecología Austral* 15:207-215.
- Coppus, R. y A.C. Imeson.
2002 *Extreme events controlling erosion and sediment transport in a semi-arid sub-Andean valley.* *Earth Surface Processes and Landforms* 27:1365-75.

- Coudrain, A., B. Francou, y Z.W. Kundzwiz.
2005 *Glacier shrinkage in the Andes and consequences for water resources*. Editorial. Hydrological Sciences 50:925-932.
- Davidson, E.A. y I.A. Janssens.
2006 *Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change*. Nature 440:165-173.
- Derpsch, R. y M. Florentín.
2000 *Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola*. Proyecto Conservación de Suelos MAG- GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 pp.
- FAO
2008 *Conservation Agriculture*. 2008-07-08 <http://www.fao.org/ag/ca/index.html>.
- Fernandes, C.M.E., P. Motavalli, C. Castilla, y L. Mukurumbira.
1997 *Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems*. Geoderma 79:49-67.
- Francou, B., M. Vuille, P. Wagnon y J. Mendoza.
2003 *Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S*. Journal of Geophysical Research 108, D5, 4154.
- Fuhrer, J.
2003 *Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change*. Agric. Ecosys. Environ 97:1-20.
- García, M., D. Raes, R. Allen y C. Herbas.
2004 *Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian highlands (Altiplano)*. Agricultural and Forest Meteorology. 125:67-82.
- García, M., D. Raes, S.E. Jacobsen y T. Michel.
2007 *Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano*. Journal of Arid Environments 71:109-121.
- González, M. A.
2009 *El comportamiento de plagas y clima en el Altiplano Central*. Seminario Internacional Proyecto SANREM CRSP Bolivia “Adaptándose a los cambios climáticos y de mercado en el Altiplano de Bolivia y Perú”, junio 29 y 30. La Paz, Bolivia.

Gobierno del Perú.

2009 *Fenómenos hidrometeorológicos afectan al departamento de Puno*. En Informe de emergencia N° 65; 4 de marzo de 2009.

Gupta, V.V.S.R., P.R. Grace y M.M. Roper.

1994 *Carbon and nitrogen mineralization as influenced by long-term soil and crop residue management systems in Australia*. p. 193-200. In J..Doran *et al.* (ed.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Spec. Publ. 35. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.

Jones, P.G. y P.K. Thornton.

2003 *The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055*. *Global Environmental Change* 13:51-59.

Kessler, C. A. y L. Stroosnijder

2006 *Land degradation assessment by farmers in Bolivian mountain valleys*. *Land Degradation & Development* 17:235-248.

Li Pan, H.H., V. Mares, R. Quiroz, C.U. Leon Velardo, R. Valdivia y J. Reinoso

2006 *Pursuing the millennium development goals in the Andean Altiplano*. *Mountain Res. and Development* 26:15-19.

Magrin, G., Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre y A. Villamizar.

2007 *Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.

Mahboubi, P., A.M. Gordon, N. Stoskopf, y R.P. Voroney

1997 *Agroforestry in the Bolivian Altiplano: evaluation of tree species and greenhouse growth of wheat on soils treated with tree leaves*. *Agrofor. Syst.* 37:59-77.

Molnar, P.

2001 *Climate change, flooding in arid environments, and erosion rates*. *Geology* 29:1071-1074.

- Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon y M.B. Burke.
2007 *Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture*. PNAS 104:7752-7757.
- O'Hare, G. y S. Rivas.
2005 *The landslide hazard and human vulnerability in La Paz City, Bolivia*. The Geographical Journal 171: 239-258.
- Ouattara, T., Q.H.J. Gwyn y J.M.M. Dubois.
2004 *Evaluation of the runoff potential in high relief semi-arid regions using remote sensing data: application to Bolivia*. Intern. J. Remote Sensing 25:423-435.
- Parry, M., O. Caziani, J. Palitikof, P. van der Linden y C Hanson (eds.).
2007 *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York, NY.
- Parry, M., C. Rosenweig, A. Igelesias, G. Fischer y M. Livermore.
1999 *Climate change and world food security: a new assessment*. Global Environmental Change 9:S51-S67.
- Peñaranda, Mirco
2009 *Fluctuación poblacional del gorgojo en cuatro comunidades de Añoraimas*. Seminario Internacional Proyecto SANREM CRSP Bolivia "Adaptándose a los cambios climáticos y de mercado en el Altiplano de Bolivia y Perú", junio 29 y 30. La Paz, Bolivia.
- Preston, D., J. Fairbairn, N. Paniagua y G. Maas.
2003 *Grazing and environmental change on the Tarija Altiplano, Bolivia*. Mountain Research and Development 23: 141-148
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).
2008 *Estimates using the Hadley Center HADCM2 general circulation model (implemented by the United Kingdom Meteorological Office (UKHI) and the Goddard Institute of Space Studies (GISSEQ))*.

- Seth, A., J. Thibeault, M. García y C. Valdivia.
2009 *Making sense of 21st century climate change in the Altiplano: Observed trends and CMIP3 projections*. Annals of the Association of American Geographers. En revisión.
- Sims, B.G. y F. Rodríguez.
2001 *Forage production and erosion control as a complement to hillside weed management*. Proceedings from the International Workshop on Integrated Management for Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries (28-31 August, 2001) Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Columbia.
- Slunge, D. y R. Jaldin.
2007 *Bolivia environmental policy brief: Environmental sustainability, poverty and the national development plan*. Environmental Economics Unit, Dept. of Economics, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden.
- Swift, M.J., L. Bohren, S.E. Carter, A.M. Izac y P.L. Woomer.
1994 *Biological management of tropical soils: Integrating process research and farm practice*. In P.L.Woomer, y M.J. Swift (eds) *The biological management of tropical soil fertility*, John Wiley, West Sussex, pp. 209-227.
- Swinton. S.M. y R. Quiroz.
2003 *Is poverty to blame for soil, pasture and forest degradation in Peru's Altiplano?* World Development 31:1903-1919.
- Thibeault, J., A. Seth y M. García.
2009 *Changing Climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for extremes of temperature and precipitation*. Journal of Geophysical Research – Atmospheres. En revisión.
- Thompson, L.G., E. Mosley-Thompson, H. Brecher, M. Davis, B. León, D. Les, P. Lin, T. Mashiota y K. Mountain.
2006 *Abrupt tropical climate change: Past and present*. PNAS 103:10536-10543.
- Unger, P.W. y Blanco-Canqui, H.
2009 *Conservation tillage*. In Levy *et al.* (Eds), *Handbook of Soil Science*, 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Valdivia, C., C. Jetté, L. Markowitz, J. Céspedes, J.S. de Queiroz, C.M. Quiroga y E. Dunn.
2001 *Household economy and community dynamics at San José Llanga*. p. 117-166. En D.L. Coppock y C. Valdivia (eds.) *Sustaining agropastoralism on the Bolivian Altiplano: The case of San José Llanga*. Department of Rangeland Resources, Utah State University, Logan, Utah.
- Valdivia, C, .L. Marks, J.L. Gilles, E. Jiménez y A. Romero.
2008 *Andean livelihood strategies and the impact of market and climate shocks: Risks, perceptions, coping mechanisms*. Abstract 08-A003. SANREM CRSP 2008 Annual Meeting, Los Banos, Philippines.
- Vuille, M., R.S. Bradley, M. Werner y F. Keimig.
2003 *20th century climate change in the tropical Andes: Observations and model results*. *Climatic Change* 59:75-99.
- Wall, P.C.
1999 *Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian Highlands*. *Mountain Res. Develop.* 19:313-317.
- Woomer, P.L., A. Martin, A. Albrecht, D.V.S. Resck y H.W. Scharpenseel.
1994 *The importance and management of soil organic matter in the tropics*. pp. 47-80. En P.L. Woomer, y M.J. Swift (eds.) *The biological management of tropical soil fertility*, John Wiley, West Sussex, England.
- Zimmerer, K.S.
1993 *Soil erosion and social (dis) courses in Cochabamba, Bolivia: Perceiving the Nature of Environmental Degradation*. *Economic Geography* 69:312-327.

Cambio climático y diversidad de la papa en el Altiplano boliviano

Elizabeth Jiménez, Alejandro Romero y Olga Yana

Introducción

La papa es el cuarto producto agrícola de importancia en el mundo y uno de los indispensables en la alimentación de la región andina. Se estima que en Bolivia hay 179 mil hectáreas cultivadas con este tubérculo, con una producción que bordea las 935 mil toneladas por año (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, 2009). Ocho especies cultivadas y un total de 1.095 variedades diferentes son custodiados por el Banco Nacional de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas (Ugarte e Iriarte, citados por Terrazas *et al.*, 2008), y por ello se considera al país como uno de los centros de origen más importantes de Sudamérica junto con el Perú.¹

La papa es un tubérculo originario de los andes sudamericanos, cultivado y domesticado desde hace más de ocho mil años por las comunidades situadas a lo largo de este territorio. Las especies y variedades con las que cuenta Bolivia fueron conservadas gracias a su diversidad de formas y colores (Ames *et al.*, 2008), y a una fuerte asociación de conocimientos tradicionales de uso, manejo

1 De acuerdo con Terrazas *et al.* (2008), en Bolivia existen ocho especies cultivadas de las cuales: *Solanum stenotomum*, *Solanum x ajanbui*, *S. goniocalyx*, *S. phureja*, *S. chaucha* y *S. x tuberosum ssp andigena* son consideradas variedades dulces, mientras que *S. juzepczukki* y *S. x curtilobum* son amargas. De estas especies se reportan 1.095 variedades distintas.

y expresiones culturales, que pasan de generación en generación (García *et al.*, 2003).

La amplia variabilidad genética de la papa no solo ha garantizado su conservación, sino el que se haya constituido en la base de la dieta diaria tanto de los agricultores como de la sociedad boliviana en general. Por ello, la producción del tubérculo es y ha sido también parte fundamental de la identidad social y cultural de la población en la región andina de Bolivia.

Las diversas combinaciones de producción y distribución de la cosecha de variedades de papa responden a muchos factores que incluyen las características y disponibilidad de buenos suelos, la exposición a la variabilidad climática, las necesidades y hábitos de consumo familiar, y las oportunidades de comercialización, entre otros. El cambio climático es un factor adicional que cambia el contexto donde se desarrolla la producción y, por lo tanto, el portafolio de producción de este tubérculo

Para Thomas (2008), las tendencias al incremento de la temperatura hacen prever que para el año 2055, entre el 16% y el 22% de las variedades de papa podría extinguirse. Otros estudios documentan la posible pérdida de biodiversidad, como resultado de varios factores que incluyen aspectos económicos, culturales y de producción, por ejemplo el monocultivo de variedades comerciales (Tapia y Jallaza, 2008). La Fundación PROINPA (2007) reporta que en los últimos 30 años también cambiaron los hábitos de consumo y los sistemas de producción en la región de los valles, lo cual se refleja en una marcada reducción de la producción, el consumo y el uso de las diferentes especies de este tubérculo.

Este artículo tiene el propósito de identificar y analizar los posibles impactos del cambio climático, sobre la mantención de la biodiversidad en la producción de la papa en la región. El análisis se centra en la organización de la producción familiar, específicamente en el portafolio de producción de variedades de papa y sus probables cambios a lo largo de los últimos años. Para realizar la evaluación, este estudio utiliza una base de datos panel a nivel familiar, elaborada por el Proyecto SANREM en el 2006 y en el 2009. La muestra corresponde a 330 familias entrevistadas en nueve comunidades

de los municipios de Ancoraimes y Umala. El cuestionario incluyó preguntas sobre ingresos, diversificación de la producción, capitales, percepciones sobre cambio climático y características de la producción de papa en términos de cantidades y variedades cultivadas.

El contexto

De acuerdo con sus características agroecológicas, el Altiplano boliviano se divide en norte, central y sur. En la región norte, circundante con el lago Titicaca, se encuentra el Municipio de Ancoraimes entre los 3.856 y 4.313 msnm. Las precipitaciones pluviales fluctúan alrededor de los 481 mm y la temperatura anual promedio es de 8°C. El Municipio de Umala está en el Altiplano central, entre los 3.850 y 3.950 msnm, con precipitaciones anuales por debajo de los 400 mm y una temperatura promedio de 11°C, es decir que el clima es más seco que en el Altiplano norte.

La fisiografía de ambas regiones permite encontrar diversos pisos ecológicos, entre bofedales, áreas de vegetación nativa para el pastoreo, pendientes pronunciadas y planicies extensas. Muchas zonas en quebrada mantienen el sistema de producción basado en la tracción animal y el uso de fertilizantes naturales, mientras que en las zonas más planas el empleo de insumos químicos y maquinaria agrícola es generalizado.

En el Altiplano central se puede identificar y diferenciar una zona alta de una zona baja. La primera se caracteriza por una fisiografía irregular, con cultivos en pequeñas parcelas determinadas por la irregularidad del terreno, suelos arcillosos con alto contenido de piedra y poca cantidad de materia orgánica. La zona también está expuesta a una mayor frecuencia de heladas, factor que es utilizado por los productores locales para la transformación de la papa, a través de un proceso de deshidratación, en chuño y en tunta. Las características de la zona baja son casi totalmente opuestas, ya que cuenta con amplias extensiones de tierra para el cultivo, lo que permite además el uso de maquinaria agrícola y el pastoreo intensivo del ganado

Figura 1
Ubicación de los municipios en el Altiplano norte y central



Fuente: Alejandro Romero.

En el Altiplano norte, además de una zona alta y otra baja, se pudo identificar una zona intermedia con significativas diferencias ecológicas; allá se encuentra la mayor parte de la población. La zona alta posee bofedales y áreas de vegetación nativa, lo que es aprovechado para el pastoreo de los animales. Las heladas y el granizo son los eventos climáticos de mayor frecuencia en este sector. La zona baja cuenta con superficies más planas y tiene mayor acceso a infraestructura vial y a servicios públicos. Finalmente, la zona intermedia se encuentra entre la zona alta y la baja. Está asentada en una ladera de pendientes pronunciadas y reducidos espacios para los cultivos, y es vulnerable a la sequía, helada y granizo; estos factores, sumados a la inclinación del suelo, traen como consecuencia una mayor erosión y dificultad en el laboreo agrícola.²

2 Las características físicas de ambas zonas, además de una especificación detallada de sus suelos, se encuentran en el trabajo de Romero (2011).

Los municipios de Ancoraimes y Umala, en el Altiplano norte y central respectivamente, son reconocidos por poseer una amplia diversidad de papa nativa. La gran mayoría de las unidades productoras familiares cultivan una combinación de variedades, que incluyen las locales, las adaptadas y/o mejoradas y las recientemente introducidas, que tienen mayor demanda de mercado. Esta riqueza en biodiversidad contrasta con los bajos niveles de vida de su población. Un reciente estudio (encuestas del SANREM CRSP³ 2009) estima que en el 2009, el promedio de ingresos familiares anuales en el Municipio de Ancoraimes es de \$us 1.385,23 mientras que en Umala llega a \$us 3.089,4, valores muy inferiores a la mitad de los promedios nacionales. La media del ingreso *per cápita* en el Altiplano norte es de \$us 0,8 por día, en tanto que en el Altiplano central alcanza a \$us 1,7.

Biodiversidad local: el portafolio de producción de papa

Evaluaciones participativas realizadas por PROINPA (2006) en la región de Umala, identificaron 118 variedades de papa catalogadas por los agricultores como de “buena producción”, es decir que el volumen es significativo y constituye parte del actual portafolio de las familias. La encuesta 2009 llevada a cabo por el SANREM CRSP en ambos municipios, identificó 23 variedades en Ancoraimes y 33 en Umala que son parte del portafolio familiar (Cuadro 1). Sin duda que el número de variedades reportadas en esta encuesta, no refleja la mayor diversidad de la producción de papa en la zona. El relativamente bajo número muestra el hecho de que muchas de ellas son producidas en cantidades reducidas y su cultivo es subestimado por la mayoría de los productores

Existe una relación casi directa entre la organización del portafolio de producción, es decir en cuanto a variedades de papa

3 Las instituciones mencionadas realizaron dos encuestas en las gestiones 2006 y 2009 con 330 familias de los municipios de Umala y Ancoraimes. Los autores agradecen el acceso a la línea base del proyecto para su análisis.

Cuadro 1
Varietades de papa cultivadas durante la gestión 2009 en el Altiplano norte y central

Altiplano central		Altiplano norte	
Varietades de consumo	Varietades para transformación	Varietades de consumo	Varietades para transformación
Ajahuiri	Sacampaya	Waycha	Luk'i
Alpha roja Imilla negra (papa negra)	Imilla negra (papa negra)	Ajahuiri	Sutamari
Ticoma	Sutamari	Wila Imilla	Sak'o
Gendarme	Khullu	Sani	Pali o pala
Khati	Luk'i	Alpha holandesa	Yocallito
Pali o pala	Tunari	Phureja	Solico
Wiswaraya	Katawi	Imilla blanca	Khati
Duraznillo	Kuli	Isla	Khemi
Isla	Yocallito	Pituwayaca	
Pituwayaca negra		Surico Kati	
Yari		Saytu Choque	
Ojo azul			
Huanku sillo			
Total	25	19	5

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas del SANREM CRSP 2009.

cultivadas y su destino. En efecto, por el destino de la producción las variedades producidas pueden clasificarse en dos categorías: las de consumo y las de venta. En el caso de la variedad Waycha, por ejemplo, su producción siempre ha estado asociada a su venta. La producción de papas para la venta responde a los incentivos del mercado que demandan variedades fáciles de ser manipuladas en términos de tamaño y otras características como el color y la menor presencia de protuberancias. Por el contrario, las variedades nativas se caracterizan por ser más pequeñas, de diversos tamaños, texturas, formas, colores y sabores.

El conocimiento sobre las propiedades nutritivas de las variedades locales todavía no ha sido lo suficientemente socializado, lo que se refleja en su limitada demanda en el mercado nacional. La mayoría es transformada, durante el invierno, en productos secos como el chuño y la tunta, mediante un proceso de deshidratación, pelado y secado, que incluye su exposición a la radiación solar y su congelamiento por las noches a bajas temperaturas; así es posible almacenar la producción por períodos largos de hasta diez años. Estos productos se destinan sobre todo al consumo, pero también a la venta, ya que son también parte fundamental de la dieta cotidiana tanto de la población rural productora como de la urbana, particularmente en la zona andina del país.

El cambio climático y su posible impacto sobre la producción de papa

Sin duda, la variabilidad climática manifestada en el cambio de temperatura, incidencia de sequía, helada, granizo y otros fenómenos naturales tiene un impacto directo sobre los niveles de producción y rendimiento de las diversas variedades de papa. También hay un impacto indirecto, pues el ciclo productivo de este tubérculo resulta afectado a través de otros factores, tales como los insectos y plagas, la proliferación de enfermedades y los cambios en la composición de los suelos.

Las heladas

La ocurrencia de heladas durante la época de crecimiento del cultivo, es un factor determinante que contribuye a la reducción de la diversidad de papa nativa, que se caracteriza por tener ciclos largos de cultivo que bordean los 180 días. Los hogares que comercializan más este tubérculo, tienden a sustituir la semilla por variedades de reciente generación, cuya característica principal es la precocidad, es decir, el menor tiempo para la cosecha. Algunas requieren solo 90 días hasta su maduración, lo cual permite recolectarlas antes de las épocas tradicionales de heladas o de periodos largos sin precipitación.

Durante el invierno, y especialmente en el mes de junio, las heladas son esperadas, porque en esta época es cuando las variedades amargas de papa son transformadas en chuño y tunta. El proceso de deshidratación incluye la exposición de los tubérculos a la radiación solar durante el día y por la noche su congelamiento a bajas temperaturas. La irregularidad y menor intensidad de heladas, disminuye de forma considerable la calidad del producto obtenido al igual que su rendimiento. Esta situación afecta más a los hogares con menores ingresos, cuya estrategia ante la necesidad de liquidez está basada en la acumulación de productos secos para su transacción.

Proliferación de insectos plaga

El aumento de la temperatura promedio ocasiona un incremento en la población de insectos plaga, como pulgones o el tradicional gorgojo de los Andes. Al respecto, Garret *et al.* (2012, en este mismo libro) y Jarandilla (2010), reportaron cambios en los ciclos reproductivos de dos especímenes del gorgojo de los Andes, ocasionados por el calentamiento actual en el Altiplano. En la década de los noventa, la población de *Rhigopsidius piercei* (originaria del norte de Argentina y sur de Bolivia) habría sido del 9% contra 91% de *Premnotrypes ssp* (de la región altiplánica de Bolivia y Perú). En los últimos tres años la situación se habría invertido, con un aumento

la población del primero a 70% y una reducción de la población de origen altiplánico a 30%. Estos resultados fueron atribuidos al distinto comportamiento de ambos en su fase de desarrollo final, es decir que *Rhizoglyphus piercei* lo termina dentro del tubérculo y esto le permite escapar a las condiciones climáticas externas, mientras que *Premnotrypes* *sp* lo hace en el suelo, expuesto al clima reinante que generalmente es seco e impide su salida del refugio. Por lo tanto, existiría una alta correlación entre la precipitación y la población de gorgojos adultos.

La propagación de enfermedades

La variación climática también da lugar a cambios en las enfermedades de plantas. En el Altiplano norte se percibe mayor riesgo de pérdidas en la producción por la presencia de enfermedades. Esta región se diferencia del Altiplano central por presentar mayor humedad en el ambiente, gracias a la influencia del lago Titicaca y su orientación hacia la región del Amazonas.

El estudio de Garret *et al.* (2013, en este mismo libro) sugiere que el aumento de la temperatura y la humedad, podría favorecer el desarrollo de aparatos reproductores, en especial las de tipo moho (*oomycete*) como el tizón de la papa, y reducir así los refugios libres de enfermedad para variedades susceptibles. En este contexto, la conservación de la diversidad de papa en el Altiplano parece cada vez más difícil de lograr, considerando la escasa renovación de semilla que incrementa la vulnerabilidad de la mayoría de las variedades cultivadas.

Los suelos

Las especies y variedades a producir, dependen en gran medida del acceso y la calidad del suelo. En cada región es posible encontrar diversos tipos de suelo, desde aquellos con alto contenido de arena hasta los que se componen de más arcilla. Montavalli *et al.* (2013, en este mismo libro) prevé que el cambio climático agravará los índices de erosión y la degradación del suelo, y pondrá en riesgo

la sostenibilidad de la agricultura en la región andina, debido al aumento de la temperatura que acelera la evaporación del suelo, incrementa la frecuencia e intensidad de las sequías, reduce la cobertura vegetal y acelera la desertificación. El mismo estudio estima que alrededor del 45% de los suelos en el Altiplano se encuentra gravemente afectado por la erosión hídrica, mientras que otro 35% lo está por el viento. Estos efectos ya se sienten, en especial en el Altiplano central donde gran parte de los suelos son de textura arenosa y la intensidad de los vientos es mayor.

Por otro lado, el cambio tecnológico que se manifiesta en el uso intensivo de maquinaria agrícola e insumos químicos para la fertilización, pone en riesgo la sostenibilidad de los suelos, pues los deja sin cobertura vegetal y facilita su degradación. Callisaya (2005) demostró que la introducción de paquetes tecnológicos basados en el uso de químicos para la producción de papa, no solo provocó dependencia, sino que eliminó la población microbiológica de sus suelos e incrementó los costos de producción.

Los suelos pobres contribuyen a la reducción de la diversidad de papa nativa que, según el criterio de los productores, requieren de alto contenido de materia orgánica. Solo en las partes elevadas o menos intervenidas es posible encontrar tierra de buena calidad, por el mayor descanso que tienen. Se puede concluir, por tanto, que la constante degradación de los suelos vulnera la conservación de las variedades locales de papa, que precisan suelos más descansados y con mayor contenido de materia orgánica.

Estrategias de vida y biodiversidad

La organización económica en el Altiplano está muy lejos de ser homogénea, es decir que las familias productoras adoptan diferentes estrategias de reproducción familiar reflejadas en sus formas de vida. En las comunidades estudiadas algunas familias apuestan más por la vía agrícola y, por lo tanto, sus ingresos dependen fundamentalmente de la comercialización de productos agropecuarios. Para otros hogares, en cambio, los ingresos provenientes de la migración

temporal y las remesas pueden ser incluso más importantes. Una forma de analizar estas diferencias es a través de la identificación de las distintas “estrategias de vida” que son adoptadas por estas unidades económicas. Este enfoque (Bebbington, 2000) permite reconocer diversos patrones de diversificación económica, que pueden ser explicados en términos del acceso y uso de diferentes capitales, es decir del acceso a la tierra (capital físico), del grado de educación alcanzado por la familia (capital humano) y del acceso y uso de redes sociales (capital social), entre otros factores.⁴

La mantención de la biodiversidad es parte de lo que se denomina capital natural. En el caso de la papa, la biodiversidad presente en las actuales estrategias de vida se refleja en el portafolio de producción del tubérculo que incluye variedades recientemente introducidas como la Waycha, pero también un amplio grupo de diversidades nativas como la Sacampaya, Paly, etc. La biodiversidad mantenida en el cultivo de la papa es parte de la identidad local que históricamente ha caracterizado a las poblaciones andinas y, por lo tanto, parte también de su capital cultural.

¿Hasta qué punto el cambio climático es uno de los factores que incide en la reducción de la biodiversidad de la producción de papa en la región? ¿Qué factores explican que algunos productores mantengan un portafolio de producción de papa más diversificado que otros?

Para poder responder estas preguntas se han identificado y estudiado las estrategias de vida de 330 familias distribuidas en comunidades del Altiplano central (Municipio de Umala) y del Altiplano norte (Ancoraimes).

A fin de analizar el grado en que la biodiversidad se mantiene a través de la producción de papa, partimos del supuesto de que un factor determinante en la organización del portafolio de producción es su destino, entre el mercado (la comercialización) y el consumo familiar. Si la producción está destinada fundamentalmente la venta, se esperaría que las variedades más aceptadas, como la Waycha, constituyan una parte importante del portafolio de producción

4 Ver Flora (2013) en este mismo libro.

familiar. Si, por el contrario, la prioridad es el consumo familiar, el portafolio tendría que incluir las variedades nativas, que son las que mayormente se utilizan para la alimentación propia y para la transformación de la papa en chuño y tunta. Desde esta perspectiva, el mercado tendería a la especialización de la producción en variedades adaptadas, en desmedro de las variedades locales. La variación climática representa un factor de cambio externo que puede modificar las actuales estrategias de vida y los portafolios de producción de papa, y, por lo tanto, incidir en la conservación de la biodiversidad regional.

A través del análisis estadístico de los portafolios de producción de papa de las familias en las zonas estudiadas, se logró identificar tres diferentes estrategias de vida : (1) aquellas cuyo portafolio de producción de papa está casi exclusivamente orientado a la comercialización, (2) las que organizan su producción tanto para la comercialización como para el autoconsumo y (3) y las que tienen un portafolio dirigido casi únicamente al autoconsumo. Esta diferenciación resulta del análisis de conglomerados o *clusters*, que es una técnica estadística utilizada para identificar y diferenciar grupos con características similares en las observaciones dentro del grupo y con diferencias significativas entre grupos (ver Anexos). Los resultados para el Altiplano central y Altiplano norte, y para las zonas bajas, altas e intermedias en estos dos contextos se presentan en los cuadros 2 y 3.

En la zona baja del Altiplano central (Cuadro 2) se identificaron con claridad tres grupos de familias que fueron caracterizadas como “venta”, “autoconsumo y venta” y “autoconsumo.” El primer grupo organiza el portafolio de producción de papa orientándolo a la comercialización, el segundo lo orienta al mercado y al autoconsumo, y el tercero produce casi en exclusiva para el autoconsumo. Como se puede ver, el 35% de los productores apunta fundamentalmente a la comercialización, mientras que un 52% produce tanto para el mercado como para el autoconsumo. Solo un 13% produce casi exclusivamente para su propia alimentación. Se puede concluir, por tanto, que en la zona baja del Altiplano central la producción de papa es comercializada de manera amplia.

En la zona alta del Altiplano central los productores de papa solo pueden clasificarse en dos grupos: los que venden y además producen para el autoconsumo, y los que producen casi exclusivamente para el autoconsumo. En este caso, la gran mayoría de los productores (81%) orienta su producción hacia el autoconsumo. No se ha podido identificar un grupo de productores que se especialice en la comercialización, y el grupo de aquellos que se orientan al mercado y al autoconsumo representan la minoría (19%). Por tanto, y de forma contraria a lo observado la zona baja, en la parte alta del Altiplano central la producción está grandemente orientada hacia el autoconsumo (Cuadro 2).

En el caso de las tres zonas identificadas en el Altiplano norte (baja, intermedia y alta), los productores de papa solo pudieron ser clasificados en dos grupos: el de los que organizan el portafolio de su producción para el autoconsumo y la venta, y el que se orienta sobre todo al autoconsumo (Cuadro 3). Con excepción de la zona alta, los productores que le dan prioridad al autoconsumo representan la gran mayoría. Se concluye, por tanto, que la producción de papa en el Altiplano norte es, en esencia, para el consumo familiar.

El análisis de las estrategias de vida para los productores en ambos contextos geográficos se presenta en los cuadros 4 y 5. Los grupos de familia ya identificados han sido caracterizados en términos de sus capitales, en concreto de su capital financiero (ingresos del hogar y tenencia de tierra) y de su capital humano (escolaridad). Las estrategias de vida de las familias, tanto en el Altiplano central como en el Altiplano norte, reflejan dos importantes características. Primero, la presencia de una asociación entre mayores capitales y mayor participación en la comercialización de la papa. Específicamente, familias con mayores niveles de venta de su producción de papa son aquellas que tienen también los mayores niveles de ingresos familiares y viceversa.. Otros capitales como el humano (escolaridad) y el natural (superficie de tierra cultivada) son también más elevados en estos hogares. Por tanto, una de las más importantes conclusiones es que los mayores capitales se encuentran en aquellas familias cuyo portafolio de producción de papa se encuentra orientado al mercado.

Cuadro 2
Los hogares por destino de la producción de papa en el Altiplano central (Umala)

	Altiplano central					
	Zona baja			Zona alta		
	Venta	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Sig
Número de hogares	43	63	16	10	43	
% de hogares	35	52	13	19	81	
Papa destinada al consumo (%)	28,4	58,6	88,3	**	64,6	0,000 **
Papa destinada a la venta (%)	66,7	38,4	10,5	**	33,0	0,000 **

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1%

Cuadro 3
Los hogares por destino de la producción de papa el Altiplano norte (Ancoraimes)

	Altiplano norte					
	Zona baja		Zona intermedia		Zona alta	
	Autoconsumo y venta	Auto-consumo Sig	Autoconsumo y venta	Auto-consumo Sig	Autoconsumo y venta	Auto-consumo Sig
Número de hogares	18	39	7	33	25	25
% de hogares	32	68	18	83	50	50
Papa destinada al consumo (%)	67,6	93,6	61,2	94,4	**	63,3
Papa destinada a la venta (%)	30,1	5,8	33,5	5,4	**	35,2
					**	7,1

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1%
Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006.

Cuadro 4
Las estrategias de vida en el Altiplano central (Umala)

	Aльтиplano central: Umala					
	Zona baja: San José y San Juan			Zona alta: Vinto y Kelluiri		
	Venta	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo
% de hogares	35.2	51.6	13.1	18.9	81.1	81.1
y familiar total (Bs)	29,514.3	21,667.4	20,047.7	13,642.4	12,859.6	12,859.6
y laboral (% del y total)	11.8	15.2	16.2	18.0	31.0	31.0
y agropecuario efectivo (% del y efectivo)	84.3	84.2	74.3	77.8	60.5	60.5
Escolaridad del jefe de hogar (años)	7.3	6.5	4.9	6.6	4.4	4.4
Edad del jefe de hogar	47.8	50.2	52.9	40.5	53.8	**
Superficie total cultivada (ha)	5.3	4.1	2.6	1.5	1.6	
Migración de al menos un miembro del hogar	23%	29%	31%	20%	26%	26%

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1%

y = ingreso

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006.

Cuadro 5
Las estrategias de vida en el Altiplano norte (Ancoraimes)

	Altiplano norte: Ancoraimes					
	Zona baja: Chinchaya		Zona intermedia: Cohani y Karcapata		Zona alta: Chojiñapata y Calahuancani	
	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo
% de hogares	32	68	18	83	50	50
y familiar total (Bs)	12.481,6	9.105,4	3.085,7	2.863,7	6.915,3	5.694,5
y laboral (% del y total)	41,3	27,0	67,2	50,4	32,4	50,2 *
y agropecuario efectivo (% del y efectivo)	71,2	84,0	51,5	45,0	63,2	56,2
Escolaridad del jefe de hogar (años)	8,1	6,6	4,1	3,3	4,9	4,4
Edad del jefe de hogar	46,8	50,4	48,6	45,2	47,9	48,1
Superficie total cultivada (ha)	0,8	0,8	0,3	0,3	0,5	0,3 *
Migración de al menos un miembro del hogar	56%	28%	71%	36%	48%	16% *

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1% y = ingreso

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006.

Esta asociación no implica una relación de causa y efecto. Es decir, no se puede concluir que la mayor articulación al mercado, a través de la comercialización, está asociada a mayores niveles de ingreso, ni tampoco que son las familias de mayores ingresos las que más comercializan. La relación de dependencia entre ingresos y mayor articulación al mercado es, sin duda, mucho más compleja, y requeriría otro tipo de estudios y análisis.

Por otro lado, la mayor dependencia respecto a los ingresos laborales está también asociada a menores capitales familiares, en concreto a menores niveles de ingreso familiar. Los ingresos laborales son generados fuera de las actividades agrícolas y resultan sobre todo de la migración temporal de algunos miembros de la familia, por lo general a las ciudades de Oruro y La Paz, en busca de oportunidades de empleo. Cuanto mayor es la participación de estos ingresos en el ingreso del hogar, mayor es la dependencia de la familia a la migración y a la generación de ingresos fuera de la unidad familiar. Tanto en el Altiplano norte como en el Altiplano central, las familias más vulnerables son las que más dependen de los ingresos generados a través de la migración. Se puede concluir, por tanto, que la vía agropecuaria sigue siendo la estrategia de vida más sostenible para las familias de este estudio

En este contexto, una pregunta importante es: ¿qué estrategias de vida mantienen la biodiversidad en la producción de la papa y por qué? Para responder, se han identificado las variedades producidas en los grupos de familias caracterizados de acuerdo al destino de su portafolio de producción. Los cuadros 6 y 7 presentan una distribución de los porcentajes promedios de producción familiar de las diferentes variedades de papa reportadas para cada grupo. Como se puede ver, la variedad Waycha es, sin duda, la más producida, tanto en el Altiplano central como en el Altiplano norte, así como por las familias que orientan sus estrategias al mercado y al autoconsumo. Esta papa, que se distingue por ser introducida y por sus características (tamaño, facilidad en el manejo, color, etc.), es una de las más demandadas en el mercado nacional.

El rol de la variedad Waycha se manifiesta en la importancia que tiene en el portafolio de producción de las familias estudiadas (cuadros

5 y 7). En la zona baja del Altiplano central (cuadro 6) esta variedad constituye el 50% del portafolio de producción de los agricultores que apuestan por la comercialización. La segunda más producida (14,5%) es la papa Sani; considerada como otra variedad introducida, también muy apreciada en el mercado. La producción de Waycha predomina en el Altiplano norte (cuadro 7), donde representa entre el 57% y el 67% de lo producido por las familias que se orientan más hacia la venta. El resto del portafolio está compuesto por otras variedades, incluyendo las nativas que son producidas en muy bajos porcentajes. Este mismo patrón es observado en la zona alta, donde de nuevo aparece la Waycha como la variedad que más se produce.

Se esperaría que la producción de papas nativas sea mayor entre las familias cuyas estrategias de vida priorizan el autoconsumo. Sin embargo, la información recolectada en toda la región de estudio no confirma esta hipótesis. Más bien, parece que estos tubérculos son parte de los portafolios de producción tanto de las familias que apuestan por la venta como de las que priorizan el autoconsumo. Se pensaría también que la variedad Waycha predomina en el portafolio de producción de los agricultores enfocados al mercado. No obstante, de la información obtenida se concluye que esta variedad es preponderante tanto en los hogares que apuestan por la comercialización como en los que destinan su producción al autoconsumo, ya sea en el Altiplano norte como en el Altiplano central. La preponderancia del cultivo de papa Waycha es todavía mayor en las zonas intermedias y altas del Altiplano norte. Es decir, la variedad comercial Waycha es la más importante, aun en el caso de quienes orientan su producción casi exclusivamente al autoconsumo.

Cambios en la producción de papa y la biodiversidad a lo largo del tiempo

Para evaluar los posibles cambios a lo largo del tiempo, se han co-tejado los niveles de producción y la composición de los portafolios de producción de papa observados en el 2006, con la información recolectada en el 2009. La comparación ha puesto en evidencia dos

Cuadro 6
Portafolios de producción de papa en el Altiplano central (Umala)

Altiplano central: Umala									
Zona baja: San Jose y San Juan					Zona alta: Vinto y Kelluiri				
Venta		Autoconsumo y venta		Autoconsumo		Autoconsumo y venta		Autoconsumo	
Waycha	50.9	Waycha	40.1	Waycha	40.2	Waycha	36.2	Waycha	32.8
Sani	14.5	Sani	17.9	Sako	16.6	Sacampaya	11.4	Sacampaya	18.0
Sacampaya	8.7	Sako	10.5	Sacampaya	11.1	Imilla negra	10.3	Chunchu	9.5
Kullo	6.6	Sacampaya	7.8	Pali	10.1	Ajahuiri	7.0	Imilla negra	7.1
Papa blanca	5.6	Papa blanca	5.5	Sani	8.7	Kuli	4.6	Sako	6.1
Sako	3.4	Kullo	5.4	Kullo	4.4	Chunchu	4.2	Sani	4.8
Imilla negra	3.0	Imilla negra	3.3	Lucky	2.5	Pali	3.8	Imilla blanca	4.3
Sutamari	1.7	Pali	3.1	Desiré	2.2	Pituwayaca	3.7	Lucky	3.8
Desiré	1.5	Lucky	2.1	Pituwayaca	2.1	Sako	3.6	Wiswaraya	3.8
Lucky	1.0	Gendarme	2.0	Imilla negra	1.0	Lucky	2.9	Kuli	3.3
Pali	0.8	Pituwayaca	1.0	Papa blanca	0.7	Wiswaraya	2.6	Kullo	2.9
Imilla blanca	0.8	Desiré	0.6	Sutamari	0.3	Kullo	2.5	Ajahuiri	1.7
Pituwayaca	0.4	Sutamari	0.4	Tatito concori		Imilla blanca	2.2	Pali	0.9
Kuli	0.4	Ajahuiri	0.2			Sutamari	1.7	Sutamari	0.7
Gendarme	0.3	Kuli	0.1			Sani	1.3	Gendarme	0.2
Ajahuiri	0.3	Chunchu	0.1			Papa blanca	1.0	Pituwayaca	0.2

Altiplano central: Umala							
Zona baja: San Jose y San Juan			Zona alta: Vinto y Kelluiri				
Venta	Autoconsumo y venta		Autoconsumo		Autoconsumo y venta		Autoconsumo
	Chunchu	0.1	Sajama			Gendarme	
Kamba		Wayco			Isla	0.4	Chucururu
Polonia							Ticoma
Toralapa							Tunari
Wayco							
Yari blanca							
Total %	100.00		100.00	100.00		100.0	100.00
Total @	33,316.0		29,894.0	4,712.0		2,698.0	9,296.0
Total (qq=4@)	8,329.0		7,473.5	1,178.0		674.5	2,324.0

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006.

Cuadro 7
Portafolios de producción de papa en el Altiplano norte (Ancoraimes)

Altiplano norte: Ancoraimes											
Zona baja: Chinchaya			Zona intermedia: Cohani y Karcapata			Zona alta: Chojñapata y Calahuancani					
Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo	Autoconsumo y venta	Autoconsumo
Waycha	67.0	Waycha	63.3	Waycha	74.0	Waycha	76.8	Waycha	57.0	Waycha	55.1
Imilla negra	17.4	Imilla negra	25.4	Imilla negra	26.0	Imilla negra	16.0	Imilla negra	30.4	Imilla negra	19.8
Sani	9.0	Lucky	3.9			Sani	2.7	Lucky	5.1	Lucky	14.5
Lucky	4.1	Sani	3.3			Wila imilla	1.2	Sani	3.3	Sani	8.3
Isla	1.8	Papa blanca	2.4			Pitwayyaca	0.8	Pitwayyaca	2.0	Imilla blanca	1.7
Imilla blanca	0.7	Isla	0.8			Lucky	0.6	Ajahuri	1.1	Wila imilla	0.6
		Wila imilla	0.7			Ajahuri	0.6	Isla	1.0	Chojillo keni	
		Imilla blanca	0.2			Pali	0.5	Surico		Palma	
		Rosa				Isla	0.5	Wisilulu		Wisilulu surimana	
						Sacampaya	0.4	Churupaya			
						Alambre		Pinula			
						Taraco		Suliman k'heni			
Total %	100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00
Total @	1,405.0		2,018.0		235.0		1,056.0		2,511.0		1,156.0
Total (qq=4@)	351.25		504.5		58.75		264		627.75		289

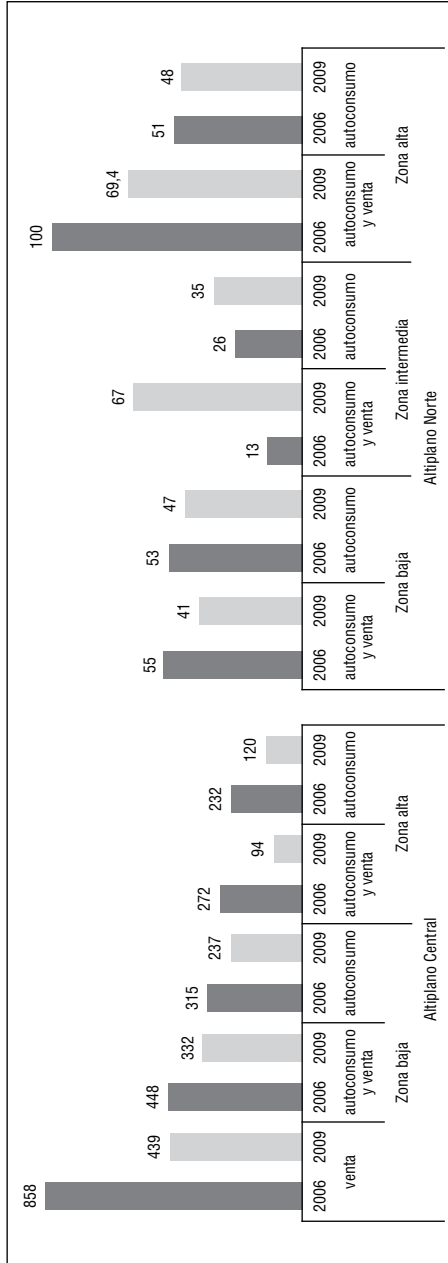
Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006.

cambios significativos. En primer lugar, se observa una reducción en los niveles de producción de papa en todos los contextos estudiados y en todos los grupos de productores identificados (Cuadro 8). En segundo lugar, las estrategias de organización de la producción, es decir los portafolios de producción de la papa, también están cambiando (Cuadro 9) y en el 2009 hubo más hogares que priorizaban el autoconsumo frente a los que la comercializan.

¿Qué se puede concluir de estas observaciones? Es importante notar que los cambios observados han ocurrido en un período de tiempo relativamente corto (cuatro años), de tal modo que no pueden generalizarse como una tendencia de largo plazo. La información recolectada no permite identificar los factores que han causado estos cambios, por lo que tampoco se puede afirmar que pueden estar directamente asociados a la variabilidad o cambio climático. Sin embargo, y exclusivamente para el período de tiempo analizado, estas modificaciones reflejan que la prioridad de las familias al decidir el destino de su producción es el autoconsumo. Es decir, a menores volúmenes de papa cosechada, mayor la necesidad de los hogares de asegurar su autoconsumo y, por lo tanto, la alimentación familiar, aun a costa de reducir su participación en los mercados a través de la comercialización. Sin duda, esta observación confirma una característica asociada a la organización económica de las familias campesinas: la primacía de la subsistencia familiar a través de la producción para el autoconsumo.

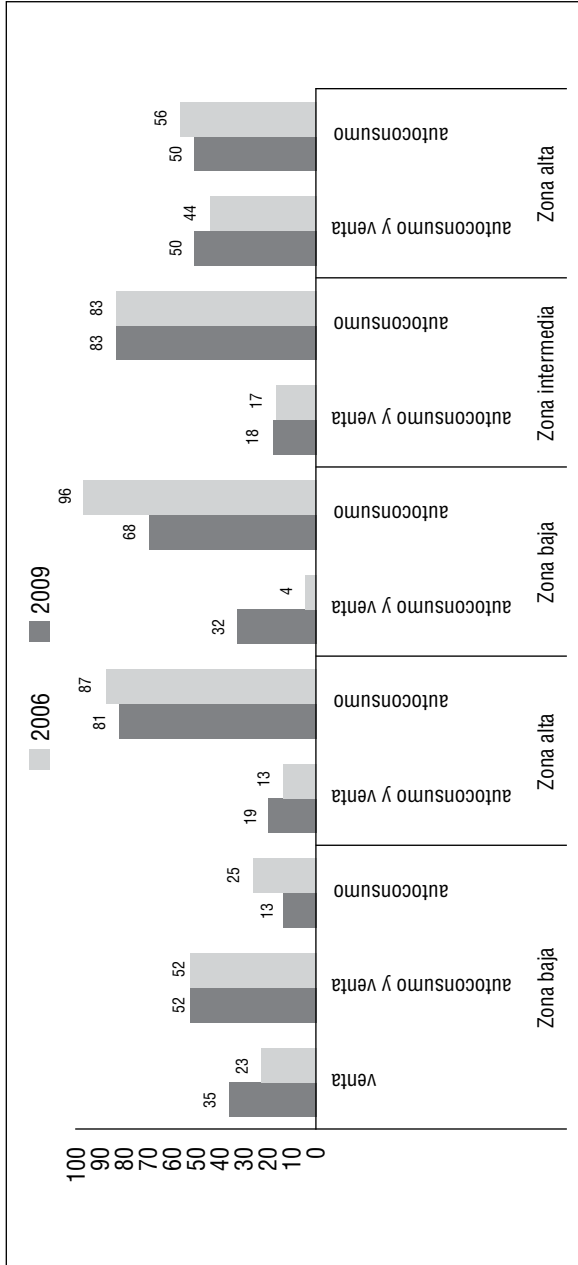
Frente a una reducción en los niveles de producción y una priorización del autoconsumo, ¿se puede esperar que el portafolio de variedades de papa cambie? Para responder a esta pregunta se ha estimado y comparado los niveles de papas producidos en ambos períodos, así como el índice de diversificación de este cultivo en las dos zonas de estudio. Los resultados (cuadros 10 y 11) muestran que, con relación al 2006, en el 2009 ha disminuido la producción de variedades de papa en el Altiplano central y en el Altiplano norte. Es decir, en un contexto de menores niveles de producción, los agricultores tienden a concentrarse en variedades comerciales como la Waycha, la Sani y la Imilla Negra, y no tanto en las nativas; en general, se observa que reducen la diversidad del portafolio de producción.

Cuadro 8
La reducción en los niveles de producción de papa (2006-2009)



Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006 y 2009.

Cuadro 9
Los cambios en el destino de la producción de papa (2006-2009)



Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006 y 2009.

Cuadro 10
Cambios en la biodiversidad de la papa en el Altiplano central (2006-2009)

	Zona baja: San José y San Juan						Zona alta: Vinto y Kelluiri								
	N=32 Venta		N=51 Autoconsumo y venta		N=11 Autoconsumo		N=8 Autoconsumo y venta		N=36 Autoconsumo						
	media	dif.	media	dif.	media	dif.	media	dif.	media	dif.					
Nº de cultivos	2006	2.8	0.7	**	2.8	0.5	**	2.8	0.9	*	2.8	0.0	2.7	-0.3	
	2009	2.1			2.3			1.9			2.8		3.0		
Nº de variedades	2006	3.8	1.1	**	3.7	0.6	*	3.4	0.8		4.7	1.5	*	4.0	0.0
	2009	2.7			3.1			2.6			3.2		4.0		
ID por variedades de papa	2006	2.7	-0.1		2.9	0.0		2.5	-0.6		4.0	1.0	3.2	-0.4	
	2009	2.8			2.9			3.2			3.0		3.6		
ID por cultivos	2006	1.8	0.2		1.9	0.2	**	1.7	-0.1		1.6	-0.5	*	1.8	-0.1
	2009	1.6			1.6			1.8			2.1		1.9		

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1%

ID=Índice de diversificación

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SAMREM 2006 y 2009.

Cuadro 11
Cambios en la biodiversidad de la papa en el Altiplano norte (2006-2009)

	Zona baja: Chinchaya				Zona intermedia: Cohani y Karcapata				Zona alta: Chojñapata y Calahuancani				
	N=16 Autoconsumo y venta		N=35 Autoconsumo		N=3 Autoconsumo y venta		N=18 Autoconsumo		N=17 Autoconsumo y venta		N=19 Autoconsumo		
	media	dif.	media	dif.	media	dif.	media	dif.	media	dif.	media	dif.	
Nº de cultivos	2006	5.7	1.1	5.9	0.7	4.3	2.9 *	4.1	2.7 **	4.4	1.8 **	3.7	1.6 **
	2009	4.7		5.2		1.4		1.4		2.6		2.1	
Nº de variedades	2006	2.2	0.9 *	1.7	0.0	1.4	0.7	1.8	0.9 **	2.6	0.9 *	2.6	1.2 **
	2009	1.3		1.7		0.7		0.8		1.8		1.4	
ID por variedades de papa	2006	1.8	0.4	1.5	-0.2	1.0	-0.6	1.5	0.1	2.0	0.0	1.9	0.3
	2009	1.4		1.7		1.6		1.4		2.0		1.6	
ID por cultivos	2006	2.0	-0.8 **	2.2	-0.6 *	2.8	0.8	2.8	1.1 **	2.4	-0.1	2.7	0.6 *
	2009	2.8		2.8		2.0		1.7		2.4		2.1	

* Dif. significativas al 5%; ** Dif. significativas al 1%

ID=Índice de diversificación

Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta de Hogares SANREM 2006 y 2009.

La comparación entre las variedades producidas en ambos períodos de estudio, demuestra que efectivamente, tanto en el Altiplano norte como en el central, se han incrementado los volúmenes de las variedades de papa con mayor demanda en el mercado, mientras que, al mismo tiempo, se produce menos de las variedades nativas o locales, aquellas que también se destinan a la transformación. Esto último es más evidente en el Altiplano central, región caracterizada como de mayor comercialización.

La reducción del número de variedades en el portafolio de producción de la papa, puede ser medida a través del índice de diversificación.

Conclusiones

¿Puede el cambio climático estar influyendo en la conservación de la biodiversidad en el Altiplano boliviano? Este ensayo ha explorado esta pregunta, a partir de la organización de portafolios de producción de papa de familias productoras de este tubérculo en el Altiplano norte y central del Departamento de La Paz. Los agricultores de estas zonas abastecen del tubérculo y de sus derivados (chuño y tunta) a los mercados locales, sobre todo a la población de la ciudad de La Paz. La biodiversidad de esta región se refleja, entre otros factores, en la diversidad de papas nativas, que históricamente ha sido parte de las estrategias de vida de su población y que siguen integrando los portafolios de producción de los cultivadores locales.

Sin duda, y como lo muestran los artículos de este libro, el cambio climático está presente en esta zona y con posibles significativos impactos sobre la organización económica y social de estas poblaciones. Una evaluación de los impactos requiere un seguimiento de las estrategias de vida de los productores, lo que solo puede lograrse a través de estudios de largo plazo y a lo largo del tiempo. El presente estudio logró hacer un seguimiento, entre el 2006 y el 2009, a 330 productores que habitan el área de estudio. Los hallazgos se pueden resumir en tres grandes observaciones.

Primero, las actuales estrategias de vida y la organización de los portafolios de producción de papa priorizan la producción de dos variedades introducidas o comerciales (Waycha y Sani Imilla) en desmedro de la producción de las más de 30 nativas que han sido identificadas en la zona. Así, mientras la producción de variedades locales en promedio alcanza entre un 10% y 15% del portafolio total de producción de papa, la Waycha, que es una de las más demandadas en el mercado, representa entre un 55% y 70%; por lo cual se ha convertido en la variedad más importante del portafolio de producción.

Segundo, y contrariamente a lo que se esperaría, la producción de variedades comerciales, y en especial la predominancia de la variedad Waycha, está presente no solo en familias que priorizan la producción para la comercialización sino también entre las que producen fundamentalmente para el autoconsumo. Es decir, a la inversa de lo que se podría pensar, el cultivo de variedades introducidas parece ser la mejor opción, incluso para los hogares que orientan su producción al autoconsumo de manera casi exclusiva. Esto contradice el supuesto generalizado de que la producción de papas nativas está orientada sobre todo al autoconsumo y que la pérdida de diversidad es resultado de los incentivos del mercado, que subestima las propiedades de las papas nativas (pequeñas, de diversos colores y distintos sabores) y favorece la demanda de variedades introducidas, como la Waycha.

Tercero, frente a una reducción de los niveles de producción, los agricultores priorizan el autoconsumo frente a la comercialización y, al hacerlo, le dan también prioridad al cultivo de variedades introducidas en desmedro de la amplia variedad de papas locales. Por lo tanto, en un contexto de vulnerabilidad y reducción de los rendimientos de la producción, los productores de papa del Altiplano norte y central tienden a disminuir las posibilidades de mantener la biodiversidad en el cultivo de este tubérculo.

La reducción de los niveles de producción es particularmente preocupante, porque se pudo identificar también un incremento de la superficie de tierra cultivada; entonces, lo que se tiene, en realidad, es una disminución de los rendimientos promedio de

este cultivo en el período analizado. El alcance del estudio no puede identificar las causas de esta reducción; pero, sin duda, es el resultado de varios factores, incluidos los posibles impactos de la variabilidad y el cambio climático, asociados a las variaciones de temperatura y frecuencia de heladas, así como a los posibles impactos derivados de las transformaciones de plagas y enfermedades, y del manejo de los suelos. La caída en los niveles de producción de papa se identificó solo a lo largo de tres años (2006-2009), por lo que tampoco se puede concluir si responde a un cambio cíclico o es más bien una tendencia de largo plazo.

Lo importante es notar que en un contexto de vulnerabilidad económica, que deviene de varios factores incluyendo la variabilidad y el cambio climático, los resultados de este estudio muestran una tendencia a la pérdida de la biodiversidad regional, reflejada en la concentración del portafolio de producción de papa en dos o tres variedades introducidas y la reducción del amplio espectro de las nativas, que históricamente forman parte no solo de las estrategias de vida sino de la identidad de la población de esta región del Altiplano boliviano.

El cambio climático es, sin duda, parte de un conjunto de factores sociales y económicos, que están influyendo en la organización de los recursos y de la producción de las familias en esta región del Altiplano andino. La relativamente reciente institucionalización de la migración temporal a centros urbanos, en busca de trabajos temporales asalariados, tiene como implicación inmediata la ausencia de varios miembros de la familia y, por lo tanto, la escasez periódica de mano de obra para las labores agrícolas. Las recientes transformaciones sociales y políticas del país, se manifiestan también en la mayor participación de estas poblaciones en instancias organizadas de acción colectiva y en la necesidad de estar en mayor contacto con los centros urbanos, donde históricamente se ha concentrado el poder político. En general, estas alteraciones implican también un cambio de perspectivas y de proyectos cuyos impactos seguramente se podrán materializar en el largo plazo. Las comunidades se encuentran cada vez más cerca de los mercados regionales y de la influencia de

la producción de mercados internacionales, que definitivamente impactan sobre la demanda y oferta de la producción local. Este es el caso de la producción de papa del Perú, que de forma periódica ingresa a los mercados bolivianos y afecta de manera significativa las condiciones de la oferta y demanda local.

En este contexto ¿cómo se explica la concentración de variedades introducidas o de mercado en los portafolios de producción de papa? La preferencia del cultivo de la Waycha, por ejemplo, responde no solo a los incentivos del mercado sino a un amplio conjunto de factores, incluidas la variabilidad y el cambio climático, que determinan la organización de la economía del hogar y del portafolio familiar de producción de papas. La variedad Waycha no es solo una de las más demandadas, es también una variedad que “no escoge suelos”,⁵ es decir que se puede desarrollar tanto en tierras arcillosas como en arenosas, y tiene un ciclo de crecimiento relativamente más corto, por lo que puede evadir mejor el posible riesgo de heladas. Por otro lado, el crecimiento de los tubérculos tiende a concentrarse alrededor de la raíz central, de manera que la cosecha implica menor tiempo y menos uso mano de obra. La predilección por esta papa puede entonces ser explicada en un contexto de cambios globales, donde, además de las variaciones del clima, incide también la migración temporal y la necesidad de integración de las poblaciones rurales con los centros urbanos del país. Para poca fortuna, los factores que hacen que esta variedad sea la preferida no son necesariamente sostenibles, y, además de incidir en una reducción de la biodiversidad local, podrían también impactar en la sostenibilidad de las actuales estrategias de vida locales.

5 En palabras de un productor local.

Bibliografía

- Ames Mercedes; Cinthya Zorrilla, René Gómez, Ana Panta, Cecilia Ynouye, Daniel Andrade, William Roca
2008 *Análisis de la Diversidad Genética de Papas Nativas Andinas por medio de Marcadores Moleculares*. Presentación proyecto “Reducción de la pobreza en los altos Andes, a través de la producción, transformación y comercialización de productos agropecuarios”. Centro Internacional de la Papa.
- Bebbington, Antony
2000 *Capitals and capabilities: A Framework for analyzing Peasant Viability, rural Livelihoods and Poverty*. World Development. 27 (12):2021-2044.
- Callisaya, Rubén
2005 *Influencia social, económica y medio ambiental del uso de fertilizantes químicos en la producción de tubérculos-semilla de papa en la comunidad Tambo*. Tesis de Maestría para optar al título de Magíster Scientae en Ciencias del Desarrollo. CIDES-UMSA. La Paz, Bolivia.
- Garrett, Karen, Forbes, G.; Gomez, L.; Gonzales, Miguel;
Gray, M. Skelsey, P. y Sparks, A
2013 *Cambio climático, enfermedades de las plantas e insectos plaga*. En Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano. Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES-UMSA). La Paz, Bolivia.
- García, Willman y Cadima, Ximena
2003 *Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos*. En Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- Jarandilla, Claudia
2010 *Estudio de la dinámica poblacional de especímenes del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* sp y *Rhigopsidius piercei*) en el Altiplano central – Provincia Aroma*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras

2009 Información Agropecuaria, 2009. Resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008. Unidad de información, estudios y políticas de desarrollo rural sostenible.

Mamani, Milán

2009 *Caracterización y evaluación de la diversidad de papas nativas en el Municipio de Umala del Departamento de La Paz*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Motavalli, Peter; Aguilera, Javier; Blanco-Canqui, H.;

Valdivia, Corinne; Seth, Angi y García, Magalí

2013 *Los suelos y el cambio climático: consecuencias y potencial de adaptación en el Altiplano andino*. En Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano. Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES-UMSA). La Paz, Bolivia.

Romero, Alejandro

2011a *Estrategias de vida y diversidad de papa en comunidades del Altiplano de La Paz*. En Proyecto SANREM-CRSP Bolivia. Compendio 2006-2009. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Romero, Alejandro

2011b *Vulnerabilidad y conservación de la diversidad de papa en el Altiplano de La Paz: un estudio de caso en los municipios de Ancoraimes y Umala*. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES-UMSA). La Paz, Bolivia.

Seth, Angi; Thibeault, J. y García, Magalí

2009 *CMIP3 projected changes in the annual cycle of precipitation in the Altiplano*. Geophys. Res. Let. En revisión.

Seth Angi, Thibeault J. y Valdivia Corinne

2008 *Altiplano Climate, Making Sence of 21 st centuri Scenarios*. Ponencia presentada en Climate Change Workshop, 29-30 de abril de 2008. Perú.

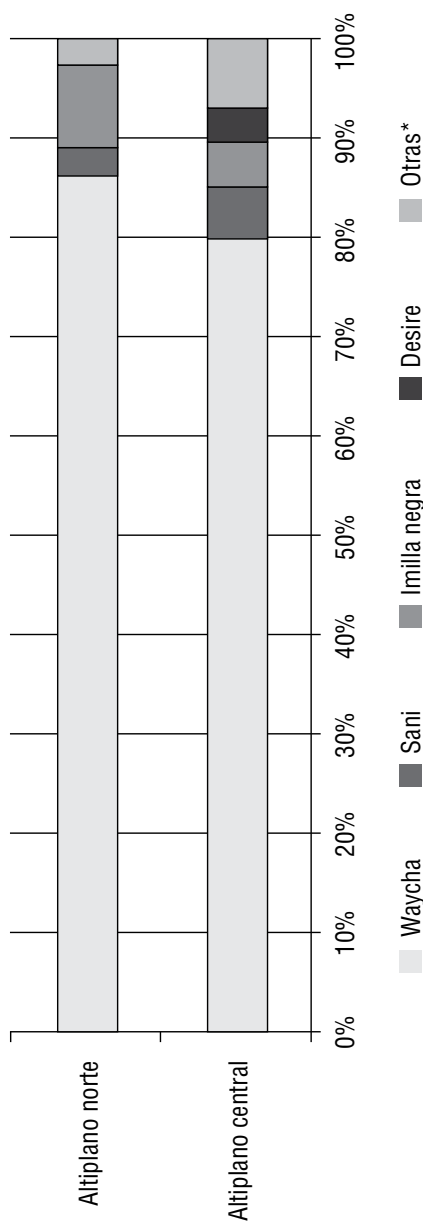
Tapia, Nelson y Jallaza, Wilfredo.

2008 *Conservación in-situ de la biodiversidad de papas nativas y su importancia en la transformación en chuño en tres comunidades*

- de ayllu Majasaya Mujlli*. Provincia Tapacarí, Departamento de Cochabamba. Revista de Agricultura N° 43.
- Terrazas, Franz; Cadima, Ximena; García, Richard y Zeballos, José (eds. Meruvia, Ángela y Cabrera, Samantha)
2008 *Catálogo Etnobotánico de papas nativas, Tradición y cultura de los ayllus del Norte de Potosí, y Oruro*. Cochabamba, Bolivia. Poligrafiado.
- Thomas, Pliska (comp.)
2008 *La papa y el cambio climático*. En InfoResources Focus, N° 1/08. Suiza.
- Thibeault, J.; Seth, Angi y García, Magalí
2009 *Changing climate in the Altiplano: CMIP3 projections for extremes of temperature and precipitation*. J. Geophys. Res.
- Valdivia, Corinne; Jiménez, Elizabeth y Romero, Alejandro
2007 *El impacto de los cambios climáticos y de mercado en comunidades campesinas del Altiplano de La Paz*. En Umbrales, Revista del Postgrado en Ciencias del Desarrollo N° 16. La Paz, Bolivia.
- Zeballos, Hernán; Valderrama, Felipe; Condori, Bruno; Blajos, Jorge
2009 *Economía de la papa en Bolivia (1998-2007)*. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Anexo 1

Variedades de mayor demanda por los consumidores, según orden de importancia (2009)



* Otras incluyen: Sacampaya, Kuli, Gendarme, Lucki, Chunchu, Pituwayaca, Wila Imilla, Sutamari, Imilla Blanca, Wiswaraya, Ajahuiri, Pali, Alfa Holandesa, Sako, Khullo, Yari, Sani Negra, Alfa Roja y Kheni.

Factores de pérdida de los conocimientos sobre el uso de los indicadores locales en comunidades del Altiplano norte y central

Jere L. Gilles, Edwin Yucra, Magalí García, Rogelio Quispe, Gladys Yana, Héctor Fernández

Introducción

En los últimos años se ha manifestado un fuerte interés en la recuperación de los conocimientos locales de agricultores indígenas de los Andes, que se mantienen en muchas zonas y que son utilizados para pronosticar el clima anual y, de esta forma, planificar y manejar los riesgos climáticos que influyen en su producción (Claverías, 2000; FAO, 2010; Orlove *et al.* 2000, 2002; UNAPA, 2005). Los estudios se enfocan en el uso, evaluación y valoración de los indicadores, pero el desuso y la pérdida de ellos podrían estar minando la riqueza cognitiva de la relación entre el agricultor y su medio, lo cual aún no se ha evaluado. Se reporta así, que al mismo tiempo en que muchas organizaciones promueven procesos de recuperación de estas prácticas, en las comunidades hay tendencia a dejar de usar y perder estos conocimientos (Valdivia *et al.*, 2010). Por ello, este estudio intenta examinar cuáles son los factores de mayor influencia en la pérdida de saberes sobre el uso de indicadores locales para pronosticar el clima, con el fin de contribuir con conocimientos que permitan reducir esta pérdida.

Contexto

En los Andes bolivianos, desde generaciones remotas, los indicadores climáticos locales han cumplido un rol importante en la seguridad alimentaria, por la posibilidad que brindan de pronosticar el comportamiento del clima con cierto nivel de certidumbre y confianza (Kessel & Enriquez, 2002), sobre todo cuando se trata de la papa, principal cultivo en la región andina. En la última década, se han incrementado los esfuerzos para recuperar estos conocimientos, pues podrían fortalecer la planificación agrícola del país (Chilón, 2011), incluso con el apoyo de la nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.

En ese contexto, el presente trabajo fue realizado en dos zonas del Altiplano boliviano: en el Municipio de Umala en el Altiplano central y en el Municipio de Ancoraimes en el Altiplano norte, en cuatro comunidades de cada localidad.

Los indicadores locales se utilizan para pronosticar el tiempo en el corto y mediano plazo, de acuerdo a su manifestación en respuesta al ambiente, meses antes de iniciarse la campaña agrícola. Las comunidades utilizan lo observado, para pronosticar el comportamiento de las precipitaciones, las mejores épocas y lugares para la siembra, la cantidad probable de producción y los eventos extremos como heladas y granizo, entre otros (Yucra, García, & Gilles, 2007). Entre los indicadores más empleados están los zooindicadores, como el zorro (*Pseudalopex culpaeus*), lik'ilik'i (Ave - *Vanellus andina*), sapo (*Bufo bufo*), y wallata (ave - *Chlophaga melanoptera*); los fitoindicadores que incluyen plantas como al sankayu (*Lobiviaca espietosa* f. *Porpus*), phuskalla (*Opuntia boliviana* Salm - Dick), t'hola (*Parastrephiale pidophylla*) y k'oa (*Clinopodium bolivianum*); también están los indicadores astronómicos, como ser el q'utu (Ppléeyades), arado, ururi (Marte), constelación Cruz del Sur y la Luna, y los indicadores atmosféricos, como los vientos, nubes, arcoiris y heladas. Muchas de estas observaciones se realizan por tradición durante los días festivos, como San Juan (24 de junio), y los primeros tres días del mes de agosto (Yucra, 2005).

Metodología

Al iniciar la investigación se recolectó información sobre la línea base de las comunidades. Luego, se aplicaron tres herramientas adicionales:

1. Una encuesta aplicada en 2006 a una muestra representativa de los habitantes de las comunidades en los municipios de Umala (181 jefes/as de hogar) y Ancoraimes (149 jefes/as de hogar), con el fin de determinar las características de las familias que mantienen el uso de indicadores naturales de predicción. En este caso se aplicó la técnica de regresión logística bivariante, cuya variable independiente fue una pregunta categórica: usa o no indicadores. En el estudio se incluyeron dos modelos de análisis. El primero con variables demográficas de la familia, como el municipio donde viven, la edad, nivel de educación, género e ingresos adicionales del jefe/a de familia, la mano de obra disponible, área cultivada, ingresos familiares, distancia al mercado y el número de ovejas y vacas. El segundo modelo incluye preguntas sobre cinco prácticas agrícolas: uso de tractor y fertilizantes químicos, uso del riego, uso de estiércol, y número de variedades de papa sembradas.
2. Se aplicó una segunda encuesta a 105 jefes/as de hogar que participaron en talleres mensuales sobre indicadores en los dos municipios. Los talleres se realizaron entre enero del 2011 y abril del 2012, y se concentraron en el uso y manejo de indicadores climáticos. El estudio fue diseñado con el objetivo de tratar de identificar los factores posibles que inciden en la pérdida de indicadores, tales como los sociales, económicos y ambientales. Además, se trataba de establecer, ante todo, el conocimiento local en el uso de indicadores naturales, el grado de confiabilidad de los indicadores, cómo se obtuvo el conocimiento y si se lo difunde. Los resultados obtenidos fueron discutidos en los consecuentes talleres, para consensuar las discrepancias

que surgieron al respecto. Es importante mencionar que los participantes del taller, no constituyen una muestra aleatoria de la población de cada comunidad involucrada en el estudio, sino un grupo de personas con deseos de aprender e intercambiar criterios sobre estos temas, gente que recibió capacitación en el uso y manejo de indicadores, o familias que fortalecieron sus saberes. Este grupo reflexionó sobre el uso de indicadores durante un periodo de más de un año y sus integrantes se convirtieron en gente muy versada en el tema.

3. Entrevistas semiestructuradas realizadas a 60 informantes clave de los dos municipios, entre enero del 2011 y marzo del 2012. Los informantes identificados son personas reconocidas en la comunidad como los mejores productores o comercializadores de productos. La entrevista consistía en establecer su grado de conocimiento sobre indicadores, su nivel de planificación de acuerdo a sus recursos y su capacidad de recurrir a varios indicadores para tomar decisiones. También se les consultó sobre la existencia o confianza en otro informante clave, como referencia para generar su pronóstico, para poder establecer la red de conocimientos y manejo de los indicadores, y cómo esto podría ser otro factor para la pérdida de los conocimientos sobre los indicadores. Los resultados fueron utilizados para complementar la información obtenida de las dos encuestas.

Resultados

El Cuadro 1 presenta la información demográfica de base de las comunidades estudiadas en Umala y Ancoraimes, obtenida de Valdivia *et al.*, (2010). Es apreciable el minifundio que prevalece en Ancoraimes respecto a Umala, lo cual tiene relación con el ingreso de las familias de ambas zonas.

Cuadro 1
Estadísticas descriptivas promedio de los jefes/as de hogar
de la línea de base en Umala y Ancoraimes en 2006

Promedios variables continuas	Descripción	Umala	Ancoraimes
Edad	Años	49,8	47,6
Educación	(Según Apéndice 1)	1,3	1,1
Mano de obra disponible	(Según Apéndice 1)	2,7	2,8
Área cultivada	Hectáreas	8,8	1,5
Ingresos	Bolivianos	20,517	6,823
Distancia al mercado	Horas de viaje	1,0	2,3
Ovinos	Número de cabezas	24,7	18,1
Vacas	Número de cabezas	5,3	2,7
Varietades de papas	Número de variedades	3,8	2,1
Porcentajes variables categóricas			
Género jefe/a hogar	Porcentaje de jefes varones	81%	77%
Otros empleos	% de jefes de hogar que tienen otros ingresos	38%	36%
Tractor	Porcentaje que usa	73%	37%
Irrigación	Porcentaje de práctica	8%	26%
Abonos químicos	Porcentaje que aplica	55%	37%
Estiércol	Porcentaje que aplica	43%	97%
Indicadores locales	Porcentaje que considera que se disminuyó su uso	37%	4%

Fuente: Valdivia *et al.*, 2010.

Resultados de la encuesta a jefes de hogar

Los resultados del primer modelo indican que hay pocas variables demográficas vinculadas al uso de los indicadores (Cuadro 2). Hay menos uso de indicadores en Ancoraimes, pero no hay una relación entre la edad de un productor y el uso de indicadores. Las personas que accedieron a la educación primaria y algo de secundaria, tienden a emplear menos los indicadores, que los sin educación primaria. Por otro lado, no existe ninguna relación entre el uso de indicadores y las personas que culminaron sus estudios secundarios.

Cuadro 2
Resultados de la regresión logística bivariable de la encuesta aplicada a los hogares de las comunidades involucradas

Variable	Modelo 1	Modelo 2
Municipio	-4,037***	-3,825***
Edad	,019	,022
Educación 1	1,522*	-1,637*
Educación 2	-1,611	-1,952*
Educación 3	-1,435	-1,345
Mano de obra disp.	,321*	,294*
Área cultivable	,025	-,012
Área cultivada	-,003	-,002
Ingresos totales	,052	,054
Ingresos	,000	-,001
Distancia mercado	-,199	,022
Género	,205	,182
Número ovinos	,002	,000
Número bovinos	,011	,036
Otras actividades	-,187	-,249
Tractor		,977
Riego		-,435
Fertilizante químico		,016
Estiércol		1,129*
Variedades de papa		,298*
Constante	-2,020	-3,946**

Fuente: Elaboración propia.

Variable dependiente = uso de indicadores

Coefficiente de determinación Cox/Snell .265 .292

Coefficiente de determinación Nagelkerke .413 .496

*p< .05 **p<.01 ***p<.001

Además de la educación y el municipio, la única variable que tuvo una relación significativa con el uso de indicadores, en el Modelo 1, fue la cantidad de mano de obra disponible para una familia, es decir que los hogares con mayor disponibilidad de mano de obra, tienden a utilizar los indicadores en mayor proporción.

Los resultados del Modelo 2 fueron muy parecidos a los obtenidos con el Modelo 1. Las relaciones entre el municipio, el nivel

de educación y la disponibilidad de mano de obra se mantuvieron, pero hubo una relación positiva entre el uso de indicadores, el uso de estiércol y el número de variedades de papa cultivada.

Resultados de las encuestas aplicadas a los participantes de los talleres

En ambas regiones, los participantes de los talleres manifestaron que han percibido pérdida del uso de los indicadores en sus comunidades, pero el porcentaje es mayor en Ancoraimes (95%) que en Umala, (66,7%), respectivamente. Estos resultados coinciden con los análisis de Gilles y Valdivia (2009) y Valdivia *et al.* (2010), sobre una disminución del porcentaje de personas que utilizan los indicadores locales en comunidades del Altiplano central, desde 96% en 2000 hasta sólo el 37% en 2006.

Cuadro 3
Porcentaje de participantes que identificaron cada factor, dentro de su percepción, que ha contribuido a la pérdida de indicadores

Ancoraimes		Umala	
Migración	56.7%	Desinterés	26,7%
Desinterés	33.3%	Mecanización	22%
Acceso a terreno	13.3%	Variabilidad climática	20,2%
Minifundio	11.7%	Extensión parcelas	15,6%
Variabilidad climática	8,3%	Vocación ganadera	8,7%
Variabilidad pronostico.	5%	Migración	6,7%
Olvido	5%	Variabilidad pronostico	6,7%

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en grupos focales (2011).

El Cuadro 3 muestra que los factores más identificados en Ancoraimes para la reducción del uso de los indicadores fueron: migración (56,7%), desinterés (33,3%), terreno difícil de acceder (13,3%) y minifundio (11,7%). En Umala, en cambio, se identifica el desinterés con 26,7% como el factor más fuerte,

seguido de la mecanización (22%), variabilidad climática (20,2%) y extensión de las parcelas (15,6%). A pesar de estos números, durante los talleres también se percibió que los participantes no tenían una clara explicación sobre el porqué de la pérdida de los indicadores.

Migración

Según los entrevistados en Ancoraimes, la migración es el factor principal que explica la pérdida en el uso de indicadores. Según MM (21 años) este *“...es un problema para la transmisión de conocimiento, ya que los jóvenes, cuándo regresan a la comunidad, ya no se acuerdan de algunas costumbres que aprendieron de sus padres y sólo siembran papa por necesidad...”*. NQ (29 años) no maneja los indicadores naturales *“...porque no he aprendido, debido a que me fui a los Yungas; recién estoy volviendo a vivir en esta comunidad...”*.

De acuerdo a los productores, la migración está impulsada tanto por las oportunidades fuera de la comunidad como por la falta de oportunidades dentro de ella. Se tiene por ejemplo el testimonio de CM (42 años): *“...hemos visto que a nuestros hijos ya no les interesa quedarse en la comunidad, debido a la parcelación continua de la superficie cultivable. La migración se da en busca de mejores oportunidades y se va olvidando los conocimientos locales...”*. En este caso se aprecia que la parcelación y el minifundio están vistos como factores que influyen en la decisión de migrar y no así como factores independientes que influyen en la pérdida de conocimientos.

En Umala la migración no se identifica como el factor más importante para la pérdida del uso de indicadores, porque se cuenta con mayores extensiones de terreno disponible y también por las oportunidades que representa la lechería. Sin embargo, aunque en menor grado, también aparece como un factor: *“...la migración de los jóvenes afecta al uso de indicadores naturales, porque ellos se van a la ciudad y vuelven de mucho tiempo, y no practican ya su uso....”* (RM, 21 años).

Desinterés

El factor identificado como más importante para explicar la pérdida del uso de indicadores en Umala fue el desinterés (26,7%), mientras que en Ancoraimes este fue el segundo más mencionado (33,3%). Al referirse a este factor, los entrevistados se inclinaron por describir la actitud de la gente que no utiliza los indicadores, antes que a justificar la disminución de su uso. Este factor puede ocurrir como resultado del rechazo de conocimientos y costumbres ancestrales: “...con relación a la transmisión de los conocimientos, los hijos de hoy son diferentes, la educación es de muy bajo nivel, se va perdiendo el saludo y respeto a las personas mayores, se visten diferente, escuchan músicas diferentes de otros países; existe una erosión cultural y es difícil que mantengan nuestras costumbres...” (FH, 75 años); “...la mayoría de los jóvenes no maneja estos indicadores, porque se ha incorporado la ciencia y tecnología en los jóvenes” (GQ, 28 años). También se ha identificado el rechazo del uso de indicadores por razones religiosas: “...Yo no entiendo eso del uso de los indicadores naturales, porque no creo sobre la expresión de los indicadores, solo me guió por mi fe en Dios y me va bien, pero la gente no entiende; es el mejor indicador que podemos tener; porque yo soy cristiana...” (FM, 32 años).

Mecanización

En Umala, el 22% de las personas encuestadas creen que la mecanización de la producción es un factor de importancia para la reducción del uso de los indicadores. Además añaden la preferencia por tecnologías modernas, es decir que la introducción del tractor ha cambiado los criterios utilizados para escoger el momento de sembrar. Esto es más importante en Umala, porque las extensiones de terreno son grandes y el 73% de los productores utilizan maquinaria pesada. El 47% dice que la época de la siembra se decide por costumbre y el 42% por dinero. Con el uso de fertilizantes químicos y el tractor, los productores deben acumular un capital para pagar el abono y los costos de roturación. Por ejemplo, ES (75 años) menciona que: “...actualmente el sistema de siembra ha

cambiado, porque toman decisión quedando en acuerdo en reunión de la comunidad cuando hay disponibilidad de tractor y se inicia la siembra de papa, no se da la importancia cuándo sembrar, más es por costumbre...". Para TMC (83 años) "...actualmente, la mayoría de las personas ya no creen en los indicadores, sólo es costumbre...". Al decir "...por costumbre..." se refieren a que la siembra en la misma época cada año, es común en Umala. En este caso, ya no existe interés en los indicadores que señalan la época de siembra ni en el comportamiento de las lluvias, sino que se planifica en función a la disponibilidad de tractor, lo que ocurre alrededor de la misma fecha.

La tenencia de tierra

La tenencia de tierra se identifica como un factor que influye en la pérdida del uso de indicadores. Es interesante mencionar que en el caso de Ancoraimes la escasez de tierras es el problema, mientras que en Umala más bien lo es la amplia extensión. En Ancoraimes, el minifundio y la falta de acceso a terreno, además de ser una razón para que los jóvenes emigren, también lo es para que las personas con pequeñas superficies no produzcan papa, que es el cultivo en torno al cual giran los indicadores. Con poco terreno, no existen opciones para escoger dónde sembrar y entonces el uso de indicadores no está motivado. En el caso de Umala, las personas con grandes extensiones se interesan más en obtener recursos para el pago de la mano de obra y los insumos para la producción, que en verificar lo expresado por los indicadores.

Clima

El 60% de los productores en Ancoraimes y el 97,8% en Umala consideran que la variabilidad del clima influye en el uso de los indicadores; sin embargo, el porcentaje no es el mismo para los participantes que piensan que este fenómeno explica la pérdida de indicadores. En Ancoraimes sólo el 8,3% y en Umala el 20,2% de los encuestados manifiestan que la variabilidad climática fue un factor importante para la reducción del uso, menor confiabilidad

o, incluso, para la pérdida de los indicadores. Según CM (24 años) *“...la pérdida de los indicadores se da por la variación del clima, debido a que los animales y plantas están migrando de los lugares de origen...”*; para FM (32 años) *“...ya no es necesario hacer uso de los indicadores naturales, porque no funcionan; ya no es como antes, porque durante estos últimos años existe la variación del clima, los pájaros, los nidos, las tholas ya no son seguras, si hacemos el seguimiento a los indicadores, los cultivos producen mal...”*.

De forma específica, el 95% de los entrevistados en Ancoraimes considera que la forma de expresión de los indicadores no ha cambiado; pero en Umala sólo el 26,5% cree que siguen iguales, mientras que un 60% utiliza el término *“más o menos”*, para expresar su preocupación por la variabilidad climática.

Otros factores mencionados

Los pobladores entrevistados de ambos municipios también ven a la variabilidad de pronóstico y al cambio del sistema productivo hacia la ganadería, como otros factores que influyen en el uso de indicadores. En Ancoraimes, el 5% y en Umala el 6,7% de los entrevistados dicen que se generó gran variabilidad en la forma de pronosticar, por lo que –indican– hay poca confiabilidad. Por ejemplo, ES (75 años), un experto local en indicadores, sostiene que *“..hoy en día los indicadores se manifiestan en cualquier momento, antes se cumplía (manifestaban) los indicadores en su momento y se cumplían de acuerdo a las estaciones, ahora existe mucha variación, ya no es igual. El interés por los indicadores se ha perdido por la variación del clima, por ejemplo, cuando florecía la thola, era en su momento, pero hoy en día, en cualquier momento se presenta los cambios del clima y la thola florece más antes o después, ya no es creíble el pronóstico...”*.

Por otra parte, un 8,7% de los encuestados en Umala mencionan a la ganadería como factor de pérdida del uso de los indicadores. JC (49 años) sostiene que *“...los indicadores se fueron desplazando, acen- tuándose más la ganadería, sembrando alfalfa como forraje para el ganado lechero, invadiendo las zonas donde crecían naturalmente las plantas y se ocultaban o hacían sus nidos los animales...”*.

Red de información climática local

De los resultados obtenidos, también se identificó que las redes de información climática son muy importantes para el mantenimiento del uso de los indicadores, aunque cada zona muestra su característica particular. En Ancoraimes, cada comunidad forma su propia red, debido a que están distribuidas en diferentes altitudes y cuentan con diferentes ecosistemas. En estas redes, los productores que son parte dependen de los conocimientos de los expertos, quienes tienen edades variadas. Se ha tomado como ejemplo la comunidad Calahuancane Baja (Figura 1), donde cuatro son las personas de mayor confianza; ellas mantienen los conocimientos e interpretan las expresiones de los indicadores para pronosticar el clima y manejar el ciclo productivo.

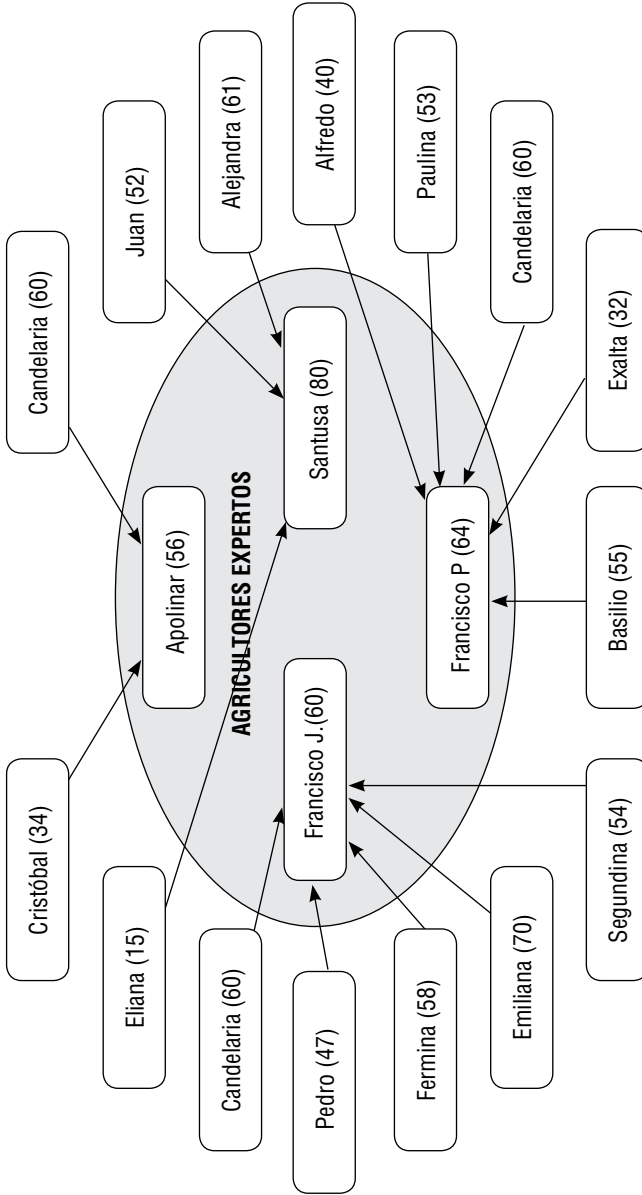
En Umala (Figura 2), debido a que en el Altiplano central las condiciones ambientales son similares, la red incluye a expertos de todas las comunidades del municipio. Sin embargo, la edad de los expertos es mayor que en Ancoraimes, lo cual aumenta la fragilidad de la red y el riesgo para el uso continuado de los indicadores. Esto confirma lo expresado en la zona, en sentido de que el desinterés es un factor fuerte para la reducción del uso de los indicadores.

A manera de ejemplo, cabe mencionar que al inicio de la investigación en Umala había cinco expertos de diferentes comunidades, cuyas edades eran mayores a las de los versados de Ancoraimes (Figura 2). El fallecimiento de uno de los expertos no determinó un reemplazo, sino que la red se reorganizó (Figura 3) alrededor de los cuatro restantes. Si ellos más desaparecen, la red corre riesgo de simplemente extinguirse.

Discusión

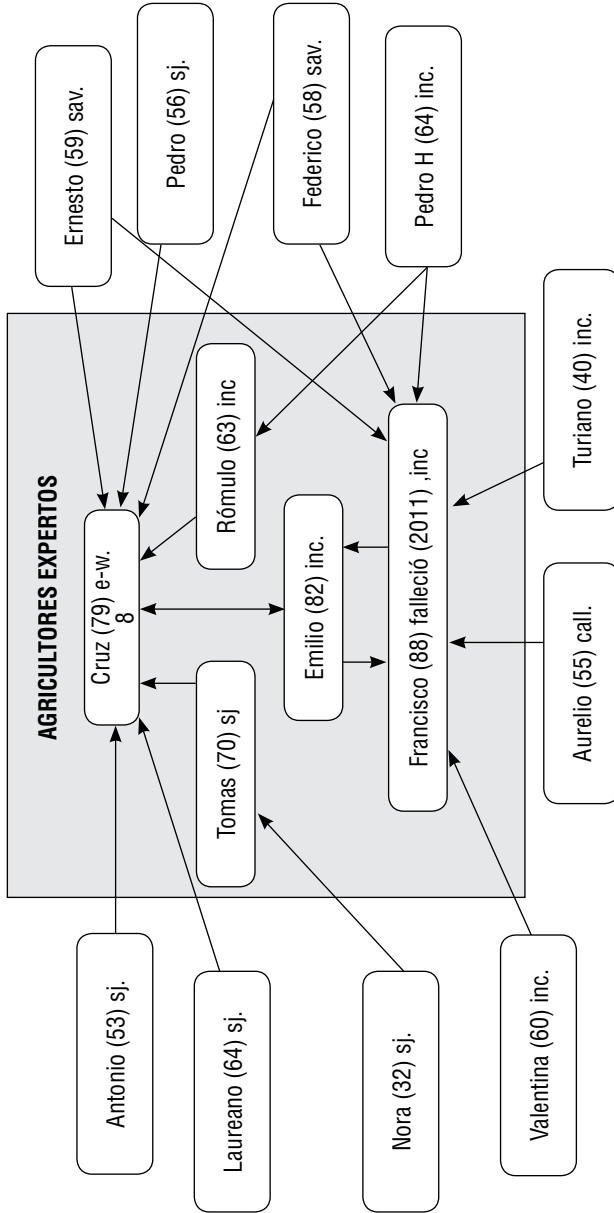
La agricultura andina es conocida por ser en extremo resiliente a la variabilidad climática, lo cual se ha demostrado durante milenios de producción relativamente exitosa en un medio muy agreste y difícil. El éxito de esta actividad se debe, en gran parte,

Figura 1
Red de información climática en el Altiplano norte Comunidad Calahuancane en la zona de Ancoraimes



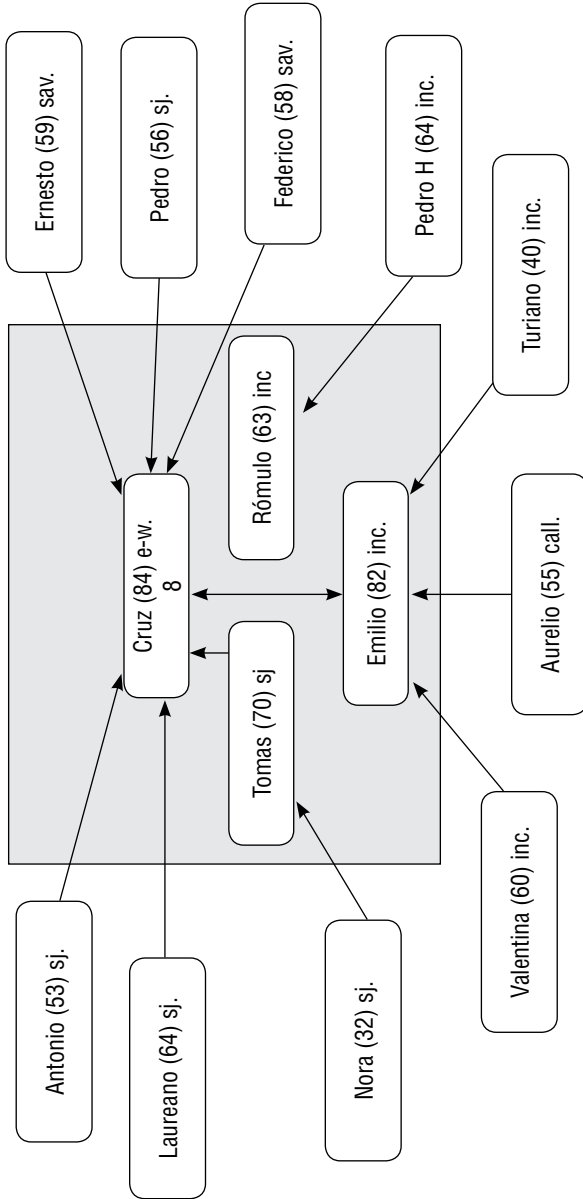
Fuente: Elaboración propia sobre la base de las entrevistas.

Figura 2
Red de información climática en el Altiplano central al inicio de la investigación
Incluye expertos de varias comunidades de la zona de Umala



Fuente: Elaboración propia sobre la base de las entrevistas.
Comunidades: * sj.=San José, e-w.=EspírituWillqui, inc.=Incamaya, sav.=Savilani, call.=Callunimaya

Figura 3
Red de información climática actual
La red ha sido reorganizada



Fuente: Elaboración propia sobre la base de las entrevistas.
Comunidades: * sj.=San José, e-w.=EspírituWillqui, inc.=Incamaya, sav.=Savilani, call.=Callunimaya

al abundante conocimiento e interacción de los agricultores con el medio, y es aquí donde el uso de los indicadores locales para predecir las condiciones climáticas esperables para cada año agrícola, tiene su máxima importancia.

Los resultados muestran que es evidente que el uso de los indicadores locales para pronosticar el tiempo y organizar la campaña agrícola está disminuyendo, a pesar de que en este momento de crisis climática y productiva, estos conocimientos serían más útiles para los agricultores. También se vislumbra un descenso en su expresión, aunque esto fue más débilmente identificado.

Las razones para que el uso de los indicadores locales haya disminuido se encuentran en un amplio abanico económico, cultural y ambiental entre los que, de manera sorprendente, la variabilidad climática no está como preponderante. Además, el medio productivo también influye heterogéneamente a este problema.

Los condiciones sociales como la migración, la educación y el cambio de valores parecen ser especialmente importantes en las comunidades del Altiplano norte, donde la falta de tierra y de oportunidades, incentivan a los pobladores a buscar alternativas en zonas urbanas o a tratar de educarse para migrar en condiciones más favorables. De esta manera se dificulta la transmisión de los conocimientos, pues la forma tradicional de hacerlo es informal, normalmente en conversaciones en el campo donde los abuelos, padres e hijos trabajan juntos. Si los hijos están en la escuela o fuera de la comunidad, no cuentan con el tiempo para aprender de sus padres y/o abuelos. La migración, incluso por periodos transitorios, limita la capacitación sobre las observaciones en los momentos importantes para ello, si estos no coinciden con la presencia del migrante en la comunidad.

Los expertos en indicadores incluyen en sus lecturas también rituales tradicionales; sin embargo, es elevado el desinterés de parte de los jóvenes por la cosmovisión andina, las creencias y los ritos ancestrales tan importantes en ambas zonas. Esto ocurre porque consideran que esos conocimientos son obsoletos o paganos, y porque para muchos el uso de indicadores es parte de un sistema de creencias no válidos.

En ambas zonas los cambios en los sistemas de producción han reducido el valor de los indicadores dentro de sus estrategias de producción. Como se ha mencionado, la mayoría de los indicadores se relacionan con el cultivo de papa. Entonces, ya sea por minifundio (Altiplano norte) o debido a mejores ingresos por la lechería (Altiplano central), muchos agricultores han dejado de producir el tubérculo, de manera que los conocimientos relacionados a su producción concitan menor interés. Adicionalmente, a mucha gente no le interesa utilizar los indicadores locales, porque no tienen la capacidad de variar la época de plantación o no tienen las semillas de variedades que pueden aprovechar en distintos momentos o lugares de siembra.

En el caso del Altiplano central también destaca la necesidad de definir la época de siembra en función a sus recursos, pues esta actividad depende de la reserva del tractor, de la compra de fertilizantes y semillas, o de contar con mano de obra antes de decidir cuándo sembrar. Así, los indicadores que señalan el mejor momento para plantar pasan a un nivel secundario.

La variabilidad y las variaciones climáticas podrían favorecer la pérdida o reducción de la expresividad de los indicadores. Se conoce que la producción agrícola es afectada por el cambio en el clima, entonces es posible que estos cambios también afecten la conducta de los indicadores, especialmente los bióticos. Los modelos de comportamiento climático indican que las temperaturas aumentan y que las precipitaciones varían más que antes (Thibeault, Seth y Wang, 2010). Entonces es posible que los indicadores no se expresen en las épocas o lugares donde, según las costumbres, debían hacerlo. Los indicadores atmosféricos y/o astronómicos también podrían estar variando; sin embargo, no existen reportes que demuestren esto y, de hecho, los agricultores tampoco identifican a este factor como el de mayor importancia para el desuso o pérdida de los indicadores.

Finalmente, en ambas zonas la transmisión de los conocimientos y saberes se genera a través de redes de información que se muestran vulnerables, ya que gran parte de los datos depende de pocas personas, por lo general mayores. Estas, por su avanzada

edad y reducción de sus capacidades físicas para recorrer distancias u observar con detalle a los indicadores, pueden llegar a romper el ciclo de la información y así se perderían los conocimientos de pronóstico y manejo del ciclo agrícola.

Conclusiones

Los resultados presentados muestran que los indicadores locales del clima anual están entrando en desuso, más que en pérdida, fundamentalmente debido a factores sociales, culturales y económicos. Aunque el clima y su variabilidad obviamente influyen en su expresión, no se constituyen en el factor más importante para su desuso y/o pérdida. Por tanto, y siendo que los factores son modificables, es posible plantear algunas acciones para mantener su empleo y reducir su pérdida, si existiera. Hay tres acciones posibles que incluyen: crear nuevos espacios para la transmisión de estos conocimientos, crear la capacidad de utilizar los indicadores y realizar más investigaciones sobre su uso y manejo.

En primer lugar, el crear espacios formales para la transmisión de saberes, podría inducir a que estos se consideren más seriamente y a que sean valorizados, lo que reduciría su vulnerabilidad. Luego, el mejorar el acceso a crédito o a recursos para la agricultura y mejorar la diversidad de semillas disponibles, motivaría a las familias a usar los indicadores, pues necesitarían de este conocimiento para llevar adelante su producción.

Queda establecida también la importancia de documentar los conocimientos locales, ya que al estar en poder de pocas personas, corren un fuerte riesgo de simplemente desaparecer. Es necesario tomar acciones para comprender cómo funcionan los indicadores y cómo utilizarlos en los microecosistemas diversos del Altiplano.

Bibliografía

- Chilón, E.
2011 *Bioindicadores Locales: Ciencia y Alcances* (pp. 1-5). La Paz, Bolivia.
- Chilón, E.
2011 *Conocimiento ancestral bioindicadores locales : Ciencia y Alcances* (pp. 1-5). La Paz, Bolivia.
- Claverías, R.
2000 *Conocimientos de los campesinos andinos sobre los predictores climáticos: elementos para su verificación*. Expuesto en el Seminario-Taller. Puno.
- FAO
2010 *Buenas Prácticas: Bioindicadores* (pp. 1-3). La Paz, Bolivia.
2011 *Buenas prácticas: bioindicadores. Asistencia a los países andinos en la reducción de riesgos y desastres en el sector agropecuario*, 1-3.
2012 *Buenas Prácticas: Bioindicadores Bolivia TCP/RLA 3112, TCP/RLA 3217 Asistencia a países andinos en la reducción de riesgos y desastres en el sector agropecuario*. <http://www.fao.org/climatechange/68068/es/>
- Gilles, Jere L. y Corinne Valdivia
2009 *Local Forecast Communication in the Altiplano*. Bulletin of the American Meteorological Society 90, N° 1 (2009): 85-91.
- Kessel, J. van, & Enriquez, P.
2002 *Señas y señaleros de la Madre Tierra; agronomía andina*. (C. R. Díaz Quezada, Tocopilla, Ed.) (AbyaYala, pp. 1-309). Iquique, Chile: AbyaYala, Quito.
- Orlove, Benjamin S., John C. H. Chiang y Mark A. Cane
2002 *Ethnoclimatology in the Andes: a cross-disciplinary study uncovers a scientific basis for the scheme Andean potato farmers traditionally use to predict the coming rains*. American Scientist 90:428(8).
- Orlove, Benjamin S.
2000 *Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility*. Nature 403, N° 6765 68-71.

Roncoli, Carla, Keith Ingram y Paul Kirshen

2002 *Reading the Rains: Local Knowledge and Rainfall Forecasting in Burkina Faso*. Society & Natural Resources 15, N° 5 (2002/05/01 2002): 409-27.

Thibeault, Jeanne, AnjiSethand G. Wang

2010 *Mechanisms of Summertime Precipitation Variability in the Bolivian Altiplano: Present and Future*. International Journal of Climatology DOI: 10.1002/joc.2424.

UNAPA

2005 *Nuestros bioindicadores naturales. Conozcámoslos y aprendamos de ellos*. Cartilla de difusión para hacerle frente a riesgos naturales - Ingavi. Unión de Asociaciones Productivas del Altiplano.

Valdivia, C. *et al.*

2010 *Adapting to Climate Change in Andean Ecosystems: Landscapes, Capitals, and Perceptions Shaping Rural Livelihood Strategies and Linking Knowledge Systems*. Annals of the Association of American Geographers 100:818 - 834.

Yucra, E.

2005 *Informe bioindicadores*. La Paz, Bolivia.

Yucra, E., García, M., & Gilles, J.

2007 *Evaluación de los indicadores climáticos tradicionales como herramienta de alerta temprana*. La Paz, Bolivia.

Apéndice 1

Definición de las variables utilizadas en el análisis de regresión logística

Edad	Del jefe/a de hogar en años.
Educación	No fue al escuela (0); Estudió, pero no terminó la primaria (1); Terminó primaria, pero no secundaria (2); Terminó secundaria (3); Educación superior (4).
Mano de obra disponible	Personas entre 18 y 59 años (1); personas de 13 a 17 y de 59 a 65 (0,8); personas de 9 a 13 y con más de 65 años (0,3); entre 5 y 9 años (0,1).
Área de terreno para cultivo	Área en hectáreas
Ingresos totales	Incluye ingresos en dinero y el valor de productos de autoconsumo
Distancia al mercado	Horas de viaje al mercado donde venden sus productos
Género	Del jefe/a del hogar
Otros empleos	Si el jefe/a de hogar tiene otra actividades económicas (1=sí, 0=no).
Tractor	Uso de un tractor para el cultivo de papa (1=sí, 0=no)
Irrigación	Practica el riego (1=sí, 0=no).
Abono químico	Utiliza abono químico (1=sí, 0=no)
Ovinos	Número de ovinos
Vacas	Número de vacas
Estiércol	Uso de estiércol (1=sí, 0=no)
Indicadores locales	Uso de Indicadores (1=sí, 0=no)
Variedades de papa	Número de variedades de papas cultivadas por la familia

Papas nativas, acceso al mercado y resiliencia en el Altiplano boliviano

María Figueroa-Armijos, Corinne Valdivia

Introducción

Estadísticas recientes demuestran que las familias rurales más pobres de América del Sur residen en el Altiplano boliviano (Devaux *et al.*, 2007) y que, en los últimos años, han experimentado severos eventos climáticos, como sequías, granizo e inundaciones, debidos en su mayoría al fenómeno de El Niño (Valdivia *et al.*, 2000). Entre 1997 y 1998, se han registrado daños equivalentes a unos 537 millones de dólares americanos (Comité Técnico del Foro de Ministros del Ambiente de América Latina y el Caribe, 2000).

El clima juega un papel crítico en la toma de decisiones para la producción, consumo y adaptación entre los productores del Altiplano boliviano (Valdivia *et al.*, 2000), y la variabilidad climática es la que contribuye en mayor grado a la vulnerabilidad de la agricultura (Smit & Skeener, 2002). Los riesgos que genera no sólo son para la producción agrícola, sino también para las economías que dependen de ella (Smit & Skeener, 2002). Sin embargo, los agricultores de esta región andina han persistido durante siglos (Valdivia *et al.*, 2003; Valdivia *et al.*, 2010; Seth *et al.*, 2010). Entre 1997 y 1998, el cultivo más perjudicado fue el de papa, que mayoritariamente está en manos de los más pobres (Valdivia *et al.*, 2000).

Pero además, los agricultores del Altiplano boliviano tienen que lidiar con otros desafíos. La producción a menor escala se identifica como improductiva y riesgosa (Bernet *et al.*, 2006), a causa también de la falta de información sobre precios del mercado, estándares de calidad y contratos para la comercialización de la cosecha. Entonces el acceso a recursos, redes sociales e instituciones locales determinan las estrategias de producción; los cambios en estas suelen ser causados por variación en el mercado, tecnologías, el clima (Valdivia & Quiroz, 2001) y las restricciones de calidad del mercado, lo cual pone en riesgo el desarrollo económico y social de las áreas rurales altiplánicas de Bolivia (Valdivia & Gilles, 2006).

En un escenario de variabilidad climática y de mercado, la adaptación hacia la resiliencia es fundamental para reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola y apuntar al desarrollo de modos de vida sostenibles (Smit & Skinner, 2002). Chambers y Conway (1992) definen la resiliencia como la capacidad de adaptación de los agricultores y sus comunidades a cambios severos, tanto internos como externos. En ese contexto, una de las estrategias de los agricultores del Altiplano boliviano es la conservación de variedades nativas de papa mediante su uso; sin embargo, está siendo desplazada por las presiones del mercado para elevar la calidad de ciertas variedades comerciales de papa (Hellin, 2005). Cabe mencionar, que la agricultura basada en variedades nativas no sólo es vulnerable debido a los riesgos del mercado, sino también porque es uno de los sectores más sensibles al cambio climático.

Aunque la situación es desafiante, los pequeños productores de la región andina cuentan con conocimientos únicos para el cultivo, transformación y uso de variedades nativas de papa (Devaux *et al.*, 2007; Valdivia y Gilles, 2006; Jiménez, Romero, Gilles y Valdivia, 2011). El área se caracteriza por cambios drásticos de temperatura entre el día y la noche, pero esto permite el procesamiento de productos artesanales derivados de la papa, conocidos como chuño y tunta. Ambos están elaborados con variedades nativas de papa que tienen bajo valor comercial, debido a su tamaño, forma y sabor (algunas son amargas); la ventaja es que pueden almacenarse por más de cinco años. El chuño y la tunta, cuya producción boliviana

anual es de unas 2.400 toneladas y 1.900 toneladas, respectivamente (Guidi *et al.*, 2002), son consumidos tradicionalmente por habitantes de Perú, Bolivia y la zona norte de Argentina.

Los estándares estrictos de higiene y calidad establecidos por la demanda proveniente de mercados nicho de consumidores con elevados ingresos, son una barrera para pequeños productores, debido al alto costo de inversión que esto demanda. La capacidad de acción colectiva de las comunidades se identifica como una estrategia para reducir los costos de producción y de cuidado en la poscosecha. La acción colectiva se define como la decisión voluntaria de varios individuos de agruparse para alcanzar objetivos de interés común (Meizen-Dick *et al.*, 2004; Olson, 1971). Un estudio desarrollado por Guidi y sus colegas (2002) sugiere que para optimizar la producción de chuño y tunta, y generar utilidades para todos los actores de la cadena de mercado, estos deben actuar de manera conjunta. Valdivia y Gilles (2003) identifican la capacidad de los agricultores para trabajar de manera colectiva, en la negociación de sus productos en el mercado, como un factor que contribuye a la resiliencia. Otros estudios argumentan que el manejo de recursos en el ámbito de la comunidad, debería ser la base principal para el diseño de estrategias dirigidas al desarrollo sostenible (Leach *et al.*, 1999).

Considerando la importancia del trabajo conjunto como mecanismo de acercamiento de pequeños productores al mercado, y en miras hacia la reducción de la pobreza en el Altiplano boliviano, Papa Andina, una iniciativa del Centro Internacional de la Papa (CIP), desarrolló una estrategia de acción colectiva –la Plataforma Andina Boliviana (PAB)– que busca establecer nexos sólidos entre los productores más pobres de la región, por un lado, y, por otro, entre productores y otros actores de la cadena de mercado: intermediarios, procesadores, exportadores (Devaux *et al.*, 2007). La estrategia procura el 1) empoderamiento de los agricultores en prácticas productivas que conllevan a una mejor calidad de los cultivos nativos y 2) la identificación de mercados nichos y oportunidades de valor agregado para su producción. A fin de conectar a pequeños productores con mercados de altos

ingresos, Papa Andina también elaboró una metodología que sirve de marco en la organización de plataformas participativas en Ecuador, Perú y Bolivia: el enfoque productivo de cadenas participativas (EPCP).

El EPCP es el marco que estructura los procesos participativos de la PAB (Bernet *et al.*, 2006). Sus principios aplicados en la PAB propician el acceso a mercados para productos elaborados de variedades de papa nativa y procesados por pequeños productores en hogares rurales de Bolivia (Devaux *et al.*, 2007). De manera específica, el EPCP es un enfoque que “promueve innovación comercial, tecnológica e institucional, mediante un proceso participativo estructurado que genera interés, confianza y colaboración entre participantes” (Bernet *et al.*, 2006; Devaux *et al.*, 2007). Bajo la filosofía del EPCP, la PAB “provee una plataforma de concertación para que productores de papa, otros actores de la cadena de mercado y proveedores de servicios participen juntos en la identificación de intereses comunes, compartan conocimientos y desarrollen actividades conjuntas” en el contexto del Altiplano (Guerrero *et al.*, 2005; Devaux *et al.*, 2007).

En este capítulo presentamos los resultados de un estudio realizado en el Altiplano boliviano, entre los años 2008 y 2009, que explora el potencial de la PAB como estrategia de acción colectiva para conectar a pequeños productores de papa nativa con mercados de altos ingresos. Los objetivos específicos del estudio fueron 1) entender cuáles son los incentivos que motivan la participación de productores en la PAB y cuáles son los beneficios percibidos por todas las partes participantes; 2) entender cómo la acción colectiva puede atender problemas de calidad de producto; 3) identificar las barreras que los pequeños productores del Altiplano boliviano enfrentan para participar en la PAB, así como las oportunidades y limitaciones que persisten en la plataforma como iniciativa de desarrollo en la región andina rural, y, finalmente, 4) identificar las ventajas y desventajas en términos de costos de transacción para agricultores participantes de la PAB. Los resultados obtenidos se suman a la literatura existente sobre iniciativas de acción colectiva en el contexto de mercados andinos.

El estudio se enfoca en los esfuerzos de acción colectiva en el marco del EPCP en Bolivia, el cual ha sido puesto en práctica también en Ecuador y Perú, a través de plataformas de concertación similares a la PAB. En esta iniciativa, las economías de escala se obtienen mediante el fomento de la colaboración entre actores de la cadena de mercado y mediante la promoción de integración de pequeños productores para participar en mercados de altos ingresos. Los resultados pretenden servir como punto de referencia para investigadores y organizaciones de desarrollo en temas relacionados a la acción colectiva en los Andes. Los incentivos y barreras a la participación en la plataforma son interpretados en el marco de la teoría de costos de transacción, a fin de facilitar el entendimiento de las respuestas de las partes participantes.

Mercados y desarrollo

Muchos mercados están aún por descubrirse “y de aquellos que existen muchos funcionan de manera imperfecta” (Morduch, 1995). Además, la integración de los hogares al mercado es parcial, ya que no existe un hogar totalmente desconectado del mercado (Mayer, 2005). Asimismo, debido a que los costos de transacción son altos en el mercado formal (Kruseman, 2001) y a que las familias escogen no usar el mercado cuando esos costos son más altos que las ganancias (Key *et al.*, 2000; de Janvry *et al.*, 1991), se observa la ausencia de los pequeños productores del Altiplano boliviano en mercados imperfectos. Estudios previos reconocen que conectar a los productores con el mercado y mejorar su acceso, es un desafío urgente en la agricultura andina (Sanginga *et al.*, 2004) para enfrentar la pobreza en la región. Investigadores del proyecto SANREM-CRSP LTR-4 han identificado a la reducción de la pobreza, como una estrategia para crear resiliencia a los riesgos del clima y de mercado (SANREM-CRSP LTR-4, 2008). Una estrategia de vida de los hogares rurales andinos para manejar esos peligros es la diversificación de fuentes de ingresos (Valdivia & Quiroz, 2003); esto es un proceso de creación de un portafolio diverso para asegurar el sustento familiar (Valdivia,

2004; Valdivia & Jetté, 1997) y mejorar las condiciones de vida (Ellis, 1998). Esa multiplicidad productiva, les permite a los agricultores reducir las fluctuaciones debidas a cambios en el mercado y eventos climáticos (Valdivia *et al.*, 2010; Valdivia *et al.*, 1996).

Economías de escala y nichos de mercado

Aun cuando las cadenas de suministro coordinadas están aumentando en países desarrollados y en áreas urbanas de países en desarrollo, la producción de estos últimos que se comercializa a través de ellas sigue siendo baja. La falta de competitividad de los pequeños agricultores para ingresar a mercados de altos ingresos, puede ser causada por fallas de políticas y del mercado (Van Der Meer, 2006). Con el fin de participar en cadenas de suministro coordinadas y llegar a ser competitivos en mercados globales, estos productores necesitan adquirir nuevas destrezas y estrategias de negocio. El mercadeo a través de sus organizaciones, puede ser una manera de superar las limitaciones de agricultores individuales para acceder al mercado (Bienabe & Sautier, 2005). Las instituciones de apoyo y sin fines de lucro han sido cruciales en su organización y empoderamiento, al implementar estrategias de liderazgo y acción que les permiten acceder a nichos de mercado (Van Der Meer, 2006). La teoría de acción enfatiza que aquellos que desarrollan capacidad de acción, poseen mejor resistencia a los riesgos que aquellos que no (Williamson, 2000).

La característica distintiva de los mercados nicho (comercio justo, orgánico y *gourmet*) es que los productos reciben una prima en el precio, que también beneficia al agricultor. Por ejemplo, los mercados nicho de comercio justo promueven la participación de pequeños productores, cuyas condiciones económicas desfavorecidas los limitan de participar en mercados tradicionales (Hellin & Higman, 2002). En el caso de países en desarrollo, Logli (2001) encontró que las cadenas de comercio justo mejoran la calidad de vida de pequeños productores que no podrían participar en el mercado, bajo las estructuras tradicionales de comercio internacional.

Las cadenas de suministro coordinadas son sólo uno de los componentes de los mercados globales de productos agrícolas y sus subproductos. Estos están también caracterizados por economías de escala y alcance (Van Der Meer, 2006), que requieren de estrategias mejoradas de mercadeo y logística. La teoría de economías de escala es un elemento clave de la teoría económica de organización social, gracias a que responde a preguntas relacionadas a la organización del mercado (Stigler, 1958). Además, las economías de escala en el mercado aumentan la probabilidad de tener un volumen de producto de calidad consistente, lo cual conlleva a contratos de largo plazo con compradores (Van Der Meer, 2006).

Los productores que participan en cadenas de suministro coordinadas, reciben mejores precios de lo que podrían recibir si compitieran libremente en mercados abiertos (Van Der Meer, 2006). Sin embargo, los procesos para alcanzar los estándares requeridos por mercados actuales son costosos y excluyen a un alto número de productores pequeños y de procesadores (Reardon *et al.*, 2001). Para poder ser parte de mercados globales inestables y agresivos, los agricultores necesitan mejorar su competitividad y habilidad para tomar ventaja de economías de escala (Bienabe & Sautier, 2005).

Van Der Meer (2006) mantiene que “los beneficios de trabajar con pequeños productores en cadenas de suministro coordinadas, será mayor para productos que requieren mayor cantidad de mano de obra”. El chuño y la tunta reúnen estos requisitos, por lo tanto, ofrecen a los pequeños productores bolivianos la oportunidad de ser integrados en este tipo de cadenas. Para poder acceder a estas cadenas, los agricultores necesitan empoderarse “a través de métodos de extensión que enfatizan la participación activa e innovación” (Heflin & Higman, 2002).

Medios de vida sostenibles y capitales

Los medios de vida sostenibles se definen como un conjunto de capacidades: capital cultural y humano, equidad, sostenibilidad

social y ambiental (Chambers & Conway, 1992). De acuerdo con Chambers y Conway (1992), el medio de vida o sustento comprende las capacidades de las personas y medios de vida, representados por la disponibilidad de alimentos, ingresos y bienes. Valdivia y Gilles (2001) sugieren que para darle forma a las estrategias de modo de vida y para crear y mantener un ambiente sostenible, los bienes y las capacidades de las familias agricultoras son elementos fundamentales. Sin embargo, un medio de vida es sostenible, cuando los bienes con los que cuenta están “mantenidos o mejorados”, y cuando las situaciones de estrés y *shock* que enfrentan no afectan a las generaciones futuras (Chambers & Conway, 1992, p.1).

Bebbington (1999) estudia los medios de vida rurales y hace observaciones sobre lo que significan para la sostenibilidad. Sus estudios revelan que el mejoramiento de las capacidades del hogar, empodera a sus miembros para ser capaces de dirigir la manera en que los recursos de su sociedad son manejados. Bebbington identifica cinco bienes como claves para el desarrollo de estrategias de modo de vida, pero sugiere que el más importante es el capital social. Este es “una forma de acción colectiva, que facilita una participación más efectiva en ciertos mercados” (Bebbington, 1999, p. 2037), lo cual a su vez facilita la participación de pequeños productores en mercados de altos ingresos.

Bebbington (1999) enmarca las estrategias de sustento y el mejoramiento del bienestar humano a través del capital social, pero también mediante otros cuatro tipos de capitales: natural, producido, humano y cultural, que son los recursos o suministros, sin los cuales las estrategias de medios de vida o sustento no son posibles. Estos cinco tipos de capitales son también considerados, en este contexto, como los “bienes que le dan capacidad a las personas” y las “salidas que hacen que los sustentos sean significativos y viables” (p. 2029). Emery y Flora (2006) incluyen en su marco de capitales no sólo los cinco ya mencionados, sino también el financiero y el político como recursos importantes para el desarrollo comunitario. Para Emery y Flora (2006), el capital social es la fuente de capital clave para promover desarrollo y cambio en las comunidades. De Haan (2000) señala que la capacidad de negociación es la bisagra

que articula al individuo con el mercado y es la que determina la forma en la que las personas y sus hogares se beneficien o no de esta relación con el mercado (Valdivia y Gilles 2001).

Capital social y acción colectiva

El capital social es importante para acceder a otros recursos y crear redes (Bebbington & Perreault, 1999). Una forma con la cual el capital social puede ser desarrollado es mediante el fomento de la acción colectiva entre miembros de una comunidad, ya que ello implica organización social. Bienabe y Sautier (2005) argumentan que a través del uso de capital social para promover acción colectiva, las comunidades pueden lidiar con obstáculos del mercado y aliviar los costos de transacción. Olson (1971) propone que individuos racionales actúan de manera colectiva por interés propio, especialmente cuando se trata de intercambio económico, porque les conviene más que actuar por su cuenta. Su análisis en “La Lógica de Acción Colectiva” sugiere que grupos pequeños son más efectivos que los grandes, debido con un mayor número de integrantes es más difícil controlar la participación. Valdivia (1983) encuentra que, efectivamente, las asociaciones de acción colectiva de menor tamaño, resultan en procesos de identificación con el grupo y facilitan el respeto de las reglas de juego, en el estudio de asociaciones colectivas en la región andina. En los grupos más pequeños los participantes están más activamente involucrados en actividades comunes. Las acciones exitosas, según Olson, tienen lugar, cuando pequeños grupos se forman con un interés en común.

La teoría sobre cómo generar acción colectiva ha sido desarrollada en los últimos 30 años (Meizen-Dick *et al.*, 2004; Ostrom, 1990). Sin embargo, menos investigación se ha enfocado en la sostenibilidad de la acción colectiva de programas de desarrollo (Meizen-Dick *et al.*, 2004) que, eventualmente, buscan mejorar el sustento de pequeños agricultores. Estos investigadores encontraron que aun cuando el concepto de acción colectiva ha sido reconocido por un buen tiempo, los programas de desarrollo no

han hecho mucho uso de él. Por otro lado, la investigación de la acción colectiva y el rol del capital social en programas de difusión de tecnologías, para mejorar las condiciones de pobreza, han resultado en hallazgos que varían, dependiendo de las causas que originan el grupo y quién es el agente de cambio (de Haan, 2001; Valdivia, Gilles & García, 2011).

Costos de transacción

Los costos de transacción, incentivos, reglas de ejecución y comportamiento mencionados son problemas intrínsecos en la teoría de acción colectiva. Sin embargo, el concepto de costos de transacción se ha convertido también en un tema importante de interés en la investigación de la rama de economía (Dahlman, 1979). North (1991), en el área de la nueva economía institucional, argumenta que los costos de transacción están determinados por las instituciones locales y sus reglas de ejecución. Él afirma que cuando las instituciones locales son efectivas, las comunidades pueden lograr cambios positivos y también explica que cuando los intercambios comerciales se llevan a cabo dentro de la comunidad, los costos de transacción son más bajos; por ende, cualquier transacción que se lleve a cabo en el ámbito de la comunidad, incurrirá en menos costos que si la misma transacción se realiza en el mercado. Cuando el intercambio tiene lugar en un mercado más grande, puede conllevar conflictos que requieren de mayor inversión de recursos para solucionarlos (North, 1991). Un ejemplo son los reglamentos que se deben establecer y los costos para su cumplimiento.

La definición de costos de transacción difiere entre artículos científicos en la literatura, ya que autores de varias disciplinas denotan inconsistencias en cuanto a su medición (McCann *et al.*, 2005). Para Coase y sus seguidores, la clasificación de costos de transacción y sus significado en la práctica aún está incompleta, pues falta una tipología general que los clasifique (Gordon, 1994). Para algunos economistas de la nueva economía institucional, los costos de transacción y administrativos podrían considerarse

sinónimos (Stiglitz, 1986). Críticos de la teoría de costos de transacción argumentan que ese término es un nombre elegante que se utiliza para referirse a problemas comunes. Gordon (1994) añade a esta discusión que esta teoría ayuda a aclarar muchos problemas, que de otra forma sólo serían entendidos por investigadores entrenados en economía.

Para Coase, los costos de transacción sólo serían inexistentes en sociedades comunistas, lo que quiere decir que están presentes en las actividades cotidianas de la mayor parte del mundo. Según este autor, los costos de transacción explican tanto la existencia de la empresa (1937) como la existencia de la ley (1960), ya que no sólo afectan el arreglo contractual de producción, sino también los tipos y cantidad de productos y servicios cuyo destino es ser negociados en los mercados (Wang, 2003). McCann y colegas (2005) definen los costos de transacción como recursos fundamentales para definir, establecer, mantener y transferir derechos de propiedad. Williamson (2000), por su parte, describe la economía de los costos de transacción utilizando la transacción como unidad básica de análisis. En estudios empíricos, la medición de costos de transacción no es exacta, debido a que se los calcula indirectamente, cuando se toma en cuenta la incertidumbre y la frecuencia con que se llevan a cabo las transacciones en la especificación de bienes y el oportunismo. Como consecuencia de la diversidad del proceso, los costos resultantes de las transacciones son críticamente afectados (Wang, 2003).

Dado que los costos de transacción tienden a fluctuar durante la duración de un programa de desarrollo (Falconer *et al.*, 2001), Wang (2003) sugiere que la inversión en la participación de los actores de la cadena en una etapa temprana del programa, podrían reducir los costos de monitoreo y ejecución en las etapas siguientes. Dahlman (1979) y McCann y colegas (2005) han discutido varias tipologías disponibles sobre costos de transacción. Por un lado, Dahlman (1979) divide los costos de transacción en tres categorías: costos de búsqueda e información, costos de negociación y decisión, y costos de política y ejecución. Por otro lado, McCann y colegas (2005) han desarrollado un marco de

costos de transacción que consta de siete categorías: investigación e información, promulgación y litigios, diseño e implementación, apoyo y administración, contrato, monitoreo/detección y enjuiciamiento/ejecución. Otros investigadores han categorizado los costos de transacción de manera diferente. Sin embargo, para los propósitos de este estudio, se han empleado las tipologías de McCann y Dahlman como marco de referencia.

Hipótesis y diseño del estudio de caso

La hipótesis en este estudio de caso es que las organizaciones que participan en la Plataforma Andina Boliviana lo hacen para reducir sus costos de transacción, mediante el uso de la acción colectiva, y también para acceder a mercados de altos ingresos, a través de las conexiones que se establecen con otros actores de la cadena de mercado. Una causa potencial de fracaso de la PAB sería que no se dé lugar a la creación y desarrollo de economías de escala. Las causas del fracaso serían las barreras a la participación, que van desde el tamaño del grupo participante hasta la falta de organización entre agricultores dentro de las asociaciones de productores participantes y la falta de calidad del chuño y la tunta ofrecida en la plataforma.

El diseño del estudio de caso sigue los lineamientos establecidos en Yin (1994), como un estudio de caso múltiple integrado. En este tipo de estudio la atención se enfoca en una unidad de estudio (la PAB) y sus subunidades (participantes de la PAB). “La unidad principal de análisis es la organización como un todo, mientras que la unidad más pequeña es cada participante” (Yin, 1994, p. 42). Por lo tanto, aun cuando el estudio analiza la integración al mercado, mediante la acción colectiva de los participantes de una institución (la PAB), también se hace un análisis de cada participante de la PAB –las asociaciones de productores, procesadores, organizaciones sin fines de lucro y vendedores– para entender cuáles son los incentivos y barreras a la participación, y cómo se traducen, ya sea en la reducción o el incremento de los costos de transacción.

Proceso para el análisis de los costos de transacción

La elaboración de argumentos válidos en la investigación sobre costos de transacción requiere que estos se identifiquen en categorías claras, para que puedan ser estudiados (McCann *et al.*, 2005). Este estudio cuenta con una tipología específica, desarrollada a partir de la literatura disponible, que identifica aquellas categorías de costos de transacción que se pueden ubicar con facilidad y analizar durante la investigación de campo. Las tipologías de Dahlman (1979) y McCann y colegas (2005) son las fuentes claves de referencia para este estudio de caso, ya que la información que proveen se relaciona con las etapas de la cadena de mercado analizadas. La tipología en este estudio clasifica a los costos de transacción en seis categorías (Cuadro 1), identificables en la cadena de mercado estudiada: costos de búsqueda, costos de participación, costos de información, costos de contratación, costos de monitoreo y costos de ejecución.

Costos de búsqueda

Se refiere a los costos de tiempo y recursos invertidos en encontrar un socio comercial con quien llevar a cabo un negocio. La existencia de esta categoría, se debe a la información imperfecta en el mercado (Dahlman, 1979), no sólo de socios comerciales sino también de oportunidades para productos nativos.

Costos de participación

Considera los costos relacionados a la participación en actividades de carácter colectivo dentro y fuera de la comunidad, así como los costos de oportunidad de asistir a reuniones. Esta categoría abarca los costos de participación en virtud de costos de oportunidad, ya que el tiempo dedicado a producir mejor calidad de chuño y tunta, y de participar en la plataforma, podría dedicarse a otras actividades en el hogar o al ocio.

Costos de información

Se refiere a los costos de acceso a información de mercado (precios, calidad, compradores, oportunidades de venta) que enfrentan los pequeños productores. Esta categoría también evalúa los costos de transacción de la información, que es compartida entre los actores de la cadena de mercado.

Costos de contratación

Incluye los costos asociados con el diseño de contratos y las obligaciones estipuladas en los acuerdos entre los actores de la cadena de mercado al mismo nivel (entre productores) o entre diferentes niveles (productores con vendedores finales), que se convierten en documentos legales de compromiso.

Costos de monitoreo

Dahlman (1979) explica estos costos como aquellos necesarios para evitar que “la falta de información en una o ambas partes haga que esta viole su parte de la negociación”. Esta categoría se refiere a los costos de monitorear las acciones exitosas o fallidas de los actores de la cadena de mercado, dirigidos a lograr los acuerdos o metas de las acciones colectivas. Algunos costos en esta categoría incluyen transporte, alojamiento, alimentación y materiales necesarios para el proceso de monitoreo.

Costos de ejecución

Para este estudio de caso no existe un sistema formal de reglas de ejecución. Los costos de ejecución considerados en el análisis tienen que ver con aquellos acuerdos informales entre actores de la cadena. Dahlman (1979) plantea que la selección de agentes económicos que ofrezcan más probabilidad de llevar a cabo las obligaciones establecidas en los acuerdos de la plataforma, reduciría los costos de ejecución.

Cuadro 1
Tipología de costos de transacción del estudio de caso

Tipo de costo de transacción	Algunos de los costos asociados con esta categoría
Costos de búsqueda	Tiempo y recursos invertidos en encontrar un socio comercial.
Costos de participación	Costo de oportunidad de atender reuniones y de participar en trabajo comunal.
Costos de información	Costo de encontrar mercados y obtener información sobre sus características: productos, precio, tamaño, estándares de calidad, nuevas tecnologías.
Costos de contratación	Diseño y obligaciones de contratos formales e informales. Decisión sobre precio y calidad.
Costos de monitoreo	Costos de realizar un seguimiento a las actividades de los participantes de la plataforma, para asegurar que alcancen los objetivos establecidos. Costos de realizar un seguimiento a las actividades y el cumplimiento de los acuerdos entre productores.
Costos de ejecución	Multas y otros costos asociados a la ejecución del cumplimiento de los acuerdos.

Fuente: Elaboración propia.

Recolección de datos

La investigación de campo se desarrolló mediante entrevistas individuales con cada uno de los 10 participantes de la Plataforma Andina Boliviana; la Figura 2 los muestra a todos, así como el rol que desempeñan. El onceavo partícipe, el Ministerio de Agricultura, no fue entrevistado, debido a que su presencia se limita a la legalización de los acuerdos de la plataforma. Las preguntas durante las entrevistas fueron semiestructuradas y se desarrollaron en el siguiente orden:

1. ¿Cuáles son los incentivos que motivaron su participación en la Plataforma Andina Boliviana?
2. ¿Cómo se beneficia su organización de participar en la Plataforma Andina Boliviana?

- a) ¿Ha reducido su organización los costos de búsqueda, acceso a información y conocimiento?
 - b) ¿Es más fácil para su organización encontrar socios comerciales en las negociaciones que tienen lugar en la plataforma?
 - c) ¿Qué ha pasado con los costos de contratación, monitoreo y ejecución en su organización durante su participación en la plataforma?
3. ¿Existen desincentivos para la participación en la Plataforma Andina Boliviana?
- a) ¿Ha incurrido en costos extras a causa de su participación? ¿Qué tipo de costos?

El enfoque productivo de cadenas participativas (EPCP)

El enfoque productivo de cadenas participativas (EPCP) empleado para desarrollar la PAB, se construye a partir de las organizaciones existentes en comunidades rurales y busca facilitar el acceso de pequeños agricultores a mercados de altos ingresos. El EPCP es diseminado por Papa Andina, una iniciativa del Centro Internacional de la Papa (CIP), para promover la colaboración entre actores de la cadena de mercado, a través de su interacción en la PAB. El EPCP es una propuesta que “fomenta innovación comercial, tecnológica e institucional, mediante un proceso estructurado que despierta interés, confianza y colaboración entre sus participantes” en tres etapas (Figura 1).

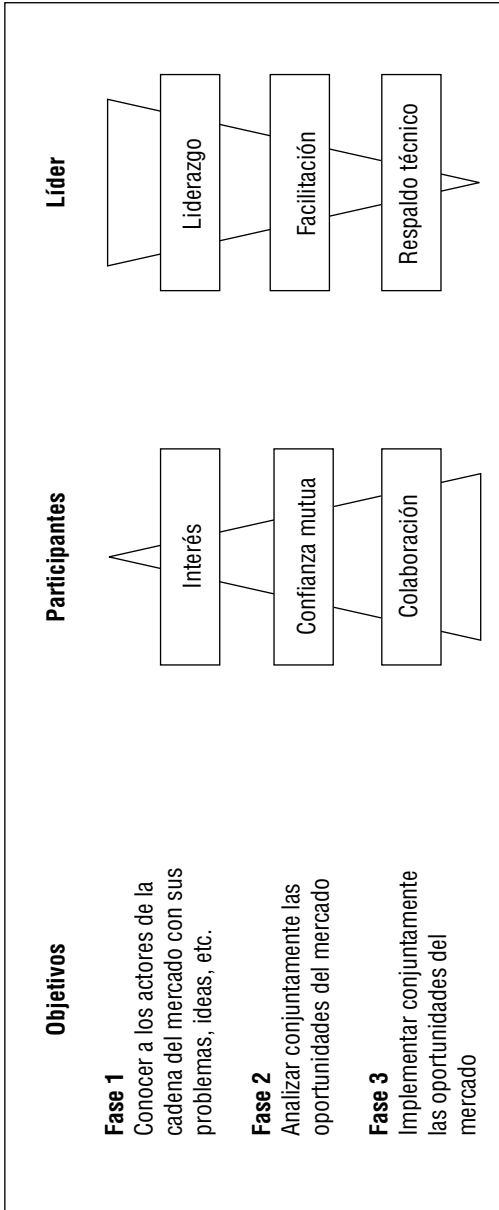
La Plataforma Andina Boliviana, por su parte, “provee una plataforma para que productores de papa, otros actores de la cadena de mercado y proveedores de servicios se reúnan para identificar sus intereses comunes, compartan conocimientos y desarrollen actividades conjuntas” en el contexto del Altiplano boliviano (Guerrero *et al.*, 2005; Devaux *et al.*, 2007). El EPCP es el marco que estructura los procesos participativos implementados en las reuniones y actividades de la PAB, y que facilita la colaboración entre actores de la cadena de mercado (Bernet *et al.*, 2006).

De acuerdo con los creadores del EPCP, dentro de los procesos que se llevan a cabo en la Plataforma Andina Boliviana, los costos de transacción se reducen para todos los actores de la cadena (productores, intermediarios, procesadores y exportadores) y la información se vuelve más disponible para aquellos que carecían de ella. La capacidad de acción, usada en este documento como la capacidad para negociar, es mejorada en el contexto de la plataforma al tener las asociaciones de productores los mismos derechos en la mesa de negociación que otros actores de la cadena de mercado.

La Plataforma Andina Boliviana

El EPCP es el marco dentro del cual la PAB fue creada. Al ser una plataforma para negociaciones, su propósito es reducir los costos de transacción para todos sus participantes, con especial énfasis en pequeños productores de papa nativa. Como resultado de ello, pretende desarrollar la capacidad de negociación de los agricultores, lo cual los llevaría a tener acceso a mercados de altos ingresos. El EPCP busca alcanzar estos objetivos en la plataforma mediante la creación de conexiones entre todos los actores de la cadena de mercado: productores, intermediarios, procesadores y vendedores, siendo la meta principal el reducir los costos de negociación entre ellos. A fin de alcanzar estos resultados, el Departamento para Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) y el Centro Internacional de la Papa crearon un proyecto innovador llamado Innovandes. El proyecto EPCP-PAB, liderado por Innovandes y el programa Papa Andina, busca promover la interacción entre instituciones que trabajan en los Andes, en un esfuerzo por validar y diseminar tecnologías existentes que “crean nuevos mercados y empoderan a los agricultores a abastecerlos” (Innova, 2005, p.2). Actualmente, Papa Andina trabaja en varios proyectos de investigación sobre las variedades de papa nativa en el Altiplano de Bolivia, entre los cuales se cuenta el proyecto de la PAB. Hasta el año 2008, el representante de Innovandes para el Altiplano boliviano tenía su oficina en la Fundación PROINPA

Figura 1
Estructura y objetivos de las tres fases del EPCP



Fuente: Devaux *et al.*, 2007.

en La Paz, una de las organizaciones de apoyo técnico sin fines de lucro.

Con relación a los costos de transacción, la PAB es vista como una estrategia para promover la colaboración entre los actores de la cadena de mercado. Este apoyo conlleva la reducción de costos de transacción relacionados al acceso a información y conocimiento, ya que éstos son compartidos durante reuniones y actividades conjuntas de la plataforma. La Figura 3 explica la estructura de la PAB, la cual se deriva de la filosofía del EPCP y en la que la cooperación es impulsada por actores de la cadena de mercado de todos los niveles. Como muestran los resultados de investigación, presentados también en la Figura 2, los participantes de la PAB son entidades de promoción e investigación, transporte, apoyo financiero, productores, procesadores, vendedores y el gobierno, como institución responsable de proveer licencias para la PAB. La Fundación PROINPA, Prosuko, Kurmi, Fomem, Deze Ltda. y el Ministerio de Agricultura participan en la plataforma como socios estratégicos de apoyo en los procesos de negociación.

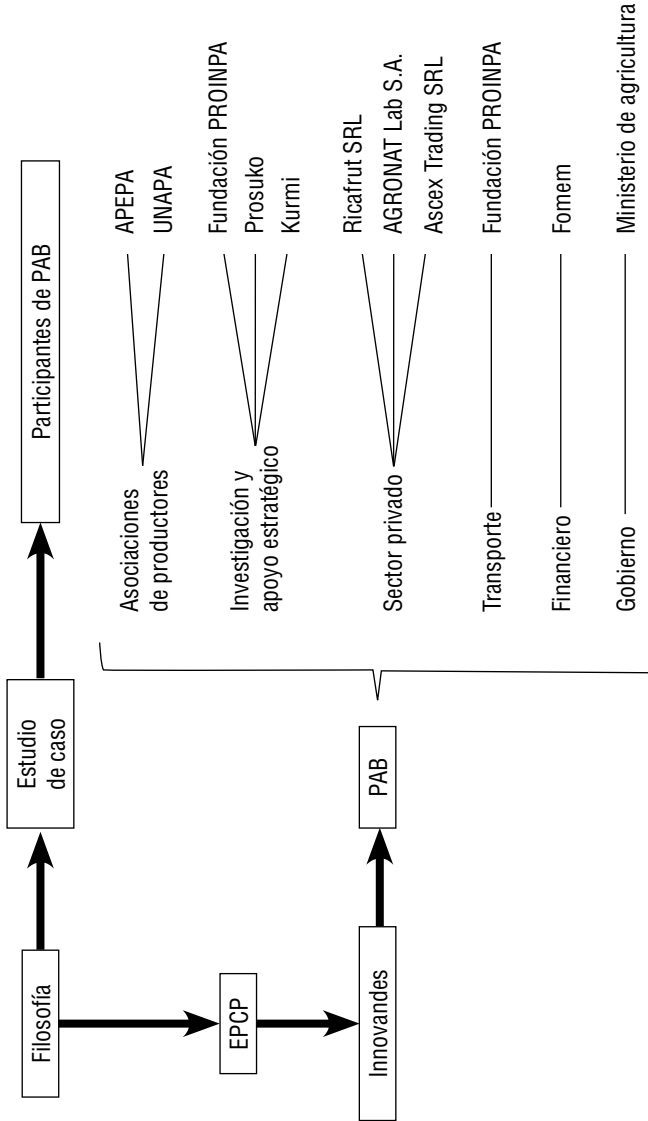
Los participantes identificados en la Figura 3 se mantenían activos en la plataforma en los años en que se realizó esta investigación (2008-2009). Asistían a las reuniones y eran partícipes de las decisiones de la plataforma. Tal vez porque la PAB se encontraba en su primer año de actividades, todos los participantes de cada nivel demostraron interés y mucha confianza respecto a que la misión de la plataforma podía alcanzarse si los miembros asociados mantenían un alto grado de participación y colaboración.

Resultados y discusión

El sistema de clasificación de las papas nativas

El sistema de clasificación para chuño y tunta en la PAB se basa expresamente en el tamaño del producto, aunque higiene y uniformidad de tamaño son también requerimientos básicos. La plataforma creó en el año 2006 una norma de calidad oficial

Figura 2
Estructura y participantes de la Plataforma Andina Boliviana



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de la investigación.

para el sistema de clasificación, que fue aprobada por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (Devaux *et al.*, 2007). Esta disposición fue desarrollada sobre la base de los precios históricos para cuatro tamaños de papa en el mercado, por tanto incluye cuatro tamaños diferentes para chuño y tunta (Cuadro 2). Mientras más grandes, mayor el precio a pagarse dentro de la plataforma. El precio se establece una vez al año, de acuerdo al promedio del mercado y no puede ser cambiado, aun cuando en el mercado sea más alto que el definido en la plataforma.

Cuadro 2
Calidad y tamaño de chuño de acuerdo a la norma oficial
de calidad – NB 316001

Calidad	Tubérculos redondos	Tubérculos largos
Primera	Diámetro mayor a 4 cm	Diámetro mayor a 3 cm
Segunda	Diámetro de 3 cm-4 cm	Diámetro de 2,1 cm-3 cm
Tercera	Diámetro de 2 cm-2,9 cm	Diámetro de 1,5 cm-2 cm
Cuarta	Diámetro menor a 2 cm	Diámetro menor a 1,5 cm

Fuente: Asociaciones de productores, 2007.

Sin embargo, el precio que se paga por chuño y tunta en el mercado, difiere totalmente del de las papas que son la materia prima. Debido a su proceso de transformación, ambos productos son secos y duros, y, por ende, el tiempo de cocción es mayor que el del tubérculo fresco. Los consumidores prefieren comprar chuño y tunta más pequeños, ya que éstos absorben la humedad de manera más uniforme y ofrecen mejor sabor. Como resultado, la demanda del mercado por chuño y tunta de menor tamaño es mayor y paga un precio más alto. La inconsistencia entre la norma oficial de la PAB y la demanda del mercado es un desincentivo para las dos asociaciones de productores que participan en la plataforma. Debido a que no existe un compromiso formal dentro de la plataforma, es decir un contrato para la compra de chuño y tunta, los productores participantes pueden –y escogen–

vender su cosecha en el mercado. Hacerlo, no implica pago de multas a la PAB.

Resultados sobre los costos de transacción

Las reuniones de la Plataforma Andina Boliviana se realizan una vez al mes; también hay otras extraordinarias para atender necesidades específicas de la plataforma. Para los participantes que ofrecen apoyo estratégico y para el sector privado, los costos de participación son menores que para los productores, debido a que estas organizaciones se encuentran en La Paz, donde tienen lugar la mayor parte de las citas. Los productores, por su parte, tienen que viajar desde sus comunidades a La Paz, lo que, en algunos casos demanda un viaje de ida y vuelta durante unas cinco horas, sin considerar el tiempo que toma movilizarse dentro de la ciudad y la duración de las reuniones. Para otros productores, el viaje podría significar un poco más de cinco horas. Considerando los gastos de transporte y alimentación, los productores suelen gastar más que el resto. En general, las respuestas obtenidas en las entrevistas nos permitieron crear una escala, donde se observa que los costos de participación son mayores para los productores y menores para quienes sólo ofrecen apoyo estratégico y para los del sector privado. No obstante, los costos de participación aumentan para todos los actores de la cadena estudiada.

El moderador de la Plataforma Andina Boliviana realiza una selección inicial e invita a los participantes. Eventualmente, los participantes, como grupo, buscan e invitan a otros, según se necesite; así los costos de búsqueda se comparten entre todos los integrantes de la plataforma. En este escenario, los costos de búsqueda se reducen para cada participante. En el Cuadro 4 se muestran los costos de búsqueda para productores resaltados en negritas, ya que éstos no tendrían acceso a la red que la PAB ofrece si no fueran partícipes. Los participantes del sector privado y de apoyo estratégico comparten información sobre precios y estándares de calidad con las asociaciones de productores. De igual manera, estas comparten datos sobre cantidad por año, fechas y

calidad de la producción agrícola. Esto implica que los costos de acceso a la información se reducen para los participantes de la PAB, ya que esta es compartida entre todos.

Como ya se mencionó, la Plataforma Andina Boliviana no posee un documento que establece las responsabilidades de los participantes de la plataforma y carece de un contrato formal. A los actores de la cadena de mercado que forman parte de la plataforma los motiva su voluntad de ser parte de un grupo, que reduce la mayor parte de sus costos de transacción en la cadena de abastecimiento. Por tanto, en ausencia de contrato, los costos de contratación son iguales a cero (ver Cuadro 3).

El moderador de la plataforma, Innovandes, incurre en la mayor parte del gasto que implica el monitoreo y la ejecución; en menor proporción, y aunque su carácter es más informal, las organizaciones sin fines de lucro que trabajan con las asociaciones de productores, también asumen algo del costo de monitoreo durante sus visitas semanales a las comunidades. Lo mismo ocurre con los líderes de esas asociaciones, que tienen la responsabilidad de informar a sus miembros sobre reuniones y actividades especiales; dada la falta de vías de transporte, esta tarea puede demandar hasta cinco horas para notificar a la mayoría de los integrantes y estos a su vez deben difundir la información entre sus vecinos cercanos. En el caso de algunos dirigentes, los costos de monitoreo de las parcelas comunales e individuales no sólo implican una inversión de tiempo sino de recursos. Los costos de monitoreo para Innovandes incluyen transporte, comida, alojamiento y materiales de oficina para las visitas a cada participante. Algunas veces, cuando no se logran los estándares de calidad acordados en la plataforma, Innovandes tiene que realizar más inspecciones (a ciertos productores, procesadores y organizaciones de apoyo), a fin de mejorar la calidad del producto final.

No existen costos de ejecución en términos de multas asociadas a la no asistencia a reuniones y actividades, o presencia pasiva. Sin embargo, el moderador y las asociaciones de productores incurren en algunos de estos costos. En el caso del moderador, un representante de Innovandes visita a esos participantes para mantenerlos motivados y para ello debe correr con los costos de transporte, alimentación y, en

algunos casos, alojamiento. Se podrían considerar costos de monitoreo; sin embargo, debido a que esta tarea es parte de un compromiso informal para promover la participación activa, se consideran dentro de la categoría de costos de ejecución. En el caso de las asociaciones de productores, sus líderes han definido algunas reglas de ejecución, para prevenir que algunos miembros se beneficien sin proveer activa participación; entre ellas se puede mencionar las multas que son impuestas a quienes no asisten a reuniones y la negación a la reincorporación al grupo, para aquellos que se han ausentado por más de un mes.

Por otro lado, la Plataforma Andina Boliviana promueve la capacidad de negociación para los pequeños productores. Todos los integrantes tienen el derecho de participar activamente en cada reunión con otros actores de la cadena de mercado, con la misma capacidad de voz y de voto en la gestión de transacciones, lo cual significa que existe una integración horizontal. Sin embargo, el impacto es limitado, pues sólo involucra a quienes están invitados. Para llegar a ser participante de la PAB, los productores deben estar organizados como asociación o cooperativa, y su producción de chuño y tunta debe ser de alta calidad, tanto en uniformidad de tamaño como en higiene, ya que con mayor limpieza aumenta la posibilidad de que puedan resistir de cinco a 10 años en almacenamiento. Además, la oferta tiene que ser más o menos permanente, a fin de asegurar el abastecimiento de la demanda del mercado.

Visto desde otra perspectiva, debido a que sólo pueden participar aquellos a quienes Innovandes provee asistencia técnica, el impacto de la PAB es aún muy limitado. Las barreras a la participación son la capacidad de organización de los agricultores, la calidad de la cosecha conforme a los estándares del mercado, la oferta permanente y la normativa incorrecta que determina precio y tamaño. Por un lado, el precio que se ofrece en la plataforma se establece como un promedio anual y no compensa los esfuerzos de los agricultores para producir la mayor calidad que el sector privado demanda. Por otro lado, la norma oficial para chuño y tunta, que se diseñó antes de la creación de Innovandes en 2007, no es acorde a la demanda del mercado. El Cuadro 2 muestra que a mayor tamaño, más elevado es el precio del chuño; sin embargo,

este estudio de caso revela que el mercado paga más por el chuño más pequeño, ya que se hidratan más fácilmente durante la cocción. Los chuños más pequeños saben mejor y reducen los costos de producción en el mercado (cocción). Entonces, a los cambios climáticos se suman los mercados imperfectos, como factores que limitan una oferta uniforme y permanente.

En aquellas ocasiones en el que el mercado ofrece un precio más alto que el de la plataforma para el chuño y la tunta, la falta de un contrato formal con la PAB impide prevenir que las asociaciones de productores vendan su cosecha a compradores (por lo general intermediarios) externos. La carencia de un documento formal de participación y de compra-venta dentro de la plataforma permite que las asociaciones tengan la libertad de escoger el mejor postor. Esto, indudablemente, pone en riesgo el éxito de la plataforma, como nodo coordinador entre productores y mercados de altos ingresos.

En resumen, la Plataforma Andina Boliviana ofrece incentivos para la participación de los productores, como la reducción de costos de transacción, colaboración activa con otros actores de la cadena de mercado, desarrollo de la capacidad de negociación de los productores y la disponibilidad de información. Por tanto, aun cuando ciertos costos en la plataforma son más altos, los beneficios también son mayores (información, capacidad de negociación, redes sociales). Esto hace que participar en la plataforma sea una estrategia deseable.

Sin embargo, el mayor desincentivo es que el precio que se paga en la plataforma es menor que el del mercado durante algunas estaciones. Dado que los estándares de calidad requeridos en la PAB son mayores que los del mercado informal, los productores realizan esfuerzos e inversiones adicionales (junto con las organizaciones de apoyo sin fines de lucro) que no son recompensados por el precio oficial de la plataforma. Esto pone en evidencia que la motivación principal de las asociaciones de agricultores para participar es el acceso a la información del mercado y no así la venta de su producción. Considerando que el objetivo principal de la PAB es establecer conexiones permanentes de compra-venta entre productores pequeños de papa nativa, organizaciones de apoyo y mercados de altos ingresos, esta misión se ve amenazada

por la normativa de tamaño-precio de la plataforma, que no está acorde con el mercado.

Conclusión

La fortaleza principal de la Plataforma Andina Boliviana está basada en promocionar la interacción colaborativa entre los actores de la cadena de mercado y las organizaciones formales de apoyo. Esto reduce los costos de búsqueda, información y de contratación para todos los participantes; pero, al mismo tiempo, les aumenta los costos de participación y también los costos de monitoreo y ejecución para las asociaciones y el moderador (Cuadro 3). Empero, lo uno se compensa con lo otro. Una vez al mes, la plataforma analiza los logros alcanzados y discute el plan de actividades con la participación de todos los actores que forman parte de la cadena de mercado para un producto específico. Esta dinámica permite el acceso a información del mercado, promueve la colaboración y mejora la capacidad de negociación de los productores andinos pequeños asociados, quienes interactúan directamente con actores a diferentes niveles de la cadena de mercado.

Cuadro 3
Costos de transacción de participantes en la Plataforma Andina Boliviana

Tipo de costo de transacción/moderador-participantes	Moderador	Participantes		
	Innovandes	Apoyo estratégico	Sector privado	Asociaciones de productores
Costos de participación	↑	↑	↑	↑
Costos de búsqueda	↑	↓	↓	↓
Costos de información	↑	↓	↓	↓
Costos de contratación	0	0	0	0
Costos de monitoreo	↑	↓	↓	↑
Costos de ejecución	↑	0	0	↑

Fuente: Elaboración propia. Las flechas indican la dirección del impacto.

No obstante, la Plataforma Andina Boliviana presenta debilidades relacionadas, en su mayoría, a la motivación de los participantes. En primer lugar, está lo mencionado líneas arriba, sobre la inexistencia de un compromiso formal para los acuerdos y, que en lugar de un contrato, se dependa sólo de la voluntad de los actores para participar en reuniones y actividades. Esto aumenta los costos de monitoreo y ejecución para el moderador (Innovandes). Segundo, las estrategias organizacionales de la plataforma sobre procesos de negociación, así como las reglas de entrada y salida para participantes, no están formalmente establecidas. Tercero, la plataforma carece de una entidad financiera como participante a tiempo completo, lo que limita su capacidad para proveer un apoyo financiero que asegure la oferta permanente y la buena calidad de la producción. Deze Ltda., un participante de la PAB, ofrece asistencia financiera parcial, únicamente cuando Innovandes también invierte. Esto implica que parte del éxito de la plataforma depende del presupuesto del moderador.

Cuarto, la plataforma ofrece un precio que no compensa los esfuerzos adicionales para lograr mejor calidad (higiene y tamaño) de chuño y tunta (Cuadro 2); esto implica que no existe una motivación económica para los productores (asociaciones de productores, 2007). El precio oficial en la plataforma se establece una vez al año, como un promedio de los precios mensuales de todo el año en el mercado; pero algunas veces ha sucedido que, debido al sistema de clasificación de la PAB (Cuadro 2), el precio en el mercado es más elevado. Esto se debe a que la norma ha establecido un sistema de clasificación que no puede ser cambiado para adaptarse a las condiciones del mercado; a raíz de ello, los productores optan por vender su cosecha en el mercado informal, si el precio que les ofrece es mayor que el de la plataforma.

Quinto, las comunidades participantes sólo pueden ser las que reciben asistencia técnica de Innovandes, lo cual está definido en un presupuesto anual. Las dos asociaciones de productores que participan en la PAB, fueron invitadas porque ambas cuentan con organizaciones más sólidas que aquellas que no son invitadas. En la ausencia de reglas formales en la plataforma, los incentivos para

participar son el acceso a la información del mercado, para productores de una de las asociaciones estudiadas, y la identificación de mercados, para los de la segunda. Durante el tiempo en que esta investigación se llevó a cabo, ambas organizaciones fallaban en sus compromisos de abastecimiento, tanto en el tiempo acordado como en la calidad de la producción, en términos de limpieza y tamaño.

Recomendaciones

Costos de transacción y acción colectiva para la integración al mercado

Al mejorar la colaboración entre los actores de la cadena de mercado, la PAB sirve como una palestra de acceso a información del mercado y a actividades conjuntas con otros actores de la cadena de mercado, sobre todo para pequeños productores asociados. Sin embargo, para que los más vulnerables puedan beneficiarse de esta iniciativa, la plataforma necesita enfocarse en acciones y opciones que reduzcan los costos de transacción en producción, mercadeo y comercialización de productos elaborados de papas nativas. La teoría de la nueva economía institucional, sumada a la literatura sobre acción colectiva, establece que estos costos pueden disminuir mediante la introducción de incentivos, contratos y reglas de ejecución.

El sistema de clasificación debe revisarse para que la plataforma pueda incentivar la participación activa de pequeños productores y la venta interna de sus productos. La norma de precio que la plataforma aplica no tiene coherencia con la demanda del mercado; la plataforma paga un precio mayor por chuño y tunta más grandes, mientras que, por el contrario, el mercado paga mejor por tamaños más pequeños. Un cambio en el sistema de clasificación y la norma de precio, puede tener un efecto en todos los costos de transacción, ya que un precio definido en función del mercado, motivaría la participación de todos los actores. Un mayor compromiso de los participantes implica también voluntad de firmar contratos, lo cual, eventualmente, puede conllevar a me-

nores costos de monitoreo y ejecución. Los costos de contratación podrían aumentar, considerando la necesidad de un compromiso formal en la plataforma; sin embargo, esto se compensaría con una reducción de los costos de participación y búsqueda.

Recomendaciones para investigaciones futuras

En el 2007, cuando se realizó esta investigación, la Plataforma Andina Boliviana estaba en su primer año de actividades. Su rendimiento durante el segundo año podría ser diferente a los resultados presentados en este estudio y algunas de las recomendaciones podrían haber sido implementadas. Por tanto, las conclusiones aquí presentadas deben servir como punto de referencia para el análisis del rendimiento comparativo y total de la PAB, en lugar de ser una conclusión definitiva.

Para el 2007, también se habían desarrollado plataformas en Perú bajo el EPCP. Sin embargo, la PAB fue la primera experiencia formal en el caso de Bolivia. En futuras investigaciones se podría realizar un análisis que compare el impacto de participar en este tipo de plataformas, que proveen acceso a pequeños productores, frente a la participación en negociaciones horizontales directas con otros actores de la cadena. Una evaluación de la PAB durante los siguientes años de actividades, podría también ser de valor para la literatura y para las organizaciones de apoyo en el campo. Un aspecto a evaluarse podría ser el rendimiento y el impacto en las comunidades en el primer año, con este documento como referencia, comparado con los siguientes años de funcionamiento.

Recomendaciones para las organizaciones en desarrollo

En la conclusión se explicó con claridad que el sistema de clasificación y la norma de precio establecida en la plataforma, afecta los costos de transacción, debido a que fueron diseñadas sobre la base de la demanda del mercado para tamaños de papas y no para chuño y tunta. Por lo tanto, se recomienda que el sistema de clasificación usado por una institución para pagar por productos

frescos o con valor agregado, sea diseñado específicamente para el producto que se desea comercializar. De preferencia, la norma de precio debería elaborarse en colaboración con los actores de la cadena de mercado involucrados en la iniciativa. Adicionalmente, el precio podría estar relacionado con las características de valor agregado tales como presentación y desarrollo de marca.

La falta de un contrato formal se identifica como un desincentivo para los participantes de la Plataforma Andina Boliviana. Los productores que alcanzan mayor calidad de producción podrían preferir vender en el mercado informal cuando el precio en la plataforma es menor que el del mercado. Sin embargo, los esfuerzos extras en que incurren los productores para vender en la plataforma, no se reconocen en el mercado informal. Al mismo tiempo, una vez que los productores tienen su oferta lista para ser entregada, el sector privado en la plataforma podría preferir no comprarla, debido a la menor calidad del producto. Un contrato establecido con anticipación podría reducir la incertidumbre en la plataforma para todos sus participantes y, al mismo tiempo, aumentaría el compromiso y la posibilidad de reducir los costos de transacción.

El estudio de la PAB, gracias a la voluntad de sus participantes, se realizó con el propósito de elucidar el contexto, tipo de organizaciones y condiciones en los que este tipo de institución puede lograr sus objetivos. Sin duda, la plataforma ofrece oportunidades de desarrollo y alivio de la pobreza, al promover la negociación horizontal entre pequeños productores y otros actores de la cadena; simultáneamente ofrece colaboración especializada estratégica al involucrar a instancias de asistencia técnica sin fines de lucro. Un hallazgo importante de este estudio es el grado de organización que deben tener los agricultores para poder participar en una plataforma de este tipo. En este escenario, las entidades de apoyo juegan un papel fundamental en la organización y reorganización de las estrategias de producción, poscosecha y comercialización de papas nativas con las asociaciones de productores. Las instituciones de apoyo financiero facilitarían los esfuerzos de ambas partes, para asegurar el alcance de los estándares de calidad requeridos por los actores de la cadena de mercado que participan en la plataforma.

Al mismo tiempo, este tipo de iniciativa requiere mayor inversión de tiempo y recursos por parte del moderador de la plataforma, para establecer reglas de juego formales y estándares adecuados, que garanticen que los esfuerzos de sus participantes sean compensados. En ese mismo sentido, otro hallazgo tiene que ver con la necesidad de evaluar de manera dinámica y participativa el funcionamiento de la plataforma, sus normas y requerimientos, a fin de asegurar flexibilidad, para que aquellas normas que representan barreras al logro de los objetivos de la plataforma puedan cambiarse rápidamente.

El proyecto SANREM CRSP LTRA4 señala que los productores de los Andes enfrentan oportunidades y riesgos del clima y del mercado, los cuales representan retos para sus medios de vida sustentables. De ahí que el poder de negociación en el mercado ha sido una de las áreas de estudio de este proyecto. Los mercados que enfrentan los productores son de poder asimétrico, donde los precios que se ofrecen son definidos por los compradores. El esfuerzo para desarrollar estas cadenas de comercialización, a través de procesos participativos, es una respuesta a la falta de poder de negociación y de acceso a la información de mercados de los pequeños productores. El apuntar a mercados de altos ingresos, con una institución que atrae actores con objetivos y ética similares, es una posibilidad para crear y desarrollar los capitales humano, social y político, que permitan a los agricultores explorar alternativas y condiciones para identificar nuevas oportunidades. Programas como la Plataforma Andina Boliviana pueden asegurar la conservación de la cultura andina y la reducción de la pobreza, si se crean a partir de las instituciones locales y necesidades específicas del producto, y se adaptan de manera dinámica a los cambios del mercado y el clima.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento a la Agencia de Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID) y al

apoyo generoso de la población estadounidense, mediante el Programa de Apoyo a la Investigación Colaborativa para la Agricultura Sostenible y el Manejo de los Recursos Naturales (SANREM-CRSP), por el financiamiento para llevar a cabo esta investigación, bajo los términos del Acuerdo Cooperativo N° EPP-A-00-04-00013-00 con la Oficina de Investigación Internacional y Desarrollo en la Universidad Estatal e Instituto Politécnico de Virginia (Virginia-Tech), dentro del proyecto de investigación “Adaptándose a los cambios de mercado y clima en ecosistemas de los Andes” (Long Term Research Award 4 a la Universidad de Missouri, Columbia).

Las autoras agradecen también al equipo de apoyo en Bolivia, sin los cuales la investigación de campo no se hubiese llevado a cabo. En la Fundación PROINPA a Enrique Carrasco, Miguel Ángel Gonzáles, Bruno Condori, Carola Chambilla, Yassmín Mantilla, Raúl Esprella y Bernardo. En la Universidad de la Cordillera a la Dra. Elizabeth Jiménez, Olga Yana, Griselda Gonzáles, Alejandro Romero y Porfidia Ajata. En el Centro Internacional de la Papa y el Programa CIP-Altagro al Dr. Roberto Quiroz y Abel Rojas. En la Iniciativa Papa Andina, a André Devaux y su equipo por su trabajo y la coordinación del Enfoque Participativo de Cadenas Productivas (EPCP) en los Andes y la Plataforma Andina Boliviana (PAB).

Bibliografía

- Asociación de Productores.
2006 Para saber quiénes somos y dónde vamos, 1(1).
Asociación de Productores.
2007 Para saber cómo estamos y qué hacemos, 2(2).
Asociación de Productores.
2007 Asociación de Agricultores. Poster.
Bebbington, A.
1997 *Social capital and rural intensification: Local organizations and islands of sustainability in the rural Andes*. The Geographical Journal, 163 (2), 189-197.

- Bebbington, A.
1999 *Capitals and Capabilities: A framework for analyzing peasant viability, rural households and poverty*. World Development, 27(12), 2021-2044.
- Bebbington, A., & Perreault, T.
1999 *Social capital development and access to resources in highland Ecuador*. Economic Geography, 75(4), 395-418.
- Bernet, T., Devaux, A., Ortiz, O., & G. Thiele.
2006a *Participatory Market Chain Approach*. Retrieved November 9, 2007, from Beratinerlennen News 1/2005 Web site: http://www.cgiar-ilac.org/downloads/references/bernet_participatory_Market.pdf
- Bernet, T., Thiele, G., & T. Zschocke (eds.).
2006b *Participatory Market Chain Approach (PMCA): User Guide*. Lima, Perú: International Potato Center (CIP), Papa Andina.
- Biénabe, E. & D. Sautier
2005 *The role of small scale producers' organizations to address market access*. En Almond, F. R. y S. D. Hainsworth (eds.) Beyond Agriculture-Making Markets Work for the Poor. Proceedings of an International Seminar, 28 February-1 March 2005, Westminster, London, UK. Aylesford and Bourton on Dunsmore, United Kingdom Crop Post-Harvest Programme of Natural Resources International Limited, and Practical Action. P. 69-85.
- Chambers, R., & G.R. Conway.
1992 *Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st century*. Institute of Development Studies London (IDS), 296 (Discussion Paper).
- Coase, R.H.
1937 *The Nature of the Firm*. *Economica*, 4(16), 386-405.
- Coase, R.H.
1960 *October: The Problem of Social Cost*. *The Journal of Law and Economics*, 3. DOI: 10.1086/466560.
- De Haan, L. J.
2000 *Globalization, Localization and Sustainable Livelihoods*. *Sociologia Ruralis*. 40(2000 3):339-365.

- De Janvry, A., Fafchamps, M., & E. Sadoulet.
1991 *Peasant Household Behaviour with Missing Markets: Some paradoxes explained*. The Economic Journal, 101(409), 1400-1417.
- Devaux, A., Velasco, C., López, G., Bernet, T., Ordinola, M., Pico, H., Thiele, G., & D.Horton.
2007 *Collective action for innovation and small farmer market access: The Papa Andina experience*. CAPRI, 68 (Working paper)
- Devaux, A. & G. Thiele.
2002 *Papa Andina, logros y experiencias de la primera fase (1998-2002)*. Compendio. Lima: International Potato Center (CIP) - Papa Andina.
- Devaux, A., G. Thiele, G. López, y C. Velasco.
2006 *Papa Andina: Innovación para el desarrollo en los Andes - Logros y Experiencias de la Segunda Fase: 2002-2006*. Lima: International Potato Center (CIP) - Papa Andina.
- Ellis, F.
1998 *Survey article: Household strategies and rural livelihood diversification*. The Journal of Development Studies, 35(1), 1-38.
- Emery, M., & C. Flora.
2006 *Spiraling up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework*. Journal of the Community Development Society, 37(1), 21.
- Guidi, A., Esprella, R., Aguilera, J., & A. Devaux.
2002 *Características de la cadena agroalimentaria de chuño y tunta para el Altiplano central de Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA, proyecto PAPA ANDINA-COSUDE, CD-IIICA: E21-G8c.
- Guerrero, D., Monteros, C., Montesdeoca, F., Pico, H., Pino, G., Pumisacho, M., Reinoso, I., Thiele, G., & F. Yumisaca.
2005 *Plataformas de concertación para vincular agricultores y agricultoras con el mercado*. Retrieved March 10, 2007, from <http://papandina.cip.cgiar.org/fileadmin/documentpool/Institucional/05-Ec-Evaluacion-Horizontal.pdf>

Hellin, J.

2005 *Crop diversity and livelihood security in the Andes*. *Development in Practice*, 15(2), 165-174.

Hellin, J., & Higman, S.

2002 *Smallholders and niche markets: Lessons from the Andes*. Agricultural Research and Extension Network, 118 (Network paper).

Inter-Agency Technical Committee of the Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean.

2000 *Panorama of the environmental impact of recent natural disasters in Latin America and the Caribbean*. Document prepared on the basis of the mandates of the Eleventh Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean, Lima, Perú.

Key, N., E. Sadoulet & A. de Janvry.

2000 *Transaction Costs and Agricultural Household Supply Response*. *American Journal Agricultural Economics* 82 (May): 245-259.

Kruseman, G.

2001 *Assessing the effects of policy measures on household welfare and agro-ecological sustainability: An overview of farm household modeling approaches*. In N. Heerink, H. van Keulen, & M. Kuiper (eds.), *Economic policy and sustainable land use: Recent advances in quantitative analysis for developing countries*. ISBN: 3790813516.

Leach, M., R. Mearns, & I. Scoones.

1999 *Environmental Entitlements: Dynamics and Institutions in Community-Based Natural Resource Management*. *World Development*, 27(2), 225-47.

Logli, P.

2001 *What future for fair trade?* ACP-EU Courier, 181, 63.

Mayer, E.

2005 *Households and their markets in the Andes*. In James G. Carrier (Ed.), *A Handbook of Economic Anthropology*. Cheltenham, UK: Elgar.

- McCann, L., B. Colby, K.W. Easter, A. Kasterine, & K.V. Kuperan.
2004 *Transaction cost measurement related to environmental and natural resource policies*. Ecological Economics, 52(4), 527-542.
- McCann, L. y K.W. Easter.
2004 *A framework for estimating the transaction costs of alternative mechanisms for water exchange and allocation*. Water Resources Research, 40, W09S09, doi:10.1029/2003WR002830.
- Meizen-Dick, R., Di Gregorio, M., & N. McCarthy.
2004 *Methods for studying collective action in rural development*. Washington DC: IFPRI (CAPRI working paper 33).
- Meizen-Dick, R., & M. Di Gregorio.
2004 *Collective Action and Property rights for Sustainable development*. Washington, DC: IFPRI (2020 Focus N° 11).
- Morduch, J.
1995 *Income Smoothing and Consumption Smoothing*. Journal of Economic Perspectives, 9, 103-114.
- North, D.C.
1991 *Institutions*. Journal of Economic Perspectives, 5(1), 97-112.
- Olson, M.
1971 *The Logic of Collective Action: Public goods and the theory of groups*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ostrom, E.
1990 *Governing the Commons: The evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Plataforma Andina Boliviana.
2007 *Plan estratégico 2007-2010: Propuesta estratégica*. La Paz, Bolivia: Innovandes.
- Plataforma Andina Boliviana.
2007a *Plan Estratégico 2007-2010: Análisis de Situación*. La Paz, Bolivia: Innovandes.
- Reardon, T., Farina, E., & J. Berdegú.
2001 *Globalization, Changing Market Institutions, and Agrifood Systems in Latin America: Implications for the Poor's*

- Livelihoods*. The 74th EAAE Seminar Livelihoods and Rural Poverty: Technology, Policy and Institutions (Draft paper for Keynote Address), Wye, UK.
- Sanginga, P.C., Best, R., Chitsike, C., Delve, R., Kaaria, S., & R. Kirkby.
- 2004 *Empowering mountain communities to identify market opportunities and develop rural agro enterprises*. *Bio One*, 24(4).
- SANREM-CRSP LTR-4.
- 2008 *Adapting to Change in the Andean Highlands: Practices and Strategies to Address Climate and Market Risks in Vulnerable Ecosystems*. Retrieved December 20, 2006, from SANREM-CRSP Web site: <http://sanrem.missouri.edu/index.html>.
- Smit, B., & M.W. Skinner.
- 2002 *Adaptation options in agriculture to climate change: a typology*. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7, 85-114.
- Valdivia, C., E. Seth, & E. Jiménez.
- 2011 *Cambio Climático y Adaptación en el Altiplano de Bolivia*. En E. Jiménez (ed) *Adaptación y Cambio Climático en Bolivia* (Adaptation and Climate Change). Edición 25 años. Postgrado en Ciencias del Desarrollo CIDES, Universidad Mayor San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Valdivia, C., A. Seth, J. L. Gilles, M. García, E. Jiménez, J. Cusicanqui, F. Navia, & E. Yucra.
- 2010 *Adapting to Climate Change in Andean Ecosystems: Landscapes, Capitals, and Perceptions Shaping Rural Livelihood Strategies and Linking Knowledge Systems*. *Annals of the Association of American Geographers*. 100 (4): 818-834.
- Valdivia, C., J. L. Gilles, & M. García.
- 2010 *Adapting to Change: Institutions and Processes in Linking Knowledge Systems for Action*. In *Strengthening Institutions to Address Climate Change and Advance the Greening Economy*. 2nd Global Conference of Environmental Governance and Democracy. Yale University and United National Institute

- for Training and Research, 17-19 September, New Haven, CT. <http://conference.unitar.org/yale/adaptation>
- Valdivia C., E. Jiménez, & A. Romero.
- 2007 *El Impacto de los Cambios Climáticos y de Mercado en Comunidades Campesinas del Altiplano de La Paz*. Umbrales (La Paz, Bolivia). 16 (December): 233-262.
- Valdivia, C., C. Jette, R. Quiroz, J. Gilles, & S. Materer.
- 2000 *Peasant Households Strategies in the Andes and Potential Users of Climate Forecast: El Nino of 1997-1998*. Selected paper prepared for presentation at the 2000 American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tampa, Florida.
- Valdivia, C. & R. Quiroz.
- 2001 *Rural Livelihood Strategies, Assets, and Economic Portfolios in Coping with Climate Perturbations: A Case Study of the Bolivian Andes*. Paper presented at the Social Organization and Land Management Session, Integrated Natural Resource Management for Sustainable Agriculture Forestry and Fisheries, CIAT, Cali, Colombia.
- Valdivia, C., & J. Gilles.
- 2006 *Adapting to change in the Andean Highlands: Practices and strategies to address climate and market risk in vulnerable agro-ecosystems*. SANREM-CRSP Annual report.
- Valdivia, C., & R. Quiroz.
- 2003 *Coping and adapting to increased climate variability in the Andes*. Selected paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual meeting, Montreal, Canadá.
- Valdivia, C., & C. Jetté.
- 1997 *Peasant Household Strategies, Technologies and diversification in Andean Fragile Lands*. Columbia, MO: Agricultural Economics working paper AEW-1997.
- Valdivia, C., Dunn, E.G., & C. Jetté.
- 1996 *Diversification as a risk management strategy in an Andean agro pastoral community*. American Journal of Agricultural Economics, 78(5), 1329-1334.

Valdivia, C., & J. Gilles.

2001 *Gender and resource management: households and groups, strategies and transitions*. Agriculture and Human Values, 18(1), 5-9.

Valdivia, C. y J. Pichihua.

1986 *La acumulación de capital, desarrollo y contradicciones interenas de las SAIS de la sierra central*. Seminario Permanente de Investigación (SEPIA) I. Lima, Peru. pp. 153-180.

Valdivia, C.

1983 *A Comparative Analysis of Capital Accumulation in Two Peruvian Sheep Associative Enterprises. Factors Enhancing and Restricting their Development*. Unpublished MS thesis. Department of Agricultural Economics, University of Missouri. Columbia, MO. 232pp.

Van Der Meer, C.L.J.

2006 *Exclusion of small-scale farmers from coordinated supply chains: Market failure, policy failure or just economies of scale*. In *The Agro-Food Chains and Networks for Development*. The Netherlands: Springer.

Wang, N.

2003 *Measuring Transaction Costs: An Incomplete Survey*. The Ronald Coase Institute. Presented at the Conference on Transaction Costs organized by the Ronald Coase Institution, Chicago, Illinois.

Williamson, O.E.

2000 *The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead*. Journal of Economic Literature, XXXVIII, 595-613.

Yin, R.K.

1994 *Case Study Research: Design and Methods*. 2nd Ed. Applied Social Research Methods Series Vol. 5.

Explorando la relación entre las estrategias de vida y la resiliencia social y ecológica en el Altiplano de Bolivia

Nathan Jensen y Corinne Valdivia

Resumen

Los hogares del Altiplano boliviano construyen sus estrategias de vida o de subsistencia en sistemas naturales y sociales complejos, marcados por el cambio climático y por sistemas sociales que responden a fuerzas internas y dinámicas mundiales. Para tener éxito, sus estrategias tienen que ayudar a reducir la vulnerabilidad de los hogares a *shocks*, como sequías o heladas, y, al mismo tiempo, tienen que mantener su capacidad para satisfacer las necesidades en el futuro. Estas estrategias también influyen en la resiliencia de la comunidad y en el entorno más amplio, y juegan un papel vital en su supervivencia.

En este artículo se exploran las relaciones que existen entre las características del hogar y las estrategias de vida, y la resiliencia de los hogares y de su ecosistema. El análisis de correlación canónica es un método para descubrir estructuras de relación dentro de conjuntos de variables dependientes e independientes que no son evidentes, usando métodos de regresión multivariada. El análisis se basa en una muestra de 330 hogares rurales del Altiplano boliviano. Se analiza la relación entre ocho características del hogar y cuatro de estrategias de vida con relación a siete indicadores de resiliencia de los hogares y cuatro del ecosistema. Los resultados muestran que son tres los factores que están asociados más estrechamente

con la resiliencia, a saber el acceso a tierra, el ciclo de vida y la participación en mercados laborales fuera de la chacra.

El acceso a la tierra tiene el impacto más profundo, al fortalecer la capacidad de un hogar para mejorar su resiliencia y la de su ecosistema. Un conjunto de relaciones asociadas con el ciclo de vida muestra que las familias más jóvenes son menos vulnerables, incluso si su ingreso es más bajo que el de los hogares en una etapa posterior del ciclo de vida, y que tienen la capacidad de utilizar prácticas más sostenibles de gestión de la tierra. La participación en los mercados laborales genera un ingreso adicional que, por lo general, mejora la resiliencia del hogar y del ecosistema, excepto en los casos en que la tenencia de tierra es muy limitada. Los hogares con poca tierra o sin tierra, y que a menudo apenas logran satisfacer sus necesidades básicas, siguen sobreexplotando sus pequeñas parcelas, porque su ingreso por actividades no agrícolas es insuficiente para invertir en prácticas sostenibles de aprovechamiento de la tierra.

Introducción

El Altiplano boliviano es una región de drenaje interior entre las dos cordilleras de los Andes. Con una altura promedio de 3.750 metros sobre el nivel del mar, la región es semiárida a árida, con una precipitación anual de entre 200 mm en el suroeste a más de 800 mm cerca del Lago Titicaca (SANREM CRSP, 2008). Aparte de unas cuantas ciudades y pueblos, la mayor parte del paisaje es rural con una población de hogares campesinos quechuas y aymaras. Las comunidades rurales agrícolas en las zonas montañosas del trópico tienen que hacer frente y adaptarse a los cambios en su clima y los impactos de la globalización en sus medios de vida (O'Brien *et al.*, 2008; Seth *et al.*, 2010; Valdivia *et al.*, 2010). Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el 75,8% de los habitantes rurales de Bolivia vive en pobreza y el 59,0% en extrema pobreza.

Este artículo pretende contribuir al conocimiento sobre la sostenibilidad y la adaptación, al explorar las relaciones entre las

dimensiones de la subsistencia y la resiliencia socioecológica en los Andes. El modelo y los hallazgos son sobre todo relevantes para las regiones rurales y vulnerables en los ecosistemas de montaña. Se analiza la relación entre el acceso de las familias a capitales y las estrategias de desarrollo de resiliencia de los hogares y los ecosistemas, con información de alta resolución y específica por lugar, para elucidar cómo diferentes hogares van diversificando sus medios de vida hacia otras actividades, para no depender únicamente de la agricultura. Al prestar atención específica al contexto, se podrá ver cómo lo que parecen ser pequeñas diferencias entre comunidades, desde una perspectiva, puede dar lugar a estrategias de vida divergentes.

El propósito de este estudio es identificar los aspectos de las estrategias de vida que están asociados con una mayor o menor resiliencia del hogar y/o su ecosistema. El modelo integra dos marcos conceptuales diferentes (medios de vida sostenibles y resiliencia socioecológica), y explora la relación entre capitales y medios de vida y la resiliencia social y ecológica, algo que surge de las teorías que consideran que éstas son relaciones complejas (Ostrom, 2007, 2009). En este estudio se recurre al análisis de correlaciones canónicas para estudiar las relaciones múltiples entre la economía, los medios de vida y los sistemas ecológicos. Se basa en información de anteriores estudios sobre cómo el control de los activos influye en los medios de vida y el bienestar (p.ej. Bebbington, 1999; Valdivia, 2004; Valdivia y Quiroz, 2003; Winters, Davis, y Corral, 2002), el papel de las estructuras sociales en los medios de vida (p.ej. North, 1995; Omamo, 1998; Reardon, Delgado, y Matlon, 1992; Valdivia *et al.*, 1996) y el entorno natural (p.ej. Gunderson y Holling, 2002; Ostrom, 1990; Walker *et al.*, 2004). Amplía estos conocimientos para incluir el impacto de medios de vida específicos en los sistemas naturales y humanos.

Material y métodos

El marco utilizado en este estudio integra herramientas analíticas económicas –en el contexto de los sistemas sociales y ambientales–

para explorar factores que contribuyen al bienestar humano y medioambiental. El marco incorpora las siguientes características del hogar: típicamente, las decisiones sobre producción y consumo están vinculadas o son menos separables, ya que los costos de transacción son significativos (Ellis, 1993; Omamo, 1998). Los hogares pueden decidir producir para su consumo y no para el mercado (Mayer, 2002). El contexto juega un papel crítico, expresado en la presencia de riesgos climáticos que varían por lugar (Seth *et al.*, 2010). La participación en el mercado varía por tipo de producción, muchas veces como reflejo de las políticas implementadas, como ser la producción de lácteos en el Altiplano central (Valdivia *et al.*, 1996). Nuestro análisis presta especial atención a las diferencias en el paisaje geográfico e histórico de las dos regiones de estudio, el Altiplano norte y el Altiplano central. A través de los grupos focales y las entrevistas con informantes claves realizados por el programa de investigación, se logró una mayor comprensión de las percepciones locales de los problemas relacionados con los costos de transacción y la diversidad de maneras en que la gente participa en los mercados. El trabajo de campo y los múltiples estudios sobre sistemas agronómicos y de producción (Coppock y Valdivia, 2001; Grootaert y Narayan, 2004; Jiménez *et al.*, 2009; SANREM CRSP, 2008) sirvieron de base para la construcción y medición de una serie de conceptos específicos de la resiliencia y la vulnerabilidad en los sistemas socioecológicos del área.

Teoría

El marco de los medios de vida sostenibles es un enfoque para entender y analizar las acciones de individuos y hogares en el contexto de sus capacidades, los capitales que controlan, su cultura, historia, instituciones y sistemas naturales. El acceso a capital y sus capacidades son los recursos que utilizan los hogares para actuar y definir sus “percepciones de bienestar” (Bebbington, 1999). En este marco, el capital social desempeña un papel importante en la forma en que se tiene acceso a los capitales. Describe el “conjunto

de prescripciones, valores y relaciones creados por individuos en el pasado, que pueden ser aprovechados en el presente y el futuro para facilitar y superar dilemas sociales” (Ahn y Ostrom, 2003, p. 73). Las instituciones, que a menudo se incluyen como una faceta del capital social, funcionan para reducir la incertidumbre que existe en todas las interacciones humanas al proveer una estructura de incentivos (North, 2005). En este contexto se utiliza el término “dependencia de la trayectoria previa”, para reconocer el papel determinante de la historia y la cultura en las oportunidades actuales tanto disponibles como percibidas por los hogares. Los conocimientos y experiencias culturales se encuentran integrados en el idioma, las actitudes, las instituciones y la tecnología, y filtran las percepciones y el aprendizaje de las personas además de su resolución de problemas (North, 1994). Al actuar el hogar trabaja, al mismo tiempo, para aumentar o reducir su *stock* de activos y capacidades. Aquí, la sostenibilidad requiere que la familia sea capaz de superar tensiones y *shocks*, pero sin reducir el nivel en que puede crear un medio de vida a través de sus acciones actuales, por ejemplo al disminuir sus existencias de recursos naturales (Chambers y Conway, 1991; Valdivia y Gilles, 2001).

El marco de los sistemas socioecológicos aplica las lecciones aprendidas de los ecologistas, al estudiar tanto los sistemas naturales complejos como los compuestos por sistemas naturales y humanos acoplados. Ofrece un punto de partida para colocar a los hogares en el sistema dinámico más grande de la naturaleza y la sociedad que describen un paisaje. Las acciones de las familias no sólo tienen un impacto en sus capacidades para suministrar y adaptar, sino que también cambian las cualidades en los sistemas naturales y humanos que, a su vez, tendrán un impacto en su situación en el futuro. Se ha demostrado que estos sistemas acoplados tienen una dinámica no lineal, que incluyen puntos de umbral y bucles de retroalimentación que pueden amplificar cambios pequeños en condiciones iniciales (Liu *et al.*, 2007). La fuerza del marco de los sistemas socioecológicos reside en su enfoque holístico de la complejidad de los sistemas naturales y humanos (Holling, Gunderson, y Peterson, 2002), mientras que al mismo tiempo se

parte del supuesto de que el cambio y los *shocks* son inherentes en el sistema. En este sentido, la resiliencia es la capacidad del sistema de absorber los choques y de adaptarse a los cambios, de modo que pueda retener sus funciones, estructura, identidad y retroalimentaciones esenciales (Walker *et al.*, 2004).

Al enfocar el marco de los medios de vida sostenibles desde la perspectiva de los sistemas socioecológicos, se requiere que los hogares mantengan su capacidad de adaptación en un entorno dinámico que responde tanto a sus acciones como a las de los demás, mientras que, de forma simultánea, se satisfagan sus necesidades actuales. La resiliencia de los medios de vida es el nivel al que es flexible un medio de vida y puede recuperarse de, aprender de, y adaptarse a las tensiones y los *shocks* que enfrenta (Gunderson y Holling, 2002).

El marco de los sistemas socioecológicos describe “un sistema integrado en que las dinámicas de los ámbitos sociales y de los ecosistemas tiene un vínculo fuerte y el mismo peso” (Resilience Alliance, 2010) y “está compuesto por múltiples subsistemas y variables internas en estos subsistemas en múltiples niveles” (Ostrom, 2009, 419).

A pesar de que los dos sistemas están integrados, como resultado de las características exclusivamente humanas, hay diferencias entre ellos. Una diferencia significativa entre los sistemas humano y ecológico es la existencia de individuos en comunidades gobernadas por instituciones. Los individuos operan en un sistema social en que su capital social depende de las instituciones y la resiliencia de la comunidad o unidad social (Adger, 2000). Una segunda diferencia entre los sistemas social y ecológico es que los actores en los sistemas sociales tienen la capacidad de aprender, actuar y mostrar previsión, lo cual genera bucles de retroalimentación y fomenta la adaptación.

Modelo conceptual

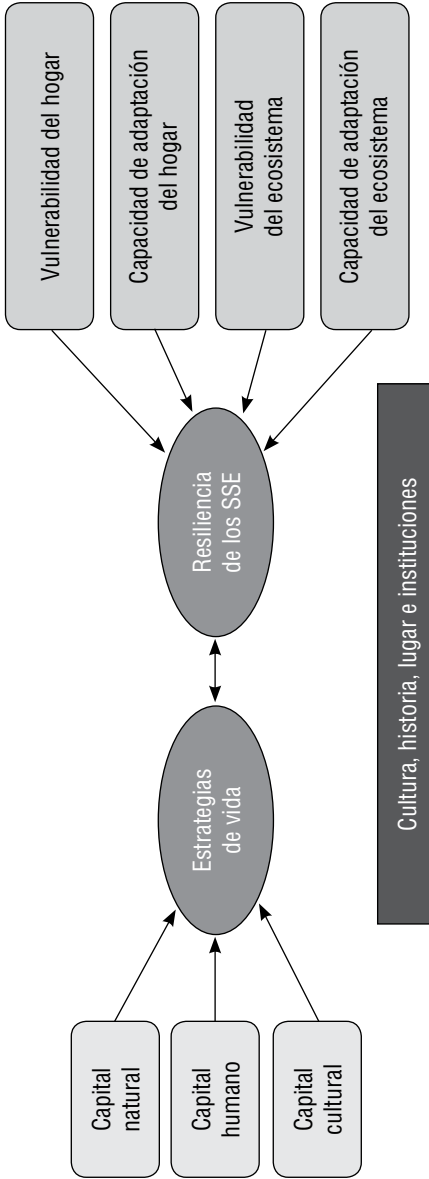
Para diseñar el modelo conceptual de este estudio, se ha recurrido a los marcos de los sistemas socioecológicos y de los medios de vida sostenibles. El primero porque los sistemas humanos y medioam-

bientales no pueden ser desagregados y no pueden ser abordados de manera aislada el uno del otro. Los sistemas sociales y ambientales son complejos y están vinculados de forma estrecha, motivo por el cual se necesita un modelo que incluya mediciones en los dos ámbitos. En el caso del segundo, el marco de los medios de vida sostenibles proporciona el vínculo conceptual entre el acceso de los hogares a recursos, la influencia de la cultura y la dependencia de la trayectoria previa, las estrategias de vida seguidas por la familia y una métrica para comprender cómo esas acciones tienen un impacto en las oportunidades futuras del hogar. Desde el punto de vista conceptual, el hogar utiliza recursos de acuerdo con su acceso a capitales y las estrategias que ha escogido, y esto determina su subsistencia y tiene un impacto en la resiliencia futura tanto propia como del ecosistema que habita. El contexto histórico, cultural, institucional y medioambiental da forma y sentido a todo el proceso (Figura 1).

Modelo empírico

Las variables independientes están compuestas por mediciones del acceso de los hogares a capitales e indicadores de las estrategias de vida (Cuadro 1). Los capitales se dividen en categorías: natural, humano y social. El capital natural es la cantidad de recursos naturales y servicios ambientales controlada por el hogar. La tenencia de tierras de cultivo y ganado se utiliza como forma de aproximación del acceso a capital natural para las familias rurales del Altiplano. El capital humano es la cantidad de trabajo, habilidades, conocimiento y capacidades en el hogar. En este estudio, la aproximación para este capital es la cantidad de trabajo disponible en el hogar y las características de la persona que toma las decisiones o el jefe del hogar. El capital social se mide sobre la base de la participación formal del hogar en organizaciones locales y en actividades informales que fortalecen los lazos, por ejemplo depender de los vecinos para información sobre precios o sobre el clima. Las estrategias de vida reflejan las decisiones que toma el hogar sobre producción y consumo, y el entorno institucional en que se realizan.

Figura 1
Acceso a capitales, estrategias de los medios de vida y el impacto sobre su nivel socioeconómico



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los hogares utilizan su acceso a capitales para la construcción de estrategias de medios de vida en el contexto de su cultura, la historia, la geografía y las instituciones. Las estrategias que se llevan a cabo de acuerdo con las capacidades del hogar, que afectan a la vulnerabilidad, la adaptación y la sostenibilidad.

Cuadro 1
Variables explicativas: capitales y estrategias

	Nombre de la variable	Descripción
Capital natural	Tierras para cultivo	Número total de hectáreas destinadas a cultivos del hogar en la temporada 2005.
	TAU	Explotación del ganado en unidades de animales tropicales (TAU), calculado utilizando métodos metabólicos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por su sigla en inglés).
Capital humano	AE	La cantidad de trabajo en el hogar en adultos equivalentes (AE) construida a partir de la métrica utilizada por Valdivia y Jetté (1996) en la región ¹ .
	Edad	Edad del jefe de hogar.
	Educación	Nivel de educación del jefe de hogar.
	Género	Género del jefe de hogar (0=femenino).
Capital social	Organizaciones locales	El número de organizaciones locales formales en que los miembros del hogar participan.
	Capital social informal	Un índice calculado, sumando el número de actividades sociales informales, en que la familia participa.
Estrategias de vida	Diversidad de cultivos	La inversa del índice de Simpson para las especies cultivadas.
	Autarquía	El logaritmo natural del valor de los bienes producidos para consumo propio.
	Mercados agrícolas	El logaritmo natural de los ingresos en efectivo generados por la venta de productos en los mercados agrícolas.
	Mercados laborales	El logaritmo natural del ingreso total generado por ingresos no agrícolas.

Fuente: Elaboración propia.

¹AE = 1 para la edad > 17,5, AE = 0,5 para 17,5 > Edad > 12,5, AE = 0,3 para 12,5 < edad < 5,5, AE = 0 para edad < 5,5

Los indicadores de las estrategias de vida incluyen mediciones de la diversidad de los cultivos, de la producción para el consumo (nivel de autarquía), de las ventas de cultivos y de la participación en mercados laborales.

Los *shocks* o las variaciones en los sistemas ambientales –tanto humanos como naturales– pueden hacer que el sistema socioeco-

lógico ingrese en una configuración no deseada o pueden causar daños a los elementos en el sistema. Las variables dependientes miden el impacto de las acciones del hogar en su propia resiliencia y la del ecosistema. Los impactos se organizan en cuatro categorías: por ámbito –ecológico o del hogar– al que afectan más de inmediato y por el elemento de la resiliencia al que afectan más de inmediato –la vulnerabilidad o la capacidad de adaptación– (Cuadro 2). Es útil colocar las variables en categorías para interpretar los resultados del análisis, pero hay que notar que esos límites son artificiales; el alto grado de interconexión dentro del sistema genera impactos que atraviesan las escalas y ámbitos. Por ejemplo, los cambios en la vulnerabilidad del hogar pueden ser el resultado de las estrategias de uso de la tierra, lo que a su vez puede tener implicaciones –relacionadas con la vulnerabilidad y capacidad de adaptación ecológicas– sobre esas estrategias.

La vulnerabilidad de un sistema es su “susceptibilidad a daños” (Adger, 2006, p. 1) o su exposición al riesgo. Para los hogares, la vulnerabilidad es una medida de su capacidad para resistir *shocks* y, al mismo tiempo, seguir satisfaciendo sus necesidades (Adger, 2000). Por ejemplo, una historia de pobreza muchas veces deja a las unidades familiares en una situación de alta exposición al riesgo y con pocas reservas que puedan actuar como amortiguación contra los choques (Moench y Dixit, 2004; Sperling *et al.*, 2008). Las propias percepciones del hogar en cuanto a su exposición y capacidad para moderar el riesgo se reflejan en la variable *vulnerabilidad*, mientras que la susceptibilidad histórica a enfermedad es medida por el porcentaje de miembros que estuvieron enfermos por más de una semana en el año anterior. Como aproximación del impacto de la familia en la vulnerabilidad del ecosistema, se mide la diversidad del uso de las tierras alcanzada por el hogar (Valdivia *et al.*, 1996, Valdivia *et al.*, 2010). Una mayor diversidad en el uso de la tierra y, por ende, una mayor cantidad de configuraciones del ecosistema tiene un efecto de amortiguación en el sistema, pues reduce la susceptibilidad del paisaje a un solo *shock* (Walker, 1995).

Cuadro 2
Las variables de respuesta: indicadores de resiliencia y vulnerabilidad

	Vulnerabilidad	Adaptabilidad/Sostenibilidad
Hogar	<p>Vulnerabilidad: Este índice se refiere a la capacidad de los hogares para reducir la exposición y moderar el riesgo.</p> <p>Enfermedad: La fragilidad de los miembros de la familia a las afecciones.</p> <p>Ingreso por persona: Son utilizados en los hogares para amortiguar los <i>shocks</i>.</p>	<p>La productividad de la tierra: La alta productividad indica que las prácticas de los hogares no han agotado su capital natural.</p> <p>Inversión en educación: el número de hijos en la escuela como una inversión en el futuro capital humano y social.</p> <p>Diversidad de ingresos: para suavizar y proporcionar ingresos al hogar con una mayor capacidad para ampliar horizontes más allá de las estrategias que no funcionaban bien.</p> <p>Organizaciones de puente: El acceso de los individuos a organizaciones de fuera de la comunidad aumenta las oportunidades de la unidad familiar no correlacionadas con las actividades agrícolas.</p>
Ecosistema	<p>Uso de la diversidad de tierras: un mayor aumento de diversidad y redundancia de las interacciones dentro del ecosistema reduce su vulnerabilidad a <i>shocks</i>.</p>	<p>Porcentaje de cultivos fijadores de nitrógeno: Las leguminosas aumentan el contenido de nitrógeno y, por lo tanto, la fertilidad del suelo.</p> <p>Enmiendas del suelo: El valor de los insumos del suelo y el mantenimiento de la fertilidad de los suelos cultivados.</p> <p>Control de la erosión: Los hogares que mantienen los pastos nativos, campos en barbecho y los campos de alfalfa perennes ayudan a mantener la fertilidad de la tierra durante todo el año, lo cual la protege contra la erosión.</p>

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad de adaptación requiere que los hogares no agosten su capital actual y mantengan su flexibilidad frente a cambios en su sistema socioecológico. De manera específica, para medir esta capacidad se observan las transformaciones dentro del sistema y el tiempo que este necesita para ajustarse, “en respuesta a cambios medioambientales reales, percibidos o esperados y el impacto de ellos” (Janssen y Ostrom, 2006, p. 276). Las acciones

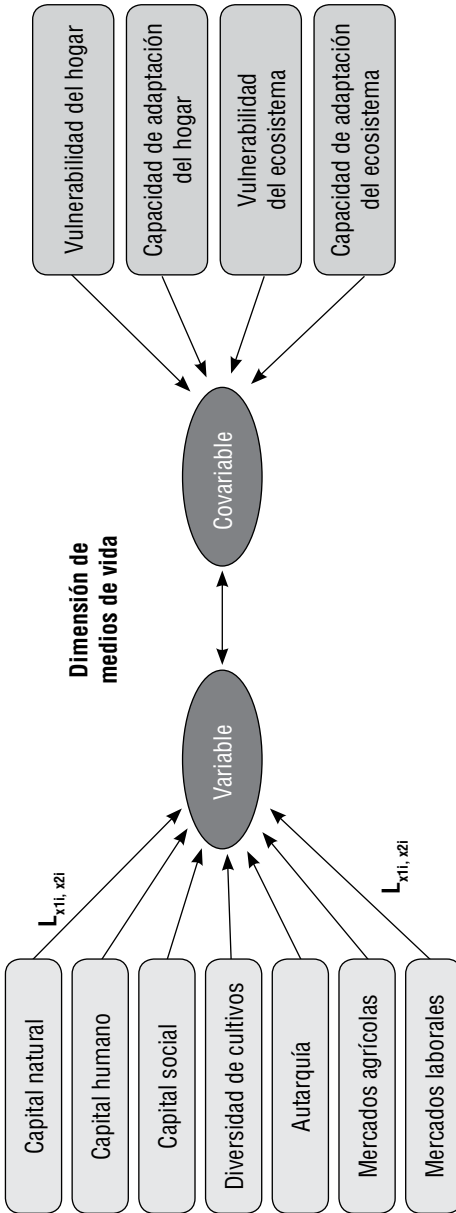
de los hogares pueden ayudar a modificar las oportunidades futuras y las que están a disposición del ecosistema. La capacidad de adaptación del hogar se mide por las inversiones en educación; la diversidad del ingreso; la membresía en organizaciones, que es una forma de acceder al uso de lo que se conoce como “capital social de puente”, y la productividad de la tierra como un indicador del uso sostenible de su capital natural.

El uso sostenible del ecosistema requiere que la extracción de servicios por los hogares, no agote los recursos naturales disponibles para el futuro. Este estudio utiliza indicadores asociados con la salud del suelo y la diversidad del uso de la tierra como aproximaciones de la fortaleza del ecosistema en un entorno agrícola. Las enmiendas del suelo, por ejemplo con abono, ayudan a restituir los nutrientes extraídos por la agricultura, mientras que las leguminosas son un cultivo útil para la fijación de nitrógeno, que luego puede ser aprovechado por las plantaciones de cereales y tubérculos. Los pastos nativos, los campos en barbecho y los cultivos perennes ofrecen un control de la erosión todo el año y ayudan a mejorar la fertilidad del suelo (Aguilera *et al.*, 2010; Coppock y Valdivia, 2001; Gomez *et al.*, 2010).

Sobre la base de un análisis de datos del Altiplano, se pudo constatar que las concentraciones de KMnO_4 , carbono activo y carbono en POM (materia orgánica particulada) en el suelo, mejoraron al dejar las tierras en barbecho (Motavalli *et al.*, 2009). Las raíces de alfalfa pueden crecer hasta medir cuatro metros, si es que se permite que la planta madure por más de una estación, pues así tendrá acceso al nivel freático y a los nutrientes del subsuelo. Los pastos nativos son un hábitat para insectos y animales silvestres, y, por lo tanto, ayudan a mejorar la diversidad del sistema.

Se utiliza el análisis de correlación canónica (ACC) para explorar las relaciones que existen entre los conjuntos de variables dependientes e independientes (Figura 2). Cada dimensión canónica significativa describe un conjunto ortogonal de relaciones que, juntas, estructuran la estrategia compuesta de los medios de vida y sus efectos en la resiliencia.

Figura 2
El modelo empírico sobre las características del hogar

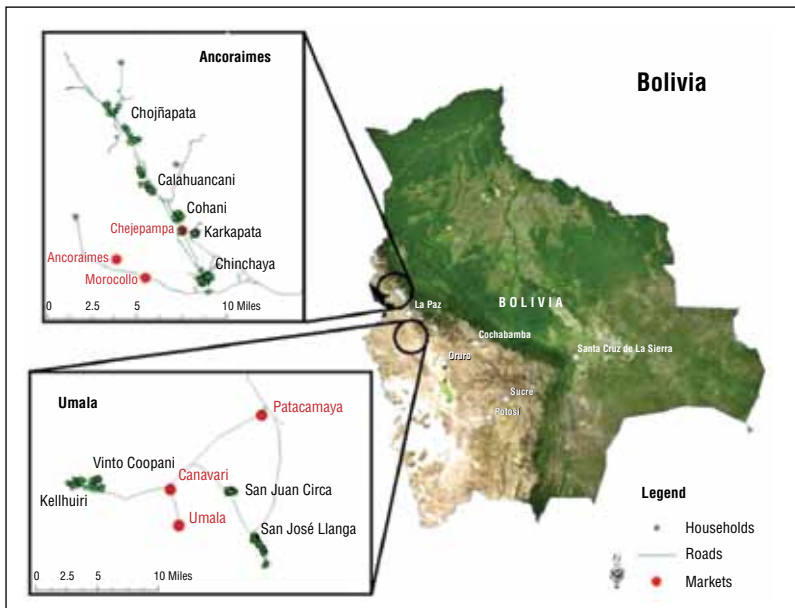


Fuente: Elaboración propia.
Notas: Cada dimensión expresa un conjunto único de las relaciones, que analiza a su vez el impacto de las diferentes facetas de la resistencia.

Datos

Este estudio utiliza recoge datos del *Cuestionario de estrategias de vida, capitales, y prácticas: Ciclo 2005-2006* del proyecto SANREM CRSP: Adaptación al Cambio en los Andes, aplicado en el Altiplano boliviano, a partir de 330 entrevistas realizadas en hogares de nueve comunidades rurales del norte (Ancoraimes) y del centro (Umala) (Figura 3). Los lugares fueron seleccionados con la intención de captar una variedad de características institucionales, geográficas, medioambientales y económicas de la región. A pesar de que la distancia entre ambos sitios es solo unos 200 kilómetros, sus condiciones geográficas, climáticas e históricas son diferentes. Los hogares dentro de cada comunidad fueron seleccionados al azar.

Figura 3
Las nueve comunidades de la encuesta provienen de dos regiones distintas del Altiplano de Bolivia



Fuente: Elaboración propia.

Resultados y análisis

Se utiliza el análisis de correlación canónica para explorar las relaciones entre el acceso de los hogares a capitales, sus estrategias de vida y el impacto en la resiliencia de sus sistemas social y ecológico. Esta es una forma de estudiar los impactos de las múltiples dimensiones de la subsistencia de un hogar, donde no solo se centra la atención en los conjuntos más significativos de relaciones en los datos, sino también en las relaciones más latentes que podrían no ser reveladas (identificadas) si se utilizaran métodos que comparan un conjunto de variables con una sola variable de respuesta, como el análisis de regresión multivariable.

La estimación se desarrolló en dos etapas. Primero, los datos fueron sujetos a una prueba de diferencias regionales, para ver si era necesario estudiar a las dos regiones por separado. El análisis de la varianza (ANOVA) mostró que 17 de las 23 variables eran significativamente distintas a nivel regional ($\alpha=0,1$). Sobre la base de las diferencias estadísticas encontradas en los datos y las diferencias en el contexto de las dos áreas, los autores concluyeron que las regiones deberían ser estudiadas por separado.

La interpretación del análisis de correlación canónica (ACC) en este estudio adopta algunas características particulares. Así, y a pesar de que el análisis de correlación canónica ACC encontró que el modelo era significativo hasta la séptima dimensión canónica ($\alpha=0,05$) en las dos regiones, para fines de interpretación solo se utilizan las primeras tres dimensiones más significativas. Cada dimensión canónica es explicada como una de las muchas dimensiones en tensión en los medios de vida de un hogar. Este análisis sólo utiliza las variables con cargas superiores a 0,3 para la interpretación (Tabachnick y Fidell, 2007). Por último, en vista de que el análisis está basado en correlaciones, los signos de la carga son relativos el uno al otro, lo cual significa que las variables con una correlación positiva no sólo aumentan juntas sino que también disminuyen juntas.

De acuerdo con el lambda de Wilks, la traza de Pillai, la traza de Hotelling-Lawley y la raíz mayor de Roy, el modelo canónico es significativo ($\alpha=0,01$) en las dos regiones. El análisis de redundancia

muestra que las variables explicativas pudieron captar el 29% y el 33% de la varianza total en las variables de respuesta de las regiones central y norte, respectivamente. En vista de que este estudio se refiere principalmente a la revelación de conjuntos de relaciones y no a la predicción de la respuesta de los hogares a cambios en variables individuales, la información más relevante es proporcionada por la estructura canónica, que está expresada por las cargas en cada variable y proporciona una imagen de las relaciones dominantes dentro de los datos. El Cuadro 3 muestra las cargas (donde $| \text{cargas} | \geq 0,3$) de las primeras tres dimensiones en cada región.

Cuadro 3
Las cargas canónicas expresan un conjunto único de las relaciones entre las variables dependientes e independientes

Cargas canónicas entre las variables y su variable canónica aleatoria						
	Umala			Ancoraimes		
	1 DMdV*	2 DMdV*	3 DMdV*	1 DMdV*	2 DMdV*	3 DMdV*
Tierras cultivadas	0,83	0,43		0,75		-0,48
TLU	0,43					0,48
AE	0,36				0,65	
Edad HH		0,54			-0,37	
Educación HH	0,45	-0,35			0,47	
Género HH	0,37	-0,41				
Organizaciones locales					0,64	
Organizaciones Informales SC [#]			-0,30			
Diversidad de cultivos				0,50		
Autarquía	0,90			0,74		
Mercados agrícolas	0,62			0,80		
Mercados laborales			0,67	0,31		0,30
Vulnerabilidad		0,42			-0,61	
Enfermedad		0,36			-0,65	
Ingresos por persona	0,49	0,35	0,66	0,77		
Productividad de la tierra		-0,40	0,41	0,53	0,55	
Educación	0,41	-0,33			0,57	
Diversificación de ingresos	-0,34		0,65			0,55

(*) Primera, segunda y tercera dimensión de los medios de vida.

Fuente: Elaboración propia.

1ra dimensión de los medios de vida: En las dos regiones, la primera dimensión está relacionada estrechamente con la tierra y expresa muchas de las relaciones esperadas en un hogar agrícola. En el Altiplano central también son significativas las características del acceso a trabajo, del ganado y del jefe de hogar. Aquí, un mayor capital también genera una mayor producción para el consumo y participación en los mercados agrícolas, además de una mejora general en la resiliencia de los hogares y del ecosistema. La vulnerabilidad del hogar es reducida y el efecto neto en la sostenibilidad/capacidad de adaptación del hogar es positiva (un efecto negativo y dos positivos). En la ecosfera también mejora la resiliencia con una mayor diversificación en el uso de la tierra y un mayor control de la erosión.

En el Altiplano norte, donde son muy graves las restricciones en cuanto a la disponibilidad de tierras, como consecuencia de una larga historia de alta densidad de población y una elevada fragmentación de la superficie, este capital natural es el único capital significativo. Un mayor acceso a la tierra lleva a una mayor diversidad de los cultivos, una mayor producción para consumo y una mayor participación en los mercados, tanto agrícola como laboral. El resultado de un mayor acceso a tierras y una mayor participación en el mercado es una menor vulnerabilidad y un mayor uso de prácticas sostenibles, tanto a nivel del hogar como del ecosistema.

Una diferencia clave entre las dos regiones en esta dimensión agrícola tiene que ver con los mercados laborales. Los hogares que viven en el Altiplano central con un mayor acceso a tierras, pueden generar la mayor parte de su ingreso a partir de sus cultivos, ganado y productos lácteos; el resultado es que pierden la diversidad de fuentes de ingresos. Pero, por otro lado, participan más en organizaciones puente, probablemente como una vía para obtener altos precios de mercado para sus productos. En el Altiplano norte es más probable que los hogares con un mayor acceso a tierras también participen en los mercados laborales. Gracias a un salario, las familias cuentan con más dinero en efectivo, que pueden utilizar para mejorar la productividad de sus terrenos con la compra de insumos.

En las dos regiones los hogares pueden mejorar su resiliencia: en la zona central únicamente a través de la agricultura, mientras que en el norte es más probable que los hogares con un mayor acceso a tierras ingresen a los mercados laborales para complementar su mermado ingreso de la agricultura.

2da dimensión de los medios de vida: Está asociada con el ciclo de vida del hogar. En las dos regiones, si el jefe de hogar es mayor, aumenta la vulnerabilidad del hogar y baja su capacidad de adaptación, porque es menor la productividad de la tierra y también como resultado de las inversiones reducidas en educación. De manera sorprendente, en la región central las familias de mayor edad tienen más acceso a tierras y, por ende, su ingreso por persona es más alto que el de las familias más jóvenes; sin embargo, esta diferencia no compensa el impacto negativo de la edad avanzada en la salud o la vulnerabilidad percibida a los *shocks*.

Los hogares de mayor edad de la región central tienen más acceso a tierras, pero no a trabajo, lo que da lugar a la utilización de métodos de producción menos sostenibles al avanzar en el ciclo de vida. En el norte, todos los efectos asociados con los hogares de menor edad (fase temprana en su ciclo de vida) son positivos.

3ra dimensión de los medios de vida: En las dos regiones, esta dimensión está asociada con una diversificación fuera de la agricultura. En la parte central del Altiplano, la diversificación se da a través de una mayor participación en los mercados laborales. El resultado es un ingreso más alto que, a su vez, se asocia con mayores inversiones en insumos y una mayor productividad de la tierra; de ahí una mayor resiliencia a lo largo de todo el sistema. En el norte, los bajos niveles de acceso a tierras de cultivo son un factor que impulsa la diversificación hacia actividades menos dependientes de este recurso. Estos hogares amplían sus actividades hacia la ganadería y los mercados laborales.

Discusión

En ambas regiones, la dimensión más significativa de los medios de vida está asociada con el acceso a tierra: un acceso limitado

genera una mayor vulnerabilidad del hogar y prácticas agrícolas menos sostenibles. La relación recíproca entre estas tres características –tierra, vulnerabilidad del hogar y uso sostenible de la tierra– muestra lo que a veces se llama “trampa de pobreza”. El bajo acceso a la tierra aumenta la vulnerabilidad de los hogares a *shocks* y los empuja a utilizar su capital natural de tal manera que reduce su calidad, lo que a su vez los sumerge más en la pobreza.

Los cambios en las acciones de los hogares y el impacto de esas acciones también se asocian con el ciclo de vida. Por lo general, las familias más jóvenes tienen una mayor resiliencia que las familias de mayor edad. En la región central, una correlación positiva entre la edad y el acceso a tierras de cultivo genera un ingreso más alto para los hogares de mayor edad, pero esas familias siguen siendo más vulnerables a enfermedad y choques, y aplican métodos de producción menos sostenibles que sus contrapartes más jóvenes. La correlación negativa resultante entre el ingreso y la vulnerabilidad y sostenibilidad implica que los servicios –más que los activos o ingresos– pueden ser más importantes para reducir la vulnerabilidad de los hogares de mayor edad. Es interesante notar que el ciclo de vida en la región norte, está definido completamente por el capital humano y social que actúa en la resiliencia del hogar y no está correlacionado con el capital natural o la resiliencia del ecosistema.

La tercera dimensión de los medios de vida capta la elección de los hogares de diversificarse hacia otras actividades para generar un ingreso que no sea de sus cultivos. En el norte, el acceso limitado a tierras los empuja a emprender actividades fuera de la agricultura. Aquí, la diversificación puede compensar algunos de los factores negativos asociados con el acceso limitado a tierra, pero sigue existiendo la asociación entre este factor y los métodos insostenibles de uso de los recursos naturales. Incluso si los hogares con poco acceso a la tierra se van diversificando hacia actividades no agrícolas, sigue siendo alta su dependencia respecto de sus cultivos. Asimismo, a pesar de sus intentos por mejorar su situación mediante la diversificación, siguen agotando el recurso (tierras de cultivo) que parece ser el más estrechamente relacionado con su resiliencia. En la región central hay una tensión entre la

participación en redes e instituciones locales, y el trabajo fuera de la unidad familiar agrícola, es decir entre la construcción de capital social y el ganarse la vida. En las dos regiones, una mayor participación en los mercados laborales genera una mayor resiliencia para los hogares, por medio de una mayor diversificación del ingreso.

A pesar de que los hogares en las dos regiones están sujetos a fuerzas muy similares, al mismo tiempo es evidente que sus diferencias significan que esas fuerzas tienen consecuencias muy diferentes. En la región central, donde los hogares controlan un promedio de 3,7 hectáreas, los que tienen un mayor acceso a tierras trabajan activamente para que la agricultura sea su medio de vida.

Un mayor acceso a tierras está correlacionado con incrementos en otros activos vinculados a la agricultura (trabajo, ganado) y con más actividades relacionadas con estrategias de vida ligadas a la agricultura (autarquía y mercados agrícolas). En la región norte es muy bajo el acceso a tierras (0,5 ha/hogar). Un aumento en la disponibilidad de terrenos está asociado más estrechamente con características vinculadas a un mayor ingreso y no es un indicador de una estrategia de medios de vida escogida por el hogar. La tenencia de tierra aumenta con la generación de ingresos en las tres estrategias de vida, con un mayor ingreso por persona y un mayor uso de insumos agrícolas. De manera similar, en la tercera dimensión hay evidencia de que los hogares en la región central son empujados hacia los mercados laborales, mientras que en el norte son empujados fuera de la agricultura, cuando sus tenencias de tierra son muy pequeñas. Lo que es evidente en las dos regiones puede ser captado bajo descripciones muy similares (es decir, inversiones en agricultura, diversificación del ingreso); pero está claro que para los hogares, la situación en cada región es muy diferente y también su camino hacia la resiliencia.

Conclusiones

En este estudio se utilizó el análisis de relación canónica para identificar y explorar las relaciones entre dos grupos de variables,

que creíamos que tenían una alta interconexión. Es un método para estudiar la estructura de relaciones complejas entre características de hogares e indicadores de resiliencia socioecológica. Hemos encontrado evidencia de que hay grupos de características de hogares que parecen actuar de manera recíproca y que parecen estar sujetos a umbrales que pueden hacer que las familias se queden atrapadas en la pobreza o puedan trabajar juntas para desarrollarse.

De acuerdo con este análisis, las limitaciones de acceso a la tierra, el ciclo de vida y la diversificación del ingreso son los tres factores más significativos en la resiliencia de los hogares y su ecosistema, en las comunidades de estudio. Los tres están estrechamente relacionados. Para todos los hogares, menos los de mayor edad en la región central, el acceso mejorado a las tierras de cultivo está asociado con una mayor resiliencia. También hay evidencia de que cuando hay poca tierra de cultivo, las familias van a diversificar sus actividades hacia otras de generación de ingresos, con mayor o menor éxito. Para los hogares del Altiplano rural, el éxito parece requerir una cantidad mínima de tierras de cultivo, incluso si los integrantes de los hogares avanzan hacia otras fuentes para generar más ingreso. El ciclo de vida de los hogares también afecta la elección de la resiliencia agrícola y del hogar. Para mejorar esto es necesario abordar la falta de apoyo para prácticas que mejoran el manejo del suelo, en especial entre la gente mayor. En este momento no hay incentivos que valoren los servicios medioambientales, ni tampoco mercados que paguen por la diversidad genética de las variedades de cultivos que podrían beneficiar a los productores, lo cual apunta a problemas institucionales y de mercado en el abordaje de la resiliencia.

Limitaciones e investigación adicional

En este estudio se investigaron las relaciones entre los hogares y su impacto en la resiliencia de sus medios de vida y la de su ecosistema, desde la perspectiva de personas externas informadas. El siguiente paso lógico consiste en analizar los resultados de este

estudio con miembros de los hogares estudiados. Esto ayudaría a conectar el modelo empírico con las percepciones y valores de quienes viven en el Altiplano. El uso de los datos que se están recopilando, generará un mayor entendimiento de la causalidad de las relaciones examinadas y los cambios que se dan, cuando las comunidades se adaptan a los cambios en el clima, en el ambiente natural y en el ámbito económico (Liu *et al.*, 2007). El análisis también puede ser ampliado a la escala comunitaria, para sacar a luz las relaciones que son específicas del lugar, sobre todo las estrategias que han tenido éxito al abordar las limitaciones o en mejorar la resiliencia socioecológica.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al financiamiento para el proyecto Adaptación al Cambio en los Andes: Prácticas y Estrategias en respuesta a Riesgos Climáticos y de Mercado en Agroecosistemas Vulnerables de la Región Andina, de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, y el apoyo generoso del pueblo americano para el Programa de Apoyo Colaborativo al Manejo de Recursos Naturales y a la Agricultura Sostenible (SANREM CRSP) bajo el Acuerdo de Cooperación No. EPP-A-00-04-00013-00. También fue posible gracias al apoyo de la Oficina de Investigación y Desarrollo Internacional del instituto Virginia Polytechnic Institute and State University. Los autores agradecen a la población de las comunidades rurales en Bolivia que han colaborado en este estudio y al equipo de investigadores y estudiantes que apoyaron el trabajo de campo.

Bibliografía

- Adger, N.
2000 *Social and Ecological Resilience: Are They Related?* Progress in Human Geography; 24:347-364.

- Adger, N.
2003 *Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change*. *Economic Geography*;79:387-404.
- Adger, N.
2006 *Vulnerability*. *Global Environmental Change*;16:268-281.
- Ahn, T.K. y Ostrom, E.
2008 *Social capital and collective action*. En: Castiglione D, Deth JV, Wolleb G, editores. *The Handbook of Social Capital*. Oxford: Oxford University Press; p.70-98.
- Bebbington, A.
1999 *Capitals and capabilities: A framework for analyzing peasant viability, rural livelihoods and poverty*. *World Development*; 27:2021-2044.
- Berkes, F. y Folke, C.
1998 *Linking Social and Ecological Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge: Cambridge University Press;
- Chambers, R. y Conway, G.R.
1991 *Sustainable rural livelihoods: Practical concepts for the 21st century* IDS. Documento de Discusión 296.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
2009 *CEPALSTAT: Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas*. Naciones Unidas. Disponible en: <http://www.eclac.org/estadisticas/default.asp?idioma=IN>.
- Coppock, D.L. y Valdivia, C (editores)
2001 *Sustaining agropastoralism on the Bolivian Altiplano: The Case of San José Llanga*. Logan, Utah: Utah State University, Department of Rangeland Resources.
- Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO)
2000 *Documento de concepto – Año Internacional de las Montañas*. FAO, Roma, Italia.
- Gómez, L., Jumpponen, M., Gonzáles, M.A., Cusicanqui, J., Valdivia, C., Motavalli, P., Herman, M. y Garrett, K. A.
2010 *Pyrosequencing to Determine the Influence of Fallow Period on Soil Microbial Communities in the Bolivian Highlands*. Poster,

- American Phytopathology Society National Meeting, Charlotte, N.C.
- Gillson, L. y Hoffman, M.T.
2007 *Rangeland ecology in a changing world*. Science; 315:53-54.
- Gillson, L. y Hoffman, M.T.
2007 *Response*. Science; 316:1565-1566.
- Grootaert, C. y D. Narayan.
2004 *Local institutions, poverty and household welfare in Bolivia*. World Development; 32(7):1179-1198.
- Gunderson, L.H. y Holling, C.S. (editores).
2002 *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington DC: Island Press.
- Holling, C.S., Gunderson, L.H. y Peterson, G.D.
2002 *Sustainability and Panarchies*. En: Gunderson LH, Holling CS, editores. *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington DC: Island Press. p. 63-105.
- Iyengararasan, M., Tianchi, L., Shrestha, S., Mool, P., Yoshino, M. y Watanabe, T.
2004 *The challenges of mountain environments: Water, natural resources, hazards, desertification, and the imperfections of climate change*. En: Price M, Jansky L, Iatsenia A, editores. *Key issues for mountain areas*. Tokyo: United States University Press. p. 18-37.
- Janssen, M. y Ostrom, E.
2006 *Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Program on Global Environmental Change*. Global Environmental Change; 16:237-239.
- Jensen, N.
2010 *Exploring the relationships between livelihood dimensions and socio-ecological resilience in the Bolivian Altiplano*. Master's Thesis, University of Missouri-Columbia.
- Jiménez, E., Romero, A. y O. Yana.
2009 *El impacto del clima y de mercados en comunidades del municipio de Ancoraimes*. Universidad de la Cordillera.

- Kohler, T., Hurni, H., Wiesmann, U. y Kläy, A.
2004 *Mountain infrastructure: Access, communications, and energy*. En: Price M, Jansky L, Iatsenia A, editores. Key issues for mountain areas. Tokyo: United States University Press. p. 38-62.
- Liu, J.T. *et al.*
2007 *Complexity of coupled human and natural systems*. Science 2007;317:1513-1516.
- Moench, M. y Dixit, A. (editores).
2004 *Adaptive capacity and livelihood resilience: Adaptive strategies for responding to floods and droughts in South Asia*. Boulder, Colorado: Institute for Social and Environmental Transition.
- Motavalli, P.P., Aguilera, J., Jintaridh, B., Valdivia, C., González, M. y Chambilla, C.
2009 *Effects of changes in fallow length on soil organic C due to climate change and socioeconomic factors in potato-based cropping systems in the Bolivian highlands*. Poster presentado en la Reunión de la Sociedad Americana de Agronomía, Madison, WI; 1-5 de noviembre.
- North, D.
1994 *Economic performance through time*. American Economic Review; 84:359-368.
- North, D.
1995 *The new institutional economics and third world development*. En: Harriss J, Hunter J, Lewis C, editores. The new institutional economics and third world development. London: Rutledge. p. 17-27.
- North, D.
2005 *Understanding the process of economic change*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- O'Brien, G., O'Keefe, P., Meena, H., Rose, J. y Wilson, L.
2008 *Climate adaptation from a poverty perspective*. Climate Policy; 8: 194-2001
- Omamo, S.W.
1998 *Farm-to-market transaction costs and specialization in small-scale agriculture: Explorations with a non-separable household model*. Journal of Development Studies; 35:152-163.

Ostrom, E.

1990 *Governing the commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ostrom, E.

2007 *A diagnostic approach for going beyond panaceas*. Proceedings of the National Academy of Science; 104:15181-15187.

Ostrom, E.

2009 *A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems*. Science; 325:419-422.

Reardon, T., Delgado, C. y Matlon, P.

1992 *Determinants and effects of income diversification amongst farm households in Burkina Faso*. Journal of Development Studies; 28:264-296.

Resilience Alliance [Internet].

2009 Disponible en: <http://www.resalliance.org/>

Seth, A., Thibeault, J., García, M, y Valdivia, C.

2010 *Making sense of 21st century climate change in the Altiplano: Observed trends and CMIP3 projections*. Annals of the Association of American Geographers, Special Issue: Climate Change; 100 (4):835-865. doi: 10.1080/00045608.2010.500193.

SANREM CRSP

2008 *LTRA-4: Adapting to change in the Andes: Practices and strategies to address climate and market risks in vulnerable agro-ecosystems*. En: Annual Report 2007. Washington DC: Sustainable Agriculture and Natural Resource Management Collaborative Research Support Program; 2008. p. 93-147.

Tabachnick, B.G. y Fidell, L.S.

2007 *Canonical correlation*. En: Using multivariate statistics. Boston: Pearson/Allyn & Bacon. p. 248.

Valdivia, C., Du, E.G. y Jetté, C.

1996 *Diversification as a risk management strategy in an Andean agropastoral community*. American Journal of Agricultural Economics; 78:1329-1334.

- Valdivia, C., Gilles, J., Seth, A., Thibeault, J., Jiménez, E., García, M. y Yucra, E.
2009 *Linking knowledge systems for rural livelihoods adaptation under uncertainty: Drying and warming in Andean ecosystems*. Earth and Environmental Science 2009; 6, 362006.
- Valdivia, C., Seth, A., Gilles, J., García, M., Jiménez, E., Cusicanqui, J., Navia, F. y Yucra, E.
2010 *Adapting to climate change in Andean ecosystems: Landscapes, capitals, and perceptions livelihood strategies and linking knowledge systems*. Annals of the Association of American Geographers, 100 (4): 818-834. doi: 10.1080/00045608.2010.500198.
- Valdivia, C.
2004 *Andean livelihood strategies and the livestock portfolio*. Culture & Agriculture; 26:69-79.
- Walker, B.
1995 *Conserving biological diversity through ecosystem resilience*. Conservation Biology; 9:4:747-752.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. y Kinzig, A.
2004 *Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems*. Ecology and Society; 9:5. [en línea] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>.
- Winters, P., Davis, B. y Corral, L.
2002 *Assets, activities and income generation in rural Mexico: factoring in social and public capital*. Agricultural Economics; 27:139-156.

Autores

Investigadores equipo SANREM

Javier Aguilera Alcón (Bolivia)

Es ingeniero agrónomo; en 1998 obtuvo el grado de Master of Science (MSc) en Horticultura (Protección Vegetal) en el Departamento de Horticultura de la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos. El 2010 obtuvo el grado de Doctor of Philosophy (PhD) en Ciencias de Suelo y Medio Ambiente en la Escuela de Agricultura, Alimentos y Recursos Naturales de la Universidad de Missouri, Estados Unidos. Tiene un Diplomado en Educación Superior: Planificación, Organización, Ejecución y Evaluación de la Gestión-Docente (2011) en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Actualmente es consultor de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como Coordinador Técnico Nacional del Proyecto Semillas Andinas, ejecutado entre el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), a través del Instituto de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) y la FAO.

Cornelia Butler Flora (Estados Unidos)

Es socióloga, profesora distinguida de sociología, agricultura y ciencias de la vida (Life Sciences) en Iowa State University,

Estados Unidos. Trabaja en la gestión de recursos agrícolas y naturales en comunidades del hemisferio occidental desde 1965. Es expresidente de la Sociedad de Sociología Rural; de la Sociedad de Desarrollo de la Comunidad, la Agricultura y la Alimentación, y de la Sociedad de Valores Humanos. Es miembro activo de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia y tiene más de 100 publicaciones en revistas profesionales que abordan estos temas.

Jorge Cusicanqui (Bolivia)

Es ingeniero agrónomo , en 1998 obtuvo el grado de Master of Science (MSc) en Agronomía (Ecología de la producción) en el departamento de Agronomía de la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos. Ha sido docente e investigador en la Facultad de Universidad Mayor de San Andrés durante el periodo de 2000 a 2012 trabajando en diferentes proyectos de investigación como especialista en sistemas de producción. Actualmente se encuentra culminando su doctorado en la División de Bioeconomía de la KU Leuven en Bélgica.

Magalí García Cárdenas (Bolivia)

Es docente investigadora de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, en el área de Agroclimatología y Cambio Climático. Obtuvo su doctorado de la Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica y sus Maestrías en la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda y en la Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica. Posee amplia experiencia en la evaluación del impacto del cambio climático sobre comunidades rurales tanto desde el punto de vista productivo como climático.

Karen Garrett (Estados Unidos)

Es profesora del Departamento de Fitopatología de la Universidad de Kansas State, Estados Unidos. Su laboratorio estudia la ecología

y la ecología genómica de enfermedades y otros factores de riesgo que afectan a las plantas. Trabaja con un equipo en sistemas agrícolas para mejorar el manejo de enfermedades de plantas en los EEUU y en la agricultura tropical a través de la resistencia al despliegue del gene en prácticas culturales sostenibles.

Jere Gilles (Estados Unidos)

Es profesor asociado del Departamento de Sociología Rural y Director de Estudios de Postgrado en Sociología Rural de la Universidad de Missouri, en Estados Unidos. Obtuvo su maestría y doctorado en la Universidad de Cornell. Ha investigado por varios años temas relacionados con el manejo de recursos naturales en áreas semiáridas de África, Norte y Sud América. Se enfoca en el uso de conocimientos locales y científicos para desarrollar nuevas tecnologías y estrategias de vida para pequeños productores.

Miguel Angel González (Bolivia)

Es investigador en la Fundación PROINPA, Bolivia; actualmente trabaja en la FAO y en el Ministerio de Tierras y Desarrollo Rural.

Elizabeth Jiménez Zamora (Bolivia)

Tiene una licenciatura en Economía de la Universidad Tomás Frías de Potosí, Bolivia y un PhD en Desarrollo Económico de la Universidad de Notre Dame en Estados Unidos. Es docente e investigadora del Postgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés (CIDES UMSA), en La Paz, Bolivia. Coordina la Maestría en Desarrollo Económico y actualmente se desempeña también como Coordinadora Regional del Programa NCCR Norte-Sud, una plataforma de investigación en temas de cambios globales con sede en la Universidad de Berna, Suiza. Ha trabajado y publicado investigaciones sobre desarrollo rural, empleo y economía del cuidado.

Peter Montavalli (Estados Unidos)

Es profesor de Gestión de Nutrientes del Suelo del Departamento de Suelos, Ciencias Ambientales y Atmósfera de la Universidad de Missouri en Columbia, Estados Unidos. Obtuvo su B.S. en Relaciones Internacionales de la Escuela Universitaria de Servicio Exterior de Georgetown en 1978 y su maestría en Ciencia del Suelo en 1984 en la Universidad de Wisconsin. Tiene un PhD en Fertilidad del Suelo y Nutrición de Plantas en la Universidad de Cornell (1989), Estados Unidos. Su experiencia profesional incluye trabajos en el Centro Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT) en la India, el Laboratorio de Ecología de Recursos Naturales de la Universidad Estatal de Colorado y la Universidad de Guam, en la Isla del Pacífico de Guam, un territorio estadounidense donde se desempeñó durante cuatro años. Su trabajo se enfoca en la determinación del impacto de las enmiendas del suelo y las prácticas agrícolas de manejo sobre la productividad vegetal y el destino ambiental del carbono en el suelo y en de los nutrientes de las plantas. Actualmente investiga el uso de fertilizantes de eficiencia mejorada, para maximizar la eficacia del uso de nutrientes y reducir la contaminación en el medio ambiente. Asimismo, colabora en un programa de investigación con la Universidad de Western Cape en Sudáfrica.

Alejandro Romero Merlo (Bolivia)

Es ingeniero agrónomo; en 2011 obtuvo el grado de Master of Science (MSc) en Desarrollo Rural Sostenible en el Postgrado en Ciencias del Desarrollo de la Universidad Mayor de San Andrés (CIDES UMSA). Tiene una Especialidad en Planificación y Diseño Participativo para la Producción Social del Hábitat y Vivienda del CIDES UMSA y un Diplomado en Elaboración y Evaluación de Sistemas de Riego Presurizado de la Facultad de Agronomía de la UMSA. Entre el 2006 y el 2009 trabajó como investigador en el proyecto “Prácticas y estrategias de adaptación a los riesgos climáticos y de mercado en agroecosistemas vulnerables del Alti-

plano boliviano”. Brinda asistencia técnica en sistemas de riego y agua potable en comunidades del Altiplano, y actualmente investiga temas de extractivismo, instituciones y gobernanza sobre los recursos naturales en el CIDES UMSA.

Anji Seth (Estados Unidos)

Es profesora asociada en el Departamento de Geografía de la Universidad de Connecticut. Obtuvo un B.S. en Ingeniería Mecánica en el Instituto Politécnico de Worcester y un doctorado en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Michigan. Ha ocupado cargos como miembro de Posgrado y Científico Visitante en el Centro Nacional de Investigación Atmosférica en Boulder, Colorado. Fue científica titular del Instituto de Investigación Internacional para el Clima y Sociedad de la Universidad de Columbia. Su investigación busca entender cómo y por qué el clima es variable y cómo los cambios en el clima pueden evolucionar en el próximo siglo en determinadas regiones y con base en modelos numéricos globales y regionales del clima. Ha estudiado el clima de América del Sur, África del Sur y Estados Unidos. Actualmente investiga el monzón de América del Sur, los monzones globales y el futuro del clima en el noreste de Estados Unidos.

Corinne Valdivia (Estados Unidos)

Es profesora en el Departamento de Economía Agrícola de la Universidad de Missouri, Estados Unidos. Dirigió el programa colaborativo de investigación en los Andes de Bolivia y Perú, donde participaron muchas instituciones de Bolivia, Perú y Estados Unidos, entre el 2006 y el 2010. Lleva más de 20 años realizando investigación interdisciplinaria y capacitación en los Andes de Bolivia y Perú, y en Africa Oriental, especialmente en Kenya. Además estudia los procesos de migración e integración de latinos en las comunidades rurales de los Estados Unidos. Es investigadora del Centro de Investigación Cambio en la Universidad de Missouri y desde el año 2002 colabora con académicos y actores sociales

del Estado de Missouri en investigación y desarrollo de prácticas, que faciliten la integración de inmigrantes de América Latina a la vida social, económica y política del país. Escribe sobre adaptación al cambio climático, inmigración, cambios globales y ambientales. En la Universidad de Missouri enseña cursos de pregrado y de post grado en desarrollo económico, políticas de desarrollo agrario internacional, y medios de vida sustentables. Es directora del certificado interdisciplinario en desarrollo internacional de la Escuela de Graduados de la Universidad de Missouri.

Olga Yana Villasante (Bolivia)

Es trabajadora social, candidata a M.Sc. en Ciencias Sociales de la Universidad de la Cordillera con el trabajo “La participación de la mujer en investigación acción participativa: un estudio de caso de la experiencia en investigación participativa del proyecto SANREM, Municipio de Umala del Departamento de La Paz”. Tiene un diplomado en Educación Superior de la Universidad Pública de El Alto (UPEA). Entre el 2006 y el 2009 trabajó como investigadora en el proyecto “Prácticas y estrategias de adaptación a los riesgos climáticos y de mercado en agrosistemas vulnerables del Altiplano boliviano”. Actualmente es docente en la carrera Ciencias del Desarrollo de la UPEA.

Edwin Yucra (Bolivia)

Es docente investigador de Agroclimatología en la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Master of Science (M.Sc) en Teledetección y SIG de la Facultad de Geología de la UMSA (gracias a una beca del proyecto SANREM CRSP y de la Universidad de Missouri). Tiene Diplomado en Educación Superior en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la UMSA, y la Especialidad en Tecnología de Semillas de la Universidad Federal de Pelotas, Brasil. Posee amplia experiencia en investigación e interacción social en el manejo de riesgos relacionados con el clima frente a cambios climáticos y sociales.

Actualmente es Coordinador Técnico de la Universidad de Missouri y la Fundación McKnight en Bolivia.

Otros colaboradores

Humberto Blanco Canqui (Bolivia)

Es profesor asistente en Gestión de Suelos del Departamento de Agronomía y Horticultura de la Universidad de Nebraska-Lincoln (UNL) en Estados Unidos. Recibió su B.Sc. Es licenciado en Ciencias del Suelo de la Universidad Técnica de Oruro de Bolivia (1990) y obtuvo un M.Sc. (1995) y un Ph.D. (2003) en Conservación de Suelos y Física de Suelos Aplicada en la Universidad de Missouri, Columbia. Trabajó como investigador científico en la Escuela de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la State University, Columbus, Ohio entre 2004 y 2007. Fue profesor asistente en Gestión del Suelo de la Universidad Estatal de Kansas entre 2008 y 2011.

Héctor Fernández (Bolivia)

Es ingeniero agrónomo titulado con el trabajo “Gestión de riesgos e impacto del cambio en la variabilidad climática en comunidades del Altiplano boliviano”, gracias al apoyo de la Fundación McKnight y de la Facultad de Agronomía de la UMSA. Actualmente es asesor de proyectos en el Fondo Indígena.

Maria Figueroa-Armijos (Ecuador)

María Figueroa es candidata PhD, Escuela de Truman de Asuntos Públicos de la Universidad de Missouri. Es Asistente de Investigación de Posgrado, Centro de Análisis de Política Comunitaria (CPAC), la División de Ciencias Sociales Aplicadas de la Universidad de Missouri. Los principales intereses de investigación: el espíritu empresarial, el desarrollo económico rural y regional.

Gregory A. Forbes (Estados Unidos)

Es fitopatólogo responsable de investigación en el manejo del tizón tardío de la papa del Centro Internacional de la Papa en Lima, Perú.

Miranda Gray (Estados Unidos)

Es estudiante en el Departamento de Fitopatología de la Universidad de Kansas State, Estados Unidos.

Lorena Gomez Montaña (Colombia)

Es bióloga con Maestría en Fitopatología de la Universidad de Kansas State, Estados Unidos. Actualmente cursa estudios de doctorado en el Departamento de Fitopatología de la misma universidad.

Nathan Jensen (Estados Unidos)

Tiene una maestría en Economía Agrícola y Aplicada de la Universidad de Missouri, Columbia, y es candidato doctoral en la Escuela Dyson de Economía Aplicada de la Universidad de Cornell. En la actualidad está realizando su trabajo de campo en Etiopía para la tesis doctoral. Lo acompañan su esposa y su pequeña hija.

Rogelio Quispe (Bolivia)

Es ingeniero agronomo, candidato a M.Sc. en Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Escuela Militar de Ingeniería con el trabajo “Validez y funcionamiento de bioindicadores locales como sistema de planificación en el Altiplano norte y central del Departamento de La Paz, Bolivia”, gracias al apoyo de la Fundación McKnight y de la Facultad de Agronomía de la UMSA. Actualmente es investigador de la Universidad de Missouri en Bolivia.

Peter Skelsey (Escocia)

Fue investigador en el Departamento de Fitopatología de la Universidad de Kansas State, Estados Unidos, y actualmente es investigador en el Instituto James Hutton, Escocia.

Adam H. Sparks (Estados Unidos)

Fue estudiante de doctorado en el Departamento de Fitopatología de la Universidad de Kansas State, Estados Unidos, y actualmente es investigador en el Instituto Internacional de Investigación del Arroz en Filipinas.

Gladys Yana (Bolivia)

Es ingeniero agrónomo, candidata a M.Sc. en Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Escuela Militar de Ingeniería con el trabajo “Gestión de riesgos e impacto del cambio en la variabilidad climática en comunidades del Altiplano boliviano”, gracias al apoyo de la Fundación McKnight y de la Facultad de Agronomía de la UMSA. Actualmente es investigadora de la Universidad de Missouri en Bolivia.