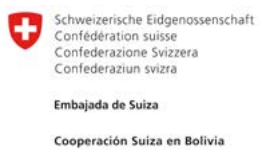


Prospectiva

Revista científica DICYT - UMSS

1

2022



COORDINACIÓN

Nancy Orellana Halkyer, Ph.D.
FORPRO-DICyT, UMSS

EDITORIA

Nancy Orellana Halkyer, Ph.D.

COMITÉ EDITORIAL

Eduardo Córdova, Ph.D. (Centro de Planificación y Gestión, UMSS)
Miguel Guzmán, Ph.D. (Instituto de Investigaciones Biomédicas, UMSS)
Alejandra Ramírez, Ph.D. (Centro de Estudios Superiores, UMSS)

COMITÉ CIENTÍFICO INTERDISCIPLINARIO, PERMANENTE

Luis Aguirre, Ph.D. (Centro de Biodiversidad y Genética-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia).
Marko Quiroga, Ph.D. (Centro de Planificación y Gestión-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia).
Arletta Ñez, Ph.D. (Organización Panamericana de la Salud OPS/OMS- Bolivia).
Sheila Mendonça de Sousa (Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Escuela Nacional de Salud Pública-Fundación Oswaldo Cruz, Brasil).
Emelio Betances, Ph.D. (Gettysburg College, Pennsylvania-USA).
Daniel Hernández, Ph.D. (Facultad de Antropología, Universidad Autónoma de Zacatecas, México).
Jorge Quillaguamán, Ph.D. (Facultad de Ciencias y Tecnología-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia).
Wálter Sánchez, Ph.D. (Facultad de Ciencias Sociales-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia).

DEPÓSITO LEGAL:

ISSN:

DISEÑO PORTADA

Mgr. Jaime Alzérreca (Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat- Universidad Mayor de San Simón, Bolivia)

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Cintha M. Saavedra Loayza (G.E.K)

FOTOGRAFÍA INTERIOR TAPA

Lic. Rodrigo Rodríguez Orosco
Depto. Relaciones Públicas y Protocolo - UMSS

Los conocimientos generados en las acciones de investigación resultado del Proyecto de investigación, en el marco del PIAACC-II-UMSS y apoyado por la Cooperación Suiza en Bolivia, se constituye en un bien público de acceso libre, gratuito y queda totalmente prohibida su comercialización. El contenido de cada capítulo, es de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Impresión: Talleres Gráficos "Kipus" Telfs.: 4582716 - 4731074, Cochabamba - Bolivia
Printed in Bolivia

DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA- UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN. COCHABAMBA, BOLIVIA

Mgr. Ivan Fuentes Miranda
Director DICyT-UMSS

DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN Y PROMOCIÓN- DICyT, UMSS

Ing. Edwin Ureña Pérez
Jefe FORPRO-DICyT, UMSS

CONTENIDO

ARTÍCULOS

Lamp (Loop-Mediated Isothermal Amplification): Una tecnología específica, sensible y económica para el diagnóstico de la COVID-19 y otras enfermedades infecciosas en Bolivia. **8**

Jorge A. Rojas Beltrán, Esther L. Rojas Vargas, Pablo Paco Cabrera, Demis N. Andrade Foronda

Percepción social de los beneficios de los huertos familiares en el contexto del cambio climático y la pandemia. Caso comunidades Catachilla y Rancho Nuevo, municipio Santivañez, Cochabamba, Bolivia. **18**

Tania Ricaldi Arévalo

La gobernanza territorial desde la transdisciplinariedad como estrategia para la adaptación al cambio climático en el Municipio de Totorá, departamento de Cochabamba, Bolivia. **28**

Dario Cuajera Nahui, Cesar Escobar Vásquez, Ángel Aguilar Colmenares

ENSAYOS

El proyecto de Corredores Biológicos Urbanos en la ciudad de Cochabamba, Bolivia: Una apuesta por la investigación interdisciplinaria en redes de conocimiento Interactivo. **40**

Luis F. Aguirre, Raúl Delgado

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo de equipos mecánicos y prácticas agronómicas para la resiliencia al cambio climático en la producción de quinua del municipio de Quillacas y Uyuni en el altiplano sur del departamento de Oruro y Potosí – Bolivia. **52**

Leonardo Zambrana Vidal, Porfirio Gámez Guarayo, Mario Huanca Ustariz

EDITORIAL

La Dirección de Investigación Científica y Tecnológica – DICyT, es la encargada de gestionar las actividades científicas de la Universidad Mayor de San Simón – UMSS, con el objetivo de contribuir al conocimiento útil y transferible en los procesos de desarrollo de Cochabamba y Bolivia. Desde esta dirección también se promueve el debate científico, a través de la internacionalización de la producción científica, avalando distintas revistas de la universidad que visibilizan el trabajo de investigadores y su relación con el mundo científico.

En este contexto, la DICyT replantea la presentación de su Revista Prospectiva, cuyos anteriores números fueron presentados de manera informativa y periódica a la comunidad académica. A partir de este número, se presenta como una revista científica interdisciplinaria de CIENCIA Y TECNOLOGÍA, con la misión de contribuir en el ámbito científico, difundiendo proyectos innovadores, productos de investigaciones científicas, resultados parciales y finales, cumpliendo con normativas editoriales internacionales; con un comité revisor editorial

y científico permanente, y con revisión por pares externos que se encargan de evaluar los artículos, ensayos y reseñas de la revista científica de la DICyT.

El presente volumen de la Revista Prospectiva contiene contribuciones científicas organizadas en artículos, ensayos y avances de investigación, compilados en un número especial dedicado a proyectos que fueron desarrollados con apoyo de la Cooperación Suiza en Bolivia en el marco de la segunda fase del Proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático (PIAACC-II).

La importancia temática del PIAACC-II y los aportes producto de la vinculación con varios institutos y centros de investigación de la UMSS, así como el trabajo coordinado con diferentes municipios del país permitió proponer estrategias y tecnologías para la adaptación al Cambio Climático desde un enfoque transdisciplinar. Así también, el PIAACC-II generó una agenda de investigación en la que se abordan 5 ejes temáticos que buscan contribuir a fortalecer estrategias para la resiliencia frente a los efectos del cambio climático.

Vale mencionar que el proyecto de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático, en su segunda fase (PIAACC-II), es el resultado de convenios específicos de contribución suscritos entre la Cooperación Suiza en Bolivia y la UMSS, con el objetivo de generar conocimientos y tecnologías



aplicadas para lograr la resiliencia de los sistemas de vida de poblaciones vulnerables frente al cambio climático, a través del fortalecimiento de capacidades de investigación del Sistema de la Universidad Boliviana (SUB) y, con la ejecución de proyectos de investigación aplicada y la búsqueda de incidencia en políticas públicas.

Por otro lado, de manera estratégica, la segunda fase del PIAACC contempla la necesidad de que los resultados de investigación sean parte de las decisiones y políticas en la gestión pública, procurando además la incidencia en políticas universitarias de investigación respecto a los desafíos de acción contra el cambio climático. A partir de este programa desde las universidades se promueve el intercambio de metodologías, enfoques y/o tecnologías para la investigación en cambio climático en redes temáticas nacionales e internacionales o espacios de intercambio.

Ante la complejidad del contexto actual, resulta inexcusable realizar investigaciones científicas respecto de fenómenos y procesos multicausales desarrollados en diversos territorios, a manera de poder aportar en la comprensión y la presentación

de alternativas de solución frente a una problemática latente.

Bajo este principio, la revista integra diversos comportamientos temáticos vinculados multidimensionalmente con factores sociales, económicos, ambientales, tecnológicos, productivos, culturales, de innovación, en la relación sociedad-naturaleza, demanda de posturas metodológicas y de procesos de investigación multidisciplinar que contribuyan racionalmente en el entendimiento fenomenológico de las alteraciones y transformaciones socioterritoriales, en la búsqueda de la preservación ambiental y el mejoramiento de la calidad de vida.

Con esta motivación se pone a disposición del universo académico de nuestra Universidad y de la sociedad, la revista PROSPECTIVA, que sirve de instrumento para verter bases teóricas y metodológicas de investigación, en beneficio de la comunidad universitaria, sociedad local y nacional en general, proyectadas a convertirse en una de las principales bases de información y materia de conocimiento integral.

Nancy Orellana Halfyer. Ph.D.
Editora



ARTÍCULOS



LAMP (LOOP-MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION): UNA TECNOLOGÍA ESPECÍFICA, SENSIBLE Y ECONÓMICA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA COVID-19 Y OTRAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN BOLIVIA

**Jorge A. Rojas Beltrán¹, Esther L. Rojas Vargas¹,
Pablo Paco Cabrera¹, Demis N. Andrade Foronda¹**

¹Centro de Biotecnología y Nanotecnología (CByN), Universidad Mayor de San Simón

RESUMEN

La pandemia provocada por el SARS-CoV-2 ha dejado en evidencia la gran brecha tecnológica existente entre los países desarrollados y los países en desarrollo, respecto a las tecnologías de diagnóstico utilizadas. En Bolivia, al inicio de la pandemia, solo existía un laboratorio acreditado para el diagnóstico molecular de la COVID-19. A esto se sumaron las dificultades para acceder a insumos para realizar pruebas mediante la tecnología de la RT-qPCR. Con base en esta dolorosa experiencia, es necesario reducir esta brecha tecnológica, no solamente para la COVID-19, sino para otras enfermedades infecciosas que atacan a la población boliviana. La tecnología LAMP puede ser utilizada para el diagnóstico de cualquier enfermedad infecciosa causada por virus, bacterias, hongos o parásitos, y en cualquier organismo (humano, planta, animal). Esta tecnología tiene numerosas ventajas con relación a la qPCR, que la hacen más apropiada para realidad boliviana, ya que se la puede utilizar incluso en hospitales de segundo nivel. En el presente trabajo, se reportan dos versiones de kits de diagnóstico para la COVID-19 basados en la tecnología RT-LAMP (Reverse Transcription-Loop-Mediated Isothermal Amplification), con rendimiento similar al de la RT-qPCR (sensibilidad = 97.9% y especificidad = 100%). También se discute las perspectivas futuras de la tecnología LAMP en Bolivia.

Palabras clave: Brecha tecnológica, SARS-CoV-2, coronavirus

ABSTRACT

The pandemic caused by SARS-CoV-2 has highlighted the great technological gap that exists between developed and developing countries, regarding the diagnostic technologies used. In Bolivia, at the beginning of the pandemic, there was only one accredited laboratory for the molecular diagnosis of COVID-19. Added to this, many other difficulties existed in accessing inputs for testing using RT-qPCR technology. Based on this painful experience, it is necessary to reduce this technological gap, not only for COVID-19, but also for other infectious diseases that attack the Bolivian population. LAMP technology can be used for the diagnosis of any infectious disease caused by viruses, bacteria, fungi or parasites, and in any organism (human, plant, animal). This technology has numerous advantages in relation to qPCR, which make it more appropriate for the Bolivian reality, since it can be used even in second-level hospitals. In the present work, two versions of diagnostic kits for COVID-19 based on RT-LAMP (Reverse Transcription-Loop-Mediated Isothermal Amplification) technology are reported, with performance similar to that of RT-qPCR (sensitivity = 97.9% and specificity = 100%). The future prospects of LAMP technology in Bolivia are also discussed.

Keywords: Technology gap, SARS-CoV-2, coronavirus

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas son trastornos causados por organismos, como bacterias, virus, hongos o parásitos. El diagnóstico oportuno de las enfermedades infecciosas es crucial para realizar un tratamiento adecuado. A la hora actual, existen numerosos métodos de diagnóstico de enfermedades infecciosas (Wang et al., 2021, Okeke y Ihekweazu, 2021), siendo los métodos moleculares los más sensibles y específicos, por lo tanto, los más fiables para el diagnóstico de la COVID-19 y otras enfermedades infecciosas (Dwivedi et al., 2017; Silverman y Bullock, 2020). La pandemia provocada por el SARS-CoV-2 ha puesto en evidencia el deficitario sistema de diagnóstico existente en los países en desarrollo, como Bolivia. En Bolivia, por ejemplo, al inicio de la pandemia, solo existía un laboratorio de diagnóstico molecular acreditado, además, la respuesta para solucionar esta carencia fue lenta y los insumos y equipos de laboratorio eran difíciles de conseguir. Este hecho, motiva a que, en países como Bolivia, no solamente se incremente el número de laboratorios con capacidad para realizar diagnóstico molecular, sino también que se puedan producir en estos países kits de diagnóstico molecular.

La tecnología de la PCR (Polymerase Chain Reaction) desde su invención (Mullis et al., 1986), rápidamente se ha consolidado como la tecnología de referencia (gold-standard) para el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Sin embargo, esta tecnología tiene varias desventajas con relación a otras similares, que impiden su utilización masiva en países en desarrollo, siendo una de las principales su alto costo de implementación. Para que una prueba de diagnóstico sea adoptada por los países en desarrollo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que esta debe ser asequible, sensible, específica, fácil de usar (simple de realizar en unos pocos pasos con una capacitación mínima), rápida y sin requerimiento de equipamiento costoso (Dea-Ayuela et al., 2018). Estos requisitos los cumple en gran medida la tecnología LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) desarrollada por Notomi et al., (2000). Una de las grandes ventajas de LAMP es su alto rendimiento (sensibilidad y especificidad) debido a la gran cantidad de material genético generado a partir de unas pocas copias de ADN

y la unión de múltiples iniciadores (Notomi et al., 2000). Además, la tecnología LAMP tiene otras ventajas, como el hecho de que la amplificación se realiza a temperatura constante, lo que permite la utilización de un bloque térmico o un baño María para realizarla, no requiriendo el uso de equipos más sofisticados como termocicladores; la polimerasa Bst es más tolerante que la Taq Polimerasa, utilizada en la PCR, frente a la presencia de inhibidores contenidos en las muestras biológicas, lo que abre la posibilidad para que se utilicen directamente las muestra biológicas sin necesidad de extracción previa de los ácidos nucleicos; la detección de los productos de amplificación de LAMP es muy simple y diversa (turbidez, fluorescencia, detección electroquímica, etc.) y no necesariamente depende de procesos elaborados como la electroforesis; finalmente, el tiempo requerido para los ensayos LAMP es mucho más corto que para la PCR (15-30 minutos) (Imai et al., 2007; Sanchez et al., 2014; Dea-Ayuela et al., 2018; Becherer et al., 2020). Otro aspecto importante que hay que resaltar es que el entrenamiento del personal de salud es muy rápido (1 o dos días). Por lo tanto, la tecnología LAMP es fácil de introducir en laboratorios de primera línea o mal equipados (Bao et al., 2014), consecuentemente, es la tecnología más apropiada para reducir la brecha tecnológica en lo que se refiere a métodos de diagnóstico de enfermedades infecciosas entre países desarrollados y en desarrollo.

En la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) se ha implementado el "Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Métodos Moleculares de Diagnóstico" (LIDTECH), dependiente del Centro de Biotecnología y Nanotecnología. El objetivo de este laboratorio es desarrollar métodos moleculares de diagnóstico de acuerdo a las recomendaciones de OMS (Dea-Ayuela et al., 2018). Uno de los primeros logros de este laboratorio fue el desarrollo de dos versiones de kits para el diagnóstico molecular de la COVID-19 basados en la tecnología RT-LAMP, resultados que se presentan en este artículo. Además, en este artículo se discute también las perspectivas futuras del LIDTECH y de la tecnología LAMP en Bolivia.

MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

No se recolectaron muestras específicamente para este estudio. El INLSA (Instituto Nacional de Laboratorios de Salud) dependiente del Ministerio de Salud de Bolivia y el SEDES (Servicio Departamental de Salud) dependiente de la Gobernación de Cochabamba – Bolivia, proporcionó muestras de ARN residuales, completamente anónimas y en cumplimiento con todos los aspectos éticos para el trabajo con este tipo de muestras. Consecuentemente, en la investigación solo se utilizaron códigos para identificar las muestras. Las muestras se recolectaron en diferentes medios de transporte y el ARN fue extraído utilizando protocolos propios de las instituciones que proporcionaron las muestras. Las muestras de ARN recibidas, se dividieron en alícuotas de 5 µl para evitar descongelarlas más de dos veces. Las muestras fueron utilizadas a los 3 días de haberse recibido para realizar los ensayos RT-LAMP. El SEDES proporcionó 99 muestra positivas y 95 muestras negativas, y el INLASA 20 muestras "al ciego".

EXTRACCIÓN DE ARN

Para la extracción de ARN se utilizó en primera instancia el kit QIAamp Viral RNA Mini Kit (250) (Cat# 52906) de la firma QIAGEN, siguiendo exactamente el protocolo del proveedor. Posteriormente, por razones de costo, se cambió al "Viral DNA extraction kit (300)" (Cat# IB47403) de la firma IBI scientific, siguiendo también exactamente el protocolo recomendado por la firma. Una vez extraído el ARN, este se dividió en alícuotas de 5 µL, para evitar que se descongele la muestra más de dos veces.

RT-LAMP

El protocolo RT-LAMP de base fue gentilmente proporcionado por el "Namur Research Institute for Life Sciences" (Universidad de Namur-Bélgica) (NARILIS, 2020), que básicamente es el mismo

protocolo de la firma "New England Biolabs" (NEB) que comercializa reactivos para la RT-LAMP.

Al inicio de los ensayos se utilizó el kit "WarmStart® Colorimetric LAMP 2X Master Mix (DNA & RNA)" (NEB cat# M1800B), siguiendo exactamente el protocolo que acompaña al kit (New England Biolabs, 2020). Se amplificaron dos regiones del virus, de acuerdo a la recomendación de NARILIS (2020), denominadas "N-B" y "N-21". Los iniciadores para la región "N-B" fueron diseñados por Zhang et al., (2020) de New England Biolabs, y para la región denominada "N-21", por Park et al., (2020). La reacción LAMP se realizó a 65°C en un baño María, durante 30 minutos.

RT-QPCR

Los ensayos de RT-qPCR para la detección del ARN del SARS-CoV-2 se realizaron utilizando el kit "Taqyon, One-Step No ROX Probe 5x Master Mix dTTP" de la firma (Eurogentec) (Seraing, Bélgica) (Cat# UF-NP5X-RT0501), el mismo que contiene el 5x MasterMix (ADN polimerasa Taqyon™, MgCl₂ (concentración final 5,5 mM), dNTP y estabilizadores), una transcriptasa inversa (Euroscript II RT) y un inhibidor de la ARNasa. La reacción RT-qPCR se realizó siguiendo el protocolo descrito por Coupeau et al., (2020). Los iniciadores y sondas Taq-Man para amplificar y visualizar una región SARS-CoV-2, y el control interno fueron los descritos por Corman et al., (2020), Fischer et al., (2013) y Coupeau et al., (2020). Los ciclos térmicos se realizaron utilizando el termociclador "StepOnePlus™ Real-Time PCR System" (Thermo Fisher Scientific). La RT se realizó a 48°C durante 10 min, seguida de la activación de la polimerasa a 95°C durante 3 min y 45 ciclos de desnaturalización a 95°C durante 15 segundos y el reconocido/ extensión a 58°C durante 30 segundos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para validar el potencial y grado de exactitud de la prueba de diagnóstico binario (PDB) en términos de sensibilidad y especificidad del NEOkIT LAMP UN-

UMSS V1.0 SARS-CoV-2, se empleó la metodología de muestreo caso-control, considerando los valores del test binario RT-qPCR a manera de 'Gold Estándar' (GE). Los estimadores de proporciones para los parámetros de sensibilidad y especificidad fueron:

$$Se = s_1/n_1$$

$$Sp = r_0/n_2$$

Donde, Se = sensibilidad, Sp = especificidad, s_1 = frecuencia PDB(+) : GE(+), r_0 = frecuencia PDB(-) : GE(-), n_1 = muestra PDB(+), n_2 = muestra PDB(-).

Para obtener las estimaciones e intervalos de confianza se elaboró una función de estimación de la exactitud de la PDB y se empleó el test de McNemar's, ambos a través del software R v. 4.1.2 (R Core Team, 2021).



FOTO 1: Aplicación de tecnología LAMP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ARMADO DEL NEOKIT LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-COV-2

El NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2, denominado V1.0 porque fue la primera versión de este kit, es un ensayo in vitro para la detección cualitativa del ARN del SARS-CoV-2, a partir de muestras de hisopos nasofaríngeos, saliva u otras muestras compatibles con sistema de extracción del ARN viral de este kit. El NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2 está compuesto por: 1) el QIAamp Viral RNA Mini Kit (Cat# 52906) de la firma QIAGEN, 2) el "WarmStart® Colorimetric LAMP 2X Master Mix (DNA & RNA)" (cat# M1800B) de la firma New England Biolabs, 3) dos juegos de iniciadores LAMP, uno de ellos denominado "N-B", diseñados por Zhang et al., (2020), y el otro "N_21" diseñados por Park et al., (2020) y 4) un control positivo que se trata del ARN del SARS-CoV-2 estandarizado.

SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD DEL NEOKIT LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-COV-2

Para determinar la sensibilidad y la especificidad del "NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2" se utilizaron 99 muestra positivas y 95 muestras negativas, proporcionadas por el SEDES de Cochabamba. Las reacciones LAMP se realizaron siguiendo la metodología establecida para el NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2 (NARILIS, 2020; New England Biolabs, 2020). Se realizaron dos reacciones LAMP con las muestras positivas proporcionadas por el SEDES. En la primera reacción, se observaron 6 muestras negativas (las muestras 15455, 15422, 15416, 15458, 16203, 16075) y dos muestras tenían una coloración anaranjada (las muestras 16070 y 16088), que corresponden también a muestras positivas, pero con baja carga viral. En segunda reacción se tomaron en cuenta las 6 muestras negativas y las dos muestras que dieron una coloración anaranjada. En esta segunda reacción, se ratificó el valor negativo de las 6 muestras de la primera reacción y también se ratificó el valor positivo de las 2 muestras con baja carga viral.

Para verificar si las 6 muestras negativas seguían siendo positivas por RT-qPCR, se realizó la reacción correspondiente. Dos de las muestras, la 15422 y la 15458, tenían un Ct (Cycle threshold) de 35 y el resto superior a 37. Es posible que originalmente las muestras tenían una baja carga viral y el hecho de que sean manipuladas posteriormente (transporte, alicuotado, etc.), ocasionó una degradación de las mismas. Debido a que las muestras con un valor de Ct inferior a 35 pueden considerarse positivas, mientras que aquellas con un valor de Ct superior a 35 pueden considerarse negativas (Rabaan et al., 2021), se descartaron las 4 muestras que tenían Cts de 37 y las otras dos, con Cts de 35, fueron consideradas positivas. De esta manera, de las 99 muestras positivas que se recibió, solo 95 fueron consideradas como tales. De estas 95 muestras positivas reveladas mediante RT-qPCR, 93 resultaron positivas con RT-LAMP.

La especificidad alcanzada por el NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2 fue establecida con 95 muestras negativas proporcionadas por el SEDES. En el ensayo RT-LAMP, la muestra 15766 salió positiva, el resto (94 muestras) salieron negativas. A fin de verificar si se trataba de un falso positivo relacionado a un problema del kit LAMP o era un positivo verdadero que puede ser detectado también por RT-qPCR, se realizó una reacción RT-qPCR con la muestra 15766. Esta muestra también salió positiva con la RT-qPCR, por lo tanto es una muestra realmente positiva, ya que puede ser detectada por dos métodos diferentes. En consecuencia, la misma fue descartada del grupo de negativos, reduciéndose de esta manera a 94 el número de muestra negativas para el análisis.

De acuerdo a los análisis estadísticos, la sensibilidad (verdadero positivo) del NEOKit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2, con relación a la RT-qPCR, fue de 97.9 % (EE= 0.015) con intervalo de confianza (95%) de 0.928 - 0.995, y la especificidad de la misma fue del 100% (EE= 0) con intervalo de confianza de 0.962 - 1.001. De acuerdo con la prueba de McNemar's (valor-p= 0.48) no existen diferencias significativas, por tanto, se confirma la similitud de los resultados de ambas pruebas. Estos

resultados ratifican que la RT-LAMP es similar a la RT-qPCR para el diagnóstico de la COVID-19, con extracción previa de ARN, como ha sido reportado por otros autores (Dudley et al., 2020; Kitajima et al., 2021; García-Bernalt et al., 2021). Es más, por la cantidad de iniciadores que se emplean en la RT-LAMP, esta prueba presenta una especificidad superior a la RT-qPCR.

Respecto a las 20 muestras "al ciego" proporcionadas INLASA (entre positivas y negativas), todas coincidieron, con relación a la RT-qPCR, en la prueba RT-LAMP. Este resultado promovió la aprobación del NEOKIT LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2 para el diagnóstico de la COVID-19 en Bolivia, por parte del Ministerio de Salud (MS/VMSyP/DGSS/CE/387/2020), aprobación que se realizó el 4 de septiembre de 2020.

SEGUNDA VERSIÓN DEL KIT: NEOKIT LAMP UMSS V2.0 SARS-COV-2

La primera versión del kit tenía un problema muy importante, esto debido a que el sistema de visualización de los fragmentos amplificados estaba basado en un cambio de pH. En efecto, el "WarmStart® Colorimetric LAMP 2X Master Mix (DNA&RNA)" (cat# M1800B) de la firma New England Biolabs, utiliza como sistema de visualización un indicador del pH, específicamente el rojo fenol. Debido a que los ADN amplificados acidifican la solución, la coloración cambia de rosa a amarilla cuando es positiva. Sin embargo, este cambio de color puede ser producido por cualquier sustancia con capacidad de acidificar la solución, como la saliva u otros fluidos corporales. Es por eso que en la segunda versión, el "WarmStart® Colorimetric LAMP 2X Master Mix" fue reemplazado por el "WarmStart® Multi-Purpose LAMP/RT-LAMP 2X Master Mix (con UDG)" (Cat# M1708L) cuya mezcla está totalmente amortiguada, por lo tanto, es insensible al pH de muestra analizada. Además, el "WarmStart® Multi-Purpose LAMP/RT-LAMP 2X Master Mix (con UDG)" permite revelar el resultado de la amplificación con diferentes métodos de visualización, como la turbidez, la detección de fluorescencia en tiempo real (cuando se usa con tinte fluorescente LAMP), colorimétrica a través de un indicador de metal (azul de hidroxinaftol), etc. Otra modificación importante en el "WarmStart® Multi-Purpose LAMP/RT-LAMP 2X Master Mix (con UDG)" es la inclusión de la dUTP y la UDG

termolábiles en la mezcla, lo que reduce la posibilidad de contaminación por arrastre, es decir, este sistema evita que un producto no específico de una amplificación previa puede servir como sustrato para una reacción principal. La UDG termolábil se inactiva completamente a temperaturas superiores a 50°C, por lo que no tiene ningún efecto sobre la reacción principal (New England Biolabs, 2021). Otro cambio ha sido el reemplazo del "QIAamp Viral RNA Mini Kit (250)" (Cat# 52906) de la firma QIAGEN por el "Viral DNA extraction kit (300)" (Cat# IB47403) de la firma IBI scientific, que permitió reducir el costo de extracción del ARN en un 10%, con rendimiento similar. Otro cambio significativo consistió en la reducción del volumen final de reacción de 25µL a 10µL con un rendimiento similar. Inicialmente, se utilizó una gota de aceite mineral para las reacciones de a 10µL a fin de evitar una evaporación significativa de la solución durante la reacción, posteriormente se ensayó la reacción sin aceite mineral, obteniéndose resultados similares. Esta reducción de volumen permite disminuir los costos en un 15%. Finalmente, el "Master Mix" del "NEOKIT LAMP UMSS V2.0 SARS-CoV-2" contiene 40 mM de clorhidrato de guanidina, de acuerdo a las recomendaciones de Zhang et al., (2020). Estos 5 cambios en la nueva versión, no solamente permiten mejorar el kit en términos de eficiencia, sino también hacerlo un 25% más económico con relación a la primera versión.

MEJORAS FUTURAS DEL NEOKIT LAMP UMSS VX SARS-COV-2 Y EL LIDTECH

Las mejoras futuras del NEOKIT LAMP UMSS VX SARS-CoV-2 estarán orientadas básicamente al desarrollo de un kit que no requiera la extracción de ARN para realizar la reacción. En este sentido, la utilización "WarmStart® Multi-Purpose LAMP/RT-LAMP 2X Master Mix (con UDG)", insensible al pH, es un paso importante. Otro aspecto a mejorar se refiere a los iniciadores utilizados. Se probarán dos conjuntos de iniciadores, teóricamente con mejor rendimiento en comparación a los utilizados actualmente, los mismos que han sido recomendados por Dudley et al., (2020) y se trata de la combinación de As1e/Color-N/Gene E1 y el conjunto de iniciadores Color-N únicamente.

Finalmente, es necesario que Bolivia y otros países similares, tengan las capacidades para producir la

mayor cantidad posible de insumos para los kits de diagnóstico molecular. La pandemia provocada por el SARS-CoV-2 ha dejado en evidencia que los países con posibilidades de producir sus propios kits de diagnóstico, han logrado evitar más muertes que los países que dependían de las importaciones de kits de diagnóstico. En este entendido, la Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba, Bolivia), ha implementado un "Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Métodos de Diagnóstico Molecular" (LIDTECH), que es parte del Centro de Biotecnología y Nanotecnología de esta casa superior de estudios. Este laboratorio tiene la misión de desarrollar kits de diagnóstico molecular altamente sensibles, específicos y económicos, desde el concepto hasta el producto, y también fabricar kits de diagnóstico molecular a demanda.

La poca aplicación de los kits RT-LAMP para el diagnóstico de la COVID-19 en Bolivia ha revelado que es necesario promocionar más esta tecnología. De poco sirvió que la tecnología RT-LAMP sea utilizada en numerosos países del mundo para el diagnóstico de la COVID-19 (Argentina, Israel, Inglaterra, USA, Francia, Uruguay, entre otros), o las numerosas publicaciones que demostraron la similitud entre la RTq-PCR y la RT-LAMP para el diagnóstico de la COVID (Dudley et al., 2020; Kitajima et al., 2021; García-Bernalt et al., 2021), incluyendo el presente estudio, para cambiar los prejuicios en Bolivia, respecto a la similitud en sensibilidad y especificidad de la tecnología RT-LAMP con relación a la RT-qPCR. Sin duda, estos prejuicios emergen de un desconocimiento de los principios del diagnóstico molecular y de los métodos de diagnóstico en general. En efecto, en Bolivia, en mayo del 2020, también se promocionó el uso de un kit de antígeno nasal, pero tampoco estos kits fueron adoptados en esa ocasión, hasta que el Estado, a fines de 2020, impuso su utilización. Ahora las pruebas de antígeno nasal son ineludibles para el diagnóstico de la COVID-19 y han aligerado significativamente la presión sobre los laboratorios RT-qPCR, como se había pronosticado en mayo del 2020. También se ha constatado el temor de algunas personas para cambiar las tecnologías rutinarias de diagnóstico que utilizan por otra, aunque esta sea más eficiente en diferentes aspectos. Finalmente, también está el interés comercial de las firmas que venden aparatos PCR y los insumos asociados a estos.

Estas firmas obviamente defenderán tecnologías que generen mayores ingresos antes que dar paso a tecnologías similares, pero menos rentables. En consecuencia, es necesario difundir mucho más la tecnología LAMP para el diagnóstico de enfermedades infecciosas en Bolivia, a fin de eliminar los prejuicios que frenan su utilización.

OTRAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS

La tecnología LAMP puede ser utilizada para el diagnóstico de cualquier enfermedad infecciosa causada por virus, bacterias, hongos o parásitos. En el LIDTECH se han priorizado, juntamente con los beneficiarios, enfermedades que se presentan en seres humanos, plantas y animales, a fin de iniciar el desarrollo de kits de diagnóstico molecular basados en la tecnología LAMP.

En vista de que la COVID-19 formará parte de las enfermedades respiratorias infecciosas, en el futuro, existirá la necesidad de contar con un kit de diagnóstico rápido, sensible y confiable para el diagnóstico, no solamente de la COVID-19, sino también para la detección simultánea de otros virus similares, como el virus de la influenza A (gripe A), subtipos de gripe A: H1N1 y H3N2, virus de la influenza B (gripe B), virus respiratorio sincitial (RSV) subtipos A y B, adenovirus humano (HAdV), virus de la parainfluenza (PIV), subtipos 1 y 3, y rinovirus humano (HRV). Diagnóstico que será clave para iniciar un tratamiento apropiado. En humanos, también se desarrollarán kits LAMP para el diagnóstico del VIH, de la Tuberculosis, Chagas, Hepatitis B y C, Papiloma Humano, Leishmaniasis, Cólera, Chikungunya, Dengue, Zika, y de otras enfermedades a demanda. En este momento, el personal del LIDTECH colabora con el personal del Laboratorio de Chagas del departamento de Biología de la FCyT de la UMSS-Bolivia, en el desarrollo de un kit de diagnóstico para la enfermedad de Chagas con tecnología LAMP. Se utilizará también la tecnología LAMP para el diagnóstico genético, es decir que a través de esta tecnología se podrá revelar la predisposición genética de una persona para contraer ciertas enfermedades, como el Cáncer de seno, mediante el análisis de los genes BRCA1 y BRCA2, el reumatismo, entre otros.

En plantas se ha priorizado enfermedades virales de la papa y de la yuca. En la papa se está

desarrollado un kit para el diagnóstico de las principales enfermedades virales de esta especie en Bolivia, como son el PVX, PVY, PVT-Bol, PLRV, APMoV y el APLV. En la yuca, inicialmente se identificarán las enfermedades infecciosas que atacan a este cultivo mediante secuenciación, para posteriormente diseñar iniciadores LAMP que serán utilizados en el diagnóstico. En animales,

se está trabajando para desarrollar kits de diagnóstico LAMP para *Mycoplasma gallisepticum* y *Mycoplasma synoviae*, enfermedades bacterianas que causan la *Mycoplasmosis aviar* en pollos de granja, y para Diarrea Viral Bovina (DVB) que es una enfermedad infectocontagiosa en bovinos (Bielefeldt-Ohmann, 2020).

CONCLUSIONES

La tecnología LAMP puede ser utilizada para el diagnóstico de cualquier enfermedad infecciosa causada por virus, bacterias, hongos o parásitos. El "NEOkit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2" tiene una sensibilidad de 97.9% y una especificidad del 100%, con respecto a la RT-qPCR, por tanto, las probabilidades de falsos positivos y falsos negativos, son muy bajas. En ese sentido, el "NEOkit LAMP UN-UMSS V1.0 SARS-CoV-2" es una alternativa confiable y de menor costo para diagnosticar la COVID-19.

La segunda versión del kit, el "NEOkit LAMP UMSS V2.0 SARS-CoV-2" tiene 5 cambios con relación a la primera versión del kit que la hacen mucho más robusta, confiable y económica (25% más económica). Las mejoras futuras del Kit RT-LAMP para el diagnóstico de la COVID-19 estarán orientadas al desarrollo de un kit que no requiera la extracción de ARN para realizar la reacción y el

uso de iniciadores más eficientes para aumentar la sensibilidad. El "Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Métodos de Diagnóstico Molecular" (LIDTECH) permitirá desarrollar kits de diagnóstico molecular basados principalmente en la tecnología LAMP para diferentes enfermedades infecciosas humanas, pero también de vegetales y animales. Es necesario difundir mucho más la tecnología LAMP para el diagnóstico de enfermedades infecciosas en Bolivia, a fin de eliminar los prejuicios que frenan su utilización. Debido a sus numerosas ventajas con relación a la RT-qPCR, LAMP es una tecnología apropiada para la realidad boliviana ya que se la puede utilizar incluso en hospitales de segundo nivel y se pueden desarrollar kits de diagnóstico portátiles, que pueden ser aplicados *in situ*. La tecnología LAMP satisface en gran medida los requerimientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un método de diagnóstico apropiado para países como Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bao H., Zhao Y., Wang Y., Xu X., Shi J., Zeng X., Wang X., y Chen H. (2014). Development of a Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification Method for the Rapid Detection of Subtype H7N9 Avian Influenza Virus. *Biomedical Research International*, 525064.
- Becherer, L., Borst, N., Bakheit, M., Frischmann, S., Zengerle, R y von Stetten, F. (2020). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) - review and classification of methods for sequence specific detection. *Analysis Methods*, 12, 717-746.
- Bielefeldt-Ohmann, H. (2020). Bovine viral diarrhoea virus and related pestiviruses. *Viruses*, 12, 1181.
- Corman, V.M., Landt, O., Kaiser, M., Molenkamp, R., Meijer, A., Chu, D.K., Bleicker, T., Brünink, S., Schneider, J. y Schmidt, M.L. (2020). Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*, 25, 2000045.
- Coupeau, D., Burton, N. y Lejeune, N. (2020). SARS-CoV-2 Detection for Diagnosis Purposes in the Setting of a Molecular Biology Research Laboratory *Methods Protoc.* 3, 59, 1-15.
- Dea-Ayuela, M.A., Galiana-Roselló, C., Lalatsa, A. y Serrano D.R. (2018). Applying Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) in the Diagnosis of

- Malaria, Leishmaniasis and Trypanosomiasis as Point-of-Care Tests (POCTs). *Current Topics in Medical Chemistry*, 18(16), 1358-1374.
- Dudley, D.M., Newman, C.M., Weiler, A.M., Ramuta, M.D., Shortreed, C.G., Heffron, A.S., Accola, M.A., Rehauer, W.M., Friedrich, T.C. y O'Connor, D.H. (2020). Optimizing direct RT-LAMP to detect transmissible SARS-CoV-2 from primary nasopharyngeal swab and saliva patient samples. *PLoS ONE*, 15(12), e0244882.
 - Dwivedi, S., Purohit, P., Misra, R., Pareek, P., Goel, A., Khattri, S. y Sharma, P. (2017). Diseases and molecular diagnostics: a step closer to precision medicine. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 32(4), 374-398.
 - Fischer, M., Schirrmeier, H., Wernike, K., Wegelt, A., Beer, M. y Homann, B. (2013). Development of a pan-Simbu real-time reverse transcriptase PCR for the detection of Simbu serogroup viruses and comparison with SBV diagnostic PCR systems. *Virology Journal*, 10, 327.
 - García-Bernalt, D.J., Fernández-Soto, P., Dominguez-Gil, M., Belhassen-García, M., Muñoz Bellido, J.L., y Muro, A. (2021). A Simple, Affordable, Rapid, Stabilized, Colorimetric, Versatile RT-LAMP Assay to Detect SARS-CoV-2. *Diagnostics*, 11, 438.
 - Imai, M., Ninomiya, A., Minekawa H., Notomi, T., Ishizaki, T., Van Tu, P., Thi Kim Tien, N., Tashiro, M., Odagiri, T. (2007) Rapid diagnosis of H5N1 avian influenza virus infection by newly developed influenza H5 hemagglutinin gene-specific loop-mediated isothermal amplification method. *Journal of Virological Methods*, 141, 173-180.
 - Kitajima H, Tamura Y, Yoshida H, Kinoshita H, Katsuta H, Matsui C, Matsushita A, Arai T, Hashimoto S, Iuchi A, Hirashima T, Morishita H, Matsuoka H, Tanaka T, Nagai T. (2021). Clinical COVID-19 diagnostic methods: Comparison of reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) and quantitative RT-PCR (qRT-PCR). *Journal of Clinical Virology*, 139:104813.
 - Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G. y Erlich H. (1986). Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 51(1), 263-73.
 - NARILIS. (2020). Namur Research Institute for Life Sciences. Rapid, specific and sensitive visual detection of SARS-CoV-2 (COVID-19) virus RNA using colorimetric duplex loop-mediated isothermal amplification (LAMP). https://www.narilis.be/sana/2020_unamur_sars-cov-2_lamp.
 - New England Biolabs. (2020). New England Biolabs. WarmStart Colorimetric LAMP 2X Master Mix Typical LAMP Protocol (M1800). <https://international.neb.com/protocols/2016/08/15/warmstart-colorimetric-lamp-2x-master-mix-typical-lamp-protocol-m1800>.
 - New England Biolabs (2021) WarmStart® Multi-Purpose LAMP/RT-LAMP 2X Master Mix (with UDG). [https://www.neb.com/products/neb-catalogue/dna-amplification/warmstart-lt;sup-gt;-amp;reg;-lt;-sup-gt;-amp;nbsp;multi-purpose-lamp-rt-lamp-2x-master-mix-\(with-udg\)](https://www.neb.com/products/neb-catalogue/dna-amplification/warmstart-lt;sup-gt;-amp;reg;-lt;-sup-gt;-amp;nbsp;multi-purpose-lamp-rt-lamp-2x-master-mix-(with-udg)).
 - Notomi, H., Okayama, H., Masubuchi H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N. y Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*, 28 (12), e63.
 - Okeke, I.N., y Ihekweazu C. (2021). The importance of molecular diagnostics for infectious diseases in low-resource settings. *Nature Reviews Microbiology*, 19, 547-548 (2021).
 - Park, G.S., Ku, K., Baek, S.H., Kim, S.J., Kim, S.I., Kim, B.T., y Maeng, J.S. (2020). Development of reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assays targeting severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Journal of Molecular Diagnostics*, 22, 729-35.
 - R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
 - Rabaan, A. A., Tirupathi, R., Sule, A. A., Aldali, J., Mutair, A. A., Alhumaid, S., Gupta, N.G., Koritala, T., Adhikari, L., Muhammad, B., Dhawan, M., Tiwari, R., Mitra, S., Emran, T.B. y Dhama, K. (2021). Viral dynamics and real-time RT-PCR Ct values correlation with disease severity in COVID-19. *Diagnostics*, 11(6), 1091.
 - Sánchez, E., Nina, M., Aguirre, P., Arce, M., Toro, N., y Rodrigo, V. (2014). Amplificación isotérmica mediada por LOOP (LAMP) de ácidos nucleicos en el diagnóstico clínico. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas*, 2(1), 125-138.
 - Silverman, L.M. y Bullock, G.C. (2020). Molecular diagnosis of human disease. En W.B. Coleman y G. Tsongalis, *Essential Concepts in Molecular Pathology*. Londres, United Kingdom.
 - Wang, C., Liu, M., Wang, Z., Li, S., Deng, Y. y Hea, N. (2021). Point-of-care diagnostics for infectious diseases: From methods to devices. *Nano Today*, 37: 101092.
 - Zhang, Y., Odiwuor, N., Xiong, J., Sun, L., Ohuru Nyaruaba, R., Wei, H., Tanner, N.A. (2020). Rapid molecular detection of SARS-CoV-2 (COVID-19) virus RNA using colorimetric LAMP. *MedRxiv*, (02), 2020028373.
 - Zhang, Y., Ren, G., Buss, J., Barry, A.J., Patton, G.C. y Tanner, N.A. (2020). Enhancing colorimetric loop-mediated isothermal amplification speed and sensitivity with guanidine chloride. *Biotechniques*, 69 (3), 178-185.



PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS BENEFICIOS DE LOS HUERTOS FAMILIARES EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA PANDEMIA. CASO COMUNIDADES CATACHILLA Y RANCHO NUEVO, MUNICIPIO SANTIVAÑEZ – COCHABAMBA, BOLIVIA

Tania Ricaldi Arévalo¹

¹Centro de Estudios Universitarios, Universidad Mayor de San Simón. CESU-UMSS

RESUMEN

El cambio climático y actualmente la pandemia del Covid-19 han evidenciado la necesidad de que las sociedades y los sistemas productivos mejoren sus capacidades de adaptación y resiliencia, ante situaciones de crisis. Históricamente los huertos familiares, como sistemas productivos locales diversos, ubicados cerca de la vivienda y desarrollados especialmente por mujeres, han sido estrategias que familias productoras han implementado para garantizar su seguridad alimentaria y generar excedentes que contribuyan al sustento de la familia o complementen la dieta alimentaria. Pero, además de estos beneficios productivos y alimentarios, los huertos familiares han generado contribuciones diversas para las familias y los ecosistemas locales, que en conjunto favorecen la capacidad de respuesta de las familias y los sistemas socio-ecológicos, ante los fenómenos climáticos y hoy en día ante la pandemia. Este documento presenta el caso de familias productoras de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo del Municipio de Santivañez, departamento de Cochabamba, Bolivia. El trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación Aplicada en Adaptación al Cambio Climático (PIA-ACC), proceso que ha sido construido a partir de procesos metodológicos participativos, que se han traducido en entrevistas, talleres y espacios de diálogo y seguimiento a familias, así como la aplicación de una encuesta de caracterización a familias productoras. Técnicas que han evidenciado que el huerto es un espacio de concurrencia de aspectos ecológicos, productivos, alimentarios, sociales, económicos y culturales que se integran al sistema local de producción, que moviliza conocimiento y define relaciones sociales y socio-naturales, que son relevantes para la respuesta ante los eventos climáticos y la pandemia.

Palabras clave: Percepción social, huertos familiares, cambio climático y pandemia

ABSTRACT

Climate change and currently the Covid-19 pandemic have evidenced the need for societies and productive systems to improve their adaptation and resilience capacities, in the face of crisis situations. Historically, home gardens, as diverse local productive systems, located near the home and developed especially by women, have been strategies that producer families have implemented to guarantee their food security and generate surpluses that contribute to the family's livelihood or complement the food diet. But, in addition to these productive and food benefits, home gardens have generated diverse contributions for families and local ecosystems, which together favor the response capacity of families and socio-ecological systems, in the face of climatic phenomena and at the present to face the pandemic. This document presents the case of producer families in the communities of Catachilla and Rancho Nuevo in the Municipality of Santivañez, department of Cochabamba, Bolivia. This work was developed within the framework of the Applied Research Project in Adaptation to Climate Change (PIA-ACC), a process that has been built from a participatory methodological processes, which have resulted in interviews, workshops and spaces for dialogue and monitoring of families, as well as the application of a characterization survey to producer families. Techniques that have shown that the garden is a space for the concurrence of ecological, productive, food, social, economic and cultural aspects that are integrated into the local production system, that mobilizes knowledge and defines social and socio-natural relationships, which are relevant to the response to climate events and the pandemic.

Keywords: Research networks, ecosystem services, complex socio-ecological systems

INTRODUCCIÓN

En el contexto de cambio climático y la pandemia del Covid-19 los sistemas productivos agrícolas en general, pero particularmente, los pequeños sistemas de producción familiar campesina tienen el desafío de mantener su producción y garantizar su seguridad alimentaria. La presencia de eventos extremos de mayor intensidad, frecuencia y duración, tales como la sequía, ha generado pérdidas de magnitud en la producción de las familias de las dos comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo, municipio de Santivañez, pérdidas entre 50 y 100% de la producción, afectando sus medios de vida locales y colocándolos en una situación de alta vulnerabilidad. Frente a este escenario muchas familias productoras han decidido priorizar la producción en huertos familiares, como estrategia de respuesta al cambio climático, y una forma de resiliencia productiva y alimentaria local (Ricaldi et. al., 2018).

En ese sentido, surge la inquietud de conocer cuáles son las percepciones sociales sobre los beneficios que las familias productoras de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo, del municipio de Santivañez, identifican en los huertos

familiares, sistemas que han sido implementados o fortalecidos en los últimos años, como estrategia de resiliencia local.

Este proceso inició hace más de seis años, y se realizó en dos fases, en el proyecto de resiliencia de los sistemas productivos y alimentarios locales frente al cambio climático (PIA-ACC 1ra. Fase), donde se investigaron las estrategias locales, entre ellas el huerto familiar y que tiene continuidad con el actual proyecto de servicios agroecosistémicos y resiliencia socio-ecológica en huertos familiares agroforestales (PIA-ACC 2da. Fase). Esta segunda fase del proyecto cobra relevancia debido a que la producción bajo el sistema de huerto familiar es una estrategia cada vez más frecuente en la agricultura familiar campesina; por tanto, el identificar los beneficios de los huertos familiares, desde la percepción social, constituye una primera aproximación a la evaluación de los servicios agroecosistémicos y resiliencia socio-ecológica de los huertos familiares agroforestales, que el proyecto está en proceso de evaluar, y que constituye el objetivo del mismo.

METODOLOGÍA

El presente documento, en una fase preliminar, recoge las percepciones locales sobre los beneficios de los huertos familiares, percepciones de 16 familias productoras, 12 familias de la comunidad de Catachilla y 4 familias de la comunidad de Rancho Nuevo, del municipio de Santivañez, Cochabamba, Bolivia, las cuales constituyen familias caso, que forman parte del proyecto.

Esta información se genera a partir de la diversidad de percepciones sociales sobre los beneficios que los productores y productoras identifican en estos espacios productivos, percepciones recogidas a través de entrevistas, momentos de diálogo informales, talleres, seguimiento a familias y encuesta de caracterización de los huertos familiares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LOS HUERTOS FAMILIARES

El huerto familiar es un subsistema tradicional, complejo, que forma parte de los sistemas de producción de las familias rurales¹. En ese sistema las familias aplican diversas estrategias para producir y disponer de alimentos, plantas aromáticas, plantas medicinales, frutales, maderables, ornamentales e insumos de bajo costo, mediante prácticas de manejo del suelo, agua, semillas y apoyo de herramientas manuales. Este sistema se caracteriza porque generalmente está ubicado cerca de la vivienda e integrado a la vida familiar, es pequeño en superficie, gestionado por la propia familia y/o familias autoorganizadas, y contiene una mezcla en alta densidad de cultivos perennes, semipermanentes y anuales. Adicionalmente a estos aspectos, el huerto familiar se constituye es un lugar de comunicación, de relacionamiento socio-natural, generación de economía, construcción de identidad, conservación de las tradiciones, conservación de la agrobiodiversidad y la biodiversidad en general (Niñez, 1987; Trinh et al., 2003; Birol et al., 2004; Pandey et al., 2007; Heywood, 2011; Calvet-Mir et al., 2012; Mohri et al., 2013, citado por Borbor, *Mercado, Villacorta & Sevillano, 2014; Ibarra, Caviedes, Barreau & Pessa, 2019; Rivas, 2014; Ricaldí, 2021*)

En el caso de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo, del municipio de Santivañez, los huertos familiares son diversos, se caracterizan por ocupar espacios pequeños, que van desde 20 m² a 130 m². El 19% son huertos con superficies menores a 30 m², el 31% tienen una superficie entre 31 y 50 m², el 19% entre 51 y 70 m² y 31% entre 71 y 130 m². En el caso de las superficies mayores corresponden a los huertos de más años de implementación, especialmente de familias productoras que han incrementado el número de huertos que gestionan. El 44% manejan entre 2 a 4 huertos y el 56% solo tienen un huerto familiar.



FOTO 1: Productoras de los huertos familiares, comunidad Catachilla, Santivañez.

Fuente: CESU-UMSS (2021)

¹ En los últimos años, la producción en huertos familiares se ha convertido en un sistema importante en la agricultura urbana y periurbana.

En las iniciativas de los huertos familiares 75% son lideradas por mujeres, 18,75% corresponden a iniciativas en el que interactúan y participan esposo y esposa y 6,25% es manejado por un productor. Respecto al grupo etario, el 38% corresponde a personas entre 60 y 76 años, 32% personas entre 40 a 60 años, 12% personas entre 30 y 40 años y 18% entre 17 y 30 años. El mayor porcentaje de familias caso son mayores a 60 años, debido a que tanto en la comunidad de Catachilla como en Rancho Nuevo, que son las familias que quedan, ya que existen historias migratorias muy importantes a España, Argentina y recientemente a Chile. No obstante, en los últimos años y particularmente en el actual proyecto se han integrado familias jóvenes, menores a 40 años.

En todos los casos, de las 16 familias productoras, los huertos están próximos a la vivienda, que según la opinión de los/as productores/as facilita tener un mejor manejo y atención al huerto, especialmente para las mujeres, que desarrollan múltiples actividades en el hogar y la producción. "Necesito trasladar mi huerto cerca de la casa porque así puedo realizar mis labores diarias, atender mi tienda y dedicarme a cuidar el huerto" (Testimonio de Mariela Aguilar, joven productora de la comunidad de Catachilla, Santivañez, noviembre, 2021).

EL HUERTO FAMILIAR COMO ESTRATEGIA DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA PANDEMIA

Los huertos familiares se han constituido en estrategias de la pequeña agricultura familiar campesina para enfrentar escenarios de incertidumbre y crisis. Como afirman Chávez-García, Rist & Galmiche-Tejada (2012), la estructura y composición de los huertos pueden aumentar la resiliencia ante los cambios ambientales y socioeconómicos, tanto a nivel familiar como en un grupo de unidades familiares, en una comunidad. Diversas investigaciones muestran cómo ante el riesgo climático la producción en huertos familiares se ha convertido en una estrategia productiva y alimentaria, además de socio-económica, los huertos familiares son sistemas que han permitido generar adaptaciones a las nuevas condiciones

climáticas, así como respuestas más rápidas para atender las afectaciones, es decir, sistemas más resilientes. (Manzanal & González, 2010; Ruiz, 2013; Cano, 2015; Ricaldi, 2018; Ricaldi, et.al., 2018; González, 2019). En ese mismo sentido, Altieri & Nicholls (2012) afirman:

"La mayoría de los campesinos del mundo mantienen pequeños sistemas agrícolas diversificados, que ofrecen modelos prometedores para incrementar la biodiversidad, conservar los recursos naturales, estabilizar los rendimientos sin agroquímicos, prestar servicios ecológicos y entregar lecciones notables de resiliencia frente al continuo cambio ambiental y económico" (p. 4).

En el caso de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo, la sequía es el principal fenómeno climático que sufren las familias, el 55% de las familias productoras encuestadas afirman haber sufrido pérdidas en sus cultivos por la sequía, en el período 2020 - 2021. Esta situación en años anteriores (2013 - 2018) en ambas comunidades fue más severa, con pérdidas en los cultivos en parcelas, entre el 50 y 100% (Ricaldi, et. al. 2018). En este escenario de crisis climática, la producción en huertos familiares ha sido la respuesta productiva que las familias han ensayado para garantizar su seguridad alimentaria, frente a un contexto de escasez de agua, en sistemas productivos a secano. Este escenario de crisis se ha complejizado en el contexto de pandemia, no obstante, al igual que en otras regiones, los huertos familiares permitieron a las familias abastecerse a partir de las hortalizas/verduras, plantas aromáticas (medicinales y culinarias) y frutales que producían en su huerto. Muchas investigaciones e información de difusión de la agricultura familiar, han mostrado como estos sistemas de producción han sido la respuesta frente a la pandemia (FAO, 2020).

BENEFICIOS DEL HUERTO FAMILIAR

Existen abundantes estudios que destacan los beneficios de los huertos familiares; de los cuales la mayor parte reflexionan sobre los aportes a la seguridad y soberanía alimentaria (Mishon & Mary, 1994; Lok, 1995; Carballo, 2011; Cano, 2015; FAO, 2020; Ricaldi, 2021). En el caso de los productores y productoras de las dos comunidades, este es el

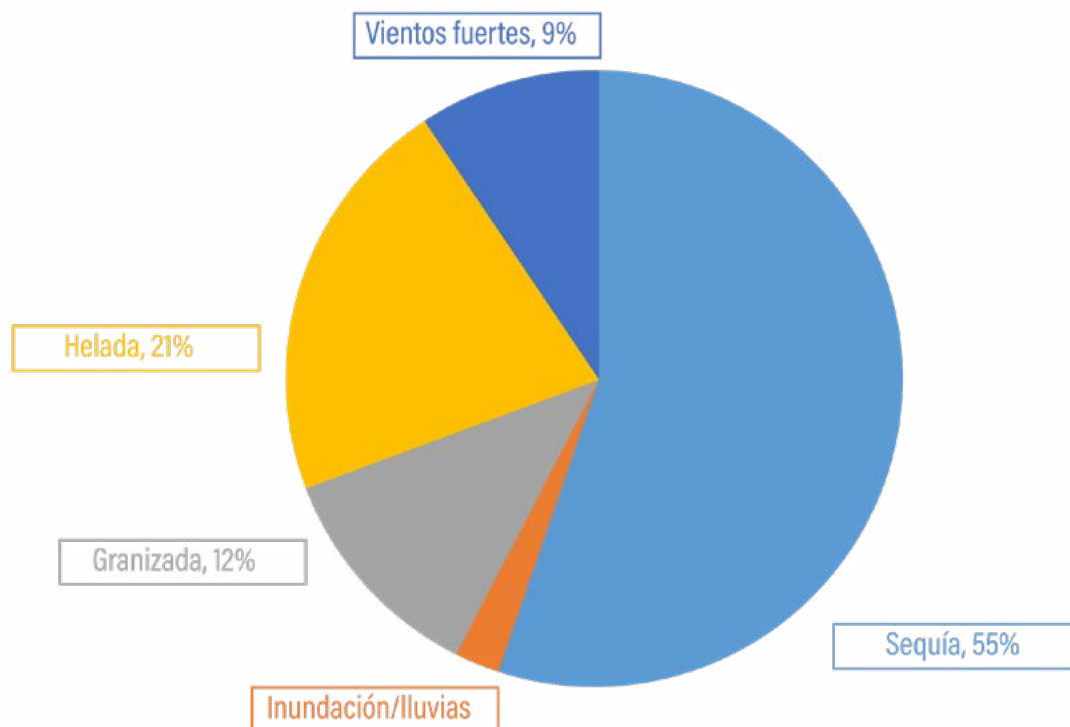


FIGURA 1. Nivel de afectación en cultivos por amenazas climáticas.
Encuesta de caracterización de los huertos familiares agroforestales, comunidades Catachilla y Rancho Nuevo – Santivañez.
Fuente: CESU-UMSS (2021)

principal aporte que reconocen y valoran en su huerto familiar; como se observa en el gráfico 2, el 100% de las familias encuestadas identifican como beneficio la alimentación de la familia, el 88% además destaca que se trata de alimentos sanos. Precisamente en el diálogo realizado, las familias productoras mencionan que el producir sus propios alimentos les da la certeza que están alimentando de manera saludable a sus familias, sin químicos, sin contaminación. Doña Nelly García productora de Rancho Nuevo afirma, "...cuando compramos de la cancha, no sabemos cómo se ha producido, si tiene químico o se riega con aguas contaminadas. En cambio, con los productos del huerto, sabemos qué comen nuestros hijos, estamos seguros que los estamos alimentando con productos sanos".

Adicionalmente, respecto a la producción y alimentación saludable, se reconoce el aporte del huerto como espacio de aprendizaje, el 44% de las familias afirman que los hijos e hijas aprenden a producir sano, el 44% sostiene que los hijos e hijas ayudan y aprenden a alimentarse sano. Al respecto, la productora Celia Cáceres, de la comunidad de Catachilla, destaca que sus hijos/as trabajan con ella en el huerto y comenta: "...mi hijo de 11 años, me ha pedido que le dé un terrenito, él quiere poner su propio huerto, para poder producir sus hortalizas". (Espacio de diálogo en evaluación de la feria agroecológica ECOHUERTOS, noviembre, 2021).

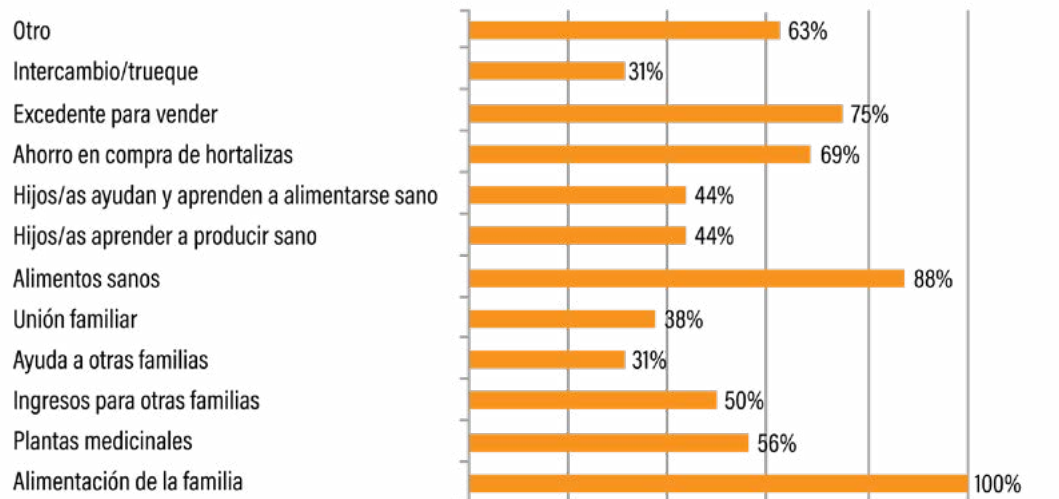


FIGURA 2: Beneficios del huerto familiar según percepción de las familias de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo, municipio Santivañez. Encuesta de caracterización de los huertos familiares agroforestales, comunidades Catachilla y Rancho Nuevo – Santivañez. Fuente: CESU-UMSS (2021)

La alimentación saludable y la provisión de este tipo de productos sanos cobra relevancia en el contexto de la pandemia, según la percepción de las familias el contar con alimentos sanos y plantas medicinales en el huerto permitió a las familias protegerse para evitar contagiarse. Además, sostienen que el contar con estos cultivos en el huerto también ayudó a evitar correr riesgos de contagiarse al no necesitar acudir a los centros de abasto para proveerse de hortalizas y verduras. En ese sentido el 56% de las familias encuestadas identifican como beneficio el contar con plantas medicinales en el huerto. En algunos casos, también se ayudó a otras familias, como afirman el 31% de los/as encuestados/as.

Otros abordajes, sobre los beneficios de los huertos familiares, identifican los aportes a la economía o ingresos para las familias (Colin, et.al., 2012; Birol, et. al., 2014; Ricaldi, 2021). Este beneficio se traduce tanto en el ahorro en la compra de hortalizas y frutas, aspecto que es destacado por el 69% de las familias encuestadas. Aunque el destino principal es el autoconsumo, estos sistemas también están generando excedentes que permiten el intercambio/trueque en 31% y venta

de productos del huerto en 75%; aspectos que beneficia a las pequeñas economías familiares, tanto en el ahorro, trueque o ingresos, recursos que son destinadas a la compra de alimentos, que complementan la dieta, o para cubrir otras necesidades de las familias. Este es un aporte central, especialmente en el caso de las mujeres, ya que el huerto les permite generar su propio empleo y al mismo tiempo obtener ingresos de los excedentes. Además de la generación de ingresos y el ahorro, otros estudios identifican beneficios en la generación de auto-empleo familiar, no solo para el caso de las mujeres, sino también para los hijos/as y personas mayores (Birol, et.al., 2014). En el caso de la pandemia, especialmente de la cuarentena rígida las familias destacan que el huerto ha generado ocupación y actividad productiva al conjunto de la familia (Ricaldi, 2021).

En el caso del proyecto, la posibilidad de generación de ingresos se plasma en la feria ECOHUERTOS, ya que adicionalmente a las estrategias individuales de comercialización, las familias productoras de ambas comunidades han creado y organizado un sitio comunitario de comercialización de sus productos, hortalizas,

plantines, semillas, comidas tradicionales en base a los sistemas productivos locales (huerto, crianza de animales menores y transformación de productos). Esta iniciativa se constituye en un espacio que permite cerrar la cadena de producción agroecológica en torno a los huertos familiares, en un sentido ampliado. Esta feria, además, genera la visibilización del sistema productivo del huerto familiar en el contexto municipal e intermunicipal, ya que existen consumidores que visitan la feria desde otros municipios. Este es un aspecto que se destaca en las percepciones sociales de los productores y productoras, de ambas comunidades.

Otro beneficio que surge en el diálogo con las familias es que el huerto familiar también es un espacio que brinda servicios o aportes sociales, ya que permite fortalecer los lazos de solidaridad al ayudar a otras familias, desarrollar relaciones de cooperación y de economía social solidaria al generar procesos de intercambio/trueque y ventas directas del productor al consumidor, aspecto clave en la construcción de relaciones de confianza y economías de proximidad, como parte de procesos de transición socio-ecológica, que aporta a enfrentar el problema del cambio climático y también la pandemia.

Dentro de los aportes sociales, 38% de los productores y productoras sostienen que el huerto contribuye a la unión familiar, ya que madre, padre, hijos e hijas, nietos y nietas, abuelos y abuelas se involucran en el manejo del huerto. Algunas familias productoras afirman que, en el contexto de la pandemia, el huerto ha servido como espacio para que la familia realice actividades de manera conjunta, para ocupar el tiempo, distraerse e involucrarse. Algunas productoras como Doña Miguelina Laura Herbas, de la comunidad de Catachilla, mencionan que el huerto es un espacio de diálogo, de desahogo, de alegría. Ella afirma:"

...cuando estoy en el huerto, me olvido de todo, me pongo alegre... a veces cuando estoy triste voy al huerto y me desahogo, le cuento mis penas, lloró en el huerto y se va la pena, es una alegría el huerto..."

Según la percepción de las familias productoras, el huerto también es un espacio donde se construyen relaciones de cuidado de la naturaleza, de gestión



FOTO 2: Feria agroecológica ECOHUERTOS.
Fuente: CESU-UMSS (2021)

de los recursos naturales, no utilizar químicos en la producción, abonar y mantener el suelo bien fertilizado, proteger el suelo a través de acolchado, prevenir las plagas, manejar la semilla, realizar almácigo, optimizar el agua a través de riego eficiente y cosechar el agua de lluvia, son prácticas que desarrollan las familias productoras, que reflejan el saber local y cultural y que les permiten cuidar su sistema de producción como un espacio vital, que aporta al bienestar de las familias y al propio ecosistema. En un contexto de producción a secano, los huertos familiares se constituyen en microclimas que otorgan, beneficios al ecosistema, además de belleza al paisaje.

En ese sentido, la conservación de la biodiversidad, agro-biodiversidad es otro beneficio relevante que se identifica en el huerto familiar (Altieri & Nicholls, 2012, Ricaldi et. al., 2018), en el caso de las comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo el

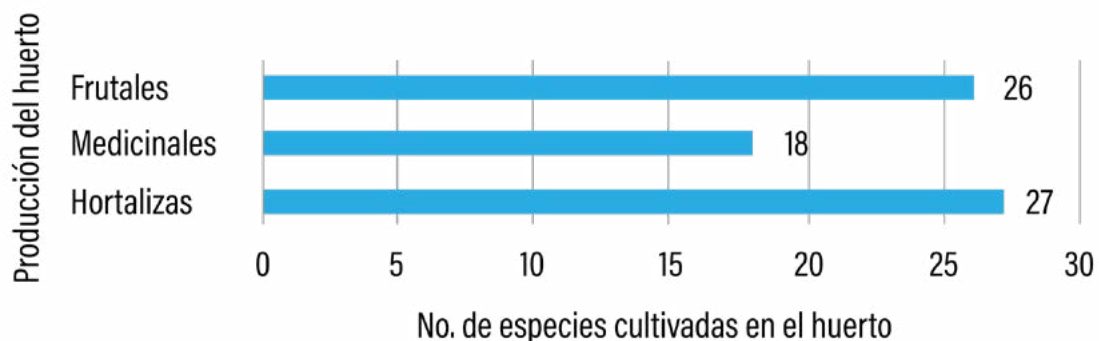


FIGURA 3: Número de especies cultivadas en los huertos
Encuesta de caracterización de los huertos familiares agroforestales, comunidades. Catachilla y Rancho Nuevo – Santivañez.
Fuente: CESU-UMSS (2021)

año 2018 se inventariaron 41 especies de productos cultivados en el huerto, entre hortalizas, plantas medicinales y frutales (Ricaldi et. al., 2018). En la encuesta de caracterización de los huertos familiares agroforestales, aplicada en la gestión 2021, se inventariaron 71 especies cultivadas en el huerto, como se muestra en la Figura 3.

Esta agrobiodiversidad cultivada aporta al micro-clima local, genera mayor diversidad alimentaria y

mejora las capacidades de generación de ingresos para las familias. Aspectos que se destacan en la percepción social de productoras y productores, que ven en el huerto familiar una oportunidad para fortalecer sus capacidades locales frente al cambio climático, pero también en el contexto de la pandemia.

CONCLUSIONES

Los huertos familiares constituyen estrategias socio-productivas ante situaciones de crisis como los fenómenos climáticos, particularmente la sequía, y en el actual contexto de la pandemia. En este escenario complejo, existen diversidad de aspectos que se integran en el manejo de los huertos familiares, como sistemas de producción y gestión local, componentes productivos, alimentarios, económicos, sociales, culturales y ecológicos que determinan las relaciones sociales y socio-naturales, moviliza conocimiento y define la percepción sobre los beneficios que los huertos familiares aportan a las familias productoras y al

ecosistema local. Estos beneficios se traducen en aportes a la alimentación saludable, a las economías locales, son espacios educativos y de aprendizaje, ayuda a la unión familiar, a la construcción de comunidad y lazos de solidaridad, de cooperación, de economías de proximidad, de conservación de la agrobiodiversidad y de relaciones de cuidado. La identificación de estos beneficios, desde la percepción social de las familias, se constituyen en insumos para la evaluación de los servicios agroecosistémicos y la resiliencia socio-ecológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2012). Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socio-ecológica. *Revista Agroecología*, 7(2),65-83.
- Biro, E., Smale, M. y Gyovai, A. (2004). Agri-environmental policies in a transitional economy: the value of agricultural biodiversity in Hungarian home gardens. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*,117.
- Borbor, M., Mercado, W., Villacorta, H.S. y Sevillano, R.B. (2014), Importancia de los huertos familiares en la estrategia de diversificación del ingreso y en la conservación in situ de *Pouteria lucuma*. *Revista Ecología Política*, 15(2),757.
- Cano, E. (2015) Huertos familiares: un camino hacia la soberanía alimentaria. *Revista Pueblos y Frontera Digital*, 10(20), 70-91.
- Carballo, C. (2011). Soberanía alimentaria y producción de alimentos en Argentina», en Miryam K. Gorban, C., Paiva, M., Abajo, V. Filardi, M., Giai, M., Veronesi, G., Risso, V., Graciano, A., Broccoli, M., Gilardi, R. Seguridad y soberanía alimentaria. Colección Cuadernos.11-48.
- Colín, H., Hernández, A. y Monroy, R. (2012). El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, como ejemplo de sostenibilidad. *Etnobiología*, 10 (2),12-28.
- Chávez-García, E., Rist, S. y Galmiche-Tejeda, Á. (2012). Lógica de manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México y Bogotá, Colombia; Pontificia Universidad Javeriana.
- Fallas, A. y Molina, S.A. (2017). Propuesta metodológica para cuantificar y compensar los servicios agroecosistémicos generados por buenas prácticas agropecuarias campesinas. *Revista Ecosistemas*, 26(3), 89-102.
- FAO. (2020). Agricultura familiar, para que el alimento no falte en tiempos de COVID-19. <https://www.youtube.com/watch?v=LgTBSgbJcaY>
- Ibarra, J.T., Caviedes, J., Barreau, A. y Pessa, N. (2019). Huertos familiares y comunitarias: refugios bioculturales para la soberanía alimentaria en el campo y la ciudad. En *Huertas familiares y comunitarias: cultivando soberanía alimentaria*, Ibarra, J.T., Caviedes, J., Barreau, A. y Pessa, N (Eds.). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 228.
- Lok, R. (1998). Huertos caseros tradicionales de América Central: Características, beneficios e importancia. Turrialba, Costa Rica: CATIE/AGUILA/IDRC/ETC Andes.
- Manzanal, M. y González, F. (2010). Soberanía alimentaria y agricultura familiar. Oportunidades y desafíos el caso argentino. *Revista Realidad Económica*, 12-42.
- Michon G., Mary, F. (1994). Conversion of traditional village gardens and new economic strategies of rural households in the area of Bogor, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 25(1),31-58.
- Ricaldi, T., Montaña, N., Durán, A. y Veizaga, J. (2018). *El huerto familiar como estrategia productiva y alimentaria frente al cambio climático. Comunidades de Catachilla y Rancho Nuevo. Municipio Santivañez, Proyecto Resiliencia de los Sistemas productivos y alimentarios locales frente al cambio climático*, Talleres Gráficos Kipus.
- Ricaldi, T. (2021) *Huertos familiares en tiempos de pandemia. Grupo de Trabajo Cambio Climático y Justicia (GTCCJ) y Centro de Estudios Superiores Universitarios (CESU)*, Talleres Gráficos Kipus.
- Rivas, G. (2014) Huertos familiares: para la conservación de la agrobiodiversidad, la promoción de la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático, *Revista Ambientico*, 243, 4-9.



LA GOBERNANZA TERRITORIAL DESDE LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO ESTRATEGIA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MUNICIPIO DE TOTORA, DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA, BOLIVIA

Dario Cuajera Nahui¹, Cesar Escobar Vásquez¹, Ángel Aguilar Colmenares¹

¹ Agroecología Universidad Cochabamba (AGRUCO), Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

RESUMEN

La gobernanza es la emergencia y aplicación de formas innovadoras y compartidas en los procesos de planificación y gestión territorial, respaldadas por los actores que construyen objetivos colectivos y asumen un rol en su consecución. Sin embargo, la aplicación de la gobernanza territorial es todavía un hecho interadministrativo, y su funcionamiento corresponde con las tradicionales formas de gobierno; enfrenta problemas epistemológicos y metodológicos. Aún se reproduce una visión centrada en el gobierno, es decir, se piensa en "el qué" de la gobernanza, cuando la nueva perspectiva obliga a reflexionar el "cómo" y el "para qué" de la gobernanza territorial. En ese sentido, aquí se analiza la construcción de la gobernanza territorial como un proceso transdisciplinario en el municipio de Totorá, Departamento de Cochabamba, Bolivia. El presente artículo detalla el análisis documental y entrevistas a informantes claves. Como resultado del trabajo, en el municipio de Totorá, la gobernanza territorial es un proceso de construcción en el que participan múltiples actores, lo que implica la participación efectiva, la consolidación de instituciones de gobernanza territorial, el manejo de las relaciones de poder y la constitución de mecanismos de gestión territorial, en el que se integran procesos, prácticas y comportamientos participativos y coordinados entre los múltiples actores, orientados a consolidar objetivos comunes sobre su modelo territorial. La gobernanza territorial se construye desde la visión de los múltiples actores, es transdisciplinaria, y se constituye como una forma innovadora de gestión territorial "con corresponsabilidad" para la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: Modelo de gobernanza, proceso transdisciplinario, múltiples actores

ABSTRACT

Governance is the emergence and application of innovative and shared forms in the territorial planning and management processes, supported by the actors who build collective objectives and assume a role in their achievement. However, the application of territorial governance is still an inter-administrative fact, and its operation corresponds to the traditional forms of government; faces epistemological and methodological problems. A vision centered on the government is still being reproduced, that is, focused in the "what" of governance, when the new perspective forces us to reflect on the "how" and the "why" of territorial governance. In this sense, the construction of territorial governance is analyzed here as a transdisciplinary process in the municipality of Totorá, Cochabamba Department of Bolivia. This article presents a documentary analysis and interviews that were applied to key informants. As a result of the work in the municipality of Totorá, territorial governance is a construction process in which multiple actors participate, which implies effective participation, the consolidation of territorial governance institutions, the management of power relations and the constitution of territorial management mechanisms, in which participatory and coordinated processes, practices and behaviors are integrated among the multiple actors, aimed at consolidating common objectives on their territorial model. Territorial governance is built from the perspective of multiple actors, it is transdisciplinary, and it is constituted as an innovative form of territorial management "with co-responsibility" climate change adaptation.

Keywords: Governance model, transdisciplinary process, multiple actors

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1980, la crisis global es un tema central en la agenda política mundial: cambio climático, agotamiento de los recursos naturales, crisis del agua, crisis de producción de alimentos, sustitución de la energía fósil y la crisis financiera, como consecuencia de las acciones humanas (Choquehuanca, 2009). Ello está relacionado con las políticas públicas y modelos de desarrollo de corte "extractivista"¹, que implementan los gobiernos tanto del Norte como del Sur (Puyana Mutis, 2017).

Considerando esta situación, la cumbre mundial de las Naciones Unidas del año 2000, en la declaración de las Metas del Desarrollo del Milenio, reconoció la importancia que tiene la gobernanza vinculada al desarrollo y a los derechos humanos. Dos décadas después, en un afán de lograr las metas del desarrollo, se reconoce que la gobernanza debe jugar un papel fundamental en alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de tal manera que se puedan constituir instituciones y sistemas de gobernanza transparentes, y responsables de brindar condiciones de vida dignas y sostenibles a la población (PNUD, 2014).

Muchos investigadores coinciden que la gobernanza emerge para explicar el nuevo contexto de la gestión pública, es decir, redefinir el papel de los gobiernos y establecer la importancia de la acción conjunta de los diversos actores en la sociedad. En ese sentido, la gobernanza busca explicar las formas de gobierno de los territorios, articulando lo público, con lo privado, en el entendido de que no se trata de establecer mecanismos de gobierno basados en la autoridad del Estado, sino más bien, en la interacción e interdependencia de múltiples actores que habitan en un territorio (Aguilar, 2007; Brito, 2002; Kooiman, 2005).

Aguilar (2006), señala que el corazón de la gobernanza es el concepto de "descentralización

de la conducción del territorio", que ya no puede ser dirigida o controlada desde la centralidad. La superación del concepto de gobernabilidad, que se relaciona con la gestión eficiente de los asuntos del gobierno; que supone definiciones adecuadas de responsabilidad, atribuciones, estándares y criterios de gestión y gobierno. La gobernanza se distingue de la gobernabilidad, puesto que plantea que el gobierno no es capaz o sus acciones son insuficientes para la "gobernanza adecuada de la sociedad" (Aguilar, 2006), y por ello requiere del concurso de actores de la misma sociedad.

Después de varios años de trabajo en temas de gobernanza, se introdujo el concepto de gobernanza territorial o "Ceo-gouvernance" (Dubus et al., Helle, & Masson-Vincent, 2010; Masson-Vincent, 2008), para su aplicación al ámbito territorial, desde la planificación territorial a diferentes escalas, hasta la implementación de políticas con incidencia territorial (Romero & Dasí, 2006). Esta perspectiva comprende a la gobernanza como un proceso de organización de las relaciones que se dan entre los múltiples actores presentes en el territorio (Serrano, 2011), y sus diversos intereses. Se interpreta como la emergencia y puesta en práctica de formas innovadoras y compartidas (caracterizadas por la relación, negociación y formación de consensos), en los procesos de planificación y gestión territorial, respaldadas por la multiplicidad de actores que comparten o construyen objetivos comunes y, que conocen y asumen cuál debe ser su rol en la consecución de estos objetivos comunes (Dasí, 2008).

En este sentido, la gobernanza territorial se presenta como un enfoque innovador e importante para la gestión territorial, con grandes avances en términos conceptuales. Empero, su aplicación se presenta todavía como un hecho meramente interadministrativo, donde su funcionamiento corresponde con las tradicionales formas de gobierno, y no exactamente con procesos

¹ El extractivismo es un modelo de crecimiento económico basado en la primarización de las exportaciones, o la venta al exterior de recursos naturales poco transformados, como la minería, la agricultura o el petróleo (Puyana, 2017).

de gobernanza de carácter más relacional, estratégico, proactivo, democrático y adaptado a cada territorio (Dasí, 2011).

En ese marco, se puede decir que la construcción de la gobernanza territorial enfrenta algunos problemas epistemológicos y metodológicos. Todavía se reproduce una visión centrada en el gobierno, es decir, se piensa el "qué" de la gobernanza: las instituciones, las estructuras de poder, las normas, entre otros. La nueva perspectiva obliga a reflexionar el "cómo" se construye y el "para qué" de la gobernanza territorial.

En esta nueva perspectiva, una de las cuestiones que se debe tener en cuenta, es que la gobernanza territorial es un proceso complejo, propio del enfoque de sistemas. La gobernanza no es un hecho predeterminado desde las categorías teóricas o desde el pensamiento de unos cuantos actores, dado que "ningún actor público, social o privado, tiene la información y el conocimiento suficiente para resolver problemas y situaciones complejas, dinámicas y diversificadas, ni tiene el mirador suficiente para seleccionar y diseñar los instrumentos de gobernanza; y menos aún el poder suficiente para gobernar el territorio" (Kooiman, 1993). De acuerdo a Serrano, (2011) son más bien sistemas complejos que se construyen principalmente desde categorías sociales, culturales y procedimentales de los actores sociales que habitan en el territorio.

En este contexto, nuestra investigación se centra en el tipo de gobernanza territorial en el Municipio del Totorá, Departamento de Cochabamba, Bolivia, se construye de manera local-comunal, sin la participación de gestores públicos del gobierno municipal, ni de actores privados, por lo que carece de una visión transdisciplinar. La visión transdisciplinar es imprescindible para construir la gobernanza territorial de sistemas complejos.

Bajo esta consideración, la pregunta de investigación planteada se centra en: ¿Cómo se comprende y construye la gobernanza territorial para alcanzar objetivos comunes, desde la visión de los múltiples actores que habitan en un territorio?

En base al problema y, considerando a la gobernanza como un proceso de construcción sistémico y complejo planteado por Serrano, (2011), es necesario replantear el "cómo" y el "para qué" de la gobernanza territorial, desde una perspectiva "transdisciplinaria", de manera que se integren procesos, prácticas y comportamientos de la gestión territorial, verdaderamente participativos y coordinados entre los múltiples actores, orientados a consolidar objetivos comunes sobre el modelo territorial deseable (González & Dasí, 2011; Pascual & Godás, 2010).

Este artículo presenta resultados parciales de investigación, se enmarca en el Proyecto Tukuypaj, "Transformando la gestión territorial a través de la co-creación de conocimientos y la gobernanza para la adaptación al cambio climático, en los casos de los Municipios de Totorá y Aiquile del Departamento de Cochabamba, y Municipio El Choro del Departamento de Oruro", Bolivia, coordinado por el Programa de Investigación Aplicada para la Adaptación al Cambio Climático (PIA ACC-II) y la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (DICyT) de la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba, Bolivia, implementado por el Centro de Investigación Agroecología Universidad Cochabamba (AGRUCO) de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales (FCAPyF), para el periodo del 2021 al 2023.

METODOLOGÍA

El trabajo de investigación en curso, presenta las investigaciones desarrolladas en el Municipio de Titora, del Departamento de Cochabamba. La población de dicho municipio está organizada en distritos y subcentrales campesinas, bajo estructuras sociales sindicales, asociaciones económicas y juntas vecinales (Gobierno Autónomo Municipal de Titora, 2016).

La realidad territorial esta expresada en: (i) lo biofísico, por la presencia de tres zonas de vida (Yungas, Alturas, Valles), y (ii) lo sociocultural, por una población de aproximadamente 14665 habitantes, autoidentificados con la cultura quechua.

El estudio se enmarcó en el enfoque de investigación transdisciplinar propuesto por el proyecto Tukuypaj que en el idioma quechua significa "para todos". Tukuypaj es parte de un conjunto de proyectos de investigación vinculados a la adaptación al cambio climático o PIAACC-II-UMSS. El proyecto, tiene como finalidad fortalecer los procesos de gobernanza, desarrollando

estrategias transdisciplinares para mejorar la resiliencia socio-ecológica de los sistemas de vida, a través de la articulación de prácticas locales socioculturales de manejo sostenible de recursos naturales y de sistemas productivos, con la política pública de gestión territorial.

Un primer paso del proyecto Tukuypaj fue describir la complejidad de la realidad ambiental, productiva, sociocultural y político institucional del territorio municipal, para luego analizar el proceso de construcción de la gobernanza territorial.

El proyecto Tukuypaj asumió la gobernanza como un proceso de construcción con y para la gente. Es decir, la construcción de gobernanza territorial como un proceso transdisciplinario, asumiendo la transdisciplinariedad como una forma de hacer investigación y co-producir conocimientos entre actores científicos y no-científicos, basado en el aprendizaje y la resolución de problemas integrales, para afrontar los desafíos sociales y ambientales complejos, y avanzar hacia un desarrollo sustentable (Jahn et al., 2012).

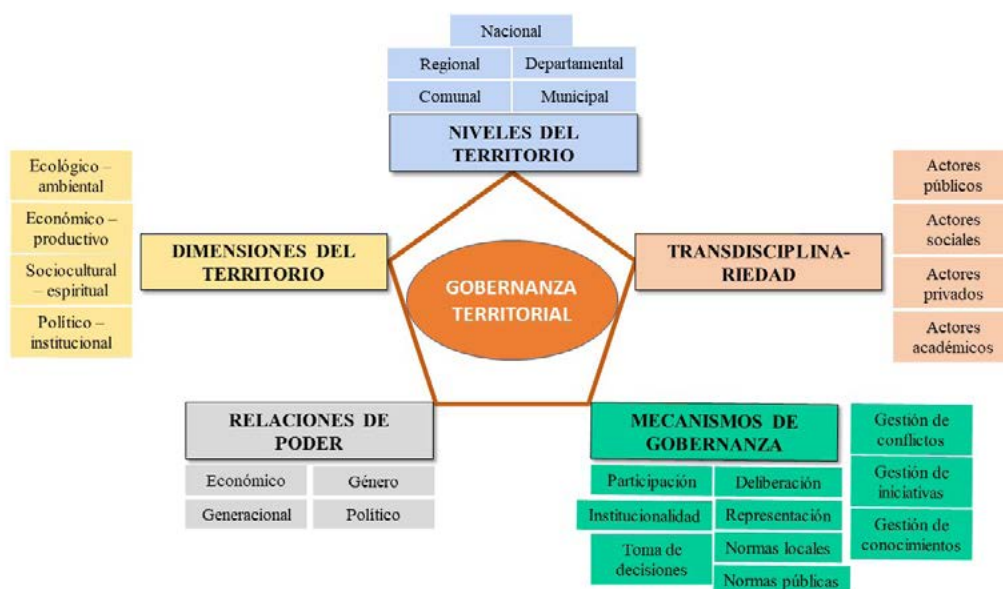


FIGURA 1. Marco analítico de la gobernanza territorial en el Proyecto Tukuypaj

El marco analítico de gobernanza territorial (ver Figura 1), elaborado en el Proyecto Tukuypaj, permite determinar el "cómo" de la gobernanza territorial, mediante los siguientes factores:

- I. Identifica el nivel territorial sujeto a la dinámica de gobernanza territorial: comunal, municipal, regional, departamental y nacional.
- II. Considera la integralidad del proceso, mediante las cuatro dimensiones del territorio: ecológico – ambiental, económico – productivo, sociocultural – ritual, político – institucional.
- III. Aborda las diferentes problemáticas del territorio, a partir de los múltiples actores y sus visiones: sociales, públicos, privados y académicos, en una dinámica de complementariedad y co-creación de experiencias y conocimientos, a lo que denominamos "transdisciplinariedad".

IV. Analiza los diferentes mecanismos que los actores locales emplean en el proceso de gobernanza territorial: participación, deliberación, toma de decisiones, representación, la consideración de normas locales, normas nacionales, gestión de conflictos, gestión de iniciativas, gestión de conocimientos y su institucionalidad.

V. Analiza las relaciones de poder dentro los territorios, en base a las diferenciaciones económicas, de género, generacionales y de poder político.

El "para qué" de la gobernanza territorial, ha sido definido en el Proyecto Tukuypaj, como el proceso social que permite la adaptación al cambio climático del territorio o de los sistemas de vida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

NUESTROS HALLAZGOS

En relación a los niveles del territorio, el marco analítico identifica que la gobernanza territorial a nivel comunal, está regida exclusivamente por los actores sociales, que, organizados en sindicato campesinos de varones y mujeres, consideran las cuatro dimensiones del territorio, y emplean todos los mecanismos de gobernanza, minimizando las relaciones de poder o anulándolas directamente.

De esta manera, la gobernanza territorial a nivel comunal, se encuentra en condiciones de interpelar a los actores públicos, en sentido de gestionar sus iniciativas para mejorar las condiciones productivas, ambientales y sociales dentro la comunidad. Desde la experiencia del Proyecto Tukuypaj, si estos procesos de gobernanza territorial a nivel comunal involucrasen también a los actores académicos y privados (en función de requerimientos específicos); es decir,

consideran procesos transdisciplinarios, el "para qué" de la gobernanza territorial, cuál es el grado de resiliencia socioecológica de dicho territorio, o si esta resiliencia tendría mayores posibilidades de ser fortalecida más allá de los procesos casi exclusivamente endógenos que se implementan en la actualidad.

A medida que el nivel territorial va siendo más complejo, como es el caso del nivel municipal, si bien existe un mayor involucramiento de otros actores (principalmente públicos y privados), no se alcanza un grado de construcción transdisciplinar de la gobernanza, debido a que mecanismos como la participación, deliberación y toma de decisiones, recaen más en los representantes de las organizaciones sociales.

De esta manera, el mecanismo de representación toma un rol protagónico, del cual los líderes o representantes tienen una alta conciencia, como señala el testimonio: "nosotros los líderes siempre

con el conocimiento de las organizaciones, como representantes, no podemos hacer nada sin el conocimiento de las organizaciones", lo que implica que las autoridades locales deben actuar en el marco de la responsabilidad y transparencia, debido a que expresan una voz colectiva.

Además, estos líderes tienen la responsabilidad de velar los intereses de todos los grupos sociales, ya sea de hombres o mujeres, para ello, deben tener capacidades para integrar las visiones de los diferentes grupos sociales. Por otra parte, la representación delegada demanda en los líderes un aprendizaje permanente, por ejemplo, tienen que conocer los múltiples problemas de la comunidad: económicos, sociales, culturales, ambientales y políticos; así como otros mecanismos como son las normativas locales y nacionales.

Según los actores sociales, la gobernanza territorial está fuertemente asociada a las relaciones de poder de decisión que tienen las organizaciones sociales. En el caso de la zona de alturas del Municipio de Totorá, está concentrada la mayor cantidad de productores, que tienen mayor capacidad económica para gestionar proyectos ante cualquier instancia. Entonces las decisiones estratégicas que se toman en el territorio de Totorá, como ser la asignación presupuestaria y la definición de proyectos sociales o productivos, depende en la mayoría de los casos de la densidad poblacional y la capacidad económica de la población para ofrecer contrapartes.

"Zona alturas ¿no? porque de ellos tienen bastante economía y buena producción y ellos fácilmente en cualquier proyecto hacen elaborar buscando financiamiento y ponen la contraparte. De nosotros el lugar es seco y la producción es una vez al año y no tenemos esas posibilidades de poner una contraparte y en esa parte más que todo la organización está débil" (Testimonio de productor de la zona de valles)

Sin embargo, según los datos analizados, en Totorá existen instituciones sociales que regulan y gestionan las asimetrías de poder, como es la central campesina de varones y mujeres, las distritales, las subcentrales, los sindicatos agrarios, la asociación de regantes. La central campesina de varones y mujeres es la máxima entidad donde se toman las decisiones estratégicas más importantes de gestión. Generalmente, aunque

no siempre ocurre, estas organizaciones matrices guían el proceso de toma de decisiones basados en el respeto, la solidaridad, la cooperación y la equidad, minimizando las relaciones de poder asimétricas, basadas en el poder económico y, por ende, en el poder político.

"Nosotros asignamos los proyectos de acuerdo con la necesidad, siempre hay necesidades en las diferentes organizaciones por decir en la subcentral Antaqhawa tiene otra necesidad ¿no ve?, la subcentral Tika Pampa otra tiene, igual la subcentral Challa y de Laguna ¿no? y no solamente solo una necesidad hay varias necesidades, pero primero se asigna al que tiene mayor necesidad" (Testimonio de dirigente de Subcentral campesina).

También son frecuentes las asimetrías marcadas por las relaciones de género, que empero, gracias a las campañas nacionales, el mayor empoderamiento de las organizaciones de mujeres, y una importante "apertura" de las organizaciones de varones, se va superando paulatinamente, como señala el siguiente testimonio:

"Las mujeres ya tienen otro pensamiento ¿no? por ejemplo ellos hacen insertar sobre el tema de crianza de animales en el Plan Operativo Anual, ellas tienen igual derecho" (Testimonio líder local)

Las asimetrías de poder en los procesos de gobernanza, se gestionan a partir de la comunicación entre las familias, autoridades locales y los gestores públicos. La comunicación entre los múltiples actores, en múltiples escalas territoriales, permite una mejor coordinación de acciones conjuntas, como es el caso de la planificación de acciones, el seguimiento a los proyectos municipales, hasta la autoevaluación del desempeño de las autoridades políticas y líderes de las organizaciones sociales. Para desarrollar estas acciones colectivas, las organizaciones establecieron espacios de diálogo, como las reuniones comunales, los ampliados, las reuniones interinstitucionales, las ferias – fiestas, entre otros.

"En toda parte orgánica, parte política, parte así en gestión de proyectos también ¿no? En reuniones, por ejemplo, los distritos siempre componen a la central campesina y ahí planificamos y ahí también da informe el alcalde, de acuerdo con eso

evaluamos, siempre hay eso en plena coordinación ¿no? ejecutamos cualquier actividad" (Testimonio de líder local)

De estos espacios de diálogo emergieron herramientas de gobernanza, como ser:

i) las resoluciones de los ampliados, donde se establecen lineamientos de trabajo en diferentes áreas temáticas: tierra – territorio, economía, organización social, política, entre otros;

ii) ideas de proyectos, tanto para la organización de mujeres como para la agrupación de hombres, o también otros grupos sociales;

iii) planes de trabajo anual, donde se establecen la implementación de acciones de corto plazo y iv) la normas locales y municipales.

Estas herramientas de gobernanza, como las normas locales y las resoluciones de ampliados, permitieron y fueron instrumentos valiosos para la resolución de conflictos sociales, territoriales, ambientales o culturales. Una gran parte de los conflictos fueron analizados y resueltos al interior de estos espacios, en base a usos y costumbres.

"Cuando hay problemas que no siempre falta los problemas ¿no? por ejemplo un problema territorial dependiendo, si hay problema territorial o problema no siempre falta, tenemos que solucionarlo entre todas las organizaciones" (Testimonio de las familias)

La toma de decisiones, la resolución de conflictos, el ajuste de instrumentos de gestión, entre otros, fueron fortalecidos a partir de talleres de aprendizaje, donde se comparten conocimientos y tecnologías entre productores, líderes, técnicos de instituciones o gestores públicos. Estos espacios fueron gestionados y coordinados por los actores sociales y las instituciones que trabajan en el Municipio de Tora.

Este avance deja pendiente el desarrollo de los mecanismos de gobernanza territorial en espacios regionales como son las mancomunidades, o la gestión de cuencas a nivel 5, u otras a niveles superiores. También queda pendiente en el análisis, otros mecanismos de gobernanza como son la gestión de iniciativas o la gestión de conocimientos.

Sin embargo, desde la perspectiva de los actores sociales y los resultados encontrados, la gobernanza territorial en los niveles comunal y municipal, implica lo siguiente: participación efectiva, instituciones de gobernanza, toma de decisiones, representación, mecanismos de gestión, instrumentos de gestión y gestión de conflictos.

Es importante estar alertas a las relaciones de poder, y a la consideración de las dimensiones del territorio, así como a dinámicas transdisciplinarias, donde es muy evidente la limitada participación de actores privados y académicos, al momento de analizar la gobernanza territorial.

También es importante discutir aspectos importantes respecto a la metodología de trabajo, que está relacionada con la participación de las mujeres. En este estudio parcial, se evidencia la escasa participación de mujeres, a lo que se suma su timidez, poco dominio del idioma que manejan los investigadores, aspectos que probablemente hayan limitado más la participación de mujeres, lo que influye en los resultados encontrados.

Como mencionamos, la gobernanza territorial requiere de una participación efectiva de los múltiples actores, de manera que todos puedan hacer escuchar sus voces e integrar en los procesos de gobernanza mediante sus instrumentos que conducirán a un proceso de empoderamiento social. Según (Gargicevich, s.f.; Hart, 1993), la participación en su nivel más alto, es cuando los múltiples actores plantean sus propias acciones desde sus pensamientos y sentimientos, que luego han sido compartidas e integradas en los instrumentos de gobernanza de la política pública, que, además constituyen acciones que se han compartido con actores externos, públicos o privados.

Así también, la gobernanza territorial está constituida por las instituciones encargadas de promover procesos de gobernanza en un territorio. Son las entidades públicas o privadas que se guían y apoyan en sus propios mecanismos e instrumentos de gestión, el cual les permite conducir la gobernanza del territorio, con sus propios códigos de vida cotidiana.

CONCLUSIONES

La gobernanza territorial es un enfoque innovador e importante para la gestión sostenible del territorio y para la adaptación al cambio climático, y con mayor potencialidad si se construye desde la perspectiva de los múltiples actores sociales que habitan en el territorio. Desde la perspectiva de los actores sociales, la gobernanza territorial es una forma de gobierno local que se basa en sus instituciones, sus propios mecanismos de toma

decisiones, con sus propias estructuras de gestión de conocimientos y sobre todo se enmarcan en principios de vida.

En ese marco, la gobernanza territorial desde la perspectiva de la transdisciplinariedad se constituye en una forma de como pensar la realidad o la gobernanza y no solamente de reflexionar sobre qué es la gobernanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, L. F. (2007). El aporte de la Política Pública y de la Nueva Gestión Pública a la gobernanza. *Revista del Ciudad Reforma y Democracia*, 39, 5-32.
- Brito, M. (2002). Buen gobierno local y calidad de la democracia. *Revista Instituciones y desarrollo*, 12, 249-275.
- Choquehuanca, D. (2009). El vivir bien como respuesta a la crisis global. Ministerio de Relaciones Exteriores, La Paz.
- Dasí, J. F. (2008). Gobernanza territorial para el desarrollo sostenible: estado de la cuestión y agenda. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Dasí, J. F. (2011). Gobernanza territorial en España: Claroscuros de un proceso a partir del estudio de casos: Universitat de València.
- Dubus, N., Helle, C., y Masson-Vincent, M. (2010). De la gouvernance à la géogouvernance: de nouveaux outils pour une démocratie locale renouvelée. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*, 10.
- Gargicevich, A. (s.f.). La escalera de la participación. INTA.
- Gobierno Autónomo Municipal de Totorá. (2016). Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) 2016 - 2020. Cochabamba, Bolivia.
- González, J. R., y Dasí, J. F. (2011). Redescubriendo la gobernanza más allá del buen gobierno. *Democracia como base, desarrollo territorial como resultado. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Hart, R. (1993). La participación de los niños. De la participación simbólica a la participación auténtica. *Ensayos Innocenti*, 4.
- Jahn, T., Bergmann, M., y Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, 79, 1-10.
- Kooiman, J. (1993). *Modern governance: new government-society interactions*. Sage.
- Kooiman, J. (2005). Gobernar en gobernanza. *La gobernanza hoy*, 10, 57-82.
- Masson-Vincent, M. (2008). Governance and geography explaining the importance of regional planning to citizens, stakeholders in their living space. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 46, 77-95.

- Pascual, J. M., y Godás, X. (2010). El buen gobierno 2.0: La gobernanza democrática territorial. Ciudades y regiones por la cohesión social y una democracia de calidad. Tirant lo Blanch, 27-65.
- PNUD. (2014). Discussion paper governance for sustainable development integrating governance in the post-2015 development framework. <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Democratic%20Governance/Discussion-Paper--Governance-for-Sustainable-Development.pdf>.
- Puyana Mutis, A. (2017). El retorno al extractivismo en América Latina. ¿Ruptura o profundización del modelo de economía liberal y por qué ahora? *Espiral*, 24(69), 73-113.
- Romero, J., y Dasí, J. F. (2006). Gobernanza territorial en España: Claroscuros de un proceso a partir del estudio de casos: Universidad de Valencia.
- Serrano, C. (2011). Gobernanza para el desarrollo económico territorial en América Latina. Centro Latinoamericana para el Desarrollo Rural.

ENSAYOS



EL PROYECTO DE CORREDORES BIOLÓGICOS URBANOS EN LA CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA: UNA APUESTA POR LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN REDES DE CONOCIMIENTO INTERACTIVO

Luis F. Aguirre¹, Raúl Delgado²

¹Centro de Biodiversidad y Genética, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

²Instituto de Investigaciones en Arquitectura y Ciencias del Hábitat, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

RESUMEN

La Universidad Mayor de San Simón ha ido desarrollando proyectos de investigación caracterizados principalmente por su naturaleza altamente disciplinar, y en las últimas décadas, con el apoyo de la cooperación internacional, su política investigativa ha ido moviéndose a ámbitos interdisciplinarios que busca consolidar investigación académica y científica que pueda responder a problemáticas sociales urgentes, como el efecto adverso de los cambios climáticos. Con el fin de promover el trabajo interdisciplinario y proponer una visión de investigación holística e integral respecto a la problemática socioambiental en Cochabamba, es que se desarrolla actualmente el proyecto Corredores Biológicos Urbanos (PIAAC II PCI.8) en modo 2 (investigación-aplicación). En este ensayo, en base a la experiencia en el desarrollo de dicho proyecto, se hace una reflexión sobre la importancia de la consolidación de redes de trabajo de proyectos orientados a la transdisciplinariedad, buscando que el conocimiento que se vaya adquiriendo sea nutrido permanentemente por hallazgos analíticos y prácticas de interacción y reflexión social.

Palabras clave: Redes de investigación, servicios ecosistémicos, sistemas socioecológicos complejos

ABSTRACT

The Universidad Mayor de San Simón has been developing research projects characterized mainly by their highly disciplinary nature, and in recent decades, with the support of international cooperation, its research policy has been moving to interdisciplinary areas that seeks to consolidate academic and scientific research that can respond to urgent social problems, such as the adverse effect of climate change. In order to promote interdisciplinary work and propose a holistic and comprehensive research vision regarding socio-environmental problems in Cochabamba, the project Urban Biological Corridors (PIAAC II PCI.8) is currently being developed in mode 2 (research-application). In this essay, based on the experience in the development of such project, a reflection is made on the importance of the consolidation of networks oriented to transdisciplinary research, seeking that the acquired knowledge is permanently nourished by analytical findings and social interaction and reflection practices.

Keywords: Research networks, ecosystem services, complex socio-ecological systems

INTRODUCCIÓN

Desde que en la UMSS se hace investigación científica, la manera predominante de hacerla ha sido mediante el desarrollo de proyectos principalmente enmarcados en esfuerzos individuales o de grupos reducidos de investigación que trabajan en campos específicos de conocimiento. La visión de Ciencia que ha marcado el desarrollo de estos proyectos, ha sido la de una estructura de compartimentos disciplinares especializados, con campos y límites previamente establecidos que condicionaron a tener una percepción del mundo y el universo como espacios parcelados disciplinariamente.

Esta visión unidisciplinaria en la que se ha enmarcado los procesos de investigación y generación del conocimiento fue, y continúa siendo, una veta importante para el avance de la ciencia en áreas fundamentales del conocimiento y claves dentro de la universidad, como ser ciencias de la salud, ciencias sociales y económicas, ciencias y tecnología, entre estas etc. Sin embargo, denotan ciertas limitaciones para establecer el flujo cruzado de conocimientos que requiere el estudio particular de fenómenos y sistemas cada vez más complejos de la realidad, como los que conciernen particularmente al medio ambiente, como por ejemplo las funciones y servicios de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Aguirre, 2016).

En los años recientes, en la búsqueda de mayor integración entre investigadores y de un sistema articulador para responder a demandas de desarrollo de conocimientos, sobre problemas de nuestro medio que cada vez se presentan más complejos, el paradigma de desarrollo de las investigaciones tiende a cambiar de ser altamente compartimentado, a ser multidisciplinar, interdisciplinar y, aspirar inclusive a enfoques transdisciplinares. El proyecto de Corredores Biológicos Urbanos (Aguirre et al., 2021), constituye una apuesta para superar las limitaciones unidisciplinarias en el dimensionamiento e interpretación de los sistemas socioecológicos complejos, que configuran tales ámbitos territoriales en la ciudad de Cochabamba, mediante el planteamiento y puesta en marcha de un enfoque de investigación interdisciplinaria y, una estrategia de conocimiento en red, altamente relacional e interactiva.

Mediante el presente ensayo, se busca establecer las connotaciones que tiene este planteamiento en el proceso investigativo y desarrollo de actividades iniciales del proyecto, haciendo un recorrido previo por la evolución que tuvieron las iniciativas de investigación en la UMSS, hasta situarse actualmente en un momento de transición positiva, oportuna para revitalizar la política universitaria de investigación.

DESARROLLO ARGUMENTAL

UN RECORRIDO DESDE LA INVESTIGACIÓN BÁSICA Y UNIDISCIPLINAR, HASTA INICIATIVAS INICIALES DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y MULTIDISCIPLINARIA

Desde el ingreso de la cooperación internacional, en particular la cooperación belga (VLIR/ARES), la sueca (ASDI) y la suiza (COSUDE), los proyectos de investigación han ido evolucionando

de ser altamente unidisciplinares a esfuerzos relativamente más complejos. Durante el período 2003-2012, la DICYT apoyó la ejecución de proyectos de investigación enmarcados en Programas y Prioridades Temáticas definidas por campos disciplinares de investigación (Fig. 1; Gutiérrez, 2019); marco en el cual, se desarrollaron 177 proyectos denominados concursables. En este mismo período, además de los temas disciplinares

priorizados, hubo temas transversales (Didácticas, Efectos y Mitigación del Cambio Climático, Interculturalidad, Seguridad Alimentaria, Uso Eficiente de Energía y Energías Renovables) que más que una aproximación interdisciplinaria resultó en un programa para agrupar temas que no se identificaban dentro de los cinco anteriores.

Bajo este programa transversal se desarrollaron solamente 12 proyectos de investigación que tenían la característica de ser de corta duración (dos años), con pocos fondos y conformados por equipos de dos o tres investigadores, número que limitaba la constitución de equipos multidisciplinarios.

Posterior al período 2003 - 2012, la UMSS pasó por un momento de cambio en la política de investigación orientada a buscar proyectos que tengan una mayor incidencia social y busquen resolver problemas de la sociedad de manera más explícita.

Estos proyectos estaban orientados según Objetivo Socioeconómico y Prioridades Temáticas y marcaría un nuevo rumbo durante el período 2013-2016 (Fig 1; Gutiérrez, 2019). Durante este período se ejecutaron 60 proyectos. Esta nueva orientación

en la investigación buscó de alguna manera que los proyectos sean más interdisciplinarios y se promovía la conformación de equipos de diferentes disciplinas de conocimiento. Muchos de estos proyectos seguían siendo pequeños (dos años), con fondos reducidos, pero promovían el trabajo entre varios investigadores (asociados y adscritos) y se incorpora con fuerza la participación de Organizaciones Asociadas al Proyecto de Investigación (OAPIs), para adicionar a los equipos de investigación también a actores de instituciones de desarrollo y a organizaciones sociales como beneficiarios.

Casi en paralelo a este período, los proyectos PIAACC (Cooperación Suiza, COSUDE), en sus dos fases (2015-2018 y 2019-2022), comenzaron también a ser ejecutados y se desarrollaron 27 proyectos durante la primera fase, en cinco ejes temáticos (Fig. 1). La segunda fase empezó a ser formalmente a ser ejecutada durante el 2020 apoyándose un total de siete proyectos, teniendo como nueva modalidad la inclusión de los proyectos denominados Proyectos inducidos bajo la modalidad de Modo 2 (e.g. Producción de conocimiento, caracterizada por el contexto de aplicación, la transdisciplinariedad

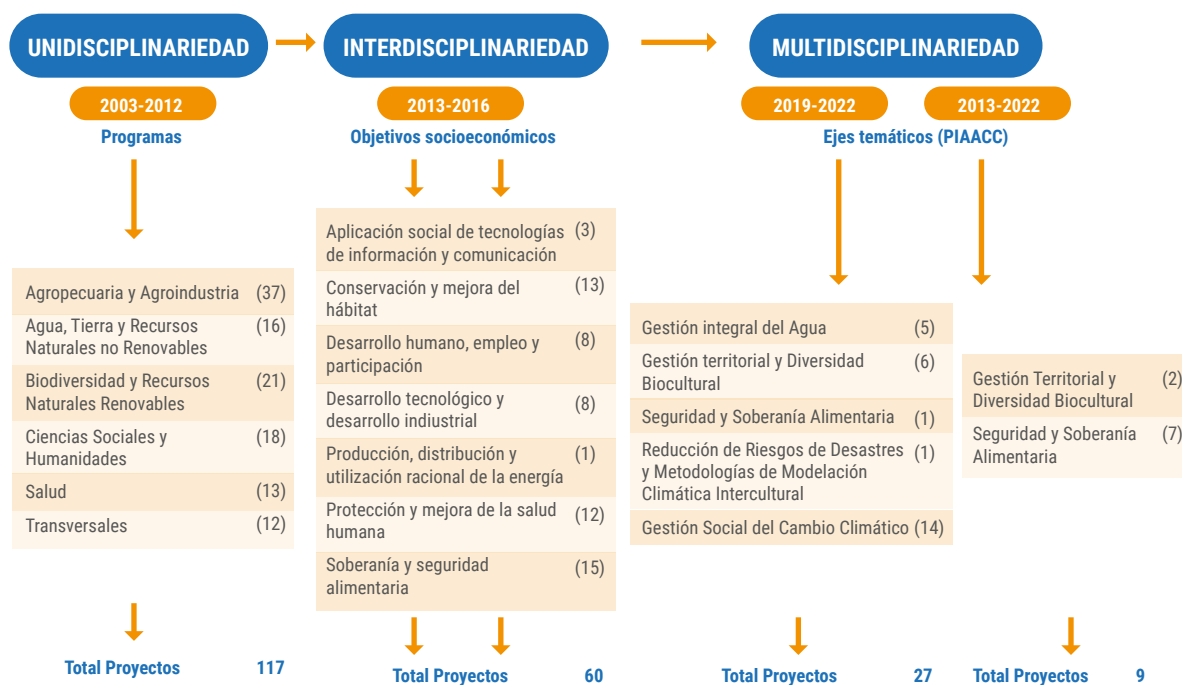


FIGURA 1. Evolución de la disciplinariedad según la dinámica de investigación en la UMSS.

y responsabilidad social para atender las necesidades explícitas de algún agente externo), los cuales reciben un apoyo económicamente fuerte pero por muy poco tiempo de ejecución (dos años).

Junto con la evolución de las políticas de apoyo a la investigación, durante el período 2017-2018 se impulsó con fuerza la creación y consolidación de redes de investigación temáticas (Fig. 2 Gutiérrez y Zurita, 2019) que ha permitido que bajo un enfoque multidisciplinar se puedan abordar proyectos que sean mucho más enriquecedores

académicamente, más complejos a su vez, pero con un rescate de conocimientos tal que permita buscar soluciones más reales a la sociedad. Estas redes son aquellas que también se encargan de dictar las prioridades temáticas bajo la modalidad del Modo 1 (e.g. producción de conocimiento, caracterizada por ser puramente disciplinar y estimulada por intereses académicos para el avance general de la ciencia) y ejecutar los proyectos inducidos (Modo 2).

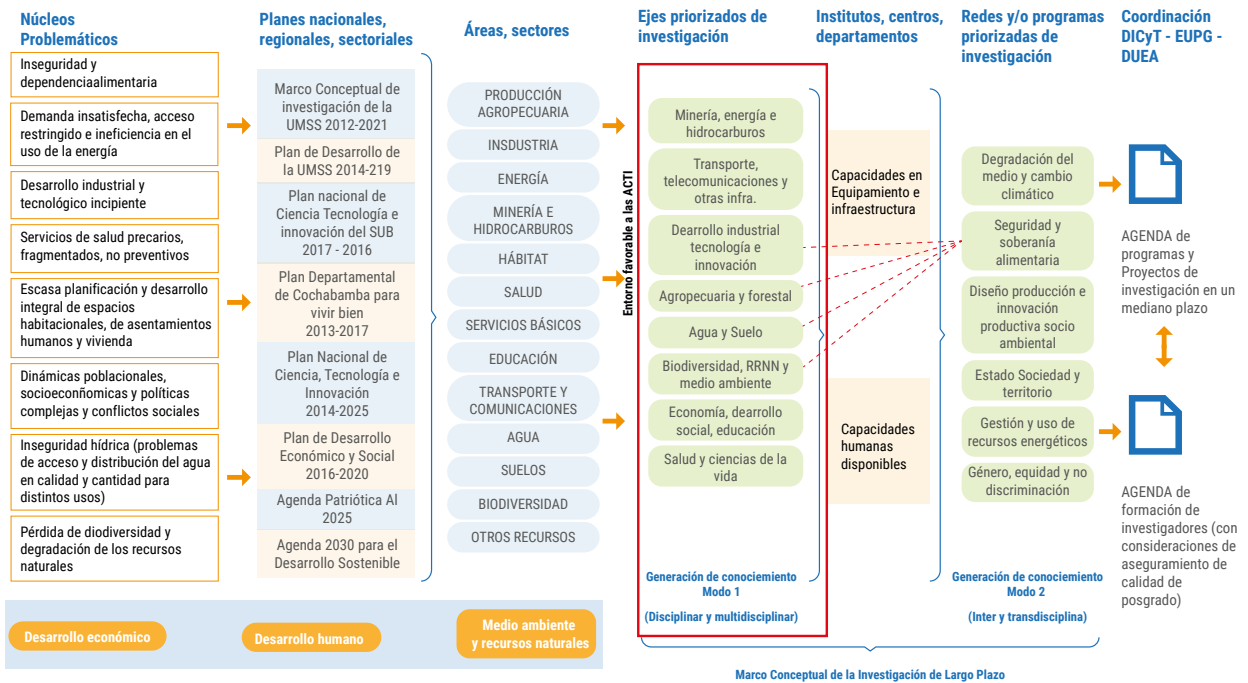


FIGURA 2. Proceso de conceptualización de Prioridades en Investigación y Formación de Investigadores. Ejes de investigación de la UMSS (recuadro rojo) en el contexto de la priorización de investigación en la UMSS.

Fuente: Gutiérrez y Zurita (2019)

EL PROYECTO DE CORREDORES BIOLÓGICOS URBANOS: UN HITO PARA CONSOLIDAR PROCESOS DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIOS EN REDES DE CONOCIMIENTO

El proyecto de Corredores Biológicos Urbanos se enmarca en la segunda fase del Programa de Investigación Aplicada de Adaptación al Cambio Climático (PIAACC-II), dentro del eje temático de Gestión Territorial y Diversidad Biocultural, y su ámbito de intervención son precisamente áreas verdes urbanas (Fig. 3) que permiten conectividad ambiental (e.g. flujo de componentes de la biodiversidad) o social (uso de áreas verdes como espacios de integración/segregación social) para buscar mejorar o proteger los servicios ecosistémicos que brindan y sean además socialmente justos para la población (TEEB, 2011, Schell et al., 2020). Las bases de la convocatoria de la COSUDE para apoyar estos proyectos, planteaban que tengan un enfoque holístico y de investigación aplicada interdisciplinaria respecto a temáticas relativas al cambio climático. Complementariamente, establecían la necesidad de contribuir a temas transversales como: género, interculturalidad y gobernanza, lo que garantizaría una mayor inclusión social, rescate de saberes ancestrales y aplicabilidad para mejorar las condiciones de vida local.

En este marco, el Proyecto propone una visión de investigación holística e integral respecto a los Corredores Biológicos Urbanos, bajo la premisa de que los sistemas ecológicos y sociales que se desarrollan en estos ámbitos territoriales, se encuentran estrechamente interconectados y, por tanto, la definición de sus fronteras y la delimitación exclusiva de un ecosistema o de un sistema social, resulta artificial y arbitrario (Berkes y Folke, 1998). En concordancia a esta visión de sistema socioecológico complejo y, en la perspectiva de conectar las disciplinas hacia la construcción de un marco unificado de entendimiento y conocimiento, se plantea un enfoque de trabajo interdisciplinario, de relaciones, interacciones e interpretaciones entre diversas ramas del conocimiento científico, como posibilidad de aproximación a la naturaleza compleja de la realidad de los corredores biológicos urbanos.

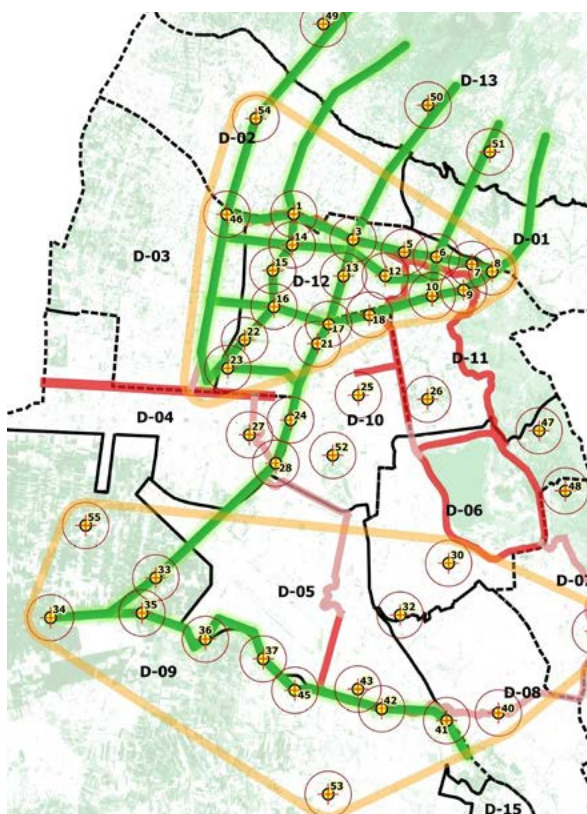


FIGURA 3. Área de intervención del proyecto Corredores Biológicos Urbanos (PIAACC-II-8). a) en el municipio de Cochabamba. Líneas verdes corresponden a la red de corredores biológicos del estudio, líneas rojas corresponden a corredores potenciales; números en círculos representan los puntos de levantamiento de información socioambiental.

Fuente: Proy CBU; Prado, P. (2021)

En esta perspectiva, el Proyecto conforma una red de investigación compuesta por nueve centros o unidades de investigación, correspondientes a cuatro facultades; con la participación de 69 personas, distribuidas en 32 investigadores (asociados y adscritos), 37 estudiantes (auxiliares y tesis), representantes de Organizaciones Asociadas al Proyecto de Investigación y Entidades Sociales de Trabajo, reflejando también un buen balance de género (35 mujeres y 34 varones) y generacional, haciendo de la red un grupo de trabajo inclusivo y diverso.

Los investigadores participantes provienen de diversas disciplinas de trabajo con experiencia en temas socioambientales, incluyendo disciplinas

ambientales (biólogos, forestales, agrónomos) y socioeconómicas (economistas, sociólogos, arquitectos, comunicadores, pedagogos y psicólogos). El proyecto constituye así, una red compuesta esencialmente por varios centros de investigación-con campos de conocimiento disciplinario diferente - en la cual interactúan, cooperan y dialogan, para obtener conocimiento interdisciplinario acerca de temas complejos, como el que configura el tema de Corredores Biológicos Urbanos, concebido como un sistema multidimensional: ecológico, territorial, económico y socio cultural (Fig. 4).

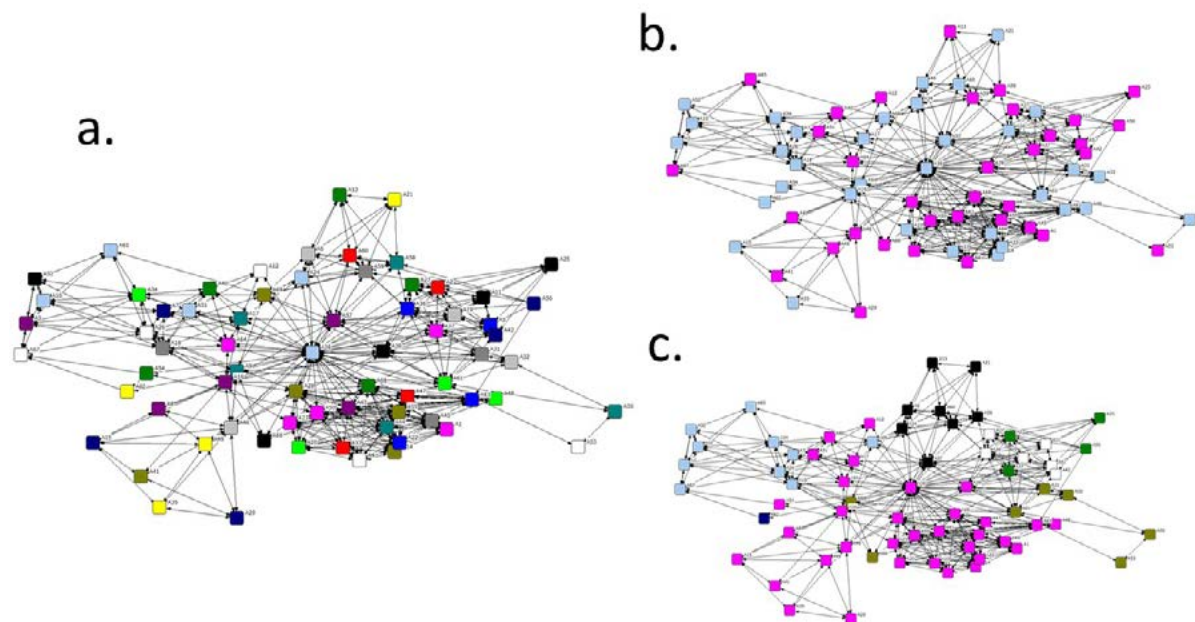


FIGURA 4. Red de trabajo del proyecto Corredores Biológicos Urbanos (PIAAC-11-8). **a)** red compuesta por más de 60 participantes (investigadores, estudiantes, auxiliares), donde cada color indica un participante en particular; **b)** distribución en la red según género (celeste-varones, rosado-mujeres); **c)** distribución en la red según disciplinas (rosado-biólogos, celeste-forestales, negro-arquitectos, blanco-psicólogos, verde claro-pedagogos). La red fue construida usando el programa UCINET, extensión NetDraw.

Fuente: Borgati et al. (2012)

Si bien inicialmente el proyecto conforma una estructura multidisciplinaria, por cuanto responde al esfuerzo convergente de varias disciplinas diferentes hacia el abordaje de un mismo objeto de investigación, manteniendo sus límites de compartimentos disciplinares distintos; la pretensión de la iniciativa es trascender dicha situación inicial, mediante la construcción de un conocimiento interdisciplinario que, refleje una caracterización holística de los Corredores Biológicos Urbanos, obteniendo nuevas cuotas de saber y apreciación respecto al mismo. Se trata de construir un conocimiento interdisciplinario -con orientación al saber transdisciplinar- que no elimina, pero sí trasciende a las disciplinas; nutriéndose de nociones originadas en ellas, pero también construyendo un nuevo cuerpo

conceptual de saber transversal a las mismas (González, 2009)

Esta red trabaja de manera muy cercana entre sus miembros, creándose interacciones estrechas hacia la construcción de conocimiento intredisciplinario, pero también propiciando un avance significativo respecto a los enfoques transdisciplinarios, incorporando múltiples perspectivas y acervos de conocimientos, principalmente a partir de la interacción con actores sociales y públicos vinculados a las prácticas y gestión de los corredores biológicos urbanos, como organizaciones territoriales (distritos, OTBs y juntas vecinales), colectivos ciudadanos y el propio gobierno municipal.

En esta perspectiva, el trabajo que desarrolla el proyecto no solo se enfoca a contribuir a la ciencia, sino también se orienta a contribuir a procesos de desarrollo, mediante la realización de actividades de difusión comunicacional, de interacción, reflexión y sensibilización, particularmente con actores sociales, fortaleciendo la acción colectiva en torno a la implementación y cuidado de los corredores biológicos urbanos por una parte; y, promoviendo una mayor capacidad de interlocución frente a los actores públicos, decisores de políticas urbanas.

En esta línea, las primeras actividades desarrolladas por el proyecto (2021-2022), si bien han sido disciplinares, en cuanto al desarrollo mismo de los procesos de investigación programados, se han orientado también a crear grupos de trabajo a manera de nodos que, interactúan permanentemente entre sus componentes y desarrollan acciones de comunicación, interacción y reflexión con otros actores de la sociedad civil organizada. Tal es el caso del equipo de educación y de psicología ambiental, que incluye pedagogos, psicólogos, biólogos, comunicadores y arquitectos, o el equipo ambiental que evalúa la vegetación, compuesta por biólogos, forestales y químicos.

Estos comportamientos iniciales, hacen pensar en la posibilidad de un cambio sustancial en los enfoques de investigación y gestión del conocimiento, tradicionales; pues si bien, estos se estructuran en torno a una visión lineal de la gestión del conocimiento, desde la generación pasando por la validación, la transferencia, para finalmente llegar a la utilización social del conocimiento desarrollado; la lógica con la que el proyecto va desarrollándose, es más bien cíclica, de índole inherentemente relacional e interaccional (González, 2009), donde no se requiere que el conocimiento esté totalmente creado y modelizado para ser difundido, sino más bien sea nutrido permanentemente por hallazgos analíticos y prácticas de interacción y reflexión social.

Es precisamente ésta la esencia de la investigación aplicada, pues no se trata simplemente de plantearla como una secuencia temporal de la investigación básica, es decir como un segundo momento de investigación experimental con los elementos desarrollados en el primer momento de investigación básica; sino más bien de una

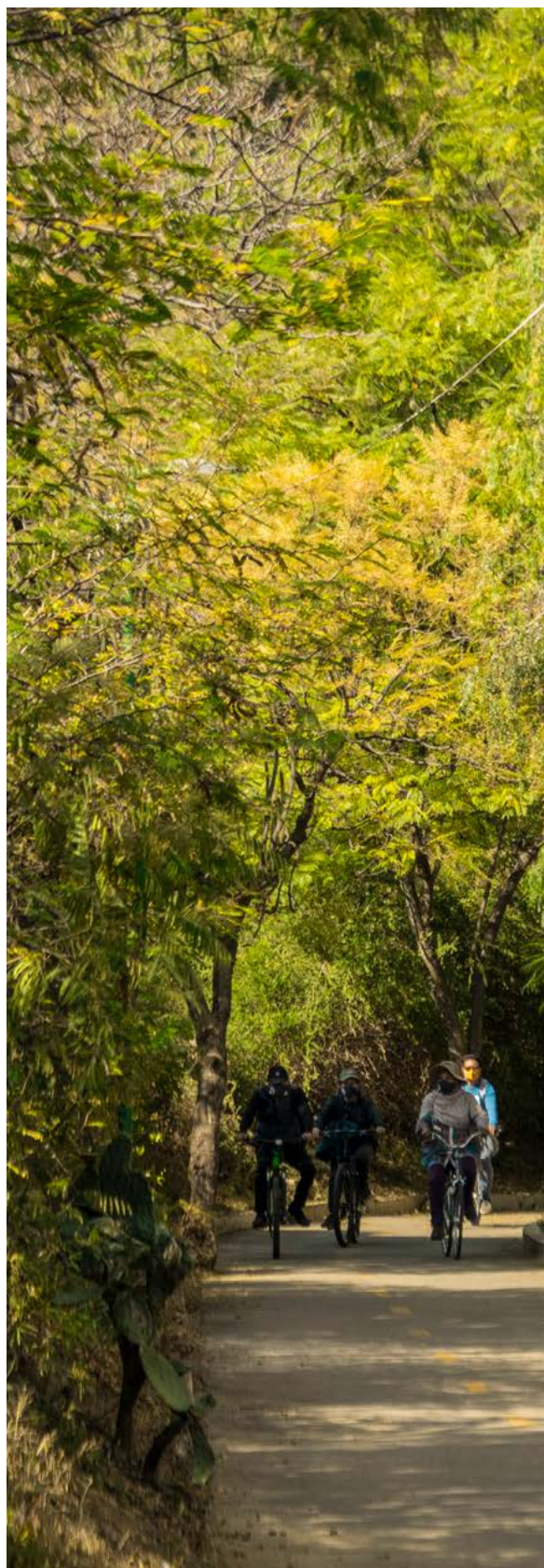


FOTO 1. Ciclovía, zona San Pedro.



FOTO 2. Ciclovía, Laguna Alalay.

lógica y racionalidad diferente, donde "saber y hacer", "conocimiento y práctica", "explicación y aplicación", forman parte de un solo concepto indisoluble que, minimiza las fronteras entre lo teórico y lo aplicativo, propugnando una vinculación inseparable entre el conocimiento y su aplicación práctica (Delgado, 2014)

La dinámica de trabajo del proyecto durante los primeros meses, refleja precisamente esta aparente dicotomía, entre actividades de investigación y generación de conocimiento académico, con la ritualidad que orienta el método científico; y, actividades incontenibles de relacionamiento con el medio, a través de eventos comunicacionales, espacios de interacción que apuntan a reflexionar, sensibilizar y crear apropiación social respecto a los corredores biológicos potenciales de la ciudad de Cochabamba. Esta dualidad, en el marco de la esencia epistemológica de la investigación aplicada, debe entenderse y ser canalizada como un proceso de interacción permanente entre conocimiento y práctica.

CONCLUSIONES

HACIA LA REVITALIZACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

Las iniciativas de investigación, programas y proyectos, desarrollados en la Universidad Mayor de San Simón, se han situado históricamente a la vanguardia de los procesos de investigación desarrollados por la Universidad Pública Nacional; en su momento, han constituido respuestas sólidas para dar cuenta de problemáticas locales, departamentales y nacionales y, plantear alternativas pertinentes de desarrollo. Sin embargo, las problemáticas que se generan actualmente por la crisis internacional en diferentes campos (e.g. ambientales, económicos, sociales, de salud) y en distintas escalas y, consecuentemente el desarrollo de la ciencia y el establecimiento de nuevos enfoques y paradigmas para investigar tales problemáticas, requiere que nuestra Universidad se ubique a la altura de tales retos y revitalice

sus políticas de investigación, incorporando y experimentando nuevos enfoques.

La conformación de redes, las bases de la convocatoria del PIAACC – II, la formulación de los Proyectos Inducidos y particularmente el diseño e implementación del Proyecto de Corredores Biológicos Urbanos, representan una oportunidad para dar un salto cualitativo hacia el planteamiento de políticas de investigación renovadas que, tengan la virtud de responder más efectivamente a los retos que implica la naturaleza compleja de los actuales problemas civilizatorios.

Estas iniciativas, pueden constituirse en un hito significativo para la evolución de la investigación

universitaria en San Simón; si además de evaluar los resultados temáticos, se sistematiza y evalúa también las connotaciones que tiene su implementación en lo que respecta al modo de producción del conocimiento científico, sus bases teóricas conceptuales y también sus elementos metodológicos y operativos. Dicha observación, es clave para delinear procesos genuinos de investigación aplicada que, permitan romper la dicotomía entre conocer y aplicar, por una parte; y, posibiliten establecer procesos circulares de gestión del conocimiento, cada vez más dialógicos, relacionales e interactivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L. F. (2016). Importancia general de la biodiversidad. Pp. 35-44. En: Memorias del ciclo de conferencias: Análisis de la problemática de la laguna Alalay y el río Rocha-Protegiendo la Biodiversidad. UMSS-Academia e Investigación, Cochabamba, Bolivia.
- Aguirre, L.F., Campero, M., Crespo, C.O., Delgado, R., Rejas, D., Ricaldo, T., Rico, A., Prado, P., Veizaga-Rosales, J.M., Bellot, N., Lara, J.S., Galarza, I., Berbetty, L., Gareca, E., Cahill, J., Arrázola, S., Mercado, M., Fernandez, C., Rivero, M.J., Ayma, A.I. y Fajardo, J.P. (2021). Corredores Biológicos Urbanos de Cochabamba.
- Berkes F. y C. Folke. (1988). Linking social and ecological systems. Management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, Cambridge.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G. y Freeman, L.C. (2002). Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Delgado, R., (2014). La Producción, Transmisión y Utilización del Conocimiento Científico: Elementos para su Apropiación Social. Búsqueda, 44,133 – 160.
- Gutiérrez, F. (2019). Proyectos de Investigación y Desarrollo Experimental, Aspectos Cuantitativos. Universidad Mayor De San Simón, Vicerrectorado, Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, Departamento de Coordinación Académica. Cochabamba.
- Gutiérrez, F. (2019). Proyectos de Investigación y Desarrollo Experimental, Aspectos Cuantitativos. Universidad Mayor de San Simón, Vicerrectorado, Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, Departamento de Coordinación Académica. Cochabamba.
- Gutiérrez, F. y N. Zurita. (2019). Nota Conceptual de Ciencia, Tecnología e Innovación 2020 – 2025 Para la Cooperación entre la Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (ASDI) y la Universidad Mayor de San Simón (UMSS). Universidad Mayor de San Simón, Vicerrectorado, Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, Departamento de Coordinación Académica. Cochabamba, 62 pp.
- Schell, C.J., Dyson, K., Fuentes, T.L., Des Roches, S., Harris, N.C., Miller, D.S., Woelfle-Erskine, C.A. y Lambert, M.R. (2020). The ecological and evolutionary consequences of systemic racism in urban environments. Science, 18(369),6510.
- Sotolongo P.L., 2009. Los Presupuestos y las Implicaciones Filosóficas del Pensamiento y de las Ciencias de la Complejidad. En Investigación Científica, Un Encuentro con el Paradigma de la Complejidad. La Paz, Bolivia. Andrés Bello.
- TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011). TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. www.teebweb.org

AVANCES DE INVESTIGACIÓN



EQUIPOS MECÁNICOS Y PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE QUINUA DE LOS MUNICIPIOS DE QUILLACAS Y UYUNI EN EL ALTIPLANO SUR DEL DEPARTAMENTO DE ORURO Y POTOSÍ- BOLIVIA

Leonardo Zambrana Vidal¹, Porfirio Gámez Guarayo², Mario Huanca Ustariz¹

¹ Proyecto de Investigación Aplicada al Cambio Climático.

² CIFEMA-FCAPyF-UMSS, Cochabamba-Bolivia.

RESUMEN

Se presentan los avances y experiencia del proyecto "Fortalecimiento de los sistemas agrícolas de producción de quinua mediante el desarrollo de tecnologías alternativas de prácticas agronómicas y de equipos mecánicos adecuados que mitiguen el efecto del cambio climático", en el desarrollo de un implemento para la preparación del suelo con abonamiento localizado y siembra para la producción de quinua en el altiplano boliviano, donde la sequía representa un problema recurrente. Los diseños, la construcción y evaluación de los prototipos se desarrollaron en un marco de investigación aplicada, de manera participativa, con base en un diálogo de saberes e interculturalidad, en consenso con los agricultores y en función de sus necesidades. Se evaluó el funcionamiento de múltiples implementos para siembra, abono y arado de la tierra a partir de una revisión de las tecnologías aplicadas en otras regiones y de consultas y ensayos en el campo. La determinación y cuantificación de los beneficios fue posible mediante ensayos comparativos desarrollados en las comunidades de Sevaruyo, en Oruro, y Chita, en Potosí, donde se identificaron diferencias en el costo operativo, esfuerzos de tracción requerida y rendimiento de la máquina. Los resultados parciales alcanzados muestran que la introducción del implemento puede ser una opción útil para la mejora del suelo en la producción de quinua. El uso de innovaciones mecánicas se suma a otras alternativas tecnológicas para incrementar la productividad mediante el aumento de la humedad disponible y la fertilidad del suelo, tales como la economía del agua y la fertilización orgánica.

Palabras clave: Equipos mecánicos, prácticas agronómicas, quinua, cambio climático

ABSTRACT

An experience in the development of an implement for soil preparation with localized fertilization and planting for quinoa production in the Bolivian altiplano, where drought is a recurrent problem, is presented. The project "Strengthening quinoa production agricultural systems through the development of alternative technologies of agronomic practices and adequate mechanical equipment that mitigate the effect of climate change" developed the design, construction and evaluation of the prototypes within a framework of applied research, in a participatory manner, based on knowledge dialogue and interculturality, in consensus with the peasants and according to their needs. The performance of multiple implements for sowing, fertilizing and plowing was evaluated based on a review of technologies applied in other regions and on consultations and field trials. The determination and quantification of the benefits was possible through comparative trials developed in the communities of Sevaruyo, in Oruro, and Chita, in Potosí, where differences in operating cost, required tractive effort and machine performance were identified. The partial results achieved show that the introduction of the implement can be a useful option for soil improvement in quinoa production. The use of mechanical innovations is added to other technological alternatives to increase productivity by increasing available moisture and soil fertility, such as water economy and organic fertilization.

Keywords: Mechanical equipment, agronomic practices, quinoa, climate change

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es uno de los principales cultivos del altiplano central de Bolivia. Se la considera como un constituyente fundamental para la seguridad alimentaria, por tratarse de un sustento completo que aporta de manera importante a la nutrición humana por su alto valor vigorizante y funcional como polifenoles, fitosteroles y flavonoides (Jackobsen, 2003). La quinua es originaria de los Andes y su cultivo desde la prehistoria, ha sido adaptado a zonas áridas o semiáridas, como es el altiplano boliviano, región ubicada a una altura de 3750 m.s.n.m que presenta precipitaciones de 226 mm/año, temperaturas mínimas de -5 °C y heladas, alrededor de 150-200 días al año (Gandarillas, 1999, Bonifacio et al., 2013).

Sin embargo, las sequías producidas por el cambio climático, durante los últimos años afectaron el comportamiento de la región, provocando grandiosas y significativas pérdidas en la producción, influyendo notablemente en las condiciones de vida de sus productores. Así mismo, el mal manejo y preparación del suelo para el cultivo de la quinua, sumado a la falta de atención a diversos aspectos concernientes al ecosistema en general, como la intervención antrópica en el campo tiende a homogeneizar los ecosistemas y reducir su biodiversidad, exponiendo los terrenos y haciéndolos menos capaces de recuperarse de estas perturbaciones, agravando el panorama. También es necesario considerar que la implementación de prácticas mecánicas deficientes de preparación y siembra del cultivo; la escasa reposición de la materia orgánica, con uso de estiércol de animales o residuos de cosecha, han producido baja retención de humedad y pérdida de fertilidad del suelo (Bonifacio et al., 2013).

Por tanto, en consideración de los efectos negativos producidos en la agricultura por el cambio climático, se hace indispensable plantear estrategias de mitigación y adaptación que incluyan cambios de comportamiento, en la interacción con el medio ambiente; en la gestión de los servicios agro-ecosistémicos; y en el uso de servicios de procesamiento de los desechos que se generan en el proceso productivo. Ante

esta situación es imprescindible promover transformaciones necesarias para la adaptación en el sector agrícola frente al cambio climático que incluyan reformas simples, como modificación de las fechas de siembra y cosecha, como también, cambios estructurales significativos como el desarrollo de nuevas formas de hacer agricultura, e innovaciones desde el ámbito de la ciencia y la tecnología (FAO, 2013).

La reducción de los impactos producidos por el cambio climático en la agricultura -en particular en el cultivo de la quinua-, es posible a partir de introducir en la aplicación de prácticas de cultivo tradicionales, modificaciones innovadoras, que se enfoquen en el mejoramiento de la fertilidad del suelo a partir del uso racional de la materia orgánica (estiércol) y de la cosecha de agua. Para promover estas prácticas en grandes superficies de cultivo de quinua, es preciso implementar el funcionamiento de equipos mecánicos que permitan mejorar la preparación de suelos, la distribución localizada de abono y condiciones eficientes para la siembra del cultivo (Liuhto et al., 2016).

En esta perspectiva, la presente investigación aplicada, "Fortalecimiento de los sistemas agrícolas de producción de quinua mediante el desarrollo de tecnologías alternativas de prácticas agronómicas y de equipos mecánicos adecuados que mitiguen el efecto del cambio climático", refiere los avances del proyecto implementado en municipios de los departamentos de Oruro y Potosí, y el desarrollo de capacidades en una dinámica de intercambio de ideas entre productores e investigadores.

El objetivo del proyecto considera fortalecer los sistemas agropecuarios mediante el desarrollo de una tecnología de preparación de suelos y siembra, con equipos mecánicos adecuados a las características técnicas y socioeconómicas de la zona del altiplano, que tiendan a mejorar la captación del agua *in situ* y la fertilidad del suelo; con aplicación de abono en un contexto de variabilidad y cambio climático, en el intento de incrementar el rendimiento del cultivo, a partir del desarrollo las capacidades y la recuperación de conocimientos ancestrales de las familias campesinas.

ANTECEDENTES

UN IMPLEMENTO MÚLTIPLE PARA EL CULTIVO DE LA QUINUA

La trascendencia nutritiva de la quinua como alimento a nivel mundial, hace imprescindible la necesidad de investigar tecnologías que permitan mejorar su producción. Al respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 1996, posicionó a la quinua como uno de los cultivos prometedores de la humanidad por sus grandes propiedades, pudiendo ser la solución para los graves problemas de nutrición en el mundo (FAO, 2011).

La tecnología de cultivo de quinua ha evolucionado significativamente durante las últimas décadas, desarrollando maquinaria específica que posibilite para simplificar el proceso de cultivo, reducir el impacto en el suelo, contribuir a su comercialización, garantizando la calidad y satisfaciendo el requerimiento del mercado y del consumidor.

En este sentido, representa relevancia el postulado de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI, 2012, en Arapa, 2019), al mencionar que: "El conocimiento científico y tecnológico es una de las principales riquezas de las sociedades contemporáneas y un elemento indispensable para impulsar el desarrollo económico y social. La ciencia, la tecnología y la innovación se han convertido en herramientas necesarias para la transformación de las estructuras productivas, la explotación racional de los recursos naturales, el cuidado de la salud, la alimentación, la educación y otros requerimientos sociales".

Con base en el postulado mencionado, se hace necesario valorar las condiciones de suelo y la tecnología, para enfrentar los impactos socioambientales y de cambio climático que pueden incidir en las condiciones del cultivo y en la calidad de la producción. Al respecto, y en consideración del impacto de la crisis ambiental en la seguridad alimentaria, Sander & Lukas, (2011),

sostienen que "Los paisajes están caracterizados por ecosistemas sensibles con baja capacidad de resiliencia y una recuperación lenta después de perturbaciones producidas por la habilitación de parcelas. Esta situación necesariamente lleva a la aceleración de las tasas de erosión y el deterioro de la cualidad de los suelos".

Este escenario resalta el fundamento de la investigación como estrategia para hacer más eficiente la producción incorporando una nueva tecnología mecanizada que permita mejorar la preparación de terrenos para el cultivo y actividades de siembra. Las sembradoras mecánicas son utilizadas por más del 90% de los productores de quinua (Alandia et al., 2014), respondiendo a los efectos cada vez más frecuentes del cambio climático.

Las técnicas que permitan aflojar el terreno favorecen su estructura, aireación, y facilitan la infiltración de agua. Estas acciones mejoran la actividad microbiana y brindan condiciones favorables para la producción. Este procedimiento resulta particularmente importante en el altiplano sur, donde los suelos son de textura arenosa, muy frágiles estructuralmente por el poco contenido de materia orgánica, y por tanto susceptibles a la erosión eólica. Además de esto, los suelos del altiplano se caracterizan por ser pobres en nutrientes y tienen grandes deficiencias de humedad (Liuhto et al., 2016, Riquelme & Carrasco, 2012).

En la actualidad, la siembra de quinua prepara la tierra con la técnica de arado de disco. Sin embargo, algunos autores, proponen la modificación de esta técnica, utilizando la labranza mínima con arados de cincel (Colque, et al., 2012). Es importante destacar que los que viven la experiencia de este trabajo, los que trabajan la tierra, transmiten sus conocimientos empíricos sobre saberes locales y ancestrales relacionados a las prácticas de cultivo de la quinua, acentuando la necesidad de desarrollar interacción con ellos para aprender sobre procesos y resultados.

Entre estos saberes, se reconocen diversas acciones para el cultivo de la quinua, como la remoción mínima del suelo con un implemento llamado *taquiza*, el que permite realizar pequeños agujeros donde se depositan de treinta a cuarenta semillas, y un puñado de abono (Cárdenas & Choque, 2008). Este procedimiento se realiza solo en el lugar donde se pretende sembrar, lo que producirá mejor conservación de la estructura,

menor compactación del suelo, aumento de la fertilidad, y ahorro de trabajo, agua e insumos (Barrientos et al., 2017). Todos estos conocimientos, además de la evolución en la ciencia y tecnología, permiten sostener nuevas propuestas que permitan disminuir el trabajo, y mejorar el rendimiento como estrategia frente a los efectos del cambio climático.

METODOLOGÍA

INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS MECÁNICOS



FIGURA 1. Labranza mínima con aradora-abonadora

Implemento múltiple: aradora, abonadora.

- Ara el suelo con seis rejas surcadoras en dos surcos dejando el medio sin roturar.
- El estiércol para abonar el suelo se lleva en la tolva.

estiércol por deposición desde la tolva con abono. El ancho de los surcos roturados es de 40 cm, por cada cuerpo de tres rejas, dejando al centro un espacio sin roturar, con un ancho también de 40 cm. Este implemento así fabricado ha sido comparado con el implemento local o arado de disco, habiendo demostrado mayor eficiencia.

Al momento de siembra, cada surco realizado con el implemento aradora-abonadora, es receptor de las semillas de quinua.

CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DE ARADORA-ABONADORA

La investigación y revisión teórica permitió plantear una metodología de trabajo, incluyendo el levantamiento de información a través de talleres de profundización en relación a la demanda de los productores de la región de acción del proyecto. La experiencia y la investigación aplicada, permitió plantear un diseño y posteriormente fabricar un implemento múltiple de labranza mínima "Aradora y Abonadora" para tractores de mediana potencia (80 CV). El diseño de este equipo mecánico permite sujetar al armazón seis rejas de tipo *bota*, los que constituyen dos cuerpos de trabajo.

Estas rejas se colocan en dos filas; siendo las dos delanteras que están provistas de aletas regulables cuya función de además de roturar el suelo, permiten la apertura de un surco, en el que posteriormente el mismo implemento deja caer

CARACTERÍSTICAS DE LA ARADORA, SEMBRADORA-ABODANADORA CIFEMA

Similar al caso anterior, la metodología de investigación aplicada y la integración de los productores en las regiones del proyecto en un diálogo intercultural e Inter científico, surge de atender sus recomendaciones y aplicar su experiencia en campo. Asimismo, se revisó la información, generada por medio de estudios en estas regiones de producción de quinua y las alternativas planteadas para la mecanización. De esta manera fue posible plantear también la construcción de un implemento en el almacén de la aradora-abonadora, una tolva de semilla cuya distribución está vinculada a la transmisión de la abonadora.

El procedimiento propuesto con el uso del complemento de la aradora-abonadora, consiste en retirar las dos rejas traseras de cada cuerpo de arado. De esta manera se condiciona la apertura de surcos para introducir la semilla superficialmente. También en la siembra es importante incorporar abono con estiércol tratado y descompuesto para no dañar a la plántula en su germinación.



FIGURA 2: Sembradora-abonadora

Durante esta experiencia con el implemento propuesto, los parámetros de evaluación permitieron la medición de la distancia y profundidad de siembra, capacidad efectiva, porcentaje de germinación. Estos parámetros considerados fueron comparados con la sembradora local llamada *Satiri*.

RESULTADOS PRELIMINARES

PREPARACIÓN DEL SUELO Y ABONAMIENTO

En esta fase de evaluación, fue posible determinar que la profundidad de trabajo es casi similar en el arado de disco (técnica local), así como en el prototipo aradora-abonadora que corresponde a nuestra propuesta de fabricación y aplicación de un equipo y técnica de innovación.

Por otra parte, también se comparó la eficiencia y ahorro de tiempo de trabajo, cuyos resultados mostraron que la velocidad de trabajo y los tiempos muertos en las cabeceras de surco son similares en ambas técnicas. No obstante, se evidenció que existen ventajas en el uso del segundo implemento: el *patinamiento* del tractor es en menor porcentaje y el ancho de trabajo es mayor. Esta situación,

demuestra que el requerimiento de potencia identificado es menor y también se evidencia que el rendimiento es mayor en la superficie trabajada con esta aradora-abonadora.

Por otra parte, es importante mencionar que con la técnica aplicada se observa que la distribución de abono, realizada a golpe, cada 30 cm, deja una profundidad de 22 cm. en el suelo.

Adicionalmente, es necesario considerar los valores de humedad del estiércol al momento de ser usado por la máquina. En esta etapa el abono deberá estar medianamente húmedo, con tendencia a seco, caso contrario, el abono tiende a apelmazarse en las paredes de la tolva y distorsionar la distribución del mismo.

Parámetros	Arado de disco (local)	Aradora-abonadora (innovado)
Ancho de trabajo	120 cm	160 cm
Profundidad de trabajo	25 cm	22 cm
Velocidad de trabajo	4.5 km/hr	4.7 km/hr
Patinamiento	18%	12%
Tiempos muertos en cabeceras	15 a 20 seg.	20 seg.

TABLA 1. Comparación desempeño de labor con dos equipos, de sistema local y sistema innovado.
Fuente: Elaboración propia

SIEMBRA Y ABONAMIENTO

Es indudable que, para la etapa de siembra de la quinua con los equipos fabricados, aún deben realizarse mayores estudios y evaluaciones. Sin embargo, es posible mencionar que los resultados preliminares muestran una gran similitud de desempeño entre los equipos de siembra Satiri y la propuesta de la sembradora-abonadora CIFEMA, considerando los parámetros de distancia, profundidad, y densidad de siembra.

Parámetros	Sembradora-abonadora CIFEMA	Sembradora SATIR
Profundidad de siembra	2-3 cm	2-3 cm
Ancho de trabajo:	70-80 cm	80 cm
Velocidad de trabajo	4.5 km/hr	4.5 km/hr
Capacidad efectiva:	1,9 ha/hr	1,9 ha/hr
% de germinación	80 - 85 %	80 -85 %
Distancia de siembra	Por golpe de 30 a 40 semillas a 60 cm.	Por golpe 40 semillas a 60 cm

TABLA 2. Resultados de desempeño de las sembradoras abonadoras.
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se observó que existen diferencias en esta fase de siembra, relacionadas a la inclusión de abonamiento con el implemento de mecanización propuesto. Este equipo permite facilitar la regulación de las condiciones de siembra en diferentes tipos de suelo.

Además, fue posible observar que la utilización de estos equipos durante la aradura, coadyuva a

que el suelo mejore las condiciones de humedad durante el proceso del desarrollo de la planta. Así, en los surcos de la aradora abonadora se observó que de 0-4 cm. de profundidad, la humedad será del 0%; de 4-10 cm., la humedad puede ascender al 10,36 %; y finalmente en surcos de 16 a 25 cm. la humedad puede llegar a 15,49 %, cosa que no ocurrió en el sistema de trabajo con arado de disco.

EVALUACIÓN PARTICIPATIVA

Los criterios de evaluación del agricultor no siempre son iguales a los de investigadores por ello la metodología empleada en este proyecto dio amplia participación a estos demandantes de tecnología y sus apreciaciones y comentarios fueron valiosos para cualificar el desempeño de la máquina en campo.



FIGURA 3. Evaluación participativa de la máquina.

ALGUNAS CONSIDERACIONES

Los impactos producidos por el cambio climático en el mundo y en Bolivia inciden en los proyectos de agricultura por su alteración del suelo de cultivo. Específicamente, el altiplano boliviano que ha sido ancestralmente el lugar de cultivo de quinua, durante el último tiempo, producto del cambio climático y la sequía como efecto directo, ha influido notablemente de manera negativa en la producción.

La textura y morfología del suelo altiplánico genera condiciones susceptibles de erosionarse por el viento, por tanto la preparación del suelo bajo el sistema de labranza mínima con la aradora-abonadora es perfectamente compatible para estos casos.

A través de este proyecto de investigación aplicada destinado a la creación de equipos para mejorar la producción agrícola, se evaluaron los mecanismos de mejora de suelos como estrategia de resiliencia de las poblaciones productoras de quinua en el altiplano boliviano, incorporando un implemento múltiple fabricado para un tractor, que colabora en el trabajo de preparación de abonamiento y siembra para el cultivo de quinua.

El proyecto propuso la incorporación de implementos tecnológicos que permitan hacer más eficiente la producción, facilitando el arado del

suelo, el proceso de abonamiento, la apertura de surcos para la siembra, como fases que demandan la propuesta de este equipo, y el objetivo de facilitar la producción, el ahorro de tiempo y el mejoramiento de los rendimientos.

Su resultado es visible en el desarrollo de la aradora cincel-abonadora, cuya implementación del ensayo comparativo se realizó en Sevaruyo (Oruro) y Chita (Potosí), el cual se encuentra en proceso de evaluación. Los tiempos empleados por el tractor en las operaciones de aradura son similares en los diferentes tipos de arado; el de cincel innovado; y el de discos, que es local. Por tanto, es posible afirmar que la aradora-abonadora puede ser una alternativa eficiente y amigable en el trabajo del productor de quinua; a la que se añade la ventaja de que la distribución del abono pueda efectuarse en forma localizada.

Los datos de humedad del suelo son bajos antes de la preparación del suelo, sin embargo, como el implemento es liviano, facilita el trabajo. Es importante resaltar que, mediante el desarrollo de las tecnologías de preparación de suelos y siembra, como el propuesto por este proyecto, es posible fortalecer los sistemas agropecuarios de zonas productoras de quinua.

Complementariamente, es importante mencionar que el diálogo intercultural e Inter científico, entre productores e investigadores permitió precisar las necesidades de la población dedicada al cultivo de quinua, y aprovechar su conocimiento ancestral sobre el uso y manejo de suelos oportuno para el cultivo como factor determinante al momento de aplicar la tecnología.

Es positivo mencionar que el trabajo y la experiencia en campo con los productores, en el sur de Potosí y Oruro, donde la sequía, particularmente

en el intersalar es muy frecuente y que con esta propuesta se hace posible disminuir el esfuerzo y mejorar el rendimiento, pese a la sequía.

Por último, la sistematización de la información sobre el cultivo y los bioindicadores para el mejoramiento de los procesos de producción, permitirán aplicar la tecnología sin alterar el calendario agrícola producto del conocimiento ancestral. Una simbiosis entre teoría, nueva tecnología y experiencia.

REFERENCIAS

- Alandia, G., Aroni, G., Fernández, C., Villca, M., García, J., Ramos, P. y Chambi, L. (2014). Nuevas tecnologías para evitar la pérdida de fertilidad por erosión eólica en el cultivo de la quinua. Trabajos de investigación del proyecto "ANDESCROP".
- Arapa, P. (2019). Estudio comparativo del uso de dos tecnologías como factor de calidad en el procesamiento de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*). Ingeniería Industrial, 37,101-111.
- Barrientos, E., Carevic, F. y Delatorre, J. (2017). La sustentabilidad del altiplano sur de Bolivia y su relación con la ampliación de superficies de cultivo de quinua. Idesia, 35(2), 7-15.
- Bonifacio, A., Aroni, G. y Gandarillas, A. (2013). El compromiso de PROINPA con un sistema sostenible de quinua en el altiplano boliviano. Instituto Boliviano de Comercio Exterior IBCE. La Quinua Boliviana traspasa fronteras para el consumo mundial. Santa Cruz Bolivia, 21, 210.
- Cárdenas, J. y Choque, W. (2008). Fertilidad, Uso y Manejo de Suelos en el Intersalar. Departamentos de Oruro y Potosí, Convenio UTO-FAUTAPO. Oruro, Bolivia, 192.
- Colque, A., Krusich, C. y Minucci, G. (2012). Manual práctico de gestión de suelos en el altiplano sur de Potosí. https://cebem.org/wp-content/uploads/2014/12/3-27-m_suelos_acra_prosucobr.pdf
- Gandarillas, A. (1999). Nueva estructura de generación y transferencia de tecnología en quinua en Bolivia. Primer Taller Internacional de la Quinua.
- Jacobsen, S. (2003). The worldwide potential of quinua (*Chenopodium quinoa wild.*). Food Reviews International, 19, 167-177.
- Riquelme, J. y Carrasco, M. (2012). Laboreo conservacionista de suelos: arado subsolador y arado cincel para la preparación de suelos En Carrasco, F. Squella, J., Riquelme, J., Hirzel, H., et al. (ed.). Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación en territorios degradados. Serie Actas INIA, 48,11-21. Salesianos Impresores S.A. Chile.
- Liuhto, M., Mercado, G. y Aruquipa, R. (2016). El cambio climático sobre la producción de quinua en el altiplano boliviano y la capacidad de adaptación de los agricultores. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 3(2),166-178.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). Agricultura y cambio climático: nuevas tecnologías en la mitigación y adaptación de la agricultura al cambio climático. Memoria del tercer seminario regional de agricultura y cambio climático. Santiago de Chile.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>.
- Sander, L. y Lukas, G. (2011). Impacts of quinua cultivation on soil stability in the fragile landscape ecosystems of the Southern Bolivian Altiplano: A case study from Chacala, Potosí. Copenhagen: University of Copenhagen.