



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES
CENTRO DE INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN Y EXTENSIÓN
EN MECANIZACIÓN AGRÍCOLA - CIFEMA UMSS



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia



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. PIA.ACC-PCT.12

1/2021 PIA.ACC II - QUINUA:

**INFORME DE TALLER DE PROFUNDIZACIÓN DE
DEMANDA TECNOLÓGICA.**

Cochabamba – Bolivia

PROFUNDIZACIÓN DE DEMANDA DE EQUIPOS MECÁNICOS PARA PREPARACIÓN DE SUELOS Y SIEMBRA DE QUINUA CON RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO

1. Introducción

La quinoa "*Chenopodium quinoa*", es nativa de los Andes de Bolivia, Chile y Perú. La parte comestible, técnicamente se trata de una semilla, pero se conoce y se clasifica como un grano integral. Es una planta herbácea resistente, tolerante y eficiente en el uso del agua, con una extraordinaria adaptabilidad a diferentes ambientes, pudiendo soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C y crecer con humedades relativas desde el 40 % hasta el 70 %. Es cultivo anual, que normalmente alcanza una altura de 1 a 3 m. Las hojas, alternas, son anchas y polimorfas; el tallo central puede estar más o menos ramificado, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado. Las flores, organizadas en panículas, son pequeñas y carecen de pétalos. Las terminales son hermafroditas o masculinas y las laterales generalmente femeninas. El fruto es un utrículo (aquenio de pericarpo membranoso) de unos 2 mm de diámetro; tiene semillas lenticulares con abundante perisperma harinoso. Su semilla provee todos los aminoácidos esenciales, equiparándose su calidad proteica a la de la leche. Sus granos son altamente nutritivos, superando en valor biológico, calidad nutricional y funcional a los cereales tradicionales, tales como el trigo, el maíz, el arroz y la avena.

El cultivo de la quinoa al interior del Altiplano Sur, involucra a más de 14.000 familias productoras en cinco provincias del departamento de Potosí (Daniel Campos, Antonio Quijarro, Nor Lipez, Sur Lipez y Enrique Baldivieso) y tres del departamento de Oruro (Ladislao Cabrera, Eduardo Abaroa y Sebastián Pagador).

El área geográfica donde se cultiva Quinoa, abarca aproximadamente 7.634.442,6 ha, de acuerdo a los datos reportados por el IGM e INRA. Se encuentran zonas desde los 3.600 msnm de altitud, hasta mayores a los 5.000 msnm, existiendo por tal motivo una gran variedad de ecosistemas y biodiversidad.

Pese a la importancia social y económica que tiene la producción de quinoa, los productores de la región del inter - salar, donde se desarrolla nuestro proyecto de investigación, se sienten cada vez más vulnerables debido al cambio climático y la pérdida de fertilidad de sus suelos que son sometidos a presiones que ellos mismos ejercen con la finalidad de aumentar su producción.

En el proyecto de investigación de "Fortalecimiento de los sistemas agrícolas de producción de quinoa mediante el desarrollo de tecnologías alternativas de prácticas agronómicas y de equipos mecánicos

adecuados que mitiguen el efecto del cambio climático” se ha planteado seguir con una metodología de la investigación de acción participativa (IAP), que es un enfoque de investigación en comunidades que enfatiza la participación y la acción. Esta metodología, para la búsqueda de soluciones a estos problemas existentes, ha sido conceptualizada como “un proceso por el cual miembros de un grupo o una comunidad, colectan y analizan información, y actúan sobre sus problemas con el propósito de encontrarles soluciones y promover transformaciones políticas y sociales”, es una metodología que busca el entendimiento de un problema social (**Investigación**), favorece y busca un cambio de las condiciones existentes (**Acción**) a través del proceso **Participativo** de los actores sociales (Participación).

Como parte de esta metodología (IAP) es la profundización de la demanda, punto importante para esclarecer el problema y las posibles soluciones dentro un medio de relacionamiento horizontal entre el saber local, el conocimiento científico y los entornos complementarios dentro el marco de la siguiente lógica: "No monopolices tus conocimientos ni impongas arrogantemente tus técnicas, pero respeta y combina tus habilidades con el conocimiento de las comunidades investigadas, tomándolas como socios y co-investigadores. No confíes en versiones elitistas de historia y ciencia que respondan a intereses dominantes, pero se receptivo a las narraciones y trata de capturarlas nuevamente. No dependas únicamente de tu cultura para interpretar hechos, pero recupera los valores locales, rasgos, creencias y artes para la acción por y con las organizaciones de investigación. No impongas tu propio estilo científico para comunicar los resultados, pero difunde y comparte lo que has aprendido junto con la gente, de manera que sea totalmente comprensible e incluso literario y agradable, porque la ciencia no debería ser necesariamente un misterio ni un monopolio de expertos e intelectuales." (Fals Borda, 1995)

2. Metodología de la profundización de demanda

El análisis de la demanda implica 5 pasos siguientes:

1. Formar un **grupo de análisis**
2. Hacer una identificación del **mercado**
3. Determinar el ciclo **económico**
4. Ajustar el **nicho** del producto
5. Evaluar la **competencia**

La formación del **grupo de análisis** se realiza, en nuestro caso, tomando en cuenta aspectos de representatividad de los que están relacionados con la cadena productiva del cultivo de quinua: a) los

productores de quinua de la zona de estudio que es la población meta, b) profesionales o personas que trabajan en el área que pertenecen a instituciones de desarrollo agrícola, c) personas que compran o comercializan el producto quinua o que de una u otra forma están relacionadas con quinua.

El **análisis** de la **demanda** tiene como objetivo principal medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado, en nuestro caso los productores de quinua de la zona del altiplano sud, será cuestión de satisfacer con la tecnología a dicha **demanda**, a través de distintos factores: la necesidad real del bien, su precio, etc.

El ciclo **económico**, está referido a la que transitan los productores durante su calendario agrícola o sea cuando tienen los recursos para la adquisición del producto o tecnología, pero también está relacionado a la eficiencia del desempeño del bien y el momento en la que se oferta esta tecnología y las facilidades que disponen para la compra.

El nicho del producto y la competencia ya está referida o determinada en los antecedentes del proyecto de investigación planteada.

3. La situación actual de la producción de quinua sobre sus suelos y el cambio climático

En el orden técnico, la pérdida de la productividad de los suelos por causas antrópicas se debe a:

- La no existencia de diversificación de cultivos, dando prioridad sólo a un cultivo (quinua) de importancia económica, que poco aporta a la mejora de los suelos y contraria a la diversificación de la dieta alimentaria familiar.
- La deficiente práctica de preparación de suelos y siembra del cultivo, pues además de que han cambiado la vocación de estos suelos, de praderas nativas a áreas agrícolas, los equipos mecánicos que utilizan no son los adecuados por lo que deterioran a estos suelos.
- La baja capacidad de reposición de materia orgánica al suelo como el estiércol y los residuos de cosecha, debido a que la población ganadera va disminuyendo por falta de forraje y los residuos de cosecha son extraídos para alimentar a sus animales.

Estas causas están disminuyendo gradualmente la capacidad productiva de los suelos, cuyos principales indicadores son: su bajo contenido de materia orgánica (menor 1%), su baja fertilidad, el deterioro paulatino de estructura y consecuentemente el bajo rendimiento de los cultivos.

En los últimos tiempos, otro problema que tiende a ser más importante, es el cambio climático, que viene ahondando la problemática de la agricultura andina en Bolivia. Las principales consecuencias del cambio climático tienen que ver con el cambio en el régimen pluviométrico que está generando sequías

cada vez más frecuentes en períodos críticos para los cultivos, la erosión de los suelos por el viento y por la presencia de lluvias torrenciales en pequeños periodos de tiempo y el aumento de la temperatura que promueve la mineralización más acelerada de la materia orgánica del suelo.

En el aspecto climático se puede indicar que la precipitación en la zona norte, donde se enclava nuestro proyecto, presenta un rango de 162,7 a 300,2 mm/año, la temperatura media anual oscila de 7,1 a 9,6°C, la humedad relativa se encuentra entre 24,8 a 49,8% con 74 a 220 días de helada. El periodo de lluvias es de diciembre a febrero, y el seco de abril a octubre, siendo de noviembre a marzo el periodo de transición. Las temperaturas mínimas extremas registradas presentan valores desde -8.8 a -2.5 °C; mientras que las máximas extremas oscilan de 10,5 a 22°C.

La mayoría de las corrientes de agua en la cuenca del Altiplano son de origen superficial presentando una baja a media salinidad, evidenciándose en algunos casos la presencia de peces de agua dulce. La calidad de estas aguas es generalmente apta para el consumo humano y para los animales.

En el orden social, podemos indicar que de manera general en las comunidades hay familias que alcanzan al 57% más o menos, que permanecen en sus comunidades todo el ciclo agrícola, este fenómeno puede justificarse por el hecho de que los productores, no encuentran otra actividad alterna a la agroganadería en sus comunidades y salen de ellas en busca de mayores oportunidades de generación de ingresos económicos; o dejan a sus mujeres e hijos como representantes para el resguardo de sus bienes en la comunidad. En el caso de Santiago de Huari presenta la mayor cantidad de migrantes es justificado por la cercanía de las comunidades a un centro poblado y al acceso a una carretera troncal, al interior de estos municipios la actividad principal es la producción de quinua como monocultivo y al no tener acceso a fuentes adicionales de ingresos, los pobladores se convierten en migrantes temporales.

En el orden económico, es reconocido, que la quinua orgánica es más apetecida por los consumidores y que el mercado internacional fija precios más altos para este tipo de producto. En la actualidad la frontera agrícola se amplió a nuevas áreas, justamente para producir quinua orgánica, teniendo su apogeo en la Provincia Antonio Quijarro (Potosí), y la zona de Sevaruyo (Oruro), donde se muestra el esplendor de la productividad del Grano de Oro.

A nivel familiar el promedio de tenencia de tierra es de 10,53 has, de las cuales 3,04 has son productivas; 3,53 has en descanso y 3,61 has vírgenes. Estas cifras a nivel departamental presentan las siguientes características, para Oruro la tenencia de tierra a nivel familiar alcanza el valor de 8,42 has; de las cuales 3,02 has se encuentran en producción; 2,67 has en descanso y 2,73 has son superficies

vírgenes. Para Potosí la cifra de la superficie familiar toma el valor de 13,03 has, de las cuales 3,85 has se hallan en producción; 4,53 has en descanso y 4,65 has son áreas vírgenes.

4. Descripción del sistema de producción de quinua en planicie (pampa)

El crecimiento de la demanda de Quinua Real en el mercado durante las décadas del 80 y 90, ha ocasionado una expansión del cultivo de las laderas hacia las planicies, donde la desestabilización de los sistemas productivos es evidente, porque hubo una ampliación permanente de la frontera agrícola, inclusive a suelos totalmente marginales. En la actualidad cuando se realizan visitas al Altiplano Sur se puede observar parcelas abandonadas por improductivas. Este fenómeno es peor en zonas de ladera.



Foto 1. Cultivo de quinua en zona plana a distancias de 80 cm entre surco y 60 entre plantas

El uso de maquinaria en todo el proceso productivo es intensivo desde la siembra hasta la cosecha. En la actualidad se han reportado 624 tractores en todas las comunidades productoras de quinua del Altiplano Sur, de los cuales el 58%, se encuentran en estado bueno, el 41% en estado regular y el 1% en malas condiciones,

- El barbecho o reparación de suelos se las realiza con las primeras lluvias, en los meses de enero o febrero de acuerdo a la producción orgánica, se debe evitar el deterioro del suelo con el uso de arado de discos, pero lamentablemente casi todos los tractores del Altiplano Sur poseen este implemento.

Existe también el Arado de flejes denominado Qholliri (1995 IBTA, PROQUIPO) No logró difundirse ampliamente; el Prof. Virgilio Nina, inventor del mismo, considera que se debe a los intereses de los

tractoristas, que no quieren invertir en dos tipos de arados. El costo del implemento es de \$US 1.800. En total indica se vendió 12 unidades, No tuvo aceptación por ser los flejes de fierro fundido y la profundidad se regulaba con el sistema hidráulico.

Arado de Cincel (SOPROQUI) 1990 ANAPQUI Arado de cincel con dos ruedas laterales, no se difundió por tener los flejes angostos, tuvo aceptación en suelos arenosos y por falta de tractor agrícola se lo dejo de usar.

En investigaciones realizadas se ha determinado que el uso de arado de disco provoca una acelerada erosión eólica de hasta 50 TM, en pérdida de suelo por hectárea. Por esta razón se realizaron esfuerzos con la introducción de equipos de labranza como es el arado de cincel con regulador de profundidad.



Foto 2, arado de disco



Foto 3. Arado cincel

- En general la siembra de quinua en el Altiplano Sur es ejecutada de manera manual por un 26% de los productores, y de forma mecanizada por un 74%, para tal efecto se espera las primeras lluvias de agosto o septiembre para empezar a sembrar. A pesar de la sequía, algunos productores siembran sobre terrenos barbechados meses antes y donde se acumuló humedad; si no salen las plántulas, se realiza la resiembra o refalle.
- El abonamiento y fertilización de suelos, se han desarrollado algunas alternativas tecnológicas para solucionar problemas de la baja fertilidad del suelo, con la incorporación de fertilizantes químicos y orgánicos. Los resultados que se han obtenido son satisfactorios por el incremento significativo de los rendimientos.
- La apertura de mercados para la quinua orgánica limita el uso de agroquímicos. La escasez de abono orgánico es limitada por la reducción de la explotación ganadera en esta zona y la poca capacitación de los productores sobre métodos de fertilización orgánica y los beneficios que puede reportar esta práctica en la producción de quinua.
- Con el propósito de mejorar la cantidad de nutrientes en los suelos del Altiplano Sur se viene desarrollando el diseño de prototipos para la incorporación de abonos orgánico al suelo, ya sea en el momento de la preparación del suelo (barbecho), o cuando se efectúa la siembra mecánica. Existen prototipos diseñados en la provincia Ladislao Cabrera y en la provincia Antonio Quijarro los cuales están en un proceso de prueba: la abonadora Qhulliri cuya profundidad se regula con el hidráulico del tractor y la Satiri II que adicionalmente a la siembra realiza el abonado. La dificultad existente es el contenido de humedad que debe tener el abono durante su incorporación.



Foto 4. Incorporación de estiércol en la siembra de quinua



Foto 5. Siembra y incorporación de abono

a) Causas de la pérdida de fertilidad en suelos del altiplano sur

- El monocultivo de quinua produce una pérdida de nutrientes del suelo (nitratos en particular).
- La aridez de la zona (con una pluviometría de 102 a 300 mm anuales), junto a suelos arenosos de partícula fina, son susceptibles en gran medida a erosión hídrica y particularmente a erosión eólica.
- La cercanía del salar es causa de fenómenos meteorológicos, como fuertes vientos ocasionales (particularmente en agosto), agudizando el problema de erosión eólica.
- El clima, muy frío, con una acusada amplitud térmica y heladas la mayor parte del año, hace lento el ciclo de oxidación de los nutrientes, lo que a su vez implica un mayor periodo de exposición del suelo roturado (y por lo tanto desprovisto de cobertura vegetal), siendo el suelo mucho más vulnerable a la erosión tanto hídrica como eólica.
- El ciclo del cultivo de quinua impide una sucesión ecológica adecuada que no permite que el suelo recupere sus nutrientes esenciales y a su vez lo proteja frente al viento y el agua.

b) Sugerencias para recuperación y conservación de suelos

- En las comunidades productoras de quinua se deben implementar estrategias jurídicas-técnicas para delimitar en forma definitiva y exclusiva las áreas de producción agrícola, las áreas de pastoreo y forestación.

- Un ordenamiento de la tenencia de la tierra en las comunidades permitirá a los productores realizar trabajos de enmienda o mejoramiento con prácticas de abonamiento orgánico, uso de equipos de roturación apropiados y revalorizar las prácticas de ancestrales de cosecha de agua y los descansos interanuales de las parcelas.
- Se deben capacitar a todos los tractoristas de la región en mantenimiento de maquinaria agrícola, formas correctas de uso de aperos agrícolas, respeto al medio ambiente, escenario de la producción extensiva de quinua.
- Establecer como una práctica obligatoria el corte de las plantas de quinua en la cosecha.
- Las labores de trilla y venteo se deben realizar dentro la parcela donde se recogió la cosecha.
- Debería prohibirse la quema de los residuos de cosecha.
- Investigación sobre multiplicación y uso de la “Kela”, leguminosa nativa para abonamiento en suelos para producción de quinua.
- Implementación de viveros comunales para multiplicar thola y posterior reforestación y establecimiento de barreras vivas o rompe vientos.
- Se deben construir aperos agrícolas que permitan la fertilización orgánica con estiércol y compost en el sistema de dos surcos y siembra por golpes.

5. Resultados del taller de profundización de demanda

5.1. Conformación del grupo de análisis de la demanda

El grupo fue conformado por técnicos investigadores de la UMSS, UTO, PROINPA por un lado, por beneficiarios de Sevaruyo y personas interesadas como estudiantes de Agronomía de la Universidad Técnica de Oruro. Debido a la pandemia la reunión fue virtual por Google meet.

- UMSS: Porfirio Gámez, Mario Huanca, Leonardo Zambrana, Carmen Soto. Adriana Flores, Marco Choque, Emigdio Céspedes, También el tesista Alex.
- UTO : Juvenal Hurtado
- PROINPA: Alejandro Bonifacio, Milton Villca
- Sevaruyo: Abrahan Ordoñez y Marcial Ordoñez.

Es un grupo interdisciplinario y tienen autoridad y experiencia de trabajo en la zona de estudio.

5.2. Análisis de la demanda

Para este trabajo previamente se explico a los participantes los objetivos que persigue el proyecto de investigación a objeto de no distraerse en otros problemas que conlleva la producción de quinua, que como su nombre indica es **“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”**.

Problema	Solución
Suelos arenosos, frágiles a la erosión eólica,	Es una situación real que hay que afrontarlo con acciones y técnicas novedosas, adecuadas a la situación técnica, social y económica de la zona de estudio.
Suelos generalmente secos en la superficie (8-10 cm) por escasa precipitación	Equipo mecánico de tracción motriz que roture el suelo para permitir una infiltración o retención de agua en el entorno y en el momento de siembra adecuar un limpiador en las sembradoras que permita luego sembrar en la parte húmeda con cobertura de suelo superficial.
Suelos poco fértiles con escaso rendimiento de la quinua	Incorporar en el arado o en la sembradora un distribuidor de abono orgánico.
Mayormente se usa el arado de disco que trabaja volteando el suelo, lo que provoca erosión en la pampa por el viento	diseñar y construir un tipo de arado cincel que no voltee el suelo sinó que deje las capas del mismo solo removidas o aflojadas.
Poca disponibilidad de abono orgánico (estiércol de animales)	Optimizar el uso del escaso abono con una distribución focalizada del mismo con una dosis capaz de incidir en su rendimiento del cultivo
Escaso conocimiento en los productores sobre tratamiento de abono orgánico para la siembra.	Capacitación en uso y manejo de los abonos orgánicos.

Escases de mano de obra en periodos “pico” que obstruyen el trabajo oportuno.	los equipos mecánicos deben ser capaces de acelerar los procesos de aradura y siembra de quinua por lo que deben adecuarse a la tracción motriz disponible de la zona.
---	--

Estas aseveraciones tanto en los problemas como en las soluciones han sido reforzadas por análisis mas profundo de los técnicos que ya trabajan bastante tiempo en la zona y por los mismos agricultores que con videos y fotos expusieron los problemas y las soluciones que se llevaron a conclusiones que permitieron el rediseño de las maquinas aradora y de la sembradora de quinua.



Foto 6. Siembra directa de cebada



Foto 7. suelo sin preparar en el inter salar

5.3. Resultados finales de la demanda genuina

Dando atención a los integrantes del grupo de análisis de la demanda, además tomando en cuenta antecedentes en cuanto a estudios preliminares en torno a la problemática de equipos mecánicos para preparación y siembra del cultivo de la quinua se ve por conveniente rediseñar el arado cincel o “actisol” de preparación de suelos en otro diseño que trabaje también en labranza vertical pero trabaje en el sistema de labranza mínima o sea que roture el suelo en filas de 40 cm entre surco dejando suelo sin trabar otros 40 cm. Además, que lleve una tolva para abono y su sistema de dosificación o distribución focalizada del mismo, de modo que sea una aradora y distribuidora de abono.

Esta idea fue reforzada por los productores dado que en tiempos antiguos el método era hacer hoyos cada cierta distancia donde se depositaba la semilla de modo que no se roturaba todo el suelo sino solo parte donde iba la semilla.

6. Conclusiones

- ❖ Para evitar la pérdida de suelo y humedad, roturar el suelo bajo el sistema de labranza mínima, o sea removiendo espaciadamente el mismo así las partes no removidas apoyaran e retener el suelo en el lugar.
- ❖ Rediseñar un arado cincel que al mismo tiempo derrame abono orgánico localizadamente así será una aradora abonadora.
- ❖ Realizar cursos cortos de capacitación a los agricultores en el tratamiento del abono para la obtención de mejores beneficios del mismo durante el cultivo de quinua.
- ❖ Rediseñar la sembradora abonadora que dosifique ordenadamente por golpes el abono con mayor uniformidad y al mismo tiempo siembre el grano de quinua distancias y profundidades también uniformes.
- ❖ Realizar ensayos comparativos en campo siguiendo metodologías establecidas para este efecto.

Cochabamba febrero 2021