




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

5/2021 PIA.ACC II - QUINUA:

INFORME DE RESULTADOS EN CAMPO DE IMPLEMENTACION DE PARCELAS DEMOSTRATIVAS Y ENSAYOS AGRONÓMICOS

Cochabamba – Bolivia

INFORME TÉCNICO

IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS COMPARATIVOS EN CAMPO DE EQUIPOS MECÁNICOS Y MÉTODOS DE PREPARACIÓN Y SIEMBRA EN CULTIVO DE QUINUA - PIAACC – PCT - 12

1.- Antecedentes e introducción

La fase 1 del proyecto de investigación PIA ACC “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”, logró resultados prometedores con el cumplimiento de sus objetivos de desarrollar y validar un implemento mecánico para roturación del suelo en labranza vertical, que coadyuve a la cosecha del agua *“in situ”*, y una sembradora y abonadora de quinua para las condiciones del altiplano que permitan aumentar los rendimientos de este cultivo, además de encontrar un método de preparación de suelos y siembra para este cultivo.

Tras haber alcanzado estos objetivos y tomando en cuenta las recomendaciones de realizar réplicas de esta tecnología para otras zonas productoras de este cereal, como es el intersalar del altiplano sur de Bolivia, y que también ha sido un pedido explícito de productores e instituciones de esta región, se ha presentado la oportunidad de realizar la segunda fase con objetivos que tiendan a perfeccionar el equipo mecánico en función a las características técnicas y socioeconómicas del lugar.

El perfeccionado y construcción del equipo mecánico, arado cincel con su abonadora, se realizó en taller mecánico de CIFEMA, después de conversaciones y discusiones evaluativas entre los beneficiarios, técnicos de instituciones locales, técnicos investigadores y mecánicos dentro el enfoque metodológico de la investigación acción - participativa.

Con el implemento (arado cincel con abonadora) desarrollado se ha implementado ensayos comparativos, que también sirvieron como parcelas demostrativas, entre el sistema de labranza mejorado y el sistema actual que practican los productores de quinua, en las que las variables de respuesta evaluadas, fueron las referidas a conservación de humedad, rendimiento del cultivo y capacidad efectiva de las máquinas. De esta manera se pretendió lograr el objetivo general del proyecto que es: “Fortalecer los sistemas agropecuarios de zonas productoras de quinua, 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, incrementando los rendimientos y desarrollando capacidades en las familias campesinas”.

2.- Objetivos específicos

Fortalecer y afianzar la tecnología generada para la captación de agua *“In situ”* y la fertilidad del suelo, a partir de innovaciones en los equipos mecánicos para preparación de suelos y siembra de quinua.

3.- Metodología

Para el logro de este objetivo de fortalecer y afianzar el trabajo del arado cincel con su abonadora y de la sembradora de quinua, previamente se ha realizado un taller de profundización de demanda, (vía

virtual) con los involucrados, que sirvió de base para el perfeccionamiento del arado cincel fabricado en la fase I, al cual se adicionó una abonadora de estiércol animal (bovino y/o camélido) lo propio a la sembradora, las mismas que posteriormente se construyeron en los ambientes del taller de mecánica de CIFEMA UMSS, con el cual se han realizado los ensayos comparativos en campo con la participación de los productores.

4.- Ubicación de los ensayos

- Sevaruyo del departamento de Oruro donde empieza el inter salar. Se encuentra a $19^{\circ} 30''$ latitud sur y $67^{\circ} 35''$ longitud oeste.



Imagen 1: Comunidad de Sevaruyo

- Chita del departamento de Potosí que se encuentra a $20^{\circ} 15''$ latitud sur y $66^{\circ} 55''$ longitud oeste, ambas en el área central del altiplano sud y son zonas productoras de quinua.



Imagen 2 : Comunidad de Chita

5.- Parcelas de ensayo

Se realizó el ensayo comparativo de dos sistemas de trabajo tanto en labranza o preparación del suelo como en la consiguiente siembra, o sea se implementó dos tratamientos **con sus repeticiones**.

- **Tratamiento 1.- testigo, “sistema común o tradicional”**: consiste en trabajar tanto en la preparación del suelo como en la siembra según la práctica común del productor de quinua, que consiste en: arar el suelo removiéndolo totalmente, con arado de disco, en el mes de febrero con previo esparcimiento de abono o estiércol superficialmente en una cantidad de 6 a 8 m³/ha, dejándose en esta situación hasta el mes de septiembre que es cuando se siembra con una sembradora denominada “satiri”, que tiene dos cuerpos para operar en dos surcos, es traccionado por tractor de 80 a 100 CV de potencia.
- **Tratamiento 2.- Propuesta mejorada, “sistema mejorada”**: en este tratamiento se trabaja, tanto en la preparación del suelo como en la siembra con implementos desarrollados en CIFEMA denominado Equipo Mecánico Múltiple, consiste en: arar el suelo con arado cincel bajo el concepto de labranza mínima o sea, solo roturar el suelo en un ancho de 40 cm cada 80 cm de entre surco y al mismo tiempo aplicar abono de forma dosificada en el fondo del surco una cantidad de 5 – 6 m³/ha, esta práctica se realiza en el mes de febrero aprovechando las últimas lluvias del año y permitir descomponer el estiércol, luego dejar en esta situación hasta el mes de septiembre donde se siembra con la sembradora del equipo mecánico múltiple, que es una sembradora de quinua de dos surcos, traccionado por tractor de 80 a 100 CV de potencia. sembrando sobre surcos donde se derramó el abono al momento de la preparación del suelo.

5.1. Diseño experimental: bloques al azar con 2 tratamientos y tres repeticiones

Parcelas de tratamientos de 25m de ancho y 100m de largo

T. 2		T.1
R.1		R.1
T.2		T.1
R.2		R.2
T.2		T.1
R.3		R.3

- T.1 = tratamiento 1 (sistema tradicional): arado de disco: distribución superficial del abono, arado de disco que entierra el abono.
- T.2 = tratamiento 2 (sistema mejorado): arado – abonadora: aradura con arado cincel y distribución de abono localizado con abonadora al mismo tiempo o sea en una sola pasada.
- R.1 = repetición 1
- R.2 = repetición 2
- R.3 repetición 3

5.2. Variables de respuesta

5.2.1. En el suelo:

- a) Humedad: medido en la preparación de suelo y siembra a dos profundidades a 20 cm y 35 cm. También durante el desarrollo del cultivo cuando está en su estado fisiológico de ramificación, macollamiento y floración. No se tomó lectura a los 10 cm de profundidad porque casi siempre está seco o sea no tiene humedad por la gradiente térmica que presenta la zona.

5.2.2. En el cultivo:

- a) Profundidad de siembra (espesor de suelo que queda sobre la semilla).
- b) % de germinación (N° de semillas por golpe sembrados vs. N° de semillas germinadas)
- c) Altura de planta en 3 estados fisiológicos: 20 días después de siembra, ramificación y floración.
- d) Rendimiento en Kg/ha.

5.2.3. En las máquinas:

- a) Ancho y profundidad de trabajo.
- b) Patinamiento.
- c) Capacidad efectiva.
- d) %desterronamiento.
- e) % de volteo del suelo.
- f) Profundidad de siembra.
- g) Capacidad efectiva.

5.3. Materiales

- a) Implementos para Tratamiento 1:
 - Arado de discos.
 - Sembradora Satiri.
 - Tractor de 80 a 100 CV.
- b) Implementos para tratamiento 2:
 - Arado cincel CIFEMA
 - Sembradora CIFEMA.

- Tractor 80 a 100 CV.
- c) Otros materiales.
- Medidor de humedad.
 - Palas, azadas.
 - Huinchas y material de escritorio.

Arado de discos

Datos técnicos
Enganche tres puntos, suspendidos al tractor.
Peso 550 kg.
4 discos de 28".
Ancho de construcción 1,20m.
Potencia requerida 80 a 100 CV.



Arado cincel – abonadora

Datos técnicos
Enganche tres puntos.
Peso 350 kg.
2 brazos aradores con aletas.
4 brazos aradores traseros.
Tolva para estiércol con mecanismo dosificador.
Potencia requerida 80 a 100 CV.



Tractor agrícola MF



Datos técnicos

Tractor MF 290.
potencia 100 CV.
Tracción asistida (4x4).
Motor diesel.

Sembradora Satiri

Datos técnicos

Enganche tres puntos, suspendidos al tractor
Peso 260 kg.
2 brazos delanteros limpiadores.
2 brazos traseros que abren surcos.
2 tolvas para semilla.
2 ruedas motrices.



Sembradora – abonadora CIFEMA

Datos técnicos

Enganche tres puntos, suspendidos al tractor
Peso 308 kg.
Tolva para estiércol con mecanismo dosificador
2 brazos con aletas grandes para abrir surcos y localizar estiércol.
2 brazos traseros que abre surcos con tolvas de semilla.
Dos ruedas para rotación de rotores distribuidores.



6.- Resultados

6.1. En el suelo:

6.1.1. Humedad:

Por el tipo textural del suelo (franco Arenoso), se estima que los valores de las constantes de humedad, son: CC = 18,0 % (volumétrica) y PMP = 8,5 % (volumétrica)

- **Comportamiento de la humedad del suelo a la profundidad a 20 cm**

El monitoreo de la humedad del suelo y a una profundidad de 20 cm, se realizó en dos periodos; la primera en el tiempo de reposo del suelo junto a la labranza (meses de febrero), y la segunda en la siembra (mes de noviembre) y en el tiempo relacionado al desarrollo fenológico del cultivo de quinua. Los valores de humedad utilizados en el estudio corresponden a “% - gravimétrico”.

Cuadro 1: Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo (prof. 20 cm)

Tratamiento	Humedad del suelo (%)					
	Momento Labranza febrero	Momento Siembra noviembre	Ramificación	Panojamiento	Floración (*)	Madurez Fisiológica (*)
T1. Tradicional	10.4	15.7	16.8	13.6	18.8	16.6
T2. Mejorado	10.4	16.8	18.7	15.7	20.7	17.2

(*) = datos tomados del informe de la fase I del proyecto dado que al momento de este informe no se tiene estos datos porque el cultivo está en pleno desarrollo.

Se inició con la determinación de la humedad en la labranza del suelo, con un valor inicial de 10.4 %, al momento de la siembra el comportamiento de la humedad ha sido similar entre tratamientos debido a que no se presentaron eventos de lluvia en el mes precedente (el periodo de lluvias se ha retardado).

El valor de la humedad al momento de siembra para el tratamiento tradicional fue 15.7 % similar al tratamiento mejorado 15.8 %, no hubo lluvias en días anteriores ni posteriores a este momento de siembra como se esperaba.

El monitoreo de la variable humedad del suelo durante el ciclo vegetativo del cultivo, mostro valores diferenciados, en los tratamientos durante las fases fenológicas del cultivo, en ambos casos estas han sido interferidas por las aportaciones de humedad al suelo por la ocurrencia de la precipitación pluvial. En ciertas etapas fenológicas, la humedad alcanzo inclusive a valores mayores a la CC. (Ver cuadro 1). De manera general existe un ligero incremento en la retención de humedad a favor del sistema mejorado debido principalmente a la forma de remoción del suelo que realiza el arado cincel con su labranza vertical que deja al suelo más poroso en surcos cada 80 cm. intercalado con suelo no removido por la labranza mínima que realiza, también al abonamiento localizado (hay que recordar que la humedad fue medida en torno a la planta donde estaba localizado el abono).

- **Comportamiento de la humedad del suelo a la profundidad de 35 cm:**

El monitoreo de la humedad del suelo a la profundidad de 35 cm, también se realizó en dos periodos labranza, siembra y en el tiempo relacionado al desarrollo fenológico del cultivo de quinua. Los valores de humedad utilizados en el estudio corresponden a “% - gravimétrico”.

Cuadro 2: Comportamiento de la humedad en el perfil del suelo (prof. 35 cm)

Tratamiento	Humedad del suelo (%)					
	Momento Labranza febrero	Momento Siembra noviembre	Ramificación	Panojamiento	Floración (*)	Madurez Fisiológica (*)
T1. Tradicional	15.5	14.8	17.0	18.4	18.9	16.6
T2. Mejorado	15.5	16.2	18.7	18.9	20.9	17.2

() = datos tomados del informe de la fase I del proyecto dado que al momento de este informe no se tiene estos datos porque el cultivo está en pleno desarrollo.*

La humedad antes de la labranza del suelo, alcanza a un valor inicial de 15.5 %, posteriormente se midieron a los seis meses después de la labranza, los suelos labrados con arado cincel presentaron valores de 16.2 %, mientras que los suelos labrados con arado de discos, la humedad en el suelo mostro valores de 14.8 %. Respecto a los valores de humedad mostrados por ambos tratamientos (tradicional y mejorado), se interpreta que los suelos labrados con el arado cincel y abonamiento localizado, son los que almacenan mayor humedad en el perfil del suelo a la profundidad de 35 cm (16.2 %), mientras que los suelos labrados con el arado de discos almacenan menor humedad en el perfil del suelo a la profundidad de 35 cm (14.8 %).

El monitoreo de la variable humedad del suelo, durante el ciclo vegetativo del cultivo y a la profundidad de 35 cm, mostro valores significativamente diferenciados, respecto a los tratamientos “tipos de aradura” en los momentos de los primeros estadios de la planta, pero en relación a las fases fenológicas del cultivo, los valores de humedad no muestran valores significativamente diferenciados. Las humedades almacenadas en el perfil del suelo a la profundidad de 35 cm, también han sido interferidas por las aportaciones de humedad al suelo por la ocurrencia de la precipitación pluvial.

6.2. En las máquinas:

6.2.1. Labranza Primaria

Siguiendo procedimientos de metodologías para determinar desempeño de las máquinas descritas en CIFEMA UMSS para con prototipos mecánicos se ha determinado lo siguiente:

Cuadro 3: Comparativo de desempeño de arados

Variables:	Arado de disco	Arado cincel - abonadora
Ancho de trabajo	120 cm	160 cm
Profundidad de trabajo	25 cm	22 cm
Grado de volteo del suelo	130 a 150 grados	no volteo
% de suelo removido	100%	50%
% de desterronamiento	70 a 80%	50%
Velocidad de trabajo del tractor	4.5 km/hr	4.7 km/hr
Patinamiento	18%	12%
Tiempos muertos en cabeceras	15 a 20 seg.	15 a 20 seg.
Tiempos en aplicar abono.	1 a 2 jor/ha (jor = 8 hr de trabajo.	5 min por llenar un m ³ a la tolva
Capacidad efectiva de la aradura	2.8 hr/ha	2.5 hr/ha, incluye abonamiento

De manera general tanto el tratamiento del arado de discos como del arado cincel más su abonadora son parecidas, llevando una pequeña diferencia del arado-abonadora en cuanto a patinamiento lo que denota que el esfuerzo de tracción requerida del arado cincel-abonadora es menor que el arado de discos. Otra diferencia notoria es la capacidad efectiva o sea las horas que se tarda en arar una hectárea de terreno, y esta favorece al tratamiento mejorado del arado cincel de 2,5 hr/ha frente a casi 3 hr/ha del sistema tradicional, además, como plus realiza el derramado de abono al suelo lo que en el sistema tradicional es un costo aparte la distribución del estiércol, que encarece el costo operativo de la preparación de suelos.

- **Análisis del trabajo del arado de discos.**

Está diseñado para la roturación lo que significa: cortar y aflojar el suelo aumentando su porosidad con el movimiento hacia arriba. Los discos cortan y voltean el prisma de la tierra.

Un disco nuevo, tiene un diámetro que alcanza a 28 pulgadas, tiene un cojinete central de diámetro 14 cm. El arado con discos nuevos y en condiciones óptimas de humedad en el suelo, logra una remoción de 25 cm de profundidad, está será menor en la medida en que el disco del arado entre en desgaste.

Las texturas de suelo promedio del altiplano sur son arenosas a franco arenosas, consideradas livianas, las velocidades del viento son mayores, por lo que no es adecuado el uso del arado de discos, aunque tienen ciertas ventajas edáficas y de almacenamiento de agua en el suelo que poseen.

En condiciones normales de un suelo con labranza cero, el agua almacenada en el perfil del suelo producto de las precipitaciones pluviales, vuelve a evaporarse, resultado de dos fenómenos; el ascenso capilar y el gradiente térmico (como parte del ciclo hidrológico). los arados de discos y de cincel, hacen remoción del suelo de forma diferente, el primero con volteo y no así el segundo. El de discos crea un límite en el perfil del suelo: una capa de suelo superficial disturbado (profundidad de remoción) un intermedio o pie de aradura frontera entre dos tipos de suelo (disturbado y no disturbado) a la

profundidad de la remoción del suelo efectuado (20 a 30 cm) una capa que ya es el sub suelo. Esta frontera es la que evita y/o minimiza el ascenso capilar del agua hasta la superficie del suelo y su posterior evaporación, lo que garantiza su almacenamiento en el perfil del suelo y en el tiempo (6 a 7 meses), hasta la época de la siembra.

En estudios realizados en el altiplano sur, respecto a la conservación de la humedad en el suelo, a partir del uso de diferentes arados “de discos, en flejes, vertedera y cincel (qulliri), la labranza de suelos con arado de discos fueron las que mayor humedad almacenaron “7.1 % de humedad gravimétrica promedio” en comparación a la labranza de suelos con el arado cincel (qulliri) que solamente almacenaron “5.8 % de humedad gravimétrica promedio” (Arce G. 2008).

- **Análisis del trabajo del arado Cincel**

Satisface la necesidad de romper y remover el suelo, sin invertirlo, a profundidades de 20 a 25 cm. Son equipos de labranza que permiten disgregar el suelo sin alterar el perfil de éste, agrietándolo por medio de la acción de uno o varios cincelos adosados a un vástago o brazo unido a un marco portaherramientas. (ver *Imagen 3*)

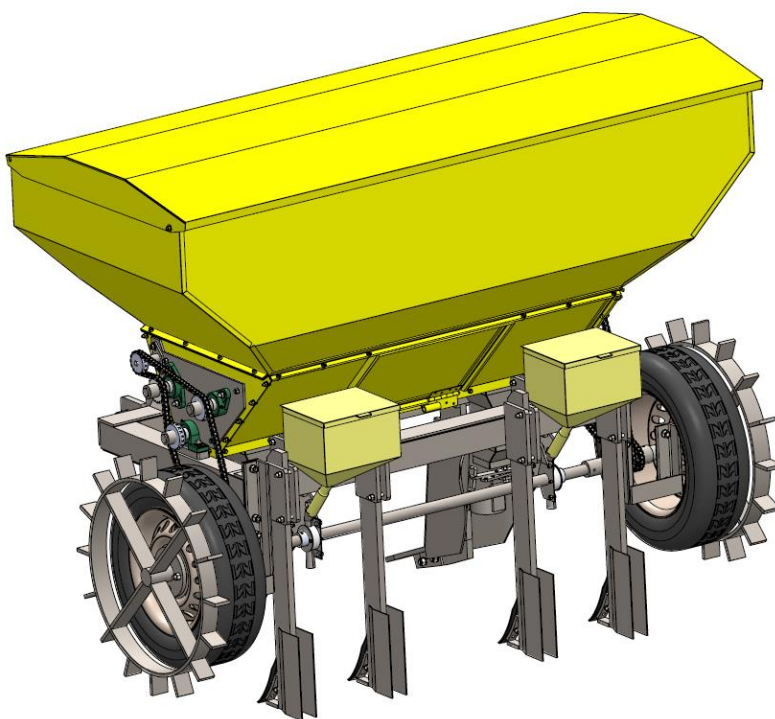


Imagen 3: Implemento para arado - abonado

Este equipo tiende a romper las capas impermeables que limitan el adecuado suministro de oxígeno a los cultivos. Posee herramientas de labranza, que son vástagos, arcos de acero o cincelos, montados sobre brazos flexibles, los cuales fragmentan el suelo, sin inversión de capas ni producir pie de arado.

El perfil de suelo trabajado por un arado cincel, además de disponer de un espacio poroso suficiente como para almacenar agua de lluvia de cualquier intensidad, no presenta la discontinuidad estructural que suponga la formación de una suela de labor o pie de arado, como la dejada por los arados de discos.

En los suelos (franco-arenosos y arenosos) donde se siembra la quinua debe preferirse a los arados cinceles que realizan una labranza vertical del suelo sin voltearlo y sin riesgos a ser vulnerables a la erosión eólica fundamentalmente. Sin embargo, el uso de este tipo de arado es mínimo por otras limitaciones técnicas que tiene y son considerados por los productores de quinua.

El arado – abonadora cincel desarrollado se muestra como una alternativa de solución para la labranza primaria de los suelos del altiplano sur, con la propuesta de la mínima labranza o sea solo roturar el espacio donde se va a sembrar y hacer un escardillado superficial en la parte no removida para el control de la maleza y evitar la evaporación por capilaridad y gradiente térmica. La ventaja adicional es el derramado de estiércol en forma localizada en el fondo del surco cubierto con tierra.

6.2.2. Siembra:

La máquina sembradora está ubicada en el chasis de la máquina aradora abonadora en el cual se adiciona las tolvas de semilla y los escardillos abre surcos en número de dos, es también abonadora pero el abono que aplica en el surco debe ser tratada, o sea, descompuesta.

Cuadro 4: Resultados de desempeño de las sembradoras abonadoras

Variables:	Sembradora CIFEMA	Sembradora SATIRI
Profundidad de siembra	2-4 cm	2-4 cm
Ancho entre surcos:	80 cm	80 cm
Velocidad de trabajo:	4.5 km/hr	4.5 km/hr
Capacidad efectiva de siembra:	2.0 hr/ha	2.5 hr/ha
Tiempo de carga de abono:	tolva ninguna – no abona	5 min por llenar 1 m ³ en la tolva
% 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

- **Características constructivas y agronómicas de la sembradora – Abonadora de Quinua CIFEMA.**
 - Abre un surco a profundidad de 15 a 20 cm. que es la cama para el abonado.
 - Dosifica estiércol a chorro continuo, en una cantidad aproximada de 6 m³ por hectárea.
 - Cuenta con un segundo abre surcos, para el derrame de la semilla con 2 cuerpos sembradoras individuales en cuyo mecanismo de transmisión que comienza en una rueda motriz y termina en un rotor con alveolos que sacan la semilla según la regulación conveniente.
 - Derrama la semilla en la dosificación agronómicamente recomendada quedando a una profundidad, máximo 2 a 3 cm de la superficie.
 - Realiza descargas separadas a una distancia de 60 cm entre matas y un aproximado de 40 semillas por mata.

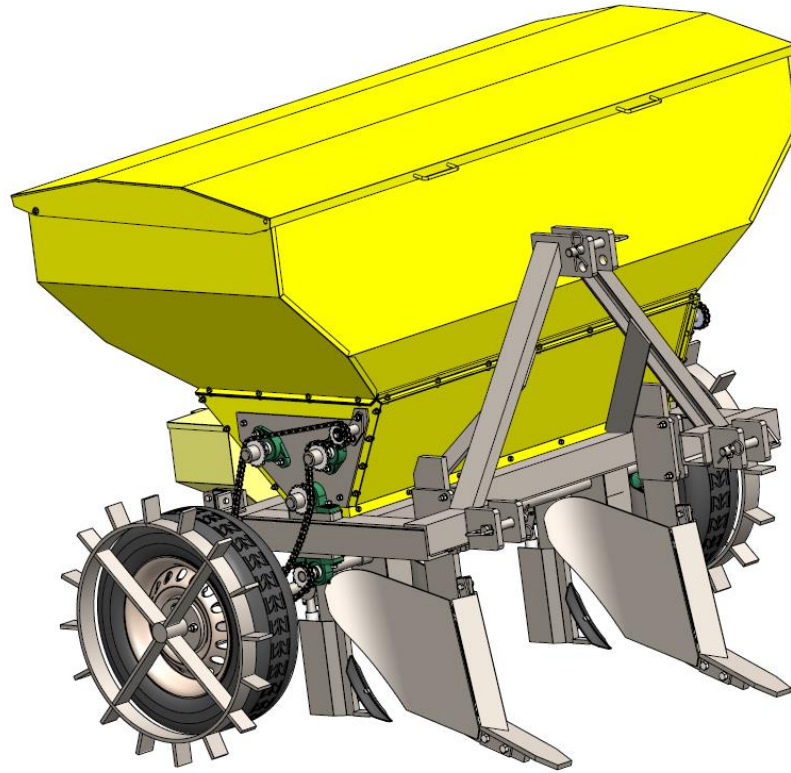


Imagen 4: Implemento para siembra - abonado

6.3. Resultados en el cultivo

Altura de planta: es un dato que muestra la tendencia del rendimiento del cultivo

Cuadro 5: Altura planta en relación al desarrollo fenológico (*)

Tratamiento	Tipo Sembrador	Forma Abonado	Altura Planta (cm) / Fenología			
			Des. Veget.	Panojado	Floración (*)	Madurez (*)
T1 tradicional	SATIRI	Abono superficial.	50.3	60.0	62.0	76.0
T2 mejorado	CIFEMA con abonadora	Abono localizado	56.0	75.0	101.0	140.0

(*) = datos tomados del informe de la fase I del proyecto dado que al momento de este informe no se tiene estos datos porque el cultivo está en pleno desarrollo.

Se observa en el cuadro 3 que las alturas de planta son mayores en el tratamiento 2, que posiblemente de ba al abonamiento localizado que tiene.

Cuadro 6: Peso panoja y Rendimiento del cultivo de quina (*)

Tratamiento	Tipo Sembrador	Forma Abonado	Peso Panoja (gr)	Rendimiento Hectárea (Kg)
T1 tradicional	satiri	Abono superficial	159.0	874.0
T2 mejorado	CIFEMA	Abono Localizado	187.6	1045.0

(*) = datos tomados del informe de la fase I del proyecto dado que al momento de este informe no se tiene estos datos porque el cultivo está en pleno desarrollo.

Los rendimientos del ensayo actual todavía no se dispone por cuanto el cultivo esta hoy por hoy en pleno desarrollo, pero por analogía podemos indicar en base a los rendimientos de los ensayos de la fase 1 del proyecto que los mayores rendimientos, que se observan en el Cuadro 4, y que está en relación al panojamiento, corresponde al tratamiento 2, del arado cincel con abonamiento localizado y a la sembradora abonadora CIFEMA. Este resultado se puede atribuir a las buenas prácticas de cultivación que nos permiten realizar estos implementos durante la preparación de suelo y siembra, pero también se debe a la humedad existente en torno a la planta.

7.- Conclusiones

- Se implementó un ensayo comparativo entre el sistema tradicional de preparación del suelo y siembra de quinua con arado de discos y sembradora “satiri” con abonamiento superficial y el sistema mejorado con equipos mecánicos desarrollados dentro este proyecto de investigación denominado “implemento mecánico múltiple” que prepara el suelo bajo sistema de mínima labranza con aplicación localizado de estiércol animal, al que realizándole algunos cambios y adiciones de partes, sirve también como sembradora para la siembra de quinua que también aplica abono de forma localizado
- El desempeño en campo del implemento múltiple (aradora-abonadora) frente al arado de discos y abonado superficial, ha sido diametralmente diferente en cuanto a la forma de remoción del suelo, desterronamiento e impacto en la formación del pie de arado, siendo favorable al sistema mejorado, efecto que tendrá consecuencias en la reducción de la erosión del suelo y en la retención de humedad y fertilidad. No existe diferencia significativa en cuanto al desempeño técnico como: esfuerzo de tracción, ancho y profundidad de trabajo, capacidad efectiva, distancia y profundidad de siembra, lo nos muestra que en los dos sistemas los implementos pueden trabajar sin comprometer la potencia de los tractores agrícolas de la zona.
- Pese a que el año agrícola no ha sido normal en cuanto a frecuencia y oportunidad de eventos de lluvia, se determinó una leve diferencia favorable al sistema mejorado respecto a la conservación de humedad en torno a la planta, debido al abonamiento localizado y a la labranza

mínima practicada (solo se removió sin voltear el suelo solo en el surco de siembra). Aclarando que al momento de preparar el suelo esta humedad fue muy baja, quedando demostrado que el abono aplicado localmente es la mejor opción para la zona en esta situación de escasez de abono y escasa precipitación pluvial oportuna.

- El rendimiento del cultivo, así como la fertilidad del suelo aún no se ha determinado por el calendario agrícola del cultivo sin embargo las tendencias son favorables al sistema mejorado.

8.- Recomendaciones

El proceso de desarrollo de equipos agrícolas, adecuados a situaciones de campo, lleva su tiempo y por lo que se recomienda dar seguimiento a estos prototipos desarrollados en las fincas donde trabajan para ir perfeccionando tanto en su trabajo agronómico como en la resistencia de los materiales a esfuerzos solicitados en su diseño.

9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arce, G. (2008). "Comparación de cuatro tipos de arados en la preparación de suelos para el cultivo de la quinua (chenopodium quinoa wild)". Oruro, Bolivia.

Bonifacio, A. (2014). "Informe anual producción de quinua en el altiplano centro". La Paz, Bolivia.

Condarco, C. (2009). "Incorporación de abonos verdes para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo en la producción de quinua orgánica en Salinas". Oruro, Bolivia.

Equise J. (2013). "Producción de quinua real orgánica con abono natural (camélido y ovino) sobre surco en el altiplano sur de Bolivia". Oruro, Bolivia.

Macías, M. (1996). "La Degradación de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en Región Occidental de Bolivia". Cochabamba, Bolivia.

Meier, H. (1993). "Mecanización Agrícola". Lima Perú.

Villena, P. (2001). "Evaluación y Validación Participativa del Arado Cincel como Alternativa de Conservación de la Humedad del Suelo en Terrenos de Laderas". Tesis de grado FCAPyF-UMSS. Cochabamba, Bolivia.

ANEXO 1

MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN PARCELAS DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE SEVARUYO, MUNICIPIO DE QUILLACAS

El altiplano boliviano, soporta un déficit hídrico, por lo que son necesarios utilizar nuevas estrategias; unas orientadas a la continua optimización del uso del agua para riego (superficial y a presión) y otras que permitan almacenar y conservar la humedad en el suelo, que es captada por las precipitaciones pluviales temporales de la región. En general, el altiplano sur (zona del intersalar), se caracteriza por tener condiciones climáticas adversas (heladas y sequías), particularmente por la ocurrencia de bajas precipitaciones e irregularmente distribuidas durante la época agrícola, este factor propio de un clima semiárido, limitan la actividad agrícola y en particular la producción de quinua, lo que incide negativamente en la seguridad alimentaria de la población y bajos ingresos del pequeño agricultor.

Por estas razones, el rendimiento de los cultivos como la quinua y la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo son afectados no sólo por la cantidad total de agua de lluvia en una estación específica, sino también por la frecuencia, la duración y la severidad del estrés hídrico sobre las plantas de quinua en distintas etapas de su crecimiento.

Es importante priorizar nuestra atención al conocimiento y al valor de las técnicas para la cosecha y el uso del agua de lluvia, en el propósito de aumentar la producción de las tierras de agricultura de secano en las zonas áridas y semi-áridas, lo cual se justifica por una razón muy importante:

Un creciente número de pobladores rurales de escasos recursos vive en áreas donde dependen sólo del agua de lluvia para la producción de sus cultivos y para las necesidades domésticas. Dado que los rendimientos de los cultivos que obtienen los pequeños agricultores están muy por debajo de la media de las parcelas bien manejadas de las estaciones experimentales, es posible obtener un modesto incremento de los rendimientos mientras que, proporcionalmente, mayores incrementos en las áreas regadas parecen ser improbables.

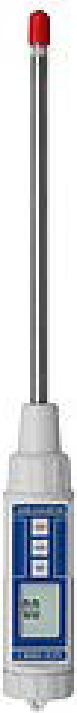
Las labranzas del suelo, son procesos de remoción que generan cambios; desde temporales hasta continuos en las propiedades físicas de los suelos, el grado y la persistencia de estos cambios, dependen del tipo de suelo y del clima y que pueden afectar fuertemente a los cultivos. A partir de la labranza de suelos y los cambios en las propiedades físicas del suelo, se busca, estén orientados a la mejora de

captación In-Situ del agua de lluvia, su infiltración profunda, su almacenamiento y su conservación en el perfil del suelo.

Se tiene establecido, que cuanto más profundo es la remoción en relación a su grado de disturbación del perfil superior del suelo, el incremento de la infiltración y almacenamiento del agua será mayor.

La conservación de la humedad en el perfil del suelo estará en relación a la velocidad del ascenso capilar y el gradiente térmico en la superficie del suelo, como también la profundidad efectiva y la textura de los estratos inferiores del perfil del suelo. Además, la incorporación de materia orgánica al perfil del suelo en el momento de la labranza, incrementa la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo.

Si bien la quinua presenta una elevada adaptación y tolerancia a condiciones adversas de humedad en el suelo, con la aplicación de riego suplementario se mejora la producción y productividad del cultivo. Sin embargo, dar riego al cultivo significa incrementar los costos de producción y esta se profundiza en zonas donde no existen fuentes de agua. Por tanto, con el presente trabajo de investigación se busca dar estrategias técnicas para mejorar la captación del agua de lluvia y su conservación como humedad en el suelo.

	<p>DATOS DE CAMPO</p> <ul style="list-style-type: none">- Área de la parcela: 2500 m²- Profundidades de determinación de la humedad del suelo: 10,0 y 20,0 cm- Método de muestreo de puntos de medición: por cuadrícula <p>Equipo utilizado (medidor de humedad): El equipo, es: Soil Moisture Meter PCE-SMM 1 Medidor de la humedad del suelo por sensor. La capacidad de medición, es al 50%, es decir nos mide las humedades del suelo; “porcentaje total de poros entre dos” $\frac{1-100}{100} \times 100$. Es de lectura directa y puede llegar a medir hasta una profundidad de 25 cm.</p> <p>Precio del equipo: 2400,0 Bs.</p>
---	---

CROQUIS DE ENSAYO COMPARATIVO

VARIABLES DE RESPUESTA

T1: Aradura = Arado Cincel más Abonadora

Mes – Febrero

Siembra = Sembradora Cifema

Mes – Septiembre

T2: Aradura = Arado de Discos y Abonado Superficial

Mes – Febrero

Siembra = Sembradora Satiri

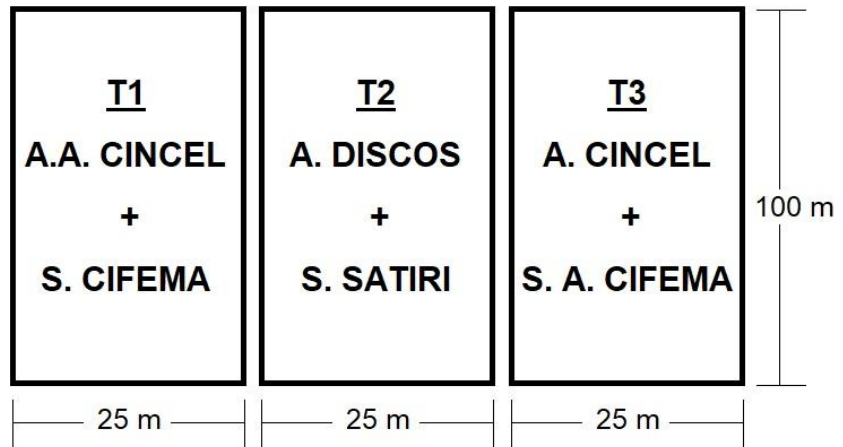
Mes – Septiembre

T3: Aradura = Arado Cincel

Mes – Febrero

Siembra = Sembradora Cifema más Abonadora

Mes – Septiembre



Variables de respuesta en el suelo:

1. Humedad medida mensualmente y en cada evento de lluvia y actividad de preparación de suelo y siembra:
 - profundidades de 10-20 cm
 - en surcos y al azar
 - de 5 a 10 muestras para cada tratamiento
2. Humedad durante el desarrollo del cultivo en 3 estados fisiológicos:
 - a) 20 días después de la siembra
 - b) Macollamiento
 - c) Floración
3. Análisis de fertilidad en tres momentos:
 - a) Preparación de suelos
 - b) Siembra
 - c) Cosecha

Variables de respuesta en el cultivo:

1. Profundidad de siembra
2. % de germinación: N° de semillas por golpe sembradas vs. N° de semillas germinadas.
3. Vigor de la planta: Grosor de tallo y Altura en 3 estados fisiológicos:
 - a) 20 días después de la siembra
 - b) Macollamiento
 - c) Floración
4. Rendimiento en Kg/Ha

Variables de respuesta en las máquinas:

1. Ancho y profundidad de trabajo y/o siembra.
2. Velocidad de trabajo del tractor.
3. Patinamiento.
4. Tiempos muertos en cabeceras y otros (recargas de abono, etc)

PROYECTO DE CONTINUIDAD SOBRE EQUIPOS MECÁNICOS PARA PREPARACIÓN DE SUELOS Y SIEMBRA DE QUINUA – DICyT PIAACC

REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN DIA DE PRIMER VIAJE DE DIAGNÓSTICO

Fecha:

14 de enero de 2021

Lugar:

Oficinas CIFEMA – UMSS

Participantes:

- Leonardo Zambrana
- Porfirio Gamez
- Mario Huanca
- Marco Gutierrez
- Carmen Soto
- Adriana Flores

En la primera reunión de investigadores se determinaron algunos puntos de partida para el desarrollo de los equipos mecánicos y también se ha decidido realizar un viaje de diagnóstico a la zona de producción con las siguientes consideraciones:

- Fecha prevista: 20 – 21 de enero 2021
- Participarán: Leonardo Zambrana, Porfirio Gamez, Mario Huanca, Juvenal Hurtado, Alejandro Bonifacio y Milton Villca.

En una reunión del equipo de trabajo en CIFEMA se han establecido los puntos que se deben estudiar en la visita programada, éstos se detallan a continuación:

Nº	Objetivo	Actividad / Técnica	Instrumental
1	Determinar las características físicas del suelo	<ul style="list-style-type: none">➤ Ver el perfil del suelo➤ Medir la dureza a diferentes profundidades➤ Entrevista➤ Toma de muestras	<ul style="list-style-type: none">➤ Pala➤ Picota➤ Penetrómetro➤ Grabadora➤ Bolsas

2	Determinar de la humedad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medición de humedad a diferentes profundidades 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidor de humedad (laboratorio de suelos Ing. Alfredo)
3	Determinar las características de la maleza	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medir cantidad de maleza en una superficie establecida ➤ Transectos al paso ➤ Medir profundidad de las raíces ➤ Tomar muestras de malezas ➤ Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Marco metro ➤ Flexómetro ➤ Bolsas ➤ Grabadora
4	Conocer el calendario agrícola	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grabadora
5	Conocer las superficies de producción de quinua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medición de extensiones ➤ Medición de la pendiente ➤ Determinación de las parcelas demostrativas ➤ Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cinta métrica ➤ Eclímetro ➤ Grabadora
6	Conocer los métodos de preparación de suelo y siembra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevista 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grabadora
7	Características de la semilla	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevista ➤ Toma de muestras 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grabadora ➤ Bolsas
8	Conocer los equipos de preparación y siembra que se utilizan en la producción de quinua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo de preparación de suelos ➤ Entrevista ➤ Revisión técnica-mecánica de los equipos del lugar 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sembradora de quinua de 3 surcos (sólo brazos) ➤ Herramientas para ajuste de equipo ➤ Grabadora ➤ Flexómetro
9	Determinar las características del abono	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevista ➤ Exposición de tipos de abono ➤ Toma de muestra 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grabadora ➤ Muestras de abono (Abonos Ing. Emigdio) ➤ Bolsas
10	Conocer nuevos requerimientos, sugerencias de mejoras, dificultades en la producción de quinua.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevistas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grabadora

Datos importantes para el desarrollo de los equipos mecánicos.

➤ Preparación

- Profundidad de surco
- Ancho de surco
- Distancia entre surcos
- Ondulación entre surcos
- Perfil final de suelo roturado

➤ Abono

- Tipos de abono
- Forma de dosificación
- Cantidad por superficie de producción
- Profundidad de derramado
- Con/sin cubierta y su cantidad
- Estado al momento de la incorporación
- Tratamientos y manejo local

➤ Siembra

- Tipo de reja
- Con o sin surcadora
- Distancia entre surcos
- Profundidad de siembra
- Distancia entre matas
- Cantidad en cada sitio

➤ Semilla

- Variedades que se utilizan
- Estado o tratamientos previos
- Cantidad por superficie de producción

➤ Varios

- Planillas de asistencia en cada evento y lugar que se visite.
- Incorporación de tesistas al equipo y cuáles serán las condiciones de trabajo.

PROYECTO DE CONTINUIDAD SOBRE EQUIPOS MECÁNICOS PARA PREPARACIÓN DE SUELOS Y SIEMBRA DE QUINUA – DICyT PIAACC

PRIMER VIAJE PARA PREPARACIÓN DE SUELO EN PARCELAS DE ENSAYO.

Fechas:

9, 10 y 11 de febrero de 2021

Lugar:

Vintouyo, Comunidad Sevaruyo, Municipio Santuario de Quillacas, Provincia Eduardo Abaroa, Departamento Oruro, ubicación [19°, 21', 36"] latitud sud ; [66°, 51', 39"] longitud oeste, a 163 km de carretera Oruro a Uyuni.

Participantes:

CIFEMA	UTO
- Leonardo Zambrana (LZ) - Porfirio Gamez (PG) - Mario Huanca (MH)	- Juvenal Hurtado (JH) - Juana Mancilla M. - Irineo Rebozo P. - Milton Villca C. - Ivan Choque H.
PROINPA	COOPERANTES
- Milton Villca (MV)	- Marcial Ordoñez (MO) - Pelagio Ordoñez (PO)

Ver más detalles en lista de participantes adjunto al presente documento

Se llevaron a cabo diferentes actividades que se mencionan a continuación.

- El equipo de CIFEMA partió de Cochabamba a hrs 08:00 del martes 09 de febrero de 2021, llevando el implemento de arado ajustado según los requerimientos acordados en reuniones anteriores y las pruebas de campo realizadas. Se utilizó la camioneta de CIFEMA SAM con placa KHB2741 (Figura 1).



Figura 1

- Se llegó a Challapata la tarde del martes 09 de febrero y se pernocta en el lugar para retomar el viaje al día siguiente. Ya en el municipio de Huari se encontraron con el equipo de la UTO, quienes iban en otra movilidad. Luego ambos equipos llegaron a cruce Sevaruyo-Quillacas-Uyuni (ver Figura 2), donde también llegó en otra camioneta Milton V.



Figura 2

- En ese lugar se esperó hasta que lleguen los cooperantes: Marcial quien además es dirigente en la comunidad y Pelagio quien estaba operando el tractor.

- Mientras se esperaba a los cooperantes, LZ, PG, JH y MV sostenían una charla informal respecto al proyecto y de esa charla surgió cavar una calicata para observar el estado del suelo, la calicata no estaba en la parcela de ensayo, pero servía como referencia de los suelos de la zona. Luego los tesisistas de la UTO se acoplaron a la charla y dieron algunas opiniones respecto a la producción de quinua ya que ellos también son del lugar y lo conocen. Se cavó la calicata como se muestra en la Figura 3.



Figura 3

A partir de ese pequeño estudio se pudieron tomar los siguientes datos:

- ✓ Profundidad de capa arable: 25 [cm] pero puede llegar a 30 [cm], ver Figura 4.



Figura 4

- ✓ Los agrónomos pudieron identificar algunas hierbas y malezas, ver Figura 5.



Figura 5

- ✓ Se pudo medir también la humedad utilizando un instrumento digital de medición que llevó JH, “Medidor humedad absoluta PCE-SMM 1” que se muestra en la Figura 6, este instrumento podía medir humedad a profundidades de 5 a 20 [cm], se tienen los siguientes datos medidos mostrados en la Tabla 1.



Figura 6

Este instrumento tiene un rango de medición 0- 50%. Para entender las mediciones de este instrumento, en una reunión de socialización de viaje Emigdio Céspedes explicó que este instrumento mide el % de agua capilar, recordemos que cuando el suelo se compone de 50% de compuesto sólido (suelo y materia orgánica), 25% de agua y 25% de aire está en su capacidad de campo, si es que en el momento de la medición este instrumento mostrara un valor de 50 esto

MEDICIÓN DE HUMEDAD

PROFUNDIDAD [cm]	VALOR MEDIDO
5	7,6
10	8,1
15	8,2
20	12

Tabla 1

se interpretaría como que el suelo tiene el 50% de agua, es decir que está saturado al tener todos los poros llenos de agua, tanto los de agua como los de aire (luego de una lluvia o un riego profundo). Entonces para tener el óptimo valor, es decir, la capacidad de campo, el instrumento tendría que mostrar un valor de 25, es decir que cumple con el 25% de poros llenos de agua y el otro 25% de poros contienen aire.

- Durante este trabajo de mediciones y conversaciones y mientras se esperaba que los cooperantes lleguen se vio pasar a un tractor con arado de 4 discos fijos no reversibles y Milton indicaba que ese implemento es el que más se usa en las parcelas del lugar y además el tractor es de los más comunes que se utilizan, ver Figura 7.



Figura 7

- Después llegó el cooperante Marcial y habló con Milton para dirigirse a la parcela que estaba al frente del lugar donde se encontraban a aproximadamente 500[m] del cruce Sevaruyo. Luego también llegó Pelagio quien es otro cooperante y hermano de Marcial operando el tractor que se utilizaría para las pruebas, un tractor Massey Ferguson 292, ver Figura 8.



Figura 8

- Con la ayuda de los tesisistas se procedió a medir las parcelas de prueba y a colocar las estacas (ver Figura 9) mientras en la camioneta se quitaban los seguros para luego descargar el implemento de la camioneta de CIFEMA, ver Figura 10.



Figura 9



Figura 10

- Se determinó trabajar en 2 parcelas de ensayo con 2 tipos de métodos de preparación y siembra, se muestra también la forma de trabajo del tractor, ver Fig

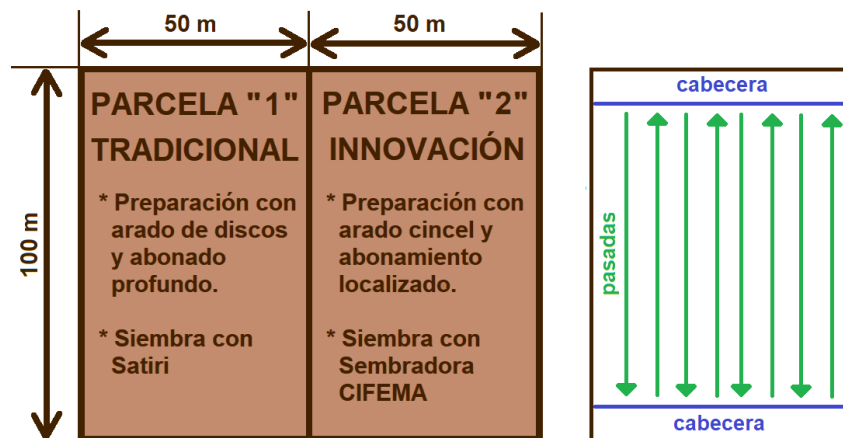


Figura 11

- Luego de bajar el implemento se procedió a engancharlo al tractor y cargar el abono. El abono que se aplicó primero en las parcelas fue llevado por Milton en bolsas de yute, por motivos de identificación se le dará la denominación de abono tipo “A” (ver Figura 12) cuyas características se mencionan a continuación:



Figura 12

- ✓ De estiércol de camélidos.
- ✓ Físicamente era homogéneo y granulado y con pepitas de excremento.
- ✓ Suelto y con poca humedad, es decir que caía libre y fácilmente.

Se cargó la cantidad que estaba prevista según las pruebas realizadas en CIFEMA, para facilitar la medición se utilizó el mismo recipiente de 18 [L] completando de esta forma los 36 [L] de abono que no se debe remover y los 63 [L] que tienen que derramarse, la Figura 13 muestra la manera de cargar la tolva y el nivel hasta donde se cargó.



Figura 13

- Se capacitó a uno de los tesisistas de la UTO para que acompañe al equipo y controle que el abono vaya disminuyendo y no se creen los túneles. Ya con todo listo se dio inicio al trabajo de labranza.
- Mientras se trabajaba se hacía seguimiento al equipo para ver que esté funcionando correctamente, pero luego de haber recorrido 2 pasadas en el terreno se observó que había algún tipo de atascamiento en una de las salidas del abono ya que no caía la cantidad esperada, se hizo una revisión sobre todo el equipo y PG pudo sacar un pedazo de yute que estaba trabado en el gusano justo por la salida lo que estaba ocasionando que la salida quede obstruida. Después de quitar ese obstáculo se continuó con el trabajo y se observó que ahora si se tenía una caída uniforme en ambos lados.
- Mientras el tractor hacía las pasadas se organizó el trabajo para tomar datos acerca de velocidad, se utilizó la siguiente técnica:
 - ✓ Controlando el tiempo que el tractor tarda en recorrer una determinada distancia en pleno trabajo.
 - ✓ Realizada la medición, en la Tabla 2 se muestran los datos y resultados obtenidos.

VELOCIDAD
Tiempo: 17 [s]
Distancia: 21,6 [m]
$V = \frac{d}{t} = \frac{21.6 [m]}{17 [s]} = 1.27 [m/s]$
$1.27 [m/s] * \frac{1 [km]}{1000 [m]} * \frac{3600 [s]}{1 [h]} = 4.57 [km/h]$

Tabla 2

- Luego se procedió a hacer una medición del abono para conocer la dosificación con la que el abono tipo “A” estaba siendo derramado, esta medición fue en la segunda cargada de tolva para hacer un control más exacto, los resultados se muestran en la Tabla 3.

ABONO DERRAMADO TIPO "A"
Cantidad: 3 1/2 baldes = 63 [L]
Distancia recorrida: 68 [m] pero el equipo tiene 2 surcos entonces se recorrieron 136 [m] lineales
$\text{Dosificación} = \frac{V}{d} = \frac{63 [L]}{136 [m]} = 0.46 (L/m)$
$0.46 [L/m] * \frac{12500 [m]}{1 [ha]} * \frac{1 [m^3]}{1000 [L]} = 5.75 [m^3/ha]$

Tabla 4

- Después de algunas pasadas más el abono que llevó Milton abono tipo “A” se acabó, pero todavía había terreno que se debía arar entonces Marcial dijo que el tenía algo en su casa por lo que se dirigieron al lugar en la camioneta junto a LZ. LZ comenta que el abono recogido era de su establo y lo que había reunido hasta el momento de la preparación.
- Para identificar a este abono se le dio la denominación de abono tipo “B” (ver Figura 14) y sus características se muestran a continuación:

- ✓ De estiércol de bovinos.
- ✓ Físicamente no era homogéneo porque contenía costras grandes por lo que fue necesario utilizar la zaranda del implemento, luego de zarandear el abono que se iba a utilizar no era granulado más bien de consistencia más fina.
- ✓ Tiene mayor humedad por lo que no resbalaba tan libremente.



Figura 14

Para este caso, se hizo la carga directamente desde la camioneta (ver Figura 15) haciendo pasar por la zaranda y se procedió de la misma forma que se trabajó con el abono tipo “A”, controlando que el abono no sobrepase el nivel definido en la tolva del implemento.



Figura 15

- Ya con la tolva cargada se retomó el trabajo de arado, de la misma forma que las anteriores pasadas con una persona controlando que no se creen los túneles y otras observando que el abono vaya cayendo constantemente. Durante este trabajo se pudo observar que el derramado, si bien era constante, se notó que fue en menor cantidad. Se hizo un control de recorrido y los resultados se muestran en la Tabla 4.

ABONO DERRAMADO TIPO "B"
Cantidad: 3 1/2 baldes = 63 [L]
Distancia recorrida: 100 [m] pero el equipo tiene 2 surcos entonces se recorrieron 200 [m] lineales
$\text{Dosificación} = \frac{V}{d} = \frac{63 [L]}{200 [m]} = 0.32 (L/m)$
$0.32 [L/m] * \frac{12500 [m]}{1 [ha]} * \frac{1 [m^3]}{1000 [L]} = 4 [m^3/ha]$

Tabla 5

Es decir que, por su consistencia más húmeda, el abono tipo “B” cayó en menor cantidad o dicho en otras palabras, se derramó en una mayor distancia que el abono tipo “A”.

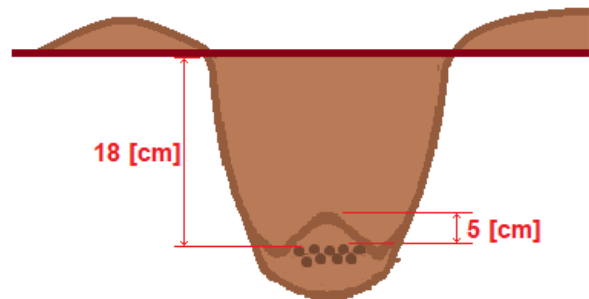
- De esta manera se fue completando las pasadas dentro de la parcela de ensayo y mientras el tractor seguía trabajando se hizo una revisión del abono en lugares aleatorios donde en el fondo del surco se encontró abono de los 2 tipos, siendo más fácil de identificar el abono tipo "A" por las pepitas presentes (ver Figura 16), también se pudo medir la profundidad a la que se encontraba el abono, la Figura 17 muestra un esquema de esta medición.



Figura 16



Figura 17



- Algo que no se había revisado antes de empezar fue el nivel del implemento, durante el trabajo PG notó que el equipo estaba desnivelado en ambos sentidos, es decir, que los brazos de los 3 puntos no estaban regulados para que el equipo quede paralelo al suelo una vez se hayan clavado las rejas (en posición de trabajo). Se corrigieron los desniveles y se prosiguió con el trabajo, en sí el equipo solo trabajó desnivelado como el 25% de la parcela de ensayo.
- Ya para finalizar el trabajo, faltando entre 4 o 5 pasadas, se hizo el experimento de dejar la tierra de la superficie del terreno más compactada después del arado, para ello se amarró una tabla al implemento sobre la que fue LZ pero según la opinión de los cooperantes el resultado no era bueno razón por la cual LZ se bajó pero la tabla seguía sujeta al implemento (ver Figura 18), con esto el terreno estaba quedando también compactado pero

no tanto como antes, de todas formas, los cooperantes no estaban conformes con el resultado por lo que se quitó la tabla y se terminó el trabajo como se había estado realizando normalmente.



Figura 18

- Por otro lado, antes de terminar el trabajo, en la parte de las parcelas que no se había trabajado todavía se intentó hacer una medición de cizalle con el instrumento de paletas como se muestra en la Figura 19, pero esta no fue posible debido a que arrojaba datos muy diferentes e incoherentes, se presume que fue porque el suelo estaba muy suelto y no presentaba resistencia, por lo que se descartaron estas mediciones.



Figura 19

- Mencionar que también se intentaron tomar datos de medición de penetración con el penetrómetro de CIFEMA pero no fue posible debido a que se dieron cuenta que el terreno presentaba huecos que hacen los roedores por lo que fue difícil medir ya que al introducir la varilla a cierta profundidad ésta encontraba un hueco y la medición se invalidaba.
- Se han colectado también muestras de abono y de suelo para hacer su análisis en laboratorio.

- Realizados todo se terminó con el trabajo y según la observación se pudo observar que los surcos tenían la disposición y dimensiones como se muestran en la Figura 20.

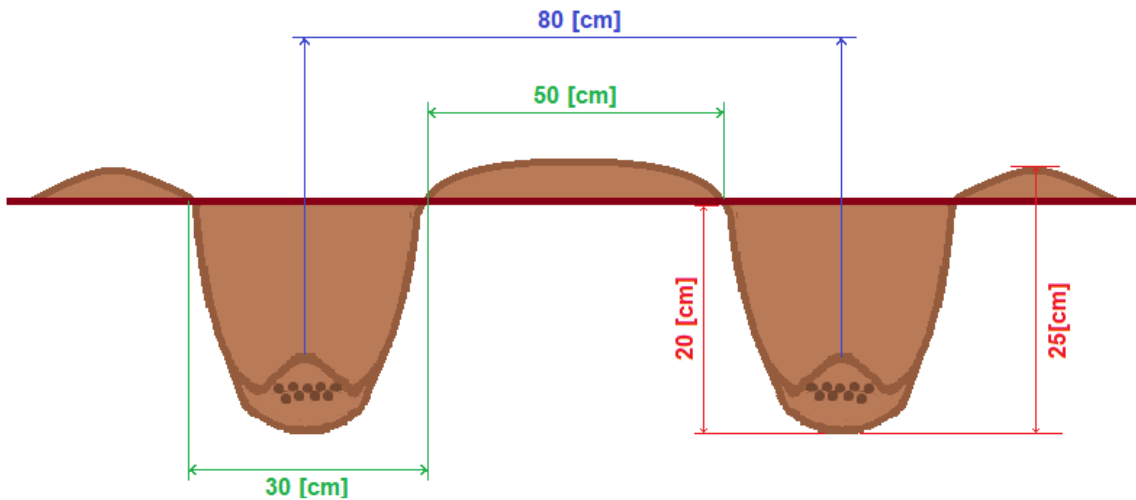


Figura 20

- Se concluyó el trabajo en Sevaruyo y según la planificación se debería haber realizado el mismo trabajo en Chita pero Milton sugirió que no se vaya allá por la situación debido a la pandemia por lo que se decidió que el equipo CIFEMA no fuera a la zona pero Milton se comprometió a replicar el trabajo de Sevaruyo en Chita y mandar informes y resultados.
- El retorno fue el día jueves 11 de febrero de 2021 a hrs. 18:00.

Conclusiones

- De manera general, tanto mecánica como agrónomicamente el implemento ha realizado un trabajo satisfactorio, pero también se han visto algunos detalles que pueden mejorar su trabajo y otros detalles que deben mantenerse, a continuación, se describen los detalles que se mencionaron y que se pueden realizar en el siguiente modelo que se vaya a construir:
 - Robustecer toda la estructura, al ser un implemento para siembra que se ha adaptado este no estaba diseñado para un trabajo de arado por lo que se debe pensar en ajustar los materiales para que sean resistentes frente a los esfuerzos que realiza en el trabajo.
 - Las surcadoras principales y secundarias deben mantener su regulación vertical que les permita variar las profundidades de trabajo.

- Las distancias entre surcos se mantienen en 80 [cm] entre centros y las surcadoras secundarias a 150 [cm] a cada lado del surco principal.
- En términos de potencia, el tractor ha mostrado un buen desempeño a la profundidad que el implemento ha trabajado, se ha probado hundir más el tractor y éste ya botaba más humo, es decir, era mayor el requerimiento de potencia a pesar de que el suelo es suelto. Esta situación hizo notar que la cantidad de surcadoras que el implemento tiene es la suficiente para esta capacidad de tractor, siendo que son los modelos más comunes en la zona no sería conveniente aumentar más surcadoras, razón por lo cual se descarta la idea inicial de hacer un implemento de 3 o 4 surcos.
- Desde el punto de vista de MH se pudo identificar 2 intereses principales: la UTO hacia énfasis en la humedad y que es importante tener una capa de al menos 5 cm sobre el abono depositado en el surco para que el abono no se seque y pueda aportar algo a la planta y a la retención de humedad. Por otro lado, PROINPA junto a los cooperantes estaban más preocupados por la eliminación de las malezas ya que son perjudiciales para el cultivo por lo que sugerían que el implemento además de tener las rejas secundarias también se aumente una que trabaje en medio de las 2 rejas ya que esta zona queda sin tocar. Para responder ambas preocupaciones, empezando por UTO, en el trabajo si se ha podido verificar que el abono se deposita en el fondo del surco y que además se crea una capa que lo cubre producto del paso de las rejas secundarias, cumpliendo con el requerimiento de “proteger el abono”. Para el caso de las malezas, las rejas secundarias tienen el propósito de además de crear un surco más ancho también deben remover las malezas próximas al surco y que además por la acción de la vertedera se va botando algo de tierra que tapa a las malezas de la zona que no ha sido removida de esta forma se estaría “enterrando” las malezas que junto con a la acción de la sequía se espera que éstas se mueran. La opción de aumentar una reja más se descarta por motivos de remover la menor cantidad de suelo ya que se trata de hacer una labranza mínima.
- Desde la perspectiva de la parte mecánica, el abono tipo “A” físicamente es más fácil de tratar y de dosificar que el abono tipo “B”, por su consistencia más seca y porque va derramando más libremente y no se frena como lo haría uno con mayor humedad como lo es el abono tipo “B”.
Desde la mirada agronómica, por su aspecto y color el abono tipo “B” es mejor que el tipo “A” pero tanto el abono del tipo “A” como el del tipo “B” todavía no estaban en estado óptimo

de aportación de materia orgánica para el aprovechamiento de la planta (no descompuesto) y su aplicación en el fondo del surco cumplirá con su propósito de aplicación de materia orgánica siempre y cuando se den las condiciones necesarias para la multiplicación de microorganismos para su adecuada descomposición las cuales son: humedad de aproximadamente 40%; temperatura entre 5-60°C; que tenga porosidad no totalmente compactado para tener la suficiente oxigenación; que se encuentre en la zona de capa arable de 20 a 25 cm de profundidad.

Entonces, a partir de ambos criterios, se define como parámetro para el diseño del nuevo equipo y como condición de funcionamiento:

- Abonadora que derrame ambos tipos de abono los siendo su salida regulable con apertura total para el abono tipo "B" (porque es húmedo y cae en menor cantidad) y con salida con apertura parcial para el abono tipo "A" (porque al ser más seco cae más rápido y en mayor cantidad) y que en cualquier condición se derrame con una dosificación de 6 [m³/ha] no siendo imprescindible el derramado en uniforme, es decir, pueden haber lugares donde caigan montones y otros donde se hagan una línea delgada que dependerán del estado del abono.
- En una primera etapa del proyecto se había trabajado con un método de siembra que consistía en la aplicación de abono junto a la semilla, pero según mencionan algunas personas del área, si se abona en la época de siembra se debe tener la certeza de que el abono esté descompuesto y en condiciones óptimas para que la planta pueda aprovechar, caso contrario el abono es posible que sea perjudicial al "quemar" a la semilla durante su proceso de descomposición o también puede llegar a ser fitotóxico.

El método de producción de quinua (preparación de suelo y siembra) que se está aplicando en este ensayo se basa en la hipótesis de que al abonar en la época de preparación se garantiza que el abono se descomponga totalmente en el suelo durante el periodo de tiempo hasta la época de siembra y luego este abono descompuesto que ya se convertirá en materia orgánica en el suelo pueda aportar nutrientes a la planta además de contribuir para tener mayor retención de humedad en el suelo y con esto mejorar el rendimiento del cultivo. El método aplicado en la primera etapa del proyecto ya ha sido estudiado y ha tenido resultados buenos por lo que no se descarta además de ser un método que se aplica y utiliza en la zona de altiplano central, el método que se está estudiando en esta etapa es el que se está introduciendo en el altiplano sur y se espera obtener también buenos resultados.

