

**ORSTOM BOLIVIA**  
**INFORME No 52**

# **LAS LABRANZAS EN PERSPECTIVA ANDES CENTRALES**

Editores Científicos:

**Dominique HERVE, David CONDORI, Vladimir ORSAG**



**CONVENIO IBTA - ORSTOM**

Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano



**ORSTOM**

La Paz, Junio 1996

HERVE (D.), CONDORI (D.), ORSAG (V.), 1996. Las labranzas en perspectiva. Andes Centrales. La Paz, IBTA-ORSTOM, Informe ORSTOM No 52, 114 p.

© IBTA - ORSTOM, Bolivia, 1996

IBTA            Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria  
ORSTOM       Instituto Frances de Investigación Científica para el  
                  Desarrollo en Cooperación

Mecanografiado : Cecilia Gonzales

Revisión y corrección : Vladimir Orsag

Diagramación : Imprenta Perez, Tef: 232311

Edición : Mission ORSTOM en Bolivie  
          Avenida Iturralde, 1377  
          Casilla postal 9214  
          La Paz, Bolivia

Fotografías de portada : Dominique Hervé

1) Labranza con arado de discos, 2) Planta de quinua, Altiplano central boliviano.

**ORSTOM BOLIVIA**  
**INFORME No 52**

**LAS LABRANZAS EN PERSPECTIVA**  
**ANDES CENTRALES**

**Editores científicos:**

**Dominique HERVE, David CONDORI, Vladimir ORSAG**

**CONVENIO IBTA - ORSTOM**

**Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano**

**La Paz, Junio 1996**

## LAS LABRANZAS EN PERSPECTIVA

Dominique HERVE  
ORSTOM Bolivia

Cuándo y cómo labrar?. Son preguntas que se hacen todos los agricultores del mundo, con la finalidad de producir más, o de asegurar una producción, al menor costo y/o con el menor trabajo. Otras preguntas son formuladas por los agrónomos: Qué funciones cumplen las labranzas? Qué riesgos de erosión acarrea cada técnica de labranza? A qué condiciones se puede instalar un cultivo sin labrar o con labranzas mínimas? En qué estado queda el suelo luego de estas intervenciones y que consecuencias tiene para los cultivos, las malezas, etc.?

Las repuestas involucran en primer lugar a disciplinas como la Agronomía, la Ingeniería agrícola, la Edafología y, más precisamente, la Física de suelo y la Climatología. Pero, el debate sobre las labranzas interesa también a los que analizan las condiciones y las modalidades del cambio económico y social (Antropólogos, Economistas y Sociólogos), pues la mecanización es uno de estos cambios. Confrontando diferentes enfoques del tema de las labranzas en los Andes Centrales, este texto pretende motivar a una mayor articulación entre estas disciplinas.

En efecto, hemos tenido, desde 1988, diferentes oportunidades de abordar este tema en Perú y Bolivia: la edición en el Perú del libro "Chakitaklla, estrategias de barbecho e intensificación de la agricultura andina" (Bourliaud *et al.*, 1988), la presentación de una exposición sobre labranzas en el mundo (Chabert *et al.*, 1990) y, últimamente, trabajos de investigación en el altiplano boliviano.

Se tradujo al castellano una exposición montada por el AFMA (Asociación Francesa de Museos de Agricultura), titulada: "Labranzas en países de cooperación", que se presentó por primera vez en Lima, para el coloquio "La investigación francesa y el Perú", en julio 1988. Luego fue presentada en otras ciudades peruanas: Lima (UNALM, 11/10/88), Cusco (CBC, 11/08/88), Piura-Sullana-Chulucanas (22/05 al 3/06/1989), Puno en octubre 1991; y en ciudades bolivianas: Oruro (Universidad técnica de Oruro, 15-25/07/91), La Paz (Casa de la Cultura y Municipalidades distritales, 10-21/08/91), Potosí (Casa de la Moneda, 21-26/09/92 y Universidad Autónoma "Tomas Frias", 28/09-16/10/92), Sucre (Universidad "San Francisco Xavier de Chuquisaca" y PRODEM, 20-25/10/92), y Cochabamba (CIFEMA, 4/12/1992) donde se quedaron los veinte paneles de la exposición a cargo del Centro de Investigación, Formación y Extensión en Mecanización Agrícola.

Esta exposición compara prácticas de labranza en América latina y África, recalcando la adaptación permanente de las herramientas manuales, de tracción animal o de los implementos mecanizados, y los estados del suelo logrados. Algunos paneles representan las papas, las chaquitacllas, los camellones y las laderas en terrazas, característicos de los Andes. Aparece que, en la isla de Chiloé, al sur de Chile, se barbecha en camellones luego de haber sembrado la papa en el pasto, lo mismo se observa en Perú y Bolivia. Pero, en Chiloé, se usaba una vertedera con tracción equina. Generalmente las labranzas manuales, que voltean la tierra, son realizadas por varias personas formando un equipo de trabajo: En el estuario de Casamansa (Senegal, África del Oeste), se usa un palo de madera muy largo para cultivar arroz, en Etiopía (África del Este), se usa un tipo de barreta rústica cuya extremidad es una piedra pesada, para destruir las malezas con rizomas. Donde el clima es muy seco, en el Nordeste brasileño o en el Sahel, desde el Senegal hasta el Sudán, se limita la remoción de tierra buscando también alternativas al trabajo manual.

Estos paneles no se limitan únicamente a describir las herramientas y maquinarias, y sus medios de tracción, sino hacen entender también la caracterización campesina de los suelos, las decisiones del momento y tipo de roturación. Estas decisiones toman en cuenta el clima anterior y contemporáneo para obtener un estado del suelo que condicionará la sucesión de operaciones de cultivo y, a veces, toda la

rotación si la labranza es el único trabajo profundo. Tendrán consecuencias sobre el enmalezamiento, la evolución de la materia orgánica, el almacenamiento del agua en el suelo, el control de la erosión, la economía del trabajo. Así, se puede obtener un mismo estado del suelo con herramientas muy distintas. Por lo tanto, se puede pensar que la adopción por campesinos de una nueva herramienta que eleva la productividad del trabajo será más fácil si su concepción toma en cuenta este conocimiento práctico, perfeccionado de generación en generación; finalmente las maquinarias calificadas como modernas reproducen, con un mayor ancho de trabajo, lo que hacen los campesinos.

En cada lugar donde fue presentada esta exposición, se tuvo la oportunidad de dictar una conferencia sobre el análisis comparado de las labranzas en el mundo y de debatir en base a investigaciones realizadas localmente sobre la problemática regional del trabajo del suelo. De esta manera, hemos tenido acceso a trabajos de investigación que presentamos en esta síntesis. En Bolivia, en el marco del convenio IBTA-ORSTOM, se dirigieron o asesoraron varias tesis de grado concernientes al altiplano boliviano sobre las condiciones de uso de arados de discos y de vertedera, sus consecuencias sobre los estados del suelo logrados y, finalmente, sobre la elaboración del rendimiento de papa, quinua o cebada. En base a estos trabajos e investigaciones realizadas por colegas en el mismo medio altiplánico, se seleccionaron algunos artículos que enriquecen el debate.

Combinando estas diferentes fuentes, tenemos una idea de la variedad de enfoques que encontramos en diferentes instituciones involucradas en el tema del trabajo del suelo, sin ninguna pretensión de exhaustividad. Los lugares citados en los artículos se pueden ubicar en el mapa 1. Observamos que no se incluyeron en nuestro ámbito la mecanización en los llanos tropicales, ni los trabajos de tesis producidos por CIFEMA, ni el caso específico del manejo de los suelos salinos y salino-sódicos, que será materia de otra publicación.

Para introducir el debate, se presentan las enseñanzas de la circulación de la exposición "Labranzas en países de cooperación" en Perú y Bolivia (Hervé). Los dos artículos siguientes ilustran las actividades de dos grupos de profesionales: los "coleccionistas", dedicados a inventarios regionales de herramientas tradicionales (Flores *et al.*) y los "tecnólogos" que buscan mejorar los implementos de tracción animal (Revilla). En las condiciones adversas del altiplano al sur de Oruro, está en debate la validez de las técnicas "tradicionales", como la siembra en hoyos (Espinoza & Castro), y "modernas", como la roturación con discos para la implantación del cultivo de quinua (Quispe).

En estos casos ilustrados de mecanización agrícola, conviene hacer un análisis retrospectivo. Es así como uno descubre el papel importante de las ONGs, de instituciones de fomento, o del Estado en la compra de tractores y equipos, y en la prestación de servicios de mecanización. En base al archivo de las fichas llenadas por los tractoristas de la DANCHURCHAID, se ilustra la evolución durante algunos años del servicio de mecanización prestado por esta institución de fomento a los productores de leche de la zona de Patacamaya (Hervé & Mita).

Los efectos del trabajo del suelo se miden en primer lugar en el suelo: tamaño de terrones, incorporación de materia orgánica, agua almacenada, rompimiento de capas compactadas etc. Es un campo donde deberían interactuar más agrónomos y edafólogos. Orsag, con el agua disponible en el suelo, y Quino, con la dinámica de la densidad aparente, aportan elementos útiles para el manejo de suelos franco-arcillosos de la zona de Viacha. Estos estados del suelo, resultantes del uso de implementos, pueden diferir no sólo entre implementos sino, sobre todo, según las condiciones de empleo de estos implementos (fecha, humedad y profundidad de roturación, operación post-roturación etc.). Por esta razón, es necesario elaborar referencias combinando varios enfoques: ensayos en situaciones controladas (Hervé & Condori), experimentaciones en parcelas de los agricultores (Ramos), pero también encuestas sobre las prácticas de los agricultores confrontadas a medidas *in situ* (Mita).

A manera de conclusión, se discutirán ideas y resultados emitidos en estos artículos, para deslizar futuras pistas de investigación.

## SIGLAS CITADAS

AFMA	Asociación Francesa de los Museos de Agricultura (Francia)
CBC	Centro Bartolome de las Casas (Perú)
CIFEMA	Centro de Investigación, Formación y Extensión en Mecanización Agrícola (Bolivia)
DANCHURCHAID	ONG de la iglesia danesa (Bolivia)
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (Bolivia)
ORSTOM	Instituto Frances de Cooperación Científica para el Desarrollo en Cooperación (Francia)
PRODEM	Proyecto de apoyo al Desarrollo en Microrregiones (CICDA, Bolivia)
UNALM	Universidad Agraria de La Molina (Perú)

## CITACIONES BIBLIOGRAFICAS

BOURLIAUD (J.), HERVE (D.), MORLON (P.), REAU (R.), 1988.- **Chakitaklla, estrategias de barbecho e intensificación de la agricultura andina**. Lima, ORSTOM-PISA, 104 p.

CHABERT (J.P.), HERVE (D.), MILLEVILLE (P.), 1990.- **Labours en pays de coopération**. Paris, AFMA, 112 p.



Mapa 1. Ubicación de los lugares citados en el texto

## INDICE

	páginas
INTRODUCCION: LAS LABRANZAS EN PERSPECTIVA <i>Dominique HERVE</i>	I
INDICE	V
PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION SOBRE LAS LABRANZAS <i>Dominique HERVE</i>	1
ANALISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS TRADICIONALES DE LABRANZA EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO <i>Desiderio FLORES, Wigberto ALTAMIRANO &amp; Jesús CARDENAS</i>	9
EL ARADO MESTIZO Y EL CESA <i>Luis REVILLA</i>	18
METODOS DE SIEMBRA DE ALFALFA EN LA COMUNIDAD DE SORA (PROVINCIA DALENCE DEL DEPARTAMENTO DE ORURO) <i>Raúl ESPINOZA &amp; Walter CASTRO</i>	30
EVOLUCION DE LA LABRANZA EN LA SERRANIA INTERSALAR <i>Hipólito QUISPE</i>	36
SERVICIOS DE MECANIZACION PRESTADOS POR UNA INSTITUCION DE FOMENTO EN LA ZONA DE PATACAMAYA (1989-1992) <i>Dominique HERVE &amp; Victor MITA</i>	49
EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO ARENOSO DEL ALTIPLANO NORTE <i>Vladimir ORSAG</i>	57
DINAMICA DE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO EN UN CULTIVO DE CEBADA, BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA Y TRES NIVELES DE MATERIA ORGANIZA, EN EL ALTIPLANO NORTE <i>Eliseo QUINO</i>	66
EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE ROTURACION CON ARADO DE DISCOS EN CULTIVOS DE QUINUA Y PAPA. ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIANO <i>Dominique HERVE &amp; David CONDORI</i>	74
EL SUBSOLADO COMO ALTERNATIVA EN EL ALTIPLANO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL SUELO <i>David RAMOS</i>	84
EVALUACION DE LA CALIDAD Y DEL COSTO DE ROTURACION CON ARADOS DE VERTEDERA Y DISCOS EN PARCELAS CAMPESINAS DEL ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIANO <i>Victor MITA</i>	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES <i>Vladimir ORSAG &amp; Dominique HERVE</i>	108



## PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION SOBRE LAS LABRANZAS<sup>1</sup>

Dominique HERVE\*

La presentación de la exposición *Labranzas en países de cooperación* ha permitido el encuentro de universitarios, constructores de aperos agrícolas, agricultores, en diferentes regiones peruanas y bolivianas. Las reflexiones que siguen permiten hacer un balance crítico de estos contactos, orientado hacia la prospectiva. ¿Qué pistas de investigación sobre el trabajo del suelo y la mecanización agrícola podrían ser priorizadas en el futuro?

La mayoría de las instituciones que se interesan en los aperos y en su utilización para el trabajo del suelo, se preocupan por concebir, construir y difundir prototipos mejorados de arados de tracción animal (Cifema, Herrandina, Ecuaruna, Cesa, Itintec, Junac-Padt rural, etc.). Algunas intentan responder a otros factores limitantes de la producción agrícola: siembra de granos pequeños, control de las malezas, trilla de los granos, conservación de los forrajes. El tema de la mecanización agrícola es debatido principalmente por tecnólogos y fabricantes de aperos.

La finalidad de estas instituciones es aumentar la productividad del trabajo a un costo reducido. Por consiguiente, es necesario evaluar las características del instrumento (forma, peso, materiales) y sus logros, el esfuerzo de tracción requerido, la capacidad de trabajo de la yunta, la velocidad de labranza y su dificultad para el operador. La preocupación esencial de los constructores, empresas privadas u ONG<sup>2</sup>, frecuentemente en competencia, es comparar, según su velocidad de trabajo, diferentes modelos del mismo instrumento o diferentes series de operaciones culturales, en las mismas condiciones experimentales. Los prototipos elegidos serán los más rápidos, los más ligeros, los más simples y los menos costosos.

La calidad de la labranza es en general evaluada con ayuda de las siguientes variables: ancho de trabajo, profundidad y regularidad de la labranza, tamaño, peso y alineamiento de los terrones volteados. Estas mismas variables fueron utilizadas en los concursos de labranza organizados por el Proderm en Anta (Cusco)<sup>3</sup>; los equipos de labradores no sólo son juzgados por su velocidad de trabajo. Pero estas observaciones no están relacionadas a las características del suelo del lugar (textura, estructura, pedregosidad, humedad)<sup>4</sup>, ni a la cantidad y naturaleza de la vegetación a enterrar, aunque estas variables tengan una influencia directa sobre la velocidad del trabajo. Resulta entonces difícil comparar los resultados con otras referencias y emitir un juicio sobre el estado del medio resultante de la labranza. Su efecto sobre la elaboración ulterior de una población vegetal no es tomado en cuenta. Se busca más bien una relación hipotética

---

\*Dr. Agr. ORSTOM, casilla 9214, La Paz, Bolivia.

<sup>1</sup> Se editó en francés una versión previa de este artículo en: Chabert J.P., Hervé D., Milleville P., 1990. *Labours en pays de coopération*, AFMA, París, 112 p.

<sup>2</sup> ONG: Organización no gubernamental.

<sup>3</sup> Un sindicato campesino organizó un concurso de labranza en Cusco el que fue evaluado por Rivero (Bouliand *et al.*, 1988). Luego el Proderm patrocinó, en Cusco, otros concursos de labranza y luego de irrigación.

<sup>4</sup> Raramente he encontrado medidas de humedad en el momento de la labranza, en los informes de investigación y las tesis que tratan sobre esta cuestión, consultados en Puno, Cusco (Perú) y Cochabamba (Bolivia).

técnica-rendimiento a partir de coeficientes de correlación. Este punto de vista responde a las preocupaciones del tecnólogo.

Dejemos lugar a los ingenieros agrónomos. Sus trabajos pueden dividirse en tres grupos:

*Publicaciones de coleccionistas apasionados*, que intentan clasificar los instrumentos que reúnen según su forma y su función. Se podría citar a David Luna Rueda, profesor en el Instituto superior técnico Santiago Antunez de Manolo (valle de Mantaro); Víctor Rivero, que propone distinguir cinco familias de chaquitacllas según el ángulo de curvatura del mango (Rivero, 1987) y Ramón Miranda, ambos cusqueños, y cuantos otros desconocidos. A diferencia de un museo capitalino, una exposición itinerante logra valorizar las colecciones regionales, a menudo guardadas en casas particulares<sup>5</sup>.

*Inventarios tecnológicos*, por zonas geográficas relativamente accesibles y con pendiente reducida (ver mapa), como Cajamarca, Huamachuco, Cusco, Puno, los valles interandinos amplios de Arequipa, del Mantaro (Huancayo), el Callejón de Huayllas (Huaraz), frecuentemente solicitados por los mismos tecnólogos que se interesan en las herramientas tradicionales. Estas descripciones de herramientas, que serían más completas si fueran estandarizadas, y de sus utilizaciones, según la zona de producción, el cultivo o la operación de cultivo (labranza, desterronamiento, siembra, deshierbe, aporcadura, irrigación, fertilización, cosecha, apaleo, cribado) son absolutamente necesarias para reagruparlas en familias y localizarlas. Reuniendo todas estas descripciones actualmente dispersas, es posible delimitar burdamente el área de extensión de cada gran familia de instrumentos: chaquitacllas, picos, azadones, arados. Se puede señalar la falta de referencias respecto a la barreta, utilizada para la labranza en los Andes del Norte y la cordillera occidental. Esta herramienta, de origen industrial, utilizada en las minas e introducida en la agricultura, es menos estudiada porque *no es tradicional*? Su forma, que privilegia la función de la palanca a la de penetración, se adapta a la roturación de las tierras pedregosas o invadidas por malezas con rizomas, como el dangora en Etiopía (un cartel de la exposición intitulado: *Desfondar con el dangora en las altiplanicies de Harar. Etiopía*). Se intenta definir así un marco de clasificación adaptado a los Andes, que permita aproximaciones y comparaciones con otras áreas geográficas.

*Pruebas en situación controlada* intentan, en general sin precisar las condiciones de uso del implemento, que varían según las características del suelo y del clima, encontrar "la mejor herramienta", controlando dos variables: el tiempo de trabajo y el rendimiento físico. Este último parece estar correlacionado muy irregularmente a las técnicas de trabajo del suelo, según el clima del año, el tipo de suelo o el cultivo cuyo enraizamiento es más o menos sensible a los obstáculos estructurales. La búsqueda de recetas debería ser sustituida por una obtención de referencias, sobre todo para nuevos instrumentos, diferentes a las herramientas de mano o a los instrumentos tradicionales de tracción animal. Reubicar los instrumentos de labranza y las operaciones de cultivo en el tiempo de una sucesión de cultivos permitiría integrar la gestión del descanso entre cultivos y asimilar mejor las funciones de estos instrumentos.

---

<sup>5</sup> Benavides, miembro del ICOM en el Perú, ha participado en el montaje de la exposición *Labranzas* en la Molina. Ha seguido con mucho interés, como el director del museo de antropología, esta experiencia de exposición itinerante.

Estas aproximaciones agronómicas relacionan de manera insuficiente el instrumento a las condiciones cambiantes de utilización y al estado del medio producido; muy a menudo, éstas continúan siendo descriptivas. Parece que la polivalencia de los instrumentos tradicionales, manuales o de tracción animal, es generalizada pero que cada uno conserva una utilización dominante. La clasificación de las labranzas por zona de producción homogénea o según sea la energía de tracción, humana, animal o mecánica, es inoperante, ya que el agricultor combina diferentes prácticas de cultivo, aún en parcelas vecinas: labranza y desterronamientos estrictamente manuales, labranza con arado de varias pasadas cruzadas, labranza con la chaquitacla luego desterronamiento con arado, labranza con el arado de discos (tracción mecánica), luego desterronamiento con rastra de discos, con el arado o incluso con la mano.

¿En este contexto, qué impacto ha podido tener la presentación de la exposición *Labranzas*? Solo tomaré dos ejemplos. El primero es en el Norte del Perú.

Por qué presentar la chaquitacla en Piura, región de colonización española reciente, y que jamás conoció ni utilizó esta herramienta, sino la pala para siembra en hoyos sobre chamicera?<sup>6</sup> En la costa peruana, la utilización del tractor se ha generalizado en los perímetros irrigados de las Sociedades Agrícolas de Interés Social (SAIS), desde la reforma agraria y gracias a la política de proteccionismo de las empresas nacionales de montaje, de importación y de distribución de tractores: Tractores andinos EPS y Enrique Ferreyros SA (Ordinola, 1989). No obstante, la parcelación de las cooperativas y de las SAIS ha ocasionado una diversificación de la producción para cubrir las necesidades alimentarias<sup>7</sup> y ha empujado al pequeño productor a reutilizar el arado metálico de reja y la tracción equina (mulas, burros o caballos). La "revelación" de la exposición *Labranzas* en Piura fue la presentación de un arado y de un yugo de vacunos, utilizados en la sierra de Piura (Alto Moropon, chalaca, Huancabamba, Santo Domingo) pero totalmente desconocidos en la costa donde fueron utilizados hasta 1920-1930. Los organizadores, profesores en la universidad, habían llevado la exposición hasta Piura para hacer conocer las prácticas de labranza de la sierra, confesando: "Piura vive con la espalda volteada hacia la sierra", aunque el agua de irrigación proviene de los valles que descienden de las cordilleras.

Se habrá necesitado una referencia explícita a la cultura andina, cuyo símbolo es la chacquitalia, considerada por los habitantes de la costa que se jactan de los progresos de mecanización como lejana, arcaica y extranjera en Piura, para tomar conciencia de una realidad muy próxima, desconocida por ser culturalmente despreciada, la de la sierra de Piura. El enfoque de la agricultura comparada, adoptado en la exposición, ha suscitado, en este caso, un descubrimiento de orden cultural: la costa peruana no puede ser totalmente separada de la sierra (montaña), así como la ciudad de Lima y sus migrantes provincianos no pueden

---

<sup>6</sup> Probablemente, la chaquitacla tuvo por origen una pala. El añadido de una lámina enmangada o aplicada y sobre todo de un estribo, hicieron un "arado a pie". De ahí el interés de explicar por qué en las regiones a orillas del área de extensión de la chaquitacla esta evolución tecnológica no se ha producido.

<sup>7</sup> Se puede observar una evolución similar en el altiplano de Puno: parcelación de las cooperativas en forma, en este caso, de empresas comunales, pero el impacto tecnológico es menos evidente; apropiación de la tracción mecánica, mejoramiento de los arados uncidos con introducción de rejas con vertederas?

serlo del conjunto del Perú<sup>8</sup>. Es otra manera de responder a la pregunta planteada dos párrafos más arriba.

Esta lectura "cultural" de la exposición la volvimos a constatar cuando se presentó en Bolivia (Oruro y La Paz). Con comentarios tales como: "Nos recuerda a nuestras culturas andinas que siguen adelante", o "da la oportunidad de conocer más acerca de lo nuestro". Los que anotaron sus impresiones en el cuaderno de visitantes expresaron su agradecimiento por el rescate, la revalorización de tecnologías tradicionales, originarias y autóctonas. Parece que esta percepción, centrada en las herramientas en sí, impidió un acercamiento al análisis comparado: "No me parece que deberían exponerse cuadros con costumbres ajenas a nuestro país". Parece necesaria una síntesis pero aparentemente cuesta: "Esta exposición de instrumentos de labranza nos permite unir nuestro presente con nuestro pasado y evitar un divorcio entre lo que somos y lo que fuimos".

¿Cuáles son los datos actualmente disponibles en materia de trabajo del suelo y de labranza? Se puede establecer un estado del parque material gracias a los datos del censo peruano de 1972, que deberían ser actualizados. Los instrumentos de trabajo del suelo están inventariados en este censo con el nombre de arado, sin distinción entre arado y arado de reja o disco y asimilando de manera incorrecta la chaquitacla a un arado (se hablaría más bien de un arado de pie). La entrada elegida es, en efecto, el tipo de energía de tracción<sup>9</sup>.

La estructura territorial en la sierra se presta poco para la mecanización: el 37% de las unidades de producción tienen menos de una hectárea, de las cuales el 67% tienen más de 10 parcelas y 44% de las unidades de producción tienen entre 1 y 5 hectáreas, tres cuartos tienen entre 2 y 9 parcelas. Pero los agricultores que utilizan el tractor alquilan generalmente este servicio para algunas parcelas, no para la totalidad de su explotación. De las 23 626 unidades de producción que utilizan el tractor, el 16% tienen menos de una hectárea, el 57% entre 1 y 5 hectáreas, el 13% entre 5 y 10 hectáreas y el 14% más de 10 hectáreas.

¿Qué alternativas tecnológicas se proponen para mejorar este parque material? Las dificultades encontradas en ciertas regiones, la calidad de madera requerida para la chaquitacla y el deterioro rápido de las correas de cuero utilizadas para atar la reja, el mango o el apoyo para el pie (cartel: *La Chaquitacla de los campesinos indígenas del Perú*) han obligado al constructor (Herrandina) a concebir piezas en metal, el mango, el apoyo para el pie y el puño, que sólo pueden adaptarse a una manga de chaquitacla derecho y de espesor homogéneo. Se ha demostrado que la manga curva da a la herramienta una mayor eficiencia que el mango derecho (Herrandina, 1986).

El arado mejorado (cartel sobre CIFEMA Bolivia: *un arado moderno combinado*) tiene una difusión mucho más amplia que el arado de reja, fijo o reversible, todos instrumentos de tracción animal. El cuerpo estrecho ofrece en el suelo menos resistencia, lo que permite un trabajo más profundo que el arado

---

<sup>8</sup> Este impacto cultural justificaría la presentación de esta exposición a los migrantes de la sierra en Lima, la capital peruana. Una vez desbloqueado este obstáculo cultural, se puede prever discusiones en torno a esta exposición sobrepasando los juicios estereotipados sobre lo tradicional y lo moderno, la jerarquía entre tracción animal y mecánica, etc.

<sup>9</sup> Esto supone una relación implícita entre el poder necesario para la manipulación de la herramienta o para la tracción del instrumento y la calidad del resultado de la labranza, relación criticada en Bourliaud *et al.* (1988).

tradicional en madera, y limita así el número de pasadas cruzadas para mullir el suelo. Su capacidad de trabajo varía según los modelos entre 29,4 h/ha y 20,4 h/ha, contra 50h/ha para el arado tradicional (Galindez, 1981). Los accesorios previstos para mecanizar toda la cadena de cultivo de la papa (deshierbe, trilla y cosecha) son mucho menos utilizados<sup>10</sup>.

Los arados de reja tienen un ancho de trabajo superior (25 cm); voltean la tierra enterrando la cobertura vegetal. Los modelos destinados en la sierra, que agregan una vertedera a la cama del arado tradicional (Itintec, Cesa) o que reemplazan este último por un cuerpo de arado metálico adaptado al timón de madera (Cifema, Herrandina), deben ser distinguidos de los arados metálicos con una pieza delantera formada por una rueda y unida al yugo por una cadena o una cuerda (10) (un ejemplo de estos últimos es el modelo "siglo veintiuno", utilizado en la costa: Chimbote, Tacna, Moquegua, Arequipa, según Salas (1988). Sólo disponemos de evaluaciones para los arados de sierra.

El arado de reja reversible tiene una capacidad de trabajo de 20.4 h/ha, superior a la del arado de reja fijo 25.6 h/ha. El tiempo de vuelta en punta de raya no ha aumentado, en relación al arado tradicional, gracias a un sistema ingenioso de báscula de la vertedera. Pero los modelos son aún muy pesados en relación al peso de los vacunos de tiro y no adaptados a las pendientes de más de 30% (Galindez, 1981).

Los instrumentos de tracción mecánica usados se limitan a dos: el arado de disco y la rastra de discos. Raros son los arados de reja o los cultivadores de dientes. El uso de monocultores provistos de un cuerpo de arado de reja, es totalmente marginal. El disco, menos costoso, es utilizado en condiciones de medio muy variadas, frecuentemente en humedades límites, con riesgos de creación de una suela de labranza. El arado de disco exige una fuerza de tracción inferior al arado de reja: entonces puede trabajar más rápido con ancho de trabajo igual pero más superficialmente.

Este inventario de implementos podría significar que existen alternativas tecnológicas, bastaría entonces con difundirlos. Es además la opinión común. J. Bourliaud *et al.* (1988) han subrayado, no obstante, la ausencia de alternativas tecnológicas intermediarias entre la chacquitalla y el arado de reja o de disco (tracción mecánica) para la labranza de la tierra en descanso y la falta de referencias adaptadas a una agricultura de pendiente (superior al 30%).

Al menos no han sido resueltos dos obstáculos en condición campesina: el costo de los materiales y la falta de crédito destinado a estos equipos, el peso insuficiente de los animales de tiro. Las modalidades y las condiciones de obtención del crédito orientado hacia la mecanización agrícola son mal conocidas; la alimentación de los vacunos, por lo tanto el aprovechamiento forrajero, no es tomado en cuenta. Además de estos límites, parece importante controlar el resultado del trabajo sobre el estado estructural del suelo labrado, control que corresponde al agrónomo. ¿Cuáles son los efectos de la labranza sobre el almacenamiento de agua en el suelo o sobre la sensibilidad a la erosión? ¿Cuáles son los problemas planteados por el laboreo post-roturación, o las posibilidades de labranza justo después de la cosecha? Son nuevas pistas para la investigación.

---

<sup>10</sup> Parece que el principal factor limitante es el costo de estos accesorios. En el altiplano, en situación topográfica plana, el arado tradicional es también utilizado para la cosecha de papa.

Sin embargo, muchas preguntas no fueron tomados en cuenta hasta ahora. ¿Qué agricultores se apropian de los nuevos materiales de trabajo del suelo, y cómo los utilizan? ¿Cuál es la demanda potencial de estos materiales, tomando en cuenta la evolución demográfica, las migraciones, el rol creciente de las mujeres en las actividades agrícolas, el costo de la mano de obra, la evolución de las superficies en descanso y en cultivo? Las necesidades de mecanización se perciben actualmente solamente a través de la opinión de los utilizadores de instrumentos aratorios o el número de implementos vendidos. Ocultan el hecho que una gran parte de la difusión se hace a través de proyectos de desarrollo públicos, privados o de cooperación internacional, lo que puede sesgar el impacto.

Las respuestas a estas preguntas necesitan análisis en otros niveles que no se limiten a la descripción de instrumentos y que sean realizados con la participación de otras disciplinas. Por ejemplo, la posibilidad de labrar tierras en descanso, o con pastos naturales depende de la disponibilidad de otros recursos forrajeros y de la evolución del número de animales del rebaño. No se puede comprender la apropiación de los agricultores de nuevos materiales (arados metálicos mejorados, tractores, etc.) sin analizar el funcionamiento de la explotación y sin detectar factores limitantes en la organización del trabajo, o la gestión de la tesorería (papel del crédito) o el funcionamiento.

Hemos subrayado que la investigación sobre el trabajo del suelo y la mecanización agrícola concierne diferentes escalas y toca diferentes temas: los estados del medio, resultados de itinerarios técnicos y de sucesiones de cultivos (no solamente de cultivos: existen efectos acumulativos), las unidades de producción (capital, mano de obra y organización del trabajo, ganadería), el paisaje agrícola, las condiciones de financiamiento de la agricultura. Esta investigación interesa pues a varias disciplinas: tecnólogos y constructores, edafólogos y especialistas en física del suelo, agrónomos, zootecnistas, economistas y sociólogos. Pero esta articulación de diferentes puntos de vista se tropieza con obstáculos conceptuales e institucionales.

La ausencia de colaboración entre disciplinas tiene dos orígenes:

- la falta de conceptualización del sistema de cultivo según la relación: itinerario técnico - estados del medio - elaboración del rendimiento y del funcionamiento del sistema de producción como una cadena de toma de decisiones técnicas;
- la total separación entre las disciplinas en el seno de las universidades. Por ejemplo, nos sorprendimos, en la Universidad agraria de la Molina (Lima, Perú), de la ausencia de contactos entre:
  - por una parte, los especialistas de ciencias del suelo (Facultad de agronomía) centrados en operaciones de inventario, de cartografía y de teledetección, o limitándose estrictamente al estudio de la fertilización química. El comportamiento físico de los suelos, poco tratado, es estudiado en relación a los riesgos de erosión, no en relación al trabajo del suelo;
  - por otra parte, los especialistas en maquinaria agrícola (Facultad de ingeniería agrícola), cuyas preocupaciones se unen a las de los tecnólogos y de los constructores de prototipos.



Esta situación de las ciencias del suelo no parece específica de la Universidad agraria de la Molina. Los suelos son descritos según la taxonomía edafológica norteamericana y caracterizados por su aptitud o vocación de cultivo (capacidad de uso mayor): cultivo anual o permanente, pasto, bosque o protección (anteriormente, ONERN en el Perú y CUMAT en Bolivia). Estas clasificaciones dan pocas enseñanzas sobre el comportamiento físico de los suelos. La pendiente que limita, para los suelos de montaña, el tipo de herramienta o de máquina utilizable y el tipo de labranza practicable, retienen más la atención que la textura o la humedad del suelo en el momento de la labranza...

Notemos que los conocimientos campesinos sobre los tipos de suelo y sus facilidades de trabajo son muy ricos e insuficientemente valorizados.

Las posibilidades de intercambio sobre estos temas entre agrónomos e investigadores en ciencias sociales parecen más lejanas. No obstante, la evolución de las técnicas es un componente esencial de la historia agraria y los limitantes en la ejecución de proposiciones técnicas en materia de trabajo del suelo son esencialmente económicos. Pero, ¿cómo interesar a planificadores y analistas de la política agrícola en el funcionamiento de las unidades de producción familiares?

## **BIBLIOGRAFIA**

BOURLIAUD J., HERVE D., MORLON P. & REAU R., 1988. Chakitaklla, estrategias de barbecho e intensificación de la agricultura andina. ORSTOM-PISA, Lima, 104 p.

CARRASCO J., 1979. Modificaciones y nuevos diseños de implementos agrícolas manuales y de tracción animal en la zona de alimentación X (Cajamarca). UNALM-ITINTEC, Lima, 193 p.

C.O.T.E.S.U., 1986. Herramientas e implementos agrícolas en los andes del Perú. Cotesu-Cordecusco. Cusco, Perú, 84 p.

FRANCO E., HORTON D., TARDIEU F., 1979. Producción y utilización de la papa en el valle del Mantaro. Resultados de una encuesta agroeconómica de visita única. Unidad de ciencias sociales, doc. de trabajo 1979-1, CIP, Lima, pp. 41-42.

GALINDEZ A., 1981. Diagnósis de los implementos agrícolas tradicionales, modificaciones y nuevos diseños en el arado de palo en el valle del Mantaro. Tesis para Ing. Agrícola, UNALM, Lima, 178 p. + anexos.

GONZALEZ E., 1988. Sistemas de mecanización en el cultivo de cebada de grano en Puno. DMA-PADI-UNALM, Lima.

HERRANDINA, 1986. Trabajos de investigación en herramientas e implementación agrícolas. Vol. I. Cordecusco-Unsaac-Cotesu, Cusco, 99 p.

HORTON D., TARDIEU F., BENAVIDES M., TOMASSINI L.E., ACATINO P., 1980. Tecnología de la producción de papa en el valle del Mantaro, Perú. Resultados de una encuesta agroeconómica de visita múltiple. CIP, Lima, pp. 22-25.

HUANCA E., 1988. Inventario y evaluación del desarrollo tecnológico de los equipos y herramientas empleados en la producción de cereales en el altiplano de Puno. Fac. Ingeniería Agrícola, dept. mecanización agrícola, UNALM, Lima.

MAEZONO L., OSHIGE A., 1980. Estudio de alternativas tecnológicas de implementos agrícolas en Cajamarca. Itintec, Lima, 273 p.

ONEC (Oficina nacional de estadística y censo), 1975. II Censo nacional agropecuario: 1972. Resultados definitivos a nivel nacional. Lima, 415 p.

ORDINOLA J., 1989. Mecanización y opciones de desarrollo agrario en Piura. CIPCA, Piura, 202 p.

RENGIFO G., 1983. Herramientas agrícolas tradicionales. Realidad y perspectivas de desarrollo de los Andes del Perú. Cotesu-Ccta, Lima, 262 p.

RENGIFO G., 1987. La agricultura tradicional en los Andes. Manejo de suelos, sistemas de labranza y herramientas agrícolas. Ed. Horizonte, Lima, 81 p.

RIVERO V., 1987. La chakitacla en el Mundo Andino. Herrandina, Cusco, Perú, 140 p.

ROMERO G., 1983. Análisis de la labranza en laderas y su influencia en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) en el Callejón de Huayllas. Tesis para Ing. Agrícola, UNALM, Lima.

SERRUTO G., 1978. Influencias de la roturación-inversión y roturación del suelo en el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum andigenun Juz et Buck*). Tesis Ing. Agrónomo UNTA, Puno.

VIVANCO C., 1985. Evaluación técnico-económica de los métodos de labranza y siembra del cultivo de cebada en el valle del Mantaro. Fac. Ingeniería Agrícola, UNALM, Lima.

XX. Manual de construcción del arado de palo mejorado con vertedera reversible. JUNAC-PADT rural - ITINTEC, Lima, 10 p.

XX, 1987. Mecanización agrícola en el Ande. Fundación Friedrich Ebert - Herrandina - Centro Peruano de Investigación Aplicada - Cordecusco, Lima, 80 p.



# ANALISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS TRADICIONALES DE LABRANZA EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO

*Desiderio FLORES<sup>1</sup>, Wigberto ALTAMIRANO<sup>2</sup> & Jesús CARDENAS<sup>2</sup>*

## INTRODUCCION

Desde que existe la agricultura, las herramientas agrícolas se han constituido en los instrumentos característicos de cada pueblo, por los materiales empleados en su construcción y por su forma y uso.

En el departamento de Oruro cuando se hablan de herramientas agrícolas, se constata una falta completa de información acerca de la descripción de las mismas y de los factores que determinan la existencia de una gran variedad de tipos, formas y usos de estas herramientas.

En la época Prehispánica, los tipos de herramientas agrícolas estaban determinados por las condiciones del suelo (textura, estructura), las condiciones climatológicas, el tipo de cultivo y los materiales locales para su construcción. En la actualidad, el uso y adopción de estas herramientas está condicionado además por la topografía del terreno, la tenencia de la tierra, la rentabilidad del cultivo y los rendimientos esperados.

El presente trabajo, realizado en 1991, es un intento de recopilar información sobre las herramientas agrícolas (Rural Development Services, 1979; Asparedue, 1989) con el propósito de conocer los tipos, las formas, las funciones y las condiciones de trabajo. Se realizó un análisis comparativo de las mismas en diferentes comunidades, en particular la comunidad de Quillacas, y finalmente una aproximación geográfica del uso de éstas herramientas en el departamento de Oruro. Para el análisis comparativo de las herramientas agrícolas se ha optado por clasificar a las mismas de acuerdo a su principal función.

## MATERIALES Y METODOS

El departamento de Oruro tiene un clima semiárido, se encuentra ubicado a 3970 msnm, su fisiografía esta constituida por la Cordillera Occidental, un paisaje altiplánico en la región Oriental con suelos generalmente poco fértiles.

El trabajo se realizó mediante visitas efectuadas a varias comunidades de las provincias del departamento de Oruro, aprovechando la oportunidad de una "**exposición de herramientas nativas**" presentada en febrero de 1991, en una comunidad pequeña llamada Quillacas, ubicado al sud del lago Poopo.

Encuestas a los agricultores y una revisión de la literatura existente permitieron determinar el tipo de herramientas usadas, dimensiones y peso de las distintas partes de los aperos.

---

<sup>1</sup> Agr. Extensionista PAC-I, Oruro.

<sup>2</sup> Agr. Agentes de Extensión Agropecuaria IBTA-Oruro.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la época prehispánica todo el proceso de producción agrícola estaba dirigido a la construcción de andenes, excavación de canales, preparación del terreno, siembra, labores culturales y cosecha, empleando únicamente la fuerza humana. Actualmente muchas regiones aun practican la labranza llamada "a brazo o manual" especialmente en laderas de la región occidental.

### Herramientas para barbecho y siembra

#### Arados de pie

Los arados de pie son los más utilizados para ésta función, conocidos también con diversos nombres: *chaquitacla* ó *tacla*, *huiso*, *uwana* ó *iwana* y *yapuchaña*, dependiendo de la región y el idioma (aymara ó quechua). Se caracterizan por el empleo de la fuerza humana (piernas y brazos) constituyendose además en herramientas de uso múltiple para las diversas actividades agrícolas.

La construcción y forma del "arado de pie" es diferente en cada región. Los materiales empleados para su construcción fueron principalmente: madera, piedra (lasca de canto rodado) actualmente remplazada por hierro, cobre y lianas de cuero de llama para las uniones, tal como se observa en las figuras 1 a y b.

La *uwana*, que tiene como origen las localidades de Quillacas y Pampa Ullagas en la Provincia E. Avaroa, es un instrumento que se utiliza para barbechar y sembrar papa y cebada (figura 1a). Con este instrumento pueden barbechar entre 3 a 4 personas por día solo dos cajones (aprox. 0.04 ha).

Figura 1a. Uwana

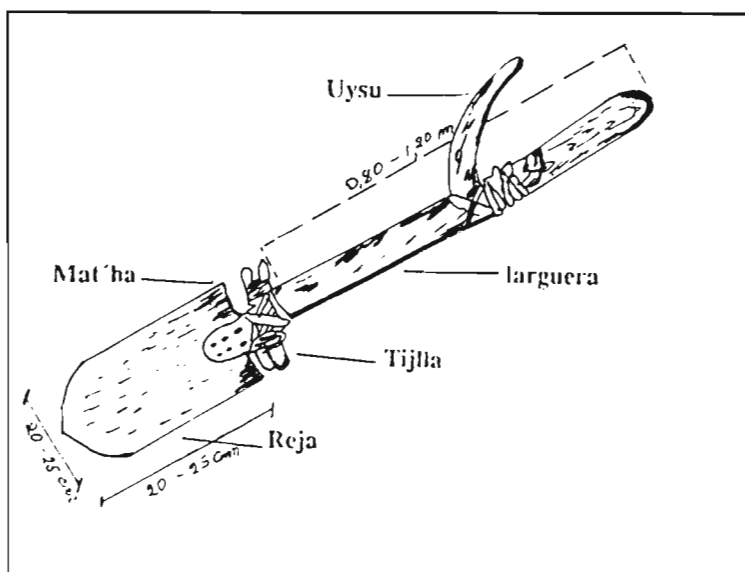


Fig. 1 a. Uwana

Fig. 1b. Chaquitacla

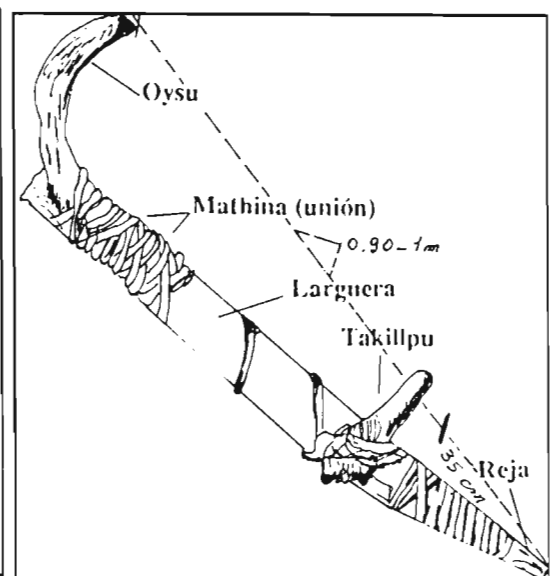


Fig. 1 b. Chaquitacla

La *uwana* está formada por palos de *t'hako*, lianas de cuero de llama y una plancha de fierro. Tiene como componentes: el *oysu*, considerado como manubrio; la pisadera como *tijlla*; las lianas que sirven para sujetar como *mat'ha* y la plancha plana de fierro llamada reja que tiene aproximadamente 20 a 25 cm de ancho y 20 a 25 cm de largo, parecida a una pala angosta, cuyo peso es considerable. Todo lo anteriormente mencionado está soportado por una larguera recta y plana de 0.80 a 1.20 m de largo, que pesa aprox. 4 a 5 kg. Este instrumento de laboreo es conocido también como *taclla* o chaquitacla. La modalidad de inserción de la reja a la larguera es aplicando tuercas, lo que diferencia esta herramienta de la chaquitacla de la figura 1b.

La chaquitacla de la figura 1b tiene como origen a la comunidad de Antin Curahuara en la Provincia Carangas. Los materiales utilizados para su construcción son los mismos que para la anterior. El peso del mango es 4 kg y el de la reja 1.5 kg haciendo un total aproximado de 5.5 kg. El ángulo que forma la reja con el mango es de 90°. El largo del mango curvo es de aprox. 0.90 a 1 m, el de la reja 35 cm, del mismo ancho del palo, terminando en una punta. La modalidad de inserción de la reja sobre el mango en este caso es el amarre.

La profundidad de barbecho con ambas herramientas, varía entre 20 a 25 cm; la diferencia está en que la *uwana* trabaja solo en suelos de textura liviana.

### Arados de palo

A partir de la conquista de los españoles, se introduce la fuerza animal en la labranza de las tierras y otras labores agrícolas. Las herramientas que tenían materiales de piedra y cobre son reemplazadas por el fierro, además se introducen nuevas herramientas como: hoz, rastrillo, pala, picota y azadón. El empleo de la fuerza animal en el laboreo de las tierras no se pudo generalizar en el altiplano, ya que en la actualidad existen zonas donde solamente se emplea la fuerza humana en todas las labores agrícolas.

El yugo es empleado para unir la tracción animal con el timón del arado. Está compuesto por una viga, una pieza simple con dos cortes semiovalados, los que se ajustan para sujetar el yugo en los cuernos del animal con un cuero de 3 a 4 metros de largo (*cuyonta*). El *tuyu* es un anillo de cuero de llama que se ubica al medio del yugo; está diseñado para unir el yugo con el timón con la ayuda del clavijo (figura 2).

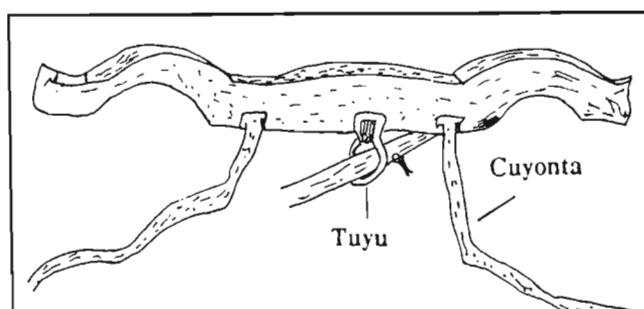


Fig. 2. Yugo

El arado de palo, conocido también en nuestro medio como "arma", está compuesto por las siguientes partes (figura 3): a) la mancera, b) el arado propiamente dicho, c) la espejera, donde se ubica la reja, d) la reja, e) la telera o tilira que une el timón con el arado por medio de una "cuña", f) el eje del arado ó timón y g) el clavijo o pasador del timón que une el eje del arado al yugo.

El peso total es aproximadamente de 12.5 kg. El ángulo de la reja con relación a la vertical es de 45°. La reja mide 50 cm, es punteaguda y se une al arado por un sistema de amarre. La profundidad de trabajo varía de 15 a 30 cm según los arreglos deseados.

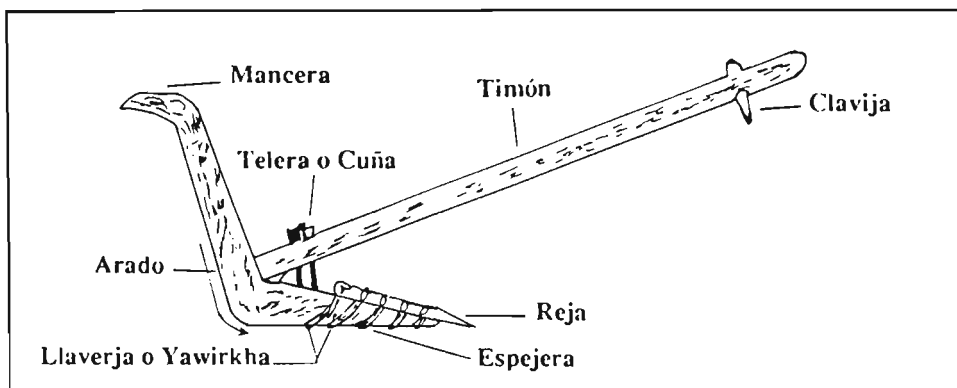


Fig. 3. Arado de palo

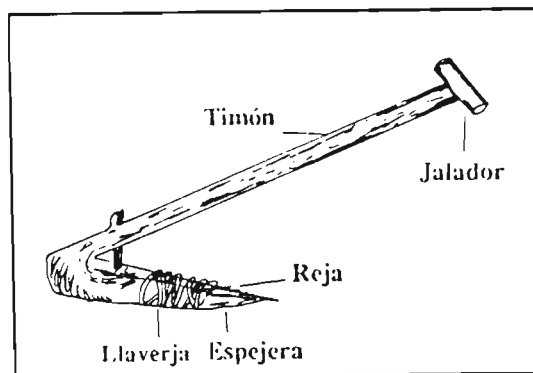
Los arreglos de las tres partes más importantes del arado de palo permiten modificar las características del laboreo:

- la telera determina el ángulo del timón, regulado en función a la profundidad requerida,
- la reja, también según su posición en la espejera, determina la profundidad de siembra;
- la clavija se ubica en el extremo del timón, según el tamaño del animal.

El arado de palo es empleado en múltiples tareas agrícolas, principalmente para la preparación del suelo, la siembra en surcos, el aporque y algunas veces para aflojar el suelo antes de la cosecha de tubérculos.

El arado de palo está muy difundido en el departamento de Oruro. El origen preciso es muy relativo, se piensa que puede ser Cantu Santa Ana de la Provincia Cercado. Su vida útil se estima entre 5 y 8 años. Las condiciones para su uso no son tan limitadas como las chaquitaclas; los suelos pueden ser desde arenosos hasta arcillosos, normalmente se puede trabajar en topografía plana pero también en terrenos accidentados hasta con un 40% de pedregosidad.

La surcadora manual de hortalizas ilustra una posibilidad de modificación del arado de palo, para emplear la fuerza humana. Se caracteriza por la ausencia de la mancera y del clavijo (figura 4). Actualmente se utiliza en las comunidades de la región de Paria, Iruma, Jachuma, Soracachi, Calapata y Obrajés, en la siembra de zanahoria y trasplante de cebolla, en terrenos mullidos y nivelados.



**Fig. 4. Surcadora manual de hortalizas**

El peso total de esta surcadora es 8.5 kg. Está construida de madera, el timón es del mismo largo que del arado, en el extremo del timón se tiene una especie de jalador de dos manos para ser jalado por una persona. El largo de la reja es 20 cm, es punteaguda y forma con el timón un ángulo de 35°. Esta surcadora puede tener una vida útil de 10 años. Trabaja mayormente en suelos de texturas livianas hasta franco arcillosas, preferentemente en topografía plana pero sin pedregosidad; la profundidad de trabajo es de 10 a 15 cm.

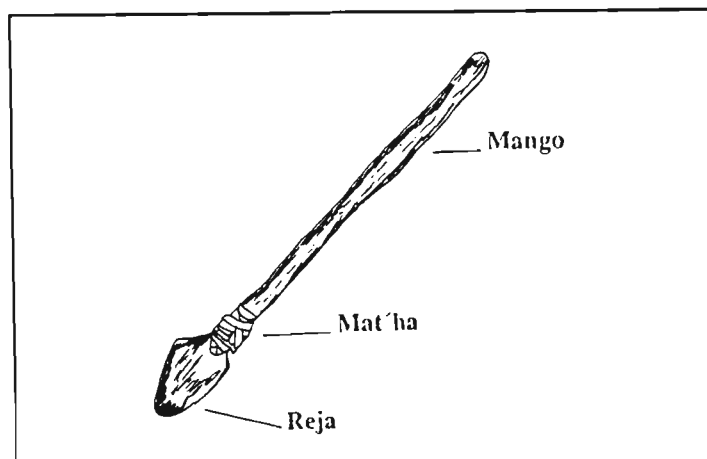
### **Taquiza**

Este instrumento, recolectado de Bengal Vinto, es utilizado, a manera de lanza, principalmente para la siembra de quinua en hoyos; otros lo utilizan para barbechar en serranías altas para el cultivo de papa. Su vida útil varía de 10 a 15 años.

La *taquiza* está formada por las siguientes partes (figura 5):

- **Mango** de palo, también de *t'hako*, peso aproximado de 0.5 kg, 73 cm de largo.
- **Mat'ha**, correa de cuero de llama, que une por amarre el mango y la reja.
- **Reja** de hierro en forma lanceolada que pesa menos de 1 kg y mide 20 cm de largo.

Se utiliza con preferencia en terrenos arenosos, en topografía plana y sin pedregosidad. De acuerdo a datos proporcionados por los comunarios, antiguamente en la punta se utilizaba material lítico, actualmente reemplazado por el hierro. Aún en ésta zona se pueden ver restos de este instrumento con punta de piedra, bien pulida y gastada.



**Fig. 5. Taquiza**

## Herramientas para quebrar terrones y desyerbar

### *Kupana*

Estas herramientas, que reciben diferentes denominaciones: *k'horañas*, *huyppu* y *maruma*, se emplean para quebrar y mezclar terrones, *ch'ampas* ó *kurpaskupana*. Son importantes para la preparación del terreno (labranza secundaria). El material empleado en su construcción es madera y piedra, adoptando diversas formas como la cabeza gruesa pero corta o larga y delgada (figura 6).

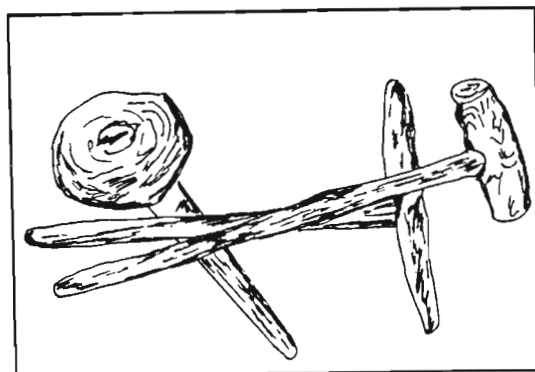


Fig. 6. Kupanas

### *k'horaña*

Este instrumento, utilizado en Cantu Santa Ana de la Provincia Cercado, es utilizado principalmente para eliminar las malezas en los diferentes cultivos. Los comunarios lo construyen de planchas de fierro en forma de azadón. Algunas *k'horañas* son construidas de "sunchos" que son lianas metálicas delgadas y planas que sirven para amarrar paquetes (figura 7). Su vida útil varía de 5 a 8 años; pesa 1 kg (mango = 0.5 kg y reja = 0.5 kg), el largo del mango mide aproximadamente 50 cm.

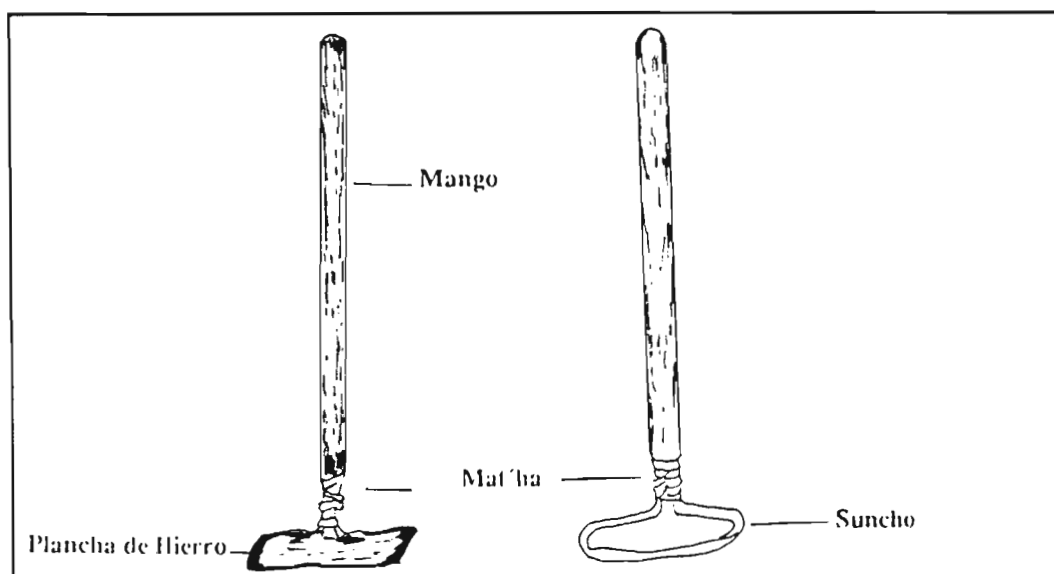


Fig. 7. K'horañas

## Herramientas para cavar y cosechar

Las herramientas empleadas para cavar, aporcar y cosechar reciben diferentes nombres: *liwkana*, *allaka*, *lijwana* y *chontilla*. Son construidas de madera, piedra ó cobre actualmente sustituido por el hierro y lianas de cuero de llama.

### *Liwcana*

La *liwkana* (figura 8) es un instrumento muy usado en toda la región altiplánica de Oruro. Tiene mayor uso en las regiones de Caihuasi, Challapata, Quillacas y Salinas, para la cosecha de papa. En algunos lugares y en terrenos pequeños se utiliza complementariamente para el barbecho (*k'hollir*).

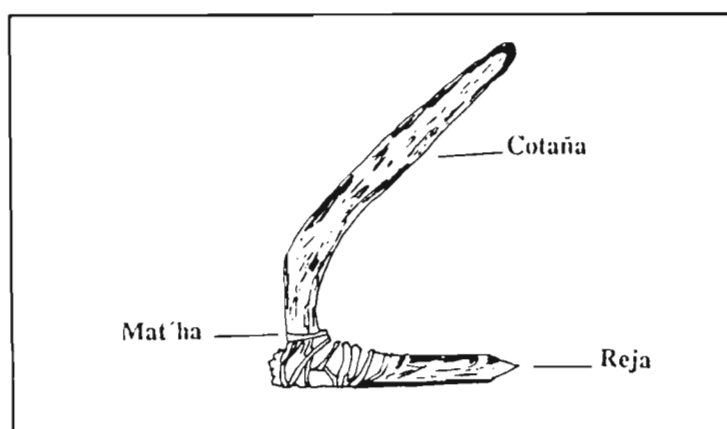


Fig. 8. Liwkana

Este instrumento está formado de las siguientes partes:

- **Cotaña**, mango de palo especialmente de *t'hako*. Este material se consigue en los valles de Mizque, cuando realizan migraciones temporales llevando sal en llamas. Pesa 1.0 kg y mide 57 cm de largo.
- **Mat'ha**: es una liana especial de cuero de llama, que sirve para sujetar o unir la reja con la *cotaña* mediante un sistema de amarre.
- **Reja o liwkana** propiamente dicha, antiguamente hecha de material lítico, posteriormente de madera. Actualmente ha sido sustituida por hierro, generalmente de muelles deshechados de carro al que le dan diversas formas. Pesa 0.5 kg y mide 24 cm de largo, tiene la forma de una punta de flecha.

La *liwkana* se utiliza especialmente en suelos livianos, de topografía plana y escarpada, de pedregosidad regular. La profundidad de trabajo varía de 10 a 30 cm. La pueden utilizar indistintamente hombres o mujeres a partir de los 14 años de edad. Con este instrumento 2 a 3 personas por día sólo pueden barbechar al rededor de medio cajón 0.01 ha (10x10 m).

## Herramientas complementarias a las labores agrícolas

Entre las más importantes podemos mencionar:

- la picota, empleada en la apertura de canales, barbecho, desterronado, aporque e incluso en la cosecha de tubérculos;
- la pala o lampa, utilizada en el riego, nivelado de suelos y aporque;
- la hoz, utilizada para segar quinua, cebada, trigo y para cortar paja;
- el rastrillo, empleado en el nivelado y limpieza del terreno;
- la mortaña, utilizada en la cosecha cuando inicialmente se ha aflojado el terreno con el arado de palo;
- la azuela, empleada en el labrado de la madera, principalmente en la fabricación del yugo, arado de palo, mangos para picotas, *liwcanas* y otros (figura 9).

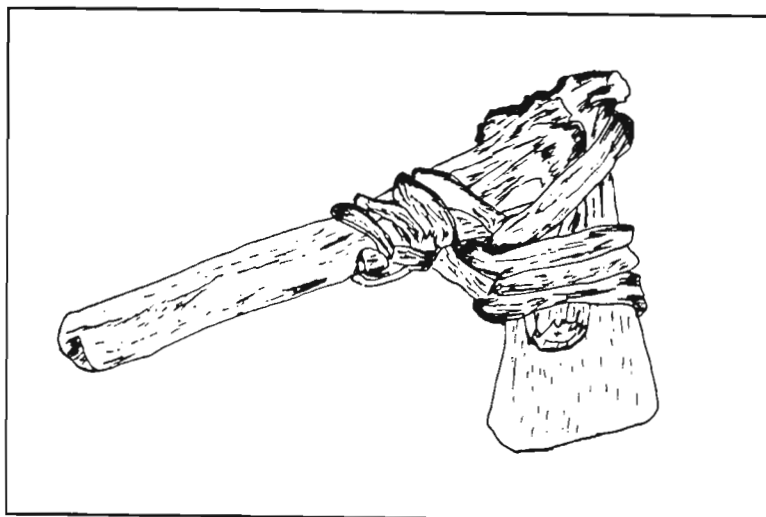


Fig. 9. Azuela

## CONCLUSION

En el departamento de Oruro existe una gran variedad de herramientas tradicionales de labranza. Los más difundidos y usados para el barbecho son los arados de pie, pero ocasionalmente son usados en otras labores como la siembra. Sus formas varían de acuerdo a la región principalmente y a las condiciones del trabajo. El mayor uso de estas herramientas en el departamento se halla en la región occidental abarcando las provincias de Carangas, Avaroa, Dalence, Litoral, Saucarí, Cercado y en menor grado Tomás Barrón y las formadas por altiplanicies.

Si bien el empleo de los instrumentos de tracción humana implica una elevada inversión de mano de obra, comparado con los de tracción animal y motriz (cuadro 1), el aspecto económico es preponderante para que los comunarios adopten el sistema mecánico de preparación de sus tierras. Además, estos sistemas nuevos deben compatibilizarse con una conciencia de tipo conservacionista que se ha creado en cuanto se refiere al uso de la tierra, por las amargas experiencias que se tuvieron en años pasados.



**Cuadro 1. Comparación de las labores agrícolas empleando fuerza humana, animal y motriz para el cultivo de una hectarea de papa (promedio de tres años)**

	SOLO CON FUERZA HUMANA	CON TRACCION ANIMAL Y FUERZA HUMANA	SOLO CON TRACCION MOTRIZ
Preparación del terreno. Labranza primaria (barbecho)	50 días trabajando cuatro personas por día, con dos uwanas o chaquitacllas	12 días, trabajando dos personas por día, en este tiempo se realiza la rayada más dos cruzadas	4 a 5 horas con arado de discos
Desterronado, rastrado o mullido del suelo. Labranza secundaria	10-15 días trabajando dos personas por día con k'upanas o k'horañas	4 días trabajando una sola persona por día con pala o pico	2 a 3 horas con rastra de discos
Siembra	3-4 días trabajando seis personas por día, con dos uwanas o chaquitacllas	2 días trabajan tres personas con arado de palo	2 a 3 horas con sembradora
Aporque	14 días trabajando una persona por días con liwcanas	2 días trabajando dos personas por día con arado de palo	2 a 3 horas con aporcadura
Cosecha	5 a 6 días trabajando cuatro personas por día, con liwcanas	5 a 6 días trabajando cuatro personas por día, con liwcanas	8 a 10 horas con cosechadora

## **BIBLIOGRAFIA**

ASPADERUC, 1989. Nuestras herramientas, Vol. 4, Edit. OCISA; pp 20-21-36-37.

RURAL DEVELOPMENT SERVICES, 1979. Nuestros conocimientos, Vol. 1 Altiplano, pp. 32-39.

# EL ARADO MESTIZO Y EL CESA<sup>1</sup>

Luis REVILLA SANTA CRUZ<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

En las décadas de los setenta y ochenta, bajo la influencia de las ideas de Shummacher, expresadas en su obra "Lo pequeño es hermoso", muchas organizaciones comenzaron a desempolvar viejas herramientas de los agricultores europeos, utilizadas a comienzos del presente siglo y también a revisar la validez de diferentes instrumentos utilizados por los agricultores del Tercer Mundo.

El propósito que animaba el trabajo se enmarcó en el supuesto de que, si una herramienta era válida para un agricultor europeo, lo era también para el agricultor andino o del tercer mundo. Sin embargo, se reconocía la posible necesidad de realizar algunas modificaciones y demostrar a los agricultores, las bondades de las herramientas a introducir. A esta opción de desarrollo rural se le vino a llamar **tecnología adecuada, tecnología intermedia o tecnología apropiada**, según quien o quienes la impulsaran. Alrededor de estas denominaciones, se desencadenó profundos debates sobre la concepción que expresaba cada una de ellas, en función de demostrar quiénes tenían la opción correcta. Las manifestaciones más conocidas de estas corrientes se expresaron en los trabajos para el mejoramiento del arado de tracción animal, las trilladoras manuales, las limpiadoras de granos, los molinos de viento, etc.

El CESA, entidad dedicada al apoyo de las estrategias campesinas de subsistencia, no estuvo ajena a esta corriente de buscar alternativas tecnológicas que mejoraran el trabajo agrícola y, al mismo tiempo, reducen el tiempo invertido, **para lograr disminuir el esfuerzo físico desplegado por los agricultores**. Allá por el año 1987, establecimos los primeros contactos con una empresa de propiedad social de Huancayo (zona central andina del Perú) donde un grupo de ingenieros, diseñadores y trabajadores de la planta mecánica (TAPROCAM) trabajaban en la producción de arados de tracción animal y variedad de prototipos de herramientas y pequeñas máquinas para la actividad agrícola. Las demostraciones de campo con estos arados metálicos de tracción animal, influyeron positivamente en la idea de encontrar una solución a la preparación de los suelos con tracción animal. Como consecuencia, se adquirió un pool de las herramientas producidas por esta empresa y las trasladamos a la zona sur andina del Perú, para difundirlas a los campesinos. Sin embargo, la categórica opinión campesina se expresó en que **estos arados eran muy pesados para sus animales** y que por ello no era factible usarlos.

Esta primera dificultad no amilanó al CESA; por el contrario, la asumimos como un desafío factible de ser superado en base a la capacidad técnica de nuestro personal profesional. Se decidió, entonces, implementar un Taller de Desarrollo de Tecnologías Adecuadas, con el propósito de subsanar las deficiencias expresadas por los campesinos y poder desarrollar un arado liviano de tracción animal y que

---

<sup>1</sup> CESA: Centro de Servicios Agropecuarios. Apto. 105, Cusco, PERU.  
Urb. M. Pumacahua, C-14 WANCHAQ, CUSCO.

<sup>2</sup> Ing. Agr., Coordinador Ejecutivo del CESA.

esté de acuerdo a las expectativas campesinas. Es en este contexto que se trabajó en la construcción del arado mestizo en base a pequeñas modificaciones del arado de TAPROCAM, para posteriormente replantear sustancialmente la arquitectura del mismo.

## OBSERVACIONES PRELIMINARES

La mecanización agrícola en Los Andes altos se encuentra poco desarrollada, porque, pese a la publicidad, no ha logrado desplazar al arado de madera de tracción animal. Las razones son contundentes: la topografía extremadamente accidentada de las zonas altoandinas, la dispersión, tamaño y fragmentación de las parcelas, la falta de vías adecuadas de acceso. La energía humana (p.e. para el uso de la chaquitacla) y la tracción animal bovina del lugar continúan siendo las fuentes principales de energía para la labranza de los suelos, interiorizadas a la vida cotidiana del campesino.

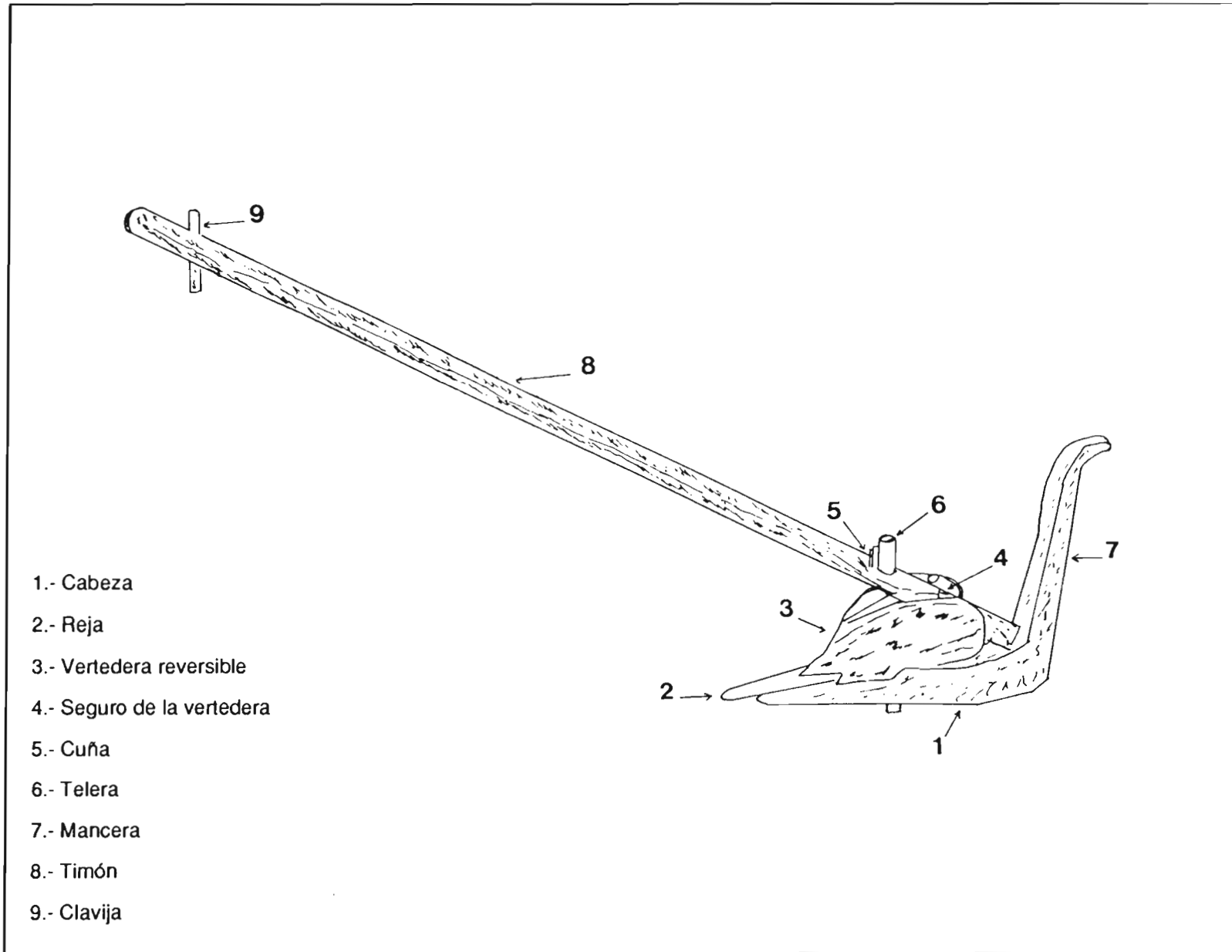
Se observa que el arado tradicional de madera es parcialmente deficiente en la preparación de suelos duros, en particular para el barbecho y el "rompe". Por lo tanto, había que superar esas limitaciones. Se buscó mejorar la eficiencia del arado metálico de TAPROCAM. El diseño, construcción, sometimiento a pruebas de campo y su divulgación necesitaron, por el Area de Taller de Tecnología Adecuada del CESA, 5 años de investigación y experimentaciones. Se diseñó un arado para tracción animal, relativamente ligero con aletas metálicas y que, a su vez, podían ser reemplazadas por una vertedera reversible y una cosechadora, principalmente de tubérculos. A éste denominamos **arado mestizo**, el mismo que fue sometido a evaluaciones de campo bajo las particulares condiciones de trabajo de campesinos comuneros altoandinos.

## EL ARADO MESTIZO

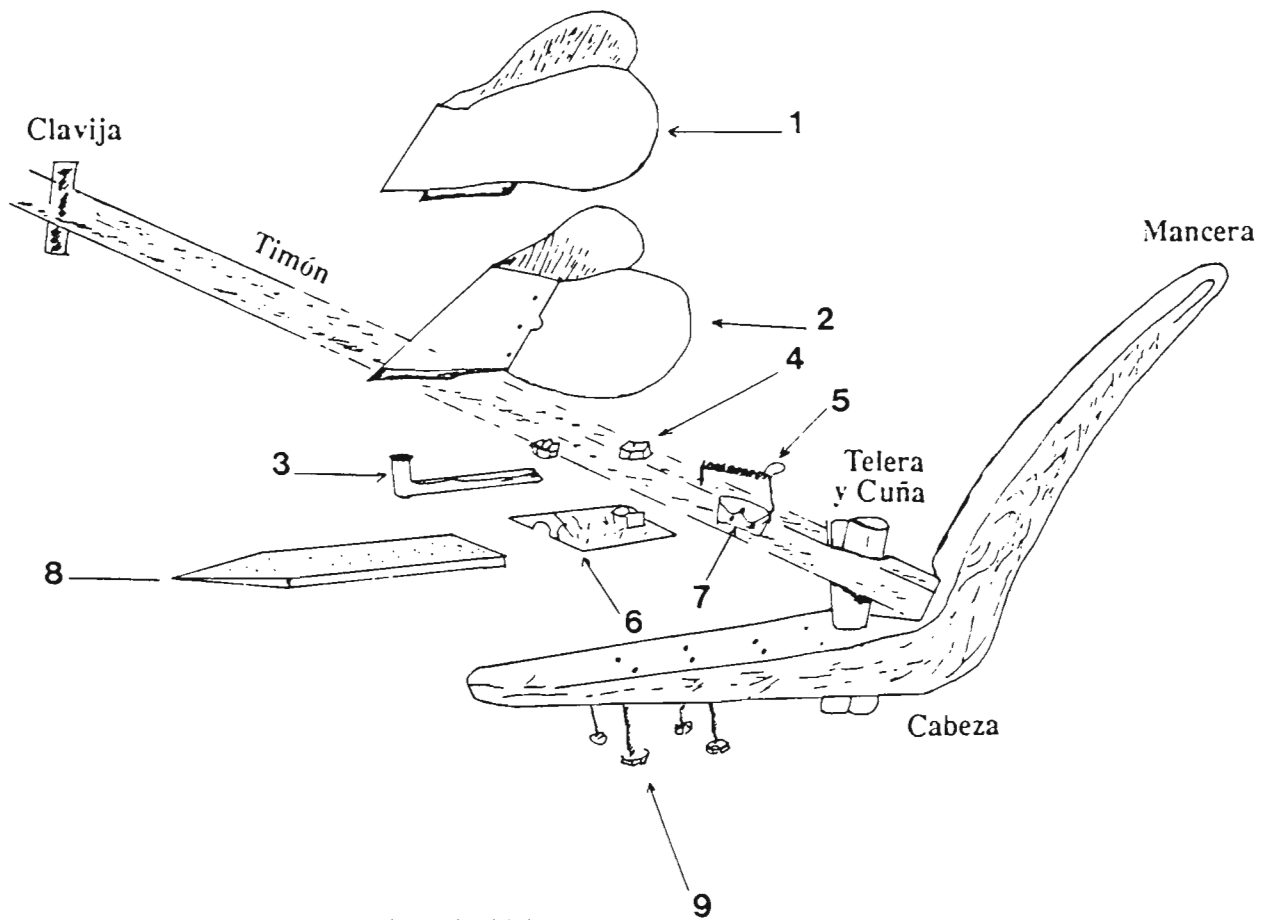
El arado mestizo y el tradicional son idénticos en cuanto se refiere a estructura y dimensiones. Se decidió incorporar al arado de palo del agricultor accesorios que no alteren los hábitos de manejo de la yunta y que posibiliten una diversidad de trabajos en función de su eficacia productiva. Las características físicas de este arado fueron: el timón 3.20 m. de longitud, la clavija 0.25 m. la mancera 0.65 m, la cama 0.70m, la telera 0.50 m.; todas estas partes son estructuras de madera (figura 1). En cambio, la reja: 0.50 m. de longitud, por 0.05 m. de ancho y 0.01 m. de espesor es fabricada generalmente de metal acerado (muelles en desuso de automotores).

El arado mestizo trabaja a 14.20 cm. de profundidad, con un ancho de surco de 22.50 cm. y una velocidad de trabajo de 0.71 m/s. Su costo es de \$us 95.00, más caro que el costo del arado tradicional, el cual tiene un costo de \$us 25.00. Varios accesorios son incorporados al arado de madera (figuras 2 y 3).

- **La vertedera reversible**, implemento metálico que pesa 3 kg, sirve para preparar el terreno. Su diseño facilita voltear la tierra hacia la derecha y a la izquierda permitiendo evitar surcos muertos. Es fabricada de una plancha metálica de 1/8" de espesor, con una longitud de 0.45 m. y 0.25 m. de ancho, y que se incorpora mediante un pin metálico de forma



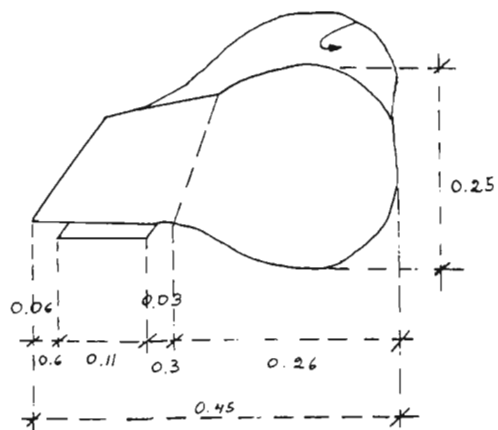
**Fig. 1. Arado mestizo**



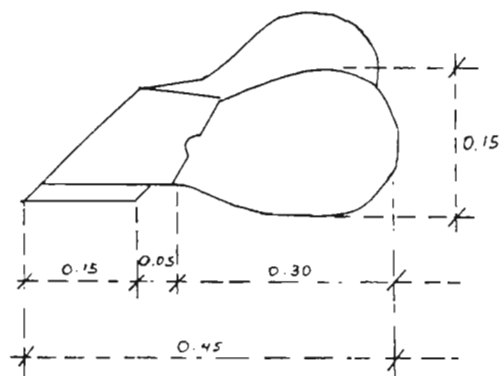
- 1.- Vertedera reversible tipo semi - helicoidal
- 2.- Surcadora - aporcadora
- 3.- Pin de la vertedera reversible
- 4.- Tuerca de seguridad de la platina a la cabeza
- 5.- Tornillo del 1"
- 6.- Platina de hojales
- 7.- Seguro de vertedera
- 8.- Reja con varios orificios que permiten graduar el punto de ataque.
- 9.- Perno de seguridad de la cabeza reja y platina de 3 X 1/4"

**Fig. 2.- Montaje del arado mestizo**

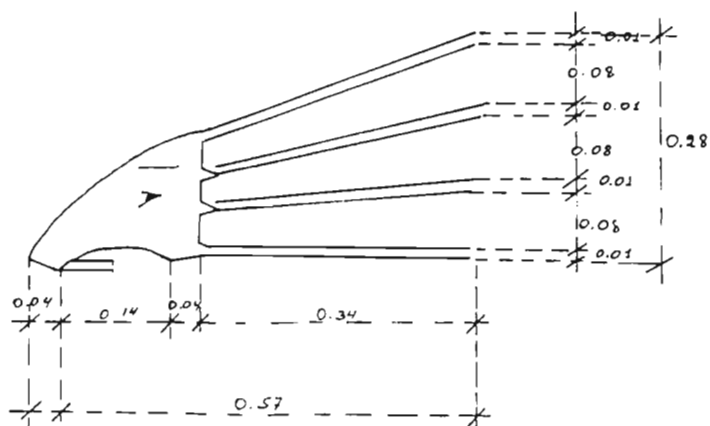
Plancha de 1/8"



VERTEDORA REVERSIBLE Peso 3 kg  
Esc. 1:10



SURCADORA APORCADORA Peso 3 kg  
Esc. 1:10



COSECHADORA DE TUBERCULOS Peso 25 kg  
Esc. 1:10

Figura 3. Componentes del arado mestizo

"L", cuyo componente más largo es de sección cuadrada de 5/8" de espesor por 6" de longitud, y la parte corta es de sección redonda de 3/8" de diámetro por 2" de longitud.

- **La surcadora-aporcadora**, implemento de 3 kg con dos aletas graduables, utilizado en terrenos convenientemente preparados. Abre surcos de 0.20 m. hasta 0.50 m. de ancho, sirve también para hacer el aporque de los diferentes cultivos. Está fabricado en una plancha metálica de igual longitud que la vertedera reversible. Varía la graduación de sus aletas de 0.15 m. de ancho por 0.50 m. de longitud.
- **La cosechadora de tubérculos**, se utiliza para agilizar la cosecha de tubérculos. Está conformada por una platina de forma trapezoidal y cóncava (pesa 2.5 kg), cuya base menor es de 7 cm. Es por donde se fija a la reja del arado. La base mayor es de 25 cm y tiene adheridas 6 varillas de 3/8 de pulgada y 40 cm de longitud, la altura del trapecio es de 20 cm.

## ESFUERZO REQUERIDO PARA ARAR

Los arados requieren de esfuerzos de tracción por parte de la yunta. El **arado mestizo con vertedera** requiere de un esfuerzo mayor para su tracción, que es absorbido de la siguiente manera:

- por la cuchilla de corte vertical: 20% del total,
- por la cuchilla de corte horizontal: 50% del total,
- por la vertedera (volteo): 10% del total,
- transporte en vacío: 20% del total.

Por su parte, el **arado simétrico (tradicional)** echa la tierra a ambos lados y no voltea el prisma de tierra, pues su función es la de remover superficialmente el terreno de cultivo. Las fuerzas en juego son absorbidas de la siguiente manera:

- absorbido por la reja en un corte horizontal: 70% del total,
- remoción de abajo hacia arriba y pared lateral: 25% del total,
- transporte en vacío: 5% del total.

Para un mismo suelo, el **esfuerzo de tracción** (kg/f) aumentará con el volumen de la tierra movida y con la profundidad y ancho de la faja de tierra. Este se mide con un dinamómetro de tracción que, en su forma más simple, es una balanza de resorte capaz de soportar y registrar la fuerza necesaria para realizar esta operación.

La **velocidad** (distancia recorrida en la unidad de tiempo) está directamente relacionada con el esfuerzo requerido. Así, un mayor esfuerzo requerido por determinados arados tendrá como consecuencia una menor velocidad para la labranza.

Finalmente, la **intensidad de trabajo** o potencia que puede rendir la yunta en un cierto tiempo depende del valor del esfuerzo medio que puede desarrollar la yunta y de la velocidad con la que puede trabajar. Se expresa generalmente en caballos vapor (CV).

## REGULACION DE LOS ARADOS

La profundidad del arado simétrico o tradicional se regula con la telera y la cuña, en el ángulo formado por el timón con la cabeza. Subiendo o bajando el timón se puede regular la profundidad deseada. También se regula con el falzón (inserción del yugo al timón), alargando o acortando el timón; se alarga para mayor profundidad, se acorta para menor profundidad. El ancho de corte se regula con el talón del arado de palo inclinando a la derecha y a la izquierda por parte del gañán.

Para el arado mestizo con vertedera, la profundidad se regula con el falzón y con la telera en el ángulo formado por el timón con la cabeza de la yunta. El ancho de corte se regula con la vertedera que voltea el prisma de tierra en forma uniforme, el ancho de corte es de 22.50 cm.

## ALGUNOS RESULTADOS DE LA OBSERVACION

En 7 parcelas escogidas en diferentes comunidades campesinas, se evaluaron algunas variables para calificar la labranza con arado mestizo en comparación al arado tradicional.

La campaña agrícola 89-90 fue considerada por los agricultores como un año seco. La precipitación pluvial fué de 602 mm para la parcela 4 y 285 mm para las parcelas 2, 6 y 7. Para la selección de parcelas se definieron previamente criterios de orden edáfico, topográfico, altitudinal, social, etc. Por lo tanto, los resultados corresponden a pruebas bajo las mismas condiciones, tanto para el arado mestizo, como para el tradicional. Se evaluó también el efecto del arado en la producción de maíz, frijol y haba.

### Variables relacionadas con el implemento

La diferencia de **velocidad de trabajo** en la preparación del terreno en las parcelas 2 y 5, es estadísticamente significativa; en cambio, por razones de pendiente y condiciones de operación en las parcelas 1, 3, 4, 6 y 7, las diferencias no son significativas (cuadro 1).

**Cuadro 1. Velocidad de trabajo, ancho y profundidad de surco**

COD FAM	TIPO ARADO	VELOCIDAD DE TRABAJO			PROFUNDIDAD DE SURCO			ANCHO DE SURCO		
		PROM	CV (%)	"t"	PROM	CV (%)	"t"	PROM	CV (%)	"t"
1	AT	0.9	15.12	N.S.	15.1	3.77	**	19.6	3.57	**
	AM	0.7	10.14		16.8	7.19		25	12.52	
2	AT	1.0	6.25	*	10.7	7.66	**	16.9	11.66	**
	AM	0.8	9.76		13.3	7.97		20.3	8.37	
3	AT	0.8	17.48	N.S.	12.3	10.16	**	14.8	6.46	**
	AM	0.8	24.67		14.0	7.50		19	6.58	
4	AT	0.8	13.09	N.S.	10.1	9.80	**	12.8	12.11	**
	AM	0.8	16.00		13.6	6.18		23.2	6.72	
5	AT	0.7	12.2	*	12.1	9.09	**	16.7	9.82	**
	AM	0.5	18.00		14.3	9.37		19.4	5.52	
6	AT	0.7	13.70	N.S.	13.8	10.14	N.S.	20.1	5.97	**
	AM	0.7	13.31		14.3	7.41		25.3	7.70	
7	AT	0.9	15.29	N.S.	12.1	4.71	**	17.2	13.80	**
	AM	0.8	18.07		13.9	6.19		24.8	14.31	

\* = Significativo al 5%  
 \*\* = Significativo al 1%  
 N.S. = No significativo  
 "t" = Prueba de t student

Prom = Promedio de 10 observaciones  
 AT = Arado tradicional  
 AM = Arado mestizo  
 CV (%) = Coeficiente de variación



El **tiempo de trabajo efectivo** varía de acuerdo al tipo de suelo, pendiente y tipo de arados. El **arado tradicional**, para arar una parcela de 300 m<sup>2</sup>, requiere aproximadamente una hora de trabajo; por lo tanto, se estima que una hectárea de terreno es trabajada por una yunta en 33 horas. Si el agricultor desea trabajar una hectárea en un día, requerirá de 6 yuntas durante 6 horas. Estos arados generalmente efectúan 3 pasadas para obtener un adecuado movimiento de la capa arable.

En cambio, con el **arado mestizo** se roturan 380 m<sup>2</sup> en una hora en las mismas parcelas antes señaladas y, para arar una hectárea de terreno, requiere 26 horas aproximadamente. Por lo tanto, se infiere que el mismo agricultor sólo requiere 4 yuntas en una jornada de 6.30 horas. Con este arado se requieren 2 pasadas para conseguir el movimiento de la capa arable (cuadro 2).

**Cuadro 2. Tiempos de trabajo efectivo (parcelas de 750 m<sup>2</sup>)**

COD. DE FAM.	TIPO DE ARADO	LABOR	ANCHO DE SURCO cm	PROF. DE SURCO cm	TIEMP. PARC. min.	m <sup>2</sup> x DIA	Hrs. x ha	Num. de yuntas ha/día	CLASE DE SUELO	PEND. %
1	AT	RAYADA			80				FRANCO LIMOSO	2
		CRUZADA	19.60	15.10	49	2,100	28.6	4		
	AM	ARADA	25.00	16.00	96	2,800	21.4	5		
2	AT	RAYADA			59				FRANCO ARCILLOSO	25
		CRUZADA	16.90	10.70	50	2,480	24.2	3		
	AM	ARADA	20.30	13.30	91	2,950	20.3	4		
3	AT	RAYADA			80				FRANCO ARCILLOSO	15
		CRUZADA	14.70	12.30	70	1,800	33.3	5		
	AM	ARADA	19.00	14.00	135	2,000	30.0	6		
4	AT	RAYADA			100				FRANCO LIMOSO	10
		CRUZADA	12.80	10.10	80	1,500	40.0	6		
	AM	ARADA	23.20	13.60	150	1,800	33.3	7		
5	AT	RAYADA			120				FRANCO ARENOSO	10
		CRUZADA	16.70	12.10	88	1,300	46.2	7		
	AM	ARADA	19.40	14.30	174	1,550	38.7	8		
6	AT	RAYADA			80				FRANCO	10
		CRUZADA	20.10	13.80	55	2,000	30.0	4		
	AM	ARADA	25.30	14.30	95	2,850	21.1	5		
7	AT	RAYADA			60				FRANCO ARENOSO	20
		CRUZADA	17.20	12.10	48	2,500	24.0	3		
	AM	ARADA	24.80	13.90	90	3,000	20.0	4		

PROM. GRAL.	TIPO DE ARADO	LABOR	ANCHO DE SURCO cm	PROF. DE SURCO cm	TIEMP. PARC. min.	m <sup>2</sup> x DIA	Hrs. x ha	Num. de yuntas ha/día
	AT	2 LABOR	16.66	12.31	145.6	1,954	32.3	5.57
	AM	1 LABOR	22.43	14.20	118.7	2,421	26.4	4.57

HORAS DE TRABAJO POR DIA = 8 horas  
 HORAS DE TRABAJO EFECTIVO = 6 horas

La **tracción** necesaria para el trabajo del arado mestizo es de 89.60 kg/f y requiere un esfuerzo mecánico de 64 kilográmetros. El arado tradicional requiere menos tracción (82.87 kg/f) y menor esfuerzo mecánico (60 kilográmetros), como promedio general de los tratamientos (cuadro 3).

### Efectos producidos en la capa arable

Con respecto a la **profundidad del surco**, el arado mestizo, tanto en la preparación de terreno como en la siembra, guarda diferencia estadísticamente significativa, frente al arado tradicional (cuadro 1). La parcela 6 es una excepción, donde la profundidad de aradura no se pudo tomar con precisión por problemas de inestabilidad de talud del ancho de corte. En promedio la profundidad de trabajo es de 14.20 cm.

Con respecto al **ancho de surco**, en terreno de cultivo intensivo, el arado mestizo también guarda diferencia estadísticamente significativa frente al arado tradicional, tanto en la preparación del terreno como en la siembra. El ancho de surco es de 22.50 cm (cuadro 1).

Con el arado mestizo se logra mejor granulación y mayor superficie removida con un menor esfuerzo específico, comparando con el arado tradicional (cuadro 2). Se entiende como granulación al grado de desterronamiento producido por el trabajo de los implementos de labranza. Se determina mediante el uso de un marco cuadrado de 100 cm. x 100 cm. de lado, el mismo que se coloca al azar en cada una de las subparcelas correspondientes a cada tratamiento, realizándose en seguida el conteo de los cuadraditos que contienen terrones con diámetros mayores o iguales a 5 cm.

**Cuadro 3. Esfuerzo de tracción ejercido por la yunta y % de granulación**

COD FAM	TIPO ARAD	Nº DE LABORES	% DE GRANULACION	% DE SUP. REMOVIDA	% DE SUP. NO REMOV.	ESFUERZ MAX. Kg/f	ESFUERZO ESP. kg/dm <sup>2</sup>	TRABAJO MEC. m/seg	VEL. TRAB. m/seg
1	AT	2	33.0	89.1	10.9	80.5	29.81	56.35	0.70
	AM	1	50.0	97.0	3.0	86.3	22.02	59.54	0.69
2	AT	2	31.5	82.3	17.8	100.8	56.47	68.54	0.68
	AM	1	40.0	95.2	4.8	110.3	40.21	70.59	0.64
3	AT	2	32.3	84.3	15.8	77.3	42.94	55.66	0.72
	AM	1	46.0	96.5	3.5	81.3	26.43	56.91	0.70
4	AT	2	31.8	79.5	20.5	87.8	58.32	60.58	0.69
	AM	1	40.0	94.3	5.8	98.3	28.04	64.88	0.66
5	AT	2	33.3	84.3	15.8	90.2	52.88	56.83	0.63
	AM	1	44.8	97.3	2.7	94.5	32.34	56.7	0.60
6	AT	2	34.0	85.8	14.3	78.3	27.96	63.42	0.81
	AM	1	46.5	95.8	4.2	84.3	23.22	25.03	0.82
7	AT	2	33.0	88.3	11.8	65.2	31.04	58.03	0.89
	AM	1	45.0	96.0	4.0	72.2	22.33	62.09	0.86
PRO GRA	AT	2	32.7	84.8	15.2	82.87	42.77	59.92	0.73
	AM	1	44.6	96.0	4.0	89.6	27.8	63.68	0.70

$$\text{ESFUERZO ESPECIFICO} = \frac{\text{ESFUERZO MAXIMO}}{\text{ANCHO DE SURCO} \times \text{PROFUNDIDAD DE SURCO}} \times 100$$

**Cuadro 4. Porcentaje de plantas emergidas a los 20 días**

COD. DE FAM.	CULTIVO	VARIEDAD	A. MESTIZO	% Emergidas	A. TRADIC. DENSIDAD SIEMBRA kg/ha	% Emergidas
1	MAIZ	Blco. Urubamba	80	96	80	92
4		Blco. Urubamba	110	97	110	92
5		Pesc'orunto	51	83	51	81
2	MAIZ FRIJOL	Matarino Panamito común	50 100	86 63	50 100	84 60
6	MAIZ FRIJOL	Matarino Panamito común	50 100	93 68	50 100	90 65
7	MAIZ FRIJOL	Matarino Panamito común	50.5 90	95 60	50.5 90	94 60
3	HABA	Verde Anta	140	89	140	89

**Cuadro 5. Determinación de las alturas promedio a los 60, 120 días y en la cosecha (en metros)**

COD. DE FAM.	VARIEDAD	ARADO MESTIZO			ARADO TRADICIONAL		
		60 DIAS	120DIAS	MOM. COSECHA	60 DIAS	120DIAS	MOM. COSECHA
1	B.U.	0.71	2.80	3.20	0.70	2.71	3.00
4	B.U.	0.38	1.70	2.85	0.35	1.65	2.50
5	PESSC'	0.47	1.85	2.20	0.35	1.80	2.10
2	MATAR.	0.98	1.90	2.60	0.90	1.70	2.25
	P.COM.	0.20	0.55	0.58	0.18	0.45	0.50
6	MATAR.	0.70	2.30	2.40	0.66	1.90	2.20
	P.COM.	0.40	0.50	0.51	0.38	0.48	0.48
7	MATAR.	0.72	2.15	2.50	0.65	1.90	2.20
	P.COM.	0.39	0.45	0.45	0.35	0.43	0.45
3	V.ANTA	0.45	0.72	1.20	0.42	0.70	1.10

## **Modificaciones del estado del suelo**

Los sistemas de laboreo empleados disminuyen inicialmente la densidad aparente, especialmente de las capas superficiales. Se observaron tendencias diferentes de compactación a medida que transcurre el tiempo, dependiendo del tipo de suelos. Una vez hechas las labores de labranza, se observan diferencias de porosidad, en cada uno de los tratamientos y en los diversos períodos de tiempo. El espacio poroso llega con la labranza a un valor máximo, para luego disminuir gradualmente a medida que el suelo se asienta.

## **Observaciones fenológicas.**

El grado de emergencia así como la altura de plantas de maíz, frijol y haba tienden a ser mayores en las parcelas trabajadas con el arado mestizo, en comparación al arado tradicional (cuadros 4 y 5). Esto posiblemente se debe a que el primero realiza una mejor remoción del suelo, logrando por consiguiente un mayor contacto suelo-semilla. El uso del arado mestizo no incrementa la producción por unidad de superficie de maíz, frijol y haba.

## **Costos de Producción**

Los costos totales de producción, en cada localidad, fueron variables de acuerdo al tipo de arados y cultivos. El promedio general, en las parcelas instaladas con el arado mestizo, se estimó en US\$ 650.00, incluyendo el costo del alquiler del arado. Bajo estas mismas condiciones, el costo promedio de producción con el arado tradicional fue de US\$ 690.00.

## **CONCLUSION**

Transcurridos algunos años, pretendiendo difundir el mayor número posible de los arados metálicos a familias campesinas, observamos que ellas no se hallan interesadas en sustituir sus viejos arados de madera por los metálicos. Consideraciones de orden cultural, el mayor costo y peso de los metálicos y el maltrato que sufren sus animales por el mayor peso del arado, no condicen con sus estrategias de subsistencia.

De otro lado, es preciso tener en cuenta que el campesino comunero de los Andes entiende que la defensa de la vida, en la particularidad de su medio, está dada por la propia capacidad y autonomía de producir con sus medios los elementos básicos para la reproducción familiar. Construir sus aperos agrícolas y usarlos en función de sus posibilidades, forma parte de ese sentimiento. Las ferias campesinas complementan la ausencia de elementos no producidos por el campesino, como p.e. las rejas metálicas de los arados. Introducir elementos metálicos en los arados debilita esa capacidad de autoabastecimiento, además que incrementa el precio de la herramienta por encima de su capacidad adquisitiva.

La gran diversidad de textura y pendiente de los suelos en el área altoandina actúa como limitante para la difusión de los arados. La altura es un factor nada desdeñable, pues, a medida que se asciende a altitudes mayores a los 3200 msnm, el tamaño y peso de las yuntas disminuyen, con la consecuente baja de la fuerza de tracción de las mismas. En el presente trabajo se mencionó que, para un adecuado desempeño del arado mestizo, se requiere más de 80 kg/f, lo que significa

que un campesino comunero debe poseer toros de aproximadamente 400 kg. de peso vivo cada uno, situación que es muy poco frecuente.

De manera semejante, el impacto del arado mejorado en el volumen de la producción no es relevante, resultado que induce a considerar que la mayor remoción de la capa arable no es determinante para el incremento de la producción y sobre todo no es el único determinante.

En conclusión, la introducción del arado mejorado no significa una real ventaja para la producción campesina altoandina.

# MÉTODOS DE SIEMBRA DE ALFALFA EN LA COMUNIDAD DE SORA (PROVINCIA DALENCE DEL DEPARTAMENTO DE ORURO)

*Raúl ESPINOZA T<sup>1</sup> . & Walter CASTRO C.<sup>1</sup>*

## INTRODUCCION

El Centro de Planificación, Educación y Promoción Popular "LLANK'ASUN" es una institución privada de desarrollo sin fines de lucro que realiza actividades desde 1985 en el sector rural del departamento de Oruro, con programas de Educación, Salud y Producción Agropecuaria. En nuestra permanente búsqueda de alternativas de solución a los diferentes problemas que enfrentan los pequeños productores campesinos, principalmente la sequía, hemos realizado un trabajo experimental de siembra de alfalfa, comparando tres sistemas de siembra.

Este trabajo tiene dos objetivos:

- Apoyar la producción de forrajes con siembras de carácter comunal y/o familiar, adoptando las tecnologías más adecuadas.
- Garantizar la instalación de cultivos de alfalfa, mediante diferentes modalidades de siembra, comparando su efectividad mediante el prendimiento, el rendimiento de cortes y los costos de operación.

## CARACTERISTICAS DE LA ZONA

El trabajo se realizó en parcelas individuales de la comunidad de Sora, una de las 12 comunidades que forman parte de la Sub Central Sora Sora, cantón Vicente Ascarrunz, provincia Dalence del departamento de Oruro, distante aproximadamente a 20 km al sud-este de la ciudad, sobre la carretera Oruro-Machacamarca.

Con una vegetación de Estepa, la zona se clasifica en clima semi-árido. Las precipitaciones están comprendidas entre 300 y 400 mm/año, la temperatura promedio anual varía entre 8 y 10° C y la humedad es deficiente especialmente en invierno.

Los suelos presentan texturas que varían entre arcillosa y franco arcillosa. En las partes altas presentan un elevado porcentaje de pedregosidad (aproximadamente 40%) y un pH casi neutro variando entre 6.4 y 7.8. En la parte baja los suelos son de origen sedimentario; su pH es mayor por la presencia de sales. En las cercanías del lago Uru Uru se evidencia un mayor porcentaje de tierras salinas y sódicas, colonizadas sin dificultad por el cauchi (*Suaeda foliosa*); los suelos son considerados aptos para la producción de forraje y cultivos anuales.

---

<sup>1</sup> Técnicos investigadores de la institución "LLANK'ASUN", Centro de Planificación, Educación y Promoción Popular, Casilla 316, tel. 52111, Oruro, Bolivia.

La comunidad cuenta con una pequeña infraestructura de microriego, la misma que es insuficiente para cubrir áreas extensas. Fue necesario excavar pozos utilizando brocas manuales, principalmente en las zonas bajas, donde el nivel freático se encuentra entre los 3 y 4 m de profundidad. En estos pozos la extracción de agua se realiza con el empleo de motobombas de 2' ó 3', logrando caudales constantes entre 4 y 6 lit/seg.

## MATERIALES Y METODOS

La variedad de semilla de alfalfa utilizada fue la variedad RIVIERA, cuyas características son las siguientes:

Germinación	80%
Pureza varietal	98%
Cont. de humedad	12%
Procedencia	Tarija

Para la preparación del terreno se empleó un tractor de 65 HP, de propiedad de la Sub Central Sora Sora. Se roturó con un arado de discos de tres cuerpos, posteriormente se rastró con discos y se niveló con un madero o tablón. Se utilizó el arado de palo para el surcado en la siembra. Para la siembra en hoyos, se utilizó picotas en lugar de la *taquiza* (instrumento a manera de lanza, utilizado principalmente para la siembra de quinua en hoyos). Se aplicó riego por inundación en todos los tratamientos.

- 1) SURCOS Roturado + Rastrado + Nivelado + Yunta (surgado) + Siembra el 10/01/90 (12 kg/ha).  
En el primer sistema de siembra, es decir, en surcos, se sembró 10.000 m<sup>2</sup>. La preparación del terreno se efectuó con el tractor y la siembra se efectuó a chorro continuo en forma manual, luego del surgado efectuado con yunta a una profundidad de 20 cm.
- 2) VOLEO Roturado + Rastrado + Voleo-Siembra el 10/01/90 (15 kg /ha) + Rastrado.  
En el segundo sistema la preparación del terreno se efectuó con tractor y se sembraron al voleo 7500 m<sup>2</sup>. En este sistema se sembró la semilla al voleo en toda la extensión del terreno, cubriéndola luego con rastra.
- 3) HOYOS Hoyos con picota + Siembra el 10/01/90 (5 kg /ha).  
En el tercer sistema, se sembraron en hoyos 2500 m<sup>2</sup>, empleando picotas. La siembra en hoyos consiste en efectuar pequeñas aberturas de 3 a 4 cm de profundidad en el terreno que no ha sido barbechado ni removido. Allí, se derrama la semilla, generalmente un pequeño puñado conteniendo aproximadamente 3 a 4 g de semilla. La distancia entre hoyos es de 30 a 40 cm (1 pie al igual para la papa).

De estos tres sistemas de siembra, los más conocidos y practicados en la región altiplánica son los dos primeros. El tercer método es poco conocido en la comunidad de Sora y en otras vecinas. Es empleado en la zona occidental del departamento de Oruro, particularmente en la región de Salinas de Garci Mendoza, donde el empleo de la *taquiza* para este cometido se ha generalizado. Como esta herramienta no era conocida, se la sustituyó por la picota.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Tiempo de trabajo y rendimientos

Hasta la presente gestión, ya se tiene una primera evaluación de los rendimientos, sin embargo, las condiciones críticas de sequía han ocasionado considerables pérdidas.

En el sistema de **siembra en surcos**, se pudo establecer un porcentaje de germinación del 75% y un porcentaje de prendimiento del 70%. Se realizaron tres cortes utilizando hoces (32 jornales/ha), obteniendo el siguiente detalle de rendimientos:

Primer corte	800 kg/h
Segundo corte	1000 kg/ha
Tercer corte	900 kg/ha
<b>TOTAL</b>	<b>2.7 t/ha</b>

En el sistema de **siembra al voleo**, se pudo establecer un 70% de germinación y un 65% de prendimiento. El mayor problema con el que se tropezó en este sistema fue el de la uniformidad del riego. Pese al emparejamiento del terreno antes de la siembra, se observó encharcamiento en diferentes zonas, hecho que permitió el desigual desarrollo de las plantas. En este caso, también se realizaron tres cortes empleando hoces, representando 28 jornales/ha.

Es importante señalar que, en este sistema, se presenta la dificultad de realizar los cortes en forma sistemática por la distribución no uniforme de las plantas, presentando zonas con mayor densidad pero dispersas unas de otras que hacen que se requiera mayor tiempo de trabajo para el acopio de la cosecha.

Primer corte	840 kg/ha
Segundo corte	970 kg/ha
Tercer corte	810 kg/ha
<b>TOTAL</b>	<b>2.62 t/ha</b>

En el sistema de **siembra en hoyos** se pudo establecer un porcentaje de germinación del 95% y un prendimiento del 90%. Al igual que los anteriores, se realizaron tres cortes manuales utilizando hoces, empleando para ello solamente 20 jornales por ha. Esta labor se facilitó por la disposición de los hoyos, efectuados en el sistema de cuadro real, por lo que el ritmo de trabajo y el amontonamiento de la cosecha fueron más uniformes. Los rendimientos obtenidos por cada corte arrojan los siguientes resultados:

Primer corte	820 kg/ha
Segundo corte	850 kg/ha
Tercer corte	890 kg/ha
<b>TOTAL</b>	<b>2.56 t/ha</b>

Cabe señalar que, en este sistema, las alturas promedio de las plantas fueron menores que en los otros sistemas, entre 5 y 10 cm por debajo de los otros.



## Comparaciones y costos

Comparando la cantidad de alfalfa cosechada por cantidad de trabajo invertido, de la siembra en hoyos se obtienen 128 kg/jornales, o sea mucho más que de las otras siembras: 93 kg/jornales al voleo y 84 kg/jornales en surcos. El cuadro 1 muestra además que este sistema de siembra tiene una ventaja en cuanto al porcentaje de germinación y prendimiento con relación a los otros. En mejores condiciones, los rendimientos varían en la zona entre 3.2 y 3.7 t/ha. Esta diferencia se debe a la desuniformidad del riego y la sequía de la última gestión que ocasionaron un 75 a 80% de pérdidas en toda la región altiplánica.

**Cuadro 1. Variables de respuestas considerando el sistema de preparación del suelo**

METODO DE SIEMBRA	PORCENTAJE DE GERMINACION (%)	PROCENTAJE DE PRENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO t/ha
En surco	75	70	2.70
Al voleo	70	65	2.62
En hoyos	95	90	2.56

El tercer sistema de siembra tiene un bajo costo comparado a los demás (cuadros 2, 3, 4 y 5) y realiza poca remoción del suelo, además no necesita de implementos con gastos de mantenimiento (cuadro 6). Por lo tanto, será importante seguir realizando evaluaciones en el transcurso de los siguientes años para determinar en forma definitiva la conveniencia o no de su implantación como método alternativo a la falta de riego.

**Cuadro 2. Costos de operación de la siembra en surcos (con yunta)**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO Bs.	TOTAL Bs.
<b>PREP. DEL TERRENO</b>				
Riego para barbecho	Jornal	4	5.00	20.0
Roturación	hrs	4	20.0	80.00
Rastrada	hrs	2	20.0	40.00
Nivelación	-	-	-	-
<b>SIEMBRA</b>				
Surcado (c/yunta)	Jornal	4	10.00	40.00
Operador	Jornal	4	5.00	20.00
Semillero	Jornal	4	5.00	20.00
<b>INSUMOS</b>				
Sem. Var. Riviera	kg	12	18.00	216.00
<b>LAB. CULTURALES</b>				
Riego	Jornal	40	8.00	320.00
<b>COSECHA</b>				
Corte con hoz	Jornal	96	10.00	960.00
Gastos de Adm.	(10%)			172.00
<b>COSTO TOTAL DE OPERACION POR ha</b>				<b>1888.00</b>

**Cuadro 3. Costos de operación de la siembra al voleo (con rastra)**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO Bs.	TOTAL Bs.
PREP. DEL TERENO				
Riego inicial	Jornal	4	5.00	20.00
Roturación	hrs	4	20.00	80.00
Rastrada	hrs	2	20.00	40.00
Nivelación	-	-	-	-
SIEMBRA				
Al voleo (semillero)	Jornal	1	5.00	5.00
INSUMOS				
Sem. var. Riviera	kg	15	18.00	270.00
LAB. CULTURALES				
Riego	Jornal	40	8.00	320.00
COSECHA				
Corte con hoz	Jornal	84	10.00	840.00
Gastos Adm.	10%			153.00
COSTO TOTAL DE OPERACION POR ha				1733.00

**Cuadro 4. costos de operación de la siembra en hoyos**

ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO Bs.	TOTAL Bs.
PREP. DEL TERRENO				
Riego inicial	Jornal	3	5.00	15.00
Roturación	-	-	-	-
Rastrada	-	-	-	-
Nivelación	-	-	-	-
SIEMBRA				
En hoyos	Jornal	12	5.00	60.00
Semillero	Jornal	12	5.00	60.00
INSUMOS				
Sem. Var. Riviera	kg	5	18.00	90.00
LAB. CULTURALES				
Riego	Jornal	40	8.00	320.00
COSECHA				
Corte con hoz	Jornal	60	10.00	600.00
Gastos de Adm.	10%			115.00
COSTO TOTAL DE OPERACION				1260.00

Ordenando los métodos de siembra según sus costos totales de operación por hectárea, obtenemos para la siembra en surco un costo por kg cosechado de 0.70 Bs, para la siembra al voleo de 0.66 Bs y para la siembra en hoyos de 0.49 Bs.

La estructura porcentual de los costos de producción (cuadro 5) revela la sustitución de maquinaria por mano de obra, en el sistema en hoyos, sin aumento del gasto por insumos.

**Cuadro 5. Estructura porcentual de los costos de producción**

	SURCOS (%)	AL VOLEO (%)	EN HOYOS (%)
Mano de obra	16	10	46
Tracción animal	8	-	-
Maquinaria	24	25	-
Insumos	43	56	45
Gastos de administración	9	9	9
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## CONCLUSION

- Los dos primeros sistemas de siembra requieren implementos y cuidados adecuados en las labores de preparación del terreno y riego. El tercer sistema de siembra permite la retención de humedad en forma localizada, en el lugar preciso de la zona radicular, lo que facilita la germinación y el posterior desarrollo de la planta.
- En los tres sistemas de siembra, el empleo de mano de obra es significativo, sobre todo en la cosecha. Por lo tanto, se debe disponer de la suficiente mano de obra si se quiere planificar actividades de conservación de forrajes.
- Ante los desastres causados por la sequía, el tercer sistema de siembra representa una alternativa de solución a la falta de agua y a la imposibilidad de contar con suficientes cantidades de dinero para la compra de insumos. Logra un mejor rendimiento por trabajo invertido y protege el suelo de la erosión hídrica y eólica. Se deben efectuar siembras con este sistema en mayores superficies y alcanzar los rendimientos que se obtienen en otras regiones. Para ello es necesario establecer la competencia por nutrientes en los hoyos, la cantidad de semilla por cada hoyo, así como la profundidad y la distancia entre hoyos más adecuada.
- Sería necesario considerar otros estudios: cuantificar los requerimientos de agua, la capacidad de los suelos para retener la humedad, evaluar el aprovechamiento de nutrientes y determinar las densidades de siembra y variedades óptimas.

# EVOLUCION DE LA LABRANZA EN LA SERRANIA INTERSALAR

Hipólito QUISPE P.<sup>1</sup>

## INTRODUCCION

En el Altiplano Sur, la frontera agrícola con cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.) empieza a extenderse con la introducción de la labranza mecánica, ligada a una demanda insatisfecha del producto en el mercado. En esta región, la labranza mecánica implica el uso de tractores agrícolas equipados con arados de disco. Esta maquinaria fue y aún es utilizada indiscriminadamente en el laboreo de los suelos.

En el presente artículo se efectúa un análisis sucinto referente al impacto de la maquinaria agrícola en la serranía intersalar. También se expone el caso de la comunidad de Viroxa que es una síntesis de las comunidades ubicadas en la serranía intersalar y pionera en el uso de la labranza mecánica.

Nuestra preocupación es transmitir las experiencias ligadas a la labranza mecánica intensiva que tuvo a la larga un costo social, económico y ambiental, difícil de recuperar. Los datos consignados en el presente trabajo son el producto de muchos años (1965-1992) de vivencia y observaciones efectuadas en la zona, complementadas con literatura existente.

## LA SERRANIA INTERSALAR

La serranía intersalar se encuentra entre los salares de Uyuni y Coipasa del Altiplano Sur, comprende las zonas de Salinas de Garci Mendoza y Llica. Esta microregión tiene alrededor de 955 km<sup>2</sup>. Abarca el 35 % de la provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro (Lieberman, 1986) y el 20 % de la provincia Daniel Campos del departamento de Potosí (CORDEPO, 1988) (ver mapa 1).

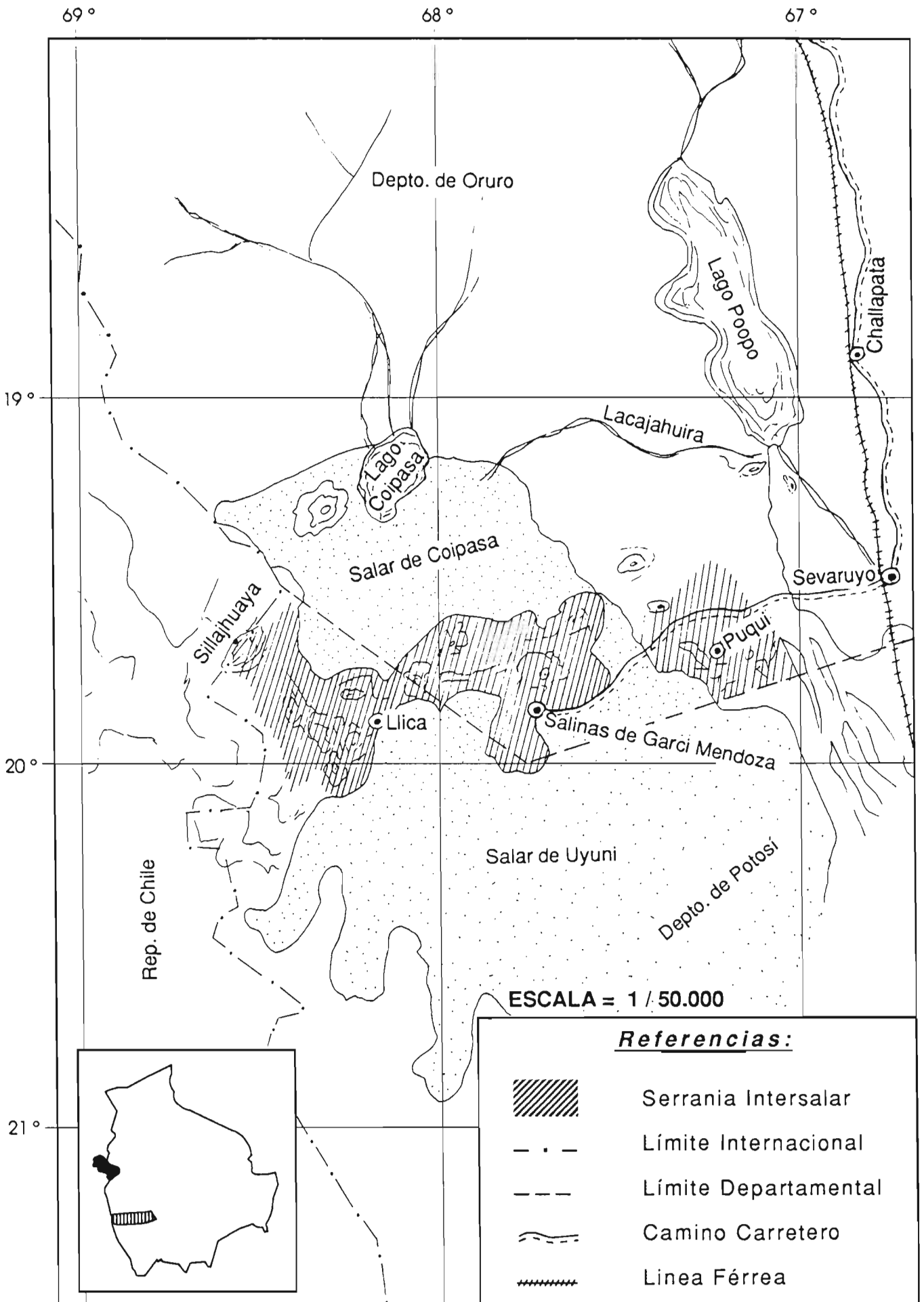
### Ambiente ecológico

Según datos meteorológicos de la Estación de Salinas de Garci Mendoza (SENAMHI) la precipitación media anual (330 mm) varió entre 50 y 660 mm durante los 16 años, de 1969 a 1984. Las temperaturas mínimas extremas por debajo de 2°C pueden presentarse en cualquier mes del verano. Los vientos dominantes durante el estiaje son de Oeste a Este, con velocidades de alrededor de 60 km/h, causantes de una erosión eólica. En los meses lluviosos se presentan vientos húmedos de Norte a Sur y de Este a Oeste, son vientos menos fuertes que durante el estiaje.

La zona está conformada por serranías y montañas de origen volcánico, con alturas de alrededor de 5500 m.s.n.m. como el Thumupa y el Sillajhuaya; las partes bajas (3670 m.s.n.m.) son planicies ubicadas entre la serranía y los salares. En medio de las montañas y serranías se encuentran pequeños valles bisectados y al pie de las serranías, con terrenos inclinados y ondulados.

---

<sup>1</sup> Técnico IBTA - Sistemas de Producción.



Mapa 1. Serranía intersalar

Los pobladores destinan estas zonas a la agricultura y la ganadería. En cambio las planicies contiguas al salar son exclusivamente para el pastoreo.

En serranía se encuentra suelos de origen volcánico, relativamente profundos a poco profundos, generalmente pedregosos de color pardo claro a oscuros (Cochrane, 1983). En planicies, los suelos de formación aluvial y sedimentaria (antiguamente el lecho del lago Minchin, Ahlfeld, 1972) son generalmente profundos, de textura liviana, con poca o ninguna estructura. En cambio, los suelos contiguos a los salares son limosos a arcillosos, virtualmente sin cobertura vegetal y fuertemente afectados por la salinidad (CORDEOR, 1975).

Algunos análisis de suelos de la planicie muestran los siguientes resultados: textura arenosa (90.6 % de arena, 4.2% de limo y 5% de arcilla), con 0.5 a 1.32% de materia orgánica. La presencia de nitrógeno llega a 0.025% , el fósforo a 11.5 p.p.m.; el potasio a 431.5 p.p.m. (IICA-PNUD, 1991). El pH fluctúa de 7.5 a 8.2 (CORDEPO, 1988; CORDEOR, 1975).

Las especies más comunes en serranía son: *Adesmia spinossima* (Añahuiya), *Baccharis microphylla* (Nak'a), *Stipa ichu* (Sicuya), *Lupinus sp.* (K'ela), *Satureja parvifolia* (Muña), *Muticia ledifolia* (Chinchircoma), *Cajophora horrida* (Itapallo) y algunos helechos que parecen estar en proceso de extinción. A alturas mayores de 4,000 m.s.n.m. se encuentran poblaciones de *Polilepis incana* (Keñua) y *Festuca sp.* (Huichu). En planicies de la zona de Salinas G. M. predominan las poblaciones de *Parastrephia lepidophylla* (Thola) y hacia el oeste, en la zona de Llica, las poblaciones de *Lampaya medicinalis* (Lampaya). También se encuentran áreas de bofedales, con poblaciones predominantes de *Distichlis humilis*, *Muhlenbergia fastigiata* (Chijis) y *Festuca dolichophylla* (Hualla).

### **Ambiente socioeconómico**

La población es de origen aymara, asentada en poblaciones nucleadas (estancias), organizadas en Ayllus y Comunidades. En la zona de Salinas de Garci Mendoza, existen cuatro Ayllus: Thunupa, Cora Cora, Yaterani y Watari; como es en la zona de Llica: Ornillo, Cahuana, Huanaque y Grande. Es preciso resaltar que en esta microregión virtualmente no existen analfabetos. En la población de Llica funciona una Normal Rural, con fuerte influencia sobre la región. El acceso al recurso tierra tiene dos modalidades: tierras de uso colectivo y tierras individuales, denominadas "Kallpa".

Para la zona de Salinas de Garci Mendoza, considerando la articulación tierra-ganado, Isko (1987) estratifica los tipos de campesinos en tres clases:

- campesinos en proceso de pauperización (bajo),
- campesinos relativamente autosuficientes (medio),
- campesinos en proceso de acumulación (alto).

La producción campesina se basa fundamentalmente en la crianza de ovinos y llamas y cultivo de quinua y papa. La quinua de ésta microregion es ampliamente conocida por el tamaño de sus granos excepcionalmente grande, (hasta 2.6 mm de diametro, según Ignacio *et al.*, 1976). Se cultivan variedades pertenecientes al ecotipo de los salares, con granos de sabor amargo (Tapia , 1976; Tapia, 1990). En la feria de Ch'allapata (Departamento de Oruro), se comercializa

la quinua, la carne y el cuero de ovinos y llamas. La papa es para el autoconsumo y ocasionalmente para la venta o trueque en la misma microregión.

## **EL IMPACTO DE LA MAQUINARIA AGRICOLA**

### **Introducción de la maquinaria agrícola**

En los años de 1946 y 1947, se había efectuado el primer intento estatal de introducir maquinaria agrícola. No prosperó debido a que los agricultores no consideraron como suyo este intento de mecanización. Además no se logró ninguna producción, ya que se había sembrado en suelos sumamente húmedos, en inmediaciones de bofedales, y con altos riesgos de helada, cultivos como la quinua, que no tolera excesos de humedad y la papa que es susceptible a las heladas.

Posteriormente en la comunidad de Viroxa (1965), por iniciativa privada, se introdujo un pequeño tractor de jardín (16 HP), equipado con arado de vertedera de una reja. Este fue utilizado exclusivamente para la preparación de suelos a secano. Por los buenos resultados obtenidos, el mismo agricultor, con financiamiento del Banco Agrícola, adquirió otro tractor de 45 HP (Jhon Deere, 1967), equipado con un arado de tres discos y una rastra de 28 discos. Por los suelos sueltos, se descartó el uso de la rastra. Este fue el inicio para la difusión de la labranza mecánica en el Altiplano Sur.

Hasta fines de la década de los 70, en esta microregión existían 21 tractores agrícolas, con un valor aproximado de 250,000 \$us. Dos tractores pertenecían al sector público (Corporación de Desarrollo de Potosí - CORDEPO) y 19 tractores al sector privado, de los cuales 18 pertenecían a agricultores individuales, financiados en su mayoría por el Banco Agrícola, y un tractor perteneciente a una organización comunal (Pirwa, Salinas de Garci Mendoza), financiado por una ONG. A mediados de esta década un tractor perteneciente a una cooperativa de agricultores de diferentes comunidades había dejado de trabajar por problemas administrativos; fue confiscado por el Banco Agrícola.

Estos tractores fueron equipados con arados de tres a cuatro discos, roturando anualmente alrededor de 3.000 ha, con una media de 143 ha/tractor. Estos terrenos fueron destinados exclusivamente al cultivo de quinua. Por la escasa humedad y los riesgos de heladas no es posible efectuar rotaciones con otros cultivos.

Para la década de los años 80, el número de tractores se había incrementado a 31 unidades, cuyo valor estaba alrededor de 310,000 \$us. Cinco tractores pertenecían al sector público (CORDEPO y CORDEOR) y 26 tractores al sector privado. En este sector, 10 tractores fueron adquiridos por organizaciones campesinas.

Las ONG's financiaron 4 tractores y el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA) 6 tractores-Puerto Norte. En cambio, los tractores de propiedad individual disminuyeron a 16 unidades, 2 tractores fueron vendidos a otras zonas del Altiplano Sur. Con estos 31 tractores, la superficie arada había disminuido aproximadamente a 2,000 ha, con una media anual de 64 ha/tractor; aspecto atribuible fundamentalmente a la falta de demanda por parte de los usuarios.

Actualmente operan 27 tractores con un valor estimado de 200.000 \$US., que aradan anualmente alrededor de 1,600 ha, con una media anual de 60 ha/año. La disminución del número de tractores afectó a propietarios individuales, por venta a otras zonas del altiplano. El arado de disco con tracción mecánica se utiliza en 121 comunidades campesinas.

Sin embargo, la intensidad de uso ha disminuido drásticamente por el deterioro del ecosistema frágil, reflejado en la erosión y degradación de los suelos, cuyas consecuencias fueron los bajos rendimientos de quinua.

### Impacto del uso de la maquinaria agrícola

Las consecuencias del uso intensivo del arado de disco fue la degradación acelerada de los suelos por la acción erosiva de los vientos. El Cuadro 1 muestra la situación actual de las comunidades más afectadas.

**Cuadro 1. Comunidades afectadas por el uso del arado de disco**

Comunidades	Sup. afectada (ha)	% sup. arada	Material Parental	Situación actual
Bella Vista, Belén, Chacoma (Llica)	460	80	Cenizas volcánicas, sin estructura	Suelo poco espeso con predominio de cascajo. En "descanso" 5 años, sin cobertura vegetal.
Ventilla, tres cruces (Llica) y Tauca (SGM)	180	60	Sedimentos eólicos precariamente estabilizados	Con dunas de arena, con poca o ninguna cobertura vegetal. En "descanso" 4 años.
Viroxa e Inexa (SGM)	30	20	Aluviones y sedimentos fluviolacustres	Pérdida total de la capa arable, con formaciones de dunas de arena. En "descanso" 8 años.
Otuyo, pasto de Lobos, Viroxa, Ñexa, Callohalca, Quijina Paicori (SGM)	380	50	Aluviones y sedimentos fluvio lacustres	Con sucesión secundaria de <i>Parastrephia lepidophylla</i> . En "descanso" 8 años.

Fuente: Elaboración propia. SGM: Salinas de Garci Mendoza.

La degradación de los suelos a su vez determinó una tendencia decreciente en los rendimientos. Su comportamiento a partir de la difusión de la labranza mecánica se muestra en el cuadro 2. Esta tendencia parece generalizarse a nivel nacional (IBTA-JUNAC, 1988).



**Cuadro 2. Rendimiento de quinua en la serranía intersalar**

Años	Rendimientos kg/ha
1969 - 1974	Mayor a 680
1975 - 1986	de 400 a 650
1987 - 1992	menor a 200

Fuente: Elaboración propia

La labranza mecánica también incidió en la proliferación de insectos dañinos. A partir de 1975 los cultivos de quinua, sufrieron fuertes ataques de Lepidopteros nocturnos. El insecto que mayor daño causó fue el *Agrotis psilon*. Su multiplicación fue favorecida por el monocultivo y los suelos roturados con arado de disco. Los suelos removidos mecánicamente fueron un habitat ideal para el empupado de las orugas (Quispe, 1982). Otras plagas, que adquirieron importancia en la década del 80, son *Copitarsia turbata*, *Psodóptera sp.* (IBTA-CIID 1981, 1982), probablemente por haber adquirido resistencia a los insecticidas químicos (Tamarón y Folidol) comúnmente utilizados. En cambio la *Scrabipálpula sp.* es una plaga que atacó frecuentemente a los cultivos de quinua aún antes de haberse introducido la labranza mecánica; tiene el hábito de empupar en la superficie de los suelos, en la base de las plantas de quinua y en restos de cosecha.

### **El uso de otros métodos de labranza**

Los agricultores al percibir la pérdida de fertilidad de los suelos, desarrollaron la técnica manual del estercolado en montículos (*coya alltapi*), que consiste en remover el suelo añadiendo estiércol en los antiguos hoyos de siembra, dejando la apariencia de pequeños montones de tierra. Se efectúa en los meses de enero a febrero. El uso de esta técnica se limita a pequeñas extensiones de terreno, obteniéndose rendimientos de hasta 650 kg/ha de quinua.

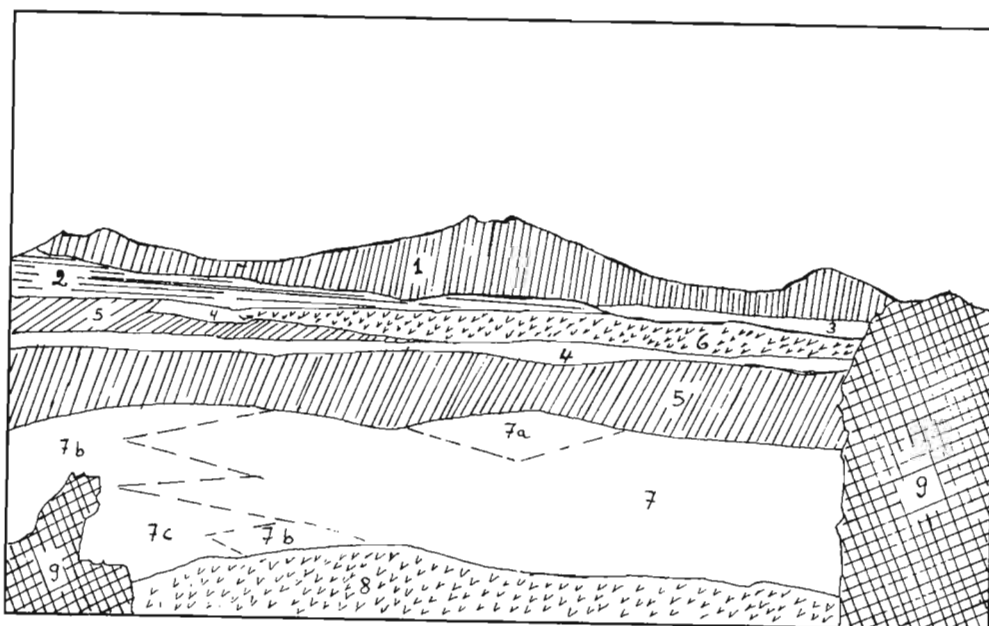
Por otra parte, la organización comunal Pirwa - Ancoyo, adquirió un arado subsolador, para reemplazar su arado de disco. Pero, al parecer por deficiencias en el seguimiento técnico, el arado actualmente no se usa. El PAC-CORDEOR efectuó servicios de roturado de suelos con un arado de cincel; pero su uso no ha sido adoptado por los agricultores por motivos que es necesario investigar. Otro agricultor de la comunidad de Viroxa diseñó y construyó con financiamiento del PAC, un arado - estercolador, para la labranza en surco (Nina, 1988), que se encuentra en etapa de validación.

### **EL CASO DE LA COMUNIDAD DE VIROXA**

La comunidad de Viroxa, donde están asentadas 20 familias, se encuentra a 26 km al Oeste de la población de Salinas de Garci Mendoza (Provincia Ladislao Cabrera - Departamento de Oruro). Se pueden identificar dos zonas de producción claramente diferenciadas: la serranía y la pampa (ver fotografías 1-2 y su interpretación). La fisiografía, suelos y clima tienen las características descritas para esta región. En cuanto a la cobertura vegetativa, se puede observar en serranía un mayor variabilidad de especies compuestas de leguminosas, gramíneas, cactáceas y algunos helechos. En planicie, la formación vegetal es el tholar, predominando la *Parastrephia lepidophylla*; observándose también poblaciones de *Lampaya medicinalis*, en zonas sometidas a intensos vientos.



**Fotografía 1. Zona de producción pampa. Comunidad Viroxa.**  
(Quispe, 1992)

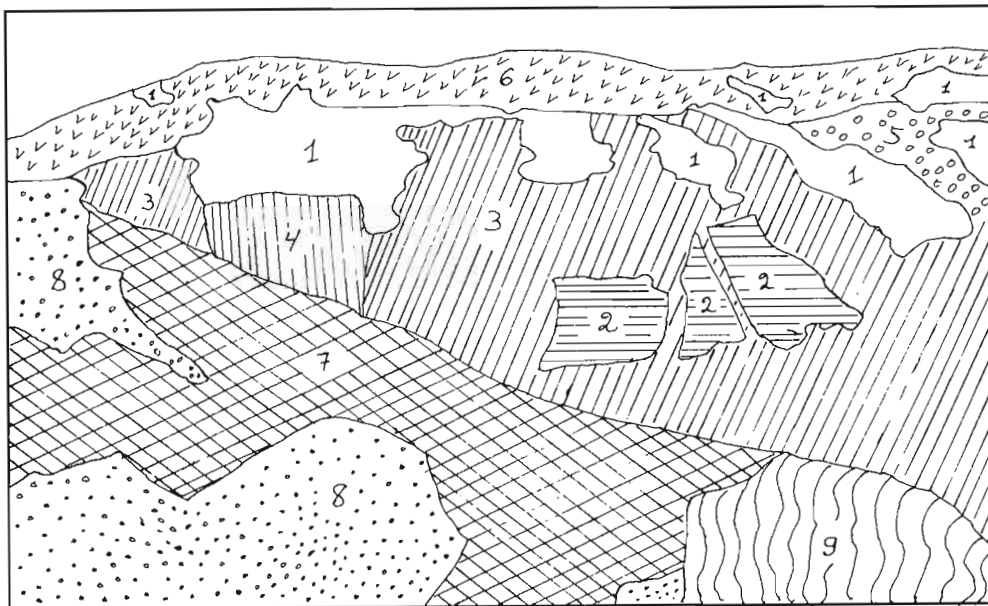


**Figura 1. Interpretación**

- 1.- Montañas volcánicas. 2.- Serranía. 3.- Salar con limo. 4.- Terrenos en descanso de tres a cinco años. 5.- Terrenos en descanso de seis a once años. 6.- Areas de pastoreo. 7.- Terreno en actual explotación. 7a.- Area en descanso cinco años. 7b.- Area no roturado. 7c.- Area preparada manualmente. 8.- Area no cultivable. 9.- Vegetación de serranía. (Quispe, 1992).



**Fotografía 2. Zona de producción en Serranía. Comunidad Viroxa**  
(Quispe, 1992).



**Figura 2. Interpretación**

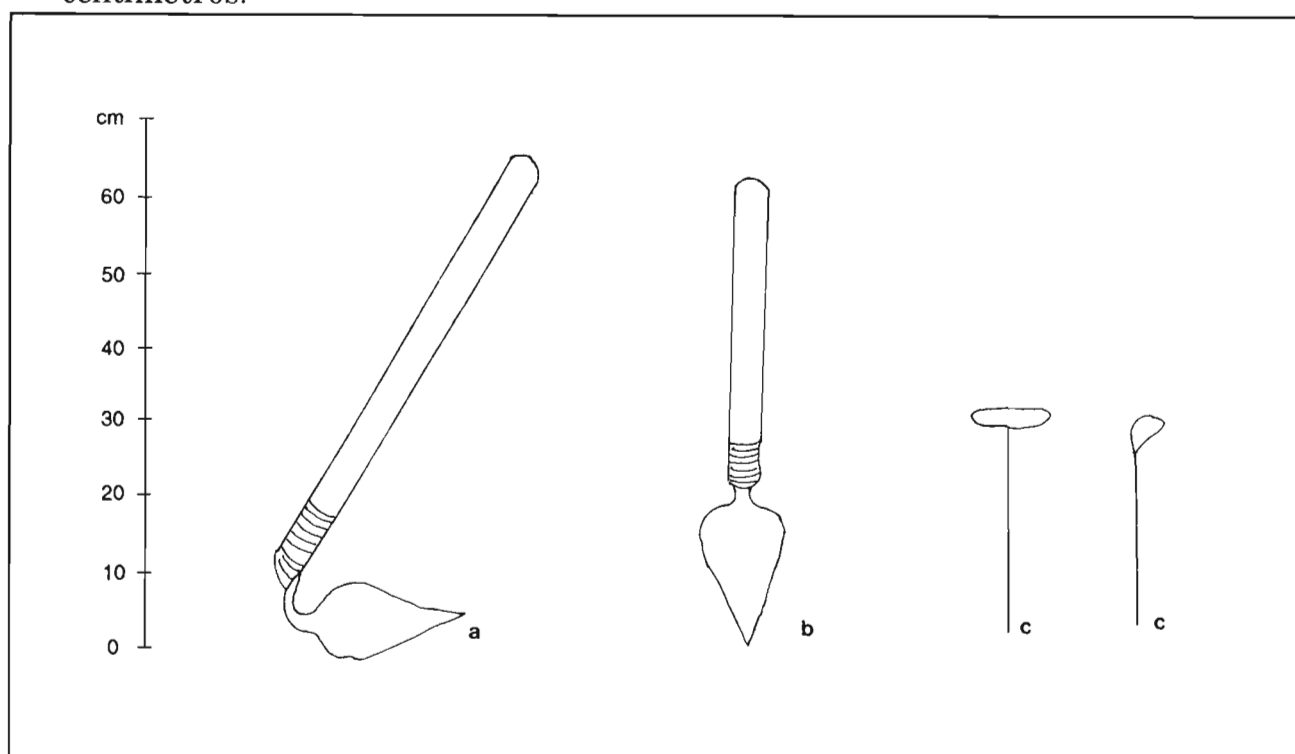
- 1.- Parcelas destinadas al cultivo de papa. 2.- Parcelas destinadas al cultivo de papa y quinua. 3.- Areas no cultivables con afloraciones rocosas. 4.- Areas con serios problemas de erosión hídrica. 5.- Area en descanso, con problemas de erosión hídrica. 6.- Area comunal de pastoreo. 7.- Ladera pedregosa. 8.- Roca magmática. 9.- Alga calcígena petrificada (Carbonato de calcio), del antiguo lago Minchin. (Quispe, 1992).

## La labranza tradicional

Antes de la introducción de la labranza mecánica (1966), la comunidad de Viroxa estaba constituida por 13 familias campesinas. Su agricultura era de serranía y ocasionalmente de planicie.

### Labranza en serranía

En serranía manejaban parcelas destinadas exclusivamente al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) y otras para cultivo de papa y quinua. La rotación, no es necesariamente rígida en el primer caso: papa-descanso-papa-descanso-papa-descanso, y en el segundo caso: papa-descanso-quinua-descanso-papa-descanso. Los agricultores cultivaban una media anual de 8 ha de papa y 5 ha de quinua. Los suelos se preparaban manualmente, con herramientas tradicionales (*Liwc'ana*) (figura 3), que aran el suelo a una profundidad de aproximadamente siete centímetros.



**Figura 3. Herramientas nativas de labranza.**  
a) Liwcana, b) Taquiza, c) Luchuña.

En la preparación de los suelos la preocupación de los agricultores, a parte de remover el suelo, es eliminar las yerbas, como la *Bouteloua simplex* (Llapa), *Trifolium amabile* (Llayu), *Erodium cicutarum* (Agujaguja), *Altea sp.* (Malva). Con estas labranzas se trata de evitar que el suelo pierda humedad por absorción y transpiración de estas yerbas. En terrenos pedregosos, la preparación del suelo consistía en eliminar solamente las yerbas sin remover mayormente el suelo. En consecuencia, un indicador para efectuar la preparación de suelos que se sigue usando actualmente es el estado de prefloración de las malas yerbas, que ocurre en los meses de enero y febrero.

La siembra de quinua se efectuaba en hoyos, utilizando herramientas tradicionales *taquiza* (figura 3), a distancias de 0.70 a 0.90 m entre hoyos y de 0.9

La siembra de quinua se efectuaba en hoyos, utilizando herramientas tradicionales *taquiza* (figura 3), a distancias de 0.70 a 0.90 m entre hoyos y de 0.9 a 1 m entre hileras de hoyos. En terrenos pedregosos, se utilizaba una pequeña herramienta tipo estilete *luchuña* (figura 3), para excavar pequeñas cavidades en busca de humedad, a distancias irregulares, según como lo permitiera la pedregosidad.

La papa, en cambio, se sembraba en pequeños montículos a distancias de 50 a 60 cm entre montículos y de 70 a 80 cm. entre hileras de montículos.

### **Labranza en planicies**

En planicies, la agricultura se limitaba al monocultivo de quinua, en suelos de formación aluvial, aprovechando la humedad de las riadas (*mayca*), en extensiones limitadas, aproximadamente un total de 2 a 4 ha de quinua al año. No se efectuaba ningún tipo de preparación de suelos. La siembra, igual que en serranía, se efectuaba en hoyos. Hasta aquí podemos observar que los cultivos de serranía tenían mayor importancia respecto a los cultivos de planicie. Además, el cultivo de mayor importancia fue la papa.

### **La labranza mecánica**

La introducción del tractor agrícola y del arado de disco se efectuó en la comunidad de Viroxa a mediados de la década de los 60. Fue la iniciativa de una familia dedicada al cultivo y comercialización de la quinua. La mujer en ésta familia tuvo un rol determinante en la decisión de adquirir, con recursos propios, un pequeño tractor de jardín y, posteriormente, mediante crédito, un tractor equipado con tres discos. Las motivaciones para adquirir el tractor agrícola fueron: a) demanda creciente de quinua, específicamente los inicios de exportación vía contrabando al Perú; b) la posibilidad de incorporar nuevas tierras para el cultivo; c) la influencia de los agentes de cambio (extensionista) que propagaban ideas sobre la mecanización e incrementos de la producción; d) la visión objetiva del uso del tractor adquirido por el agricultor-comercializador en sus viajes al departamento de La Paz.

En 1974, después de aproximadamente 9 años de haberse introducido la labranza mecánica en la comunidad de Viroxa, se cultivaba alrededor de 100 ha de quinua, en parcelas de pampa, roturadas con arado de disco. No se efectuaba ningún tipo de rotación de cultivos. La siembra se efectuaba manualmente y en hoyos. Aproximadamente un 70 % de la producción era destinada al mercado, trayendo una época fugaz de bonanza para los comunarios dedicados a esta actividad. La quinua se había transformado en un cultivo comercial. En este tiempo, la agricultura de serranía había pasado a segundo plano.

Los rendimientos iniciales de quinua fueron hasta de 1,200 kg/ha. Para fines de la década de los 70, los rendimientos habían bajado a 400 kg/ha. Los cultivos sufrían intensos ataques de plagas de insectos (*Agrotis sp.*, *Psodoptera sp.*, *Scrabipalpula sp.*). La pureza de las variedades de quinua estaba seriamente deteriorada, como consecuencia del empleo de semillas de diferentes variedades en un mismo terreno y la pérdida del hábito de selección practicado anteriormente. Por otra parte, los suelos estaban seriamente afectados por la acción erosiva de los vientos.

Estos factores, es decir, el ataque de plagas de insectos, las deficiencias en el manejo de semillas, y fundamentalmente la pérdida de la fertilidad de los suelos, fueron las causas para la insostenibilidad de los rendimientos. Se había llegado a extremos de cosechas con rendimientos máximos de 200 kg/ha. Este panorama hizo que los agricultores fueran abandonando los terrenos cultivados en planicies. A comienzos de la década de los 80, la agricultura había retornado nuevamente a la serranía.

En el año 1992, en la comunidad de Viroxa, se sembraron en terrenos de planicie aproximadamente 10 ha de quinua y en serranía 16 ha de papa. Se pueden ver terrenos abandonados, donde nuevamente la thola (*Parastrephia lepidophylla*) ha invadido los suelos antes cultivados. Los agricultores, después de aproximadamente 12 años del uso intensivo del arado de disco, han vuelto nuevamente a una agricultura de subsistencia de serranía.

## CONCLUSION

Para la introducción y difusión de la labranza mecánica, fue determinante la iniciativa individual de los agricultores de ésta microregión. Ante el deterioro de los suelos, los agricultores también tuvieron la iniciativa de desarrollar nuevas técnicas de labranza. Como ejemplo tenemos el estercolado manual y el arado-estercolador mecánico, que deberían ser perfeccionados.

La agricultura desarrollada con la inclusión del arado de disco es insostenible. Los rendimientos inicialmente altos (1,200 kg/ha) disminuyeron hasta límites intolerables para el agricultor y con serios deterioros del ecosistema. Esta agricultura, de tipo "revolución verde", busca respuestas inmediatas de producción con efectos deteriorantes sobre el ecosistema. Ante esta situación, es necesario desarrollar una agricultura sostenible cíclica, como es la agricultura biológica o agroecológica (Augstburger, 1982; Kolmans, 1990), en torno a la agricultura "tradicional" y los aportes del conocimiento científico.

En síntesis y específicamente, podemos indicar que si no disponemos de alternativas tecnológicas para un buen manejo de los suelos áridos, las experiencias de la comunidad de Viroxa podrían repetirse en otras áreas donde se intensifica el cultivo de quinua, utilizando arados de disco, como ocurre en las zonas de Colcha'K, Antonio Quijarro (Altiplano Sur) y Patacamaya (Altiplano central).

Finalmente, algunos problemas específicos que pueden ser temas de investigación son:

- la relación suelo-planta- agua en condiciones áridas,
- la intensidad y frecuencia de los vientos y su incidencia en la erosión eólica,
- el uso de la thola (*Parastrephia lepidophylla*) para el control de la erosión eólica,
- la labranza mínima en surco evitando mayor movimiento de suelo,
- la variabilidad del contenido y retención de la humedad del suelo,
- los requerimientos de nutrientes de la quinua,
- las fuentes locales y utilización de fósforo y materia orgánica,
- el desarrollo de sistemas para control de heladas.

## BIBLIOGRAFIA

- AHLFELD F., 1972. Geología de Bolivia. Enciclopedia Boliviana, Edit. Los Amigos del Libro, Cochabamba, Bolivia.
- AUGSTBURGER F., 1982. Agrobiología, nueva perspectiva para la agricultura boliviana. *In: Ecología y recursos naturales de Bolivia*. Ed. Centro Portales, Instituto de Ecología, Cochabamba, Bolivia.
- COCHRANE T., 1983. El potencial agrícola del uso del suelo en Bolivia, un mapa de Sistemas de Tierras. Misión Británica en Agricultura Tropical- Ministerio de Agricultura, Ed. Don Bosco, La Paz, Bolivia.
- CORDEOR, 1975. Diagnóstico departamental. Sector agropecuario, Oruro, Bolivia.
- CORDEPO, 1988. Diagnóstico sub área II-1 Daniel Campos Norte-Llica Proyecto Bol/86/022. Potosí, Bolivia.
- IBTA-Convenio CIID-Canadá, 1981. Informe del proyecto quinua 1980-1981. La Paz, Bolivia.
- , 1982. Informe Proyecto quinua 1981-1982. La Paz, Bolivia
- IBTA-JUNAC, 1988. Sistemas de producción de quinua en el Altiplano boliviano. D. Morales ed., La Paz, Bolivia.
- IICA-PNUD, 1991. Estudio de mercado y comercialización de la quinua real de Bolivia, documento borrador sin edición, La Paz, Bolivia.
- IGNACIO J. *et al*, 1976. Contribución al estudio morfológico del grano de la quinua *In: Segunda Convención Internacional de Quenopodiaceas*, Universidad Boliviana Tomás Frías, IICA, Potosí, Bolivia.
- ISKO X., 1987. Diagnóstico socioeconómico del Departamento de Oruro-Salinas de Garcí Mendoza, Turco, Sajama, y el Choro. Informe final PMPR, CEE-CORDEOR, Oruro, Bolivia.
- KOLMANS E., 1990. Características generales de la agricultura ecológica. *In: La agricultura ecológica en el Perú*. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA), Lima, Perú.
- LIBERMAN M., 1986. Impacto ambiental del uso actual de la tierra en el Altiplano Sur de Bolivia, con énfasis en el cultivo de *Chenopodium quinoa*, Willd. *Revista di agricultura subtropicale e tropicale*.
- NINA V., 1988. Evolución de la siembra tradicional de la quinua-satiri I. Uso racional y tradicional del estiércol-satiri II. *In: Tecnologías campesinas de los andes. Primer seminario Taller en el altiplano de revaloración del conocimiento andino*, CORDEOR-CEE-PAC, MACA, Oruro, Bolivia.

QUISPE H., 1982. Estudio de la "Oruga nocturna de la quinua" en cultivos del Altiplano Sur. *In*: Tercer congreso internacional de cultivos andinos, IBTA-CIID, La Paz, Bolivia.

TAPIA G., 1976. La quinua, un cultivo de los Andes altos. Academia Nacional de Ciencia de Bolivia, La Paz, Bolivia.

TAPIA M., 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. INIAA-FAO.



# SERVICIOS DE MECANIZACIÓN PRESTADOS POR UNA INSTITUCION DE FOMENTO EN LA ZONA DE PATACAMAYA (1989-1992)

*Dominique HERVE<sup>1</sup> & Victor MITA<sup>2</sup>*

## I. INTRODUCCION

La mecanización del altiplano boliviano, aparentemente favorecida por una topografía mayormente plana, es incipiente y, a menudo, limitada a una tractorización. Un numero creciente de agricultores requieren del tractor y de implementos agrícolas para la roturación y el rastreado, en el momento oportuno, de algunas de sus parcelas, y no necesariamente todos los años (Herve, 1994).

En la zona de Patacamaya el uso de la maquinaria e implementos agrícolas como el arado de discos es generalizado para la mayoría de los campesinos. Ultimamente algunas instituciones de fomento prestan servicios de roturación y rastreado. Es el caso de Fomento Lechero que promueve la mecanización para incentivar la producción forrajera utilizada por el ganado bovino lechero (Mita, 1995). Esta institución fue creada el año 1973 con el fin de fomentar el desarrollo de la actividad lechera en el altiplano pacaño, para abastecer de materia prima a la Planta Industrializadora de Leche (PIL-La Paz).

En este estudio se analiza la información cuantificada de los servicios prestados de roturación y rastreado por Fomento Lechero durante cuatro años calendarios (1989-1992) en distintas comunidades de la cuenca de Patacamaya (mapa 1). Se busca evaluar el grado de aceptación del servicio que prestan este tipo de instituciones de fomento, su viabilidad y referencias sobre las fechas de laboreo. Se toman en cuenta en el tratamiento las comunidades, los agricultores beneficiarios, las superficies y épocas de roturación y rastreado.

## II. METODOLOGIA

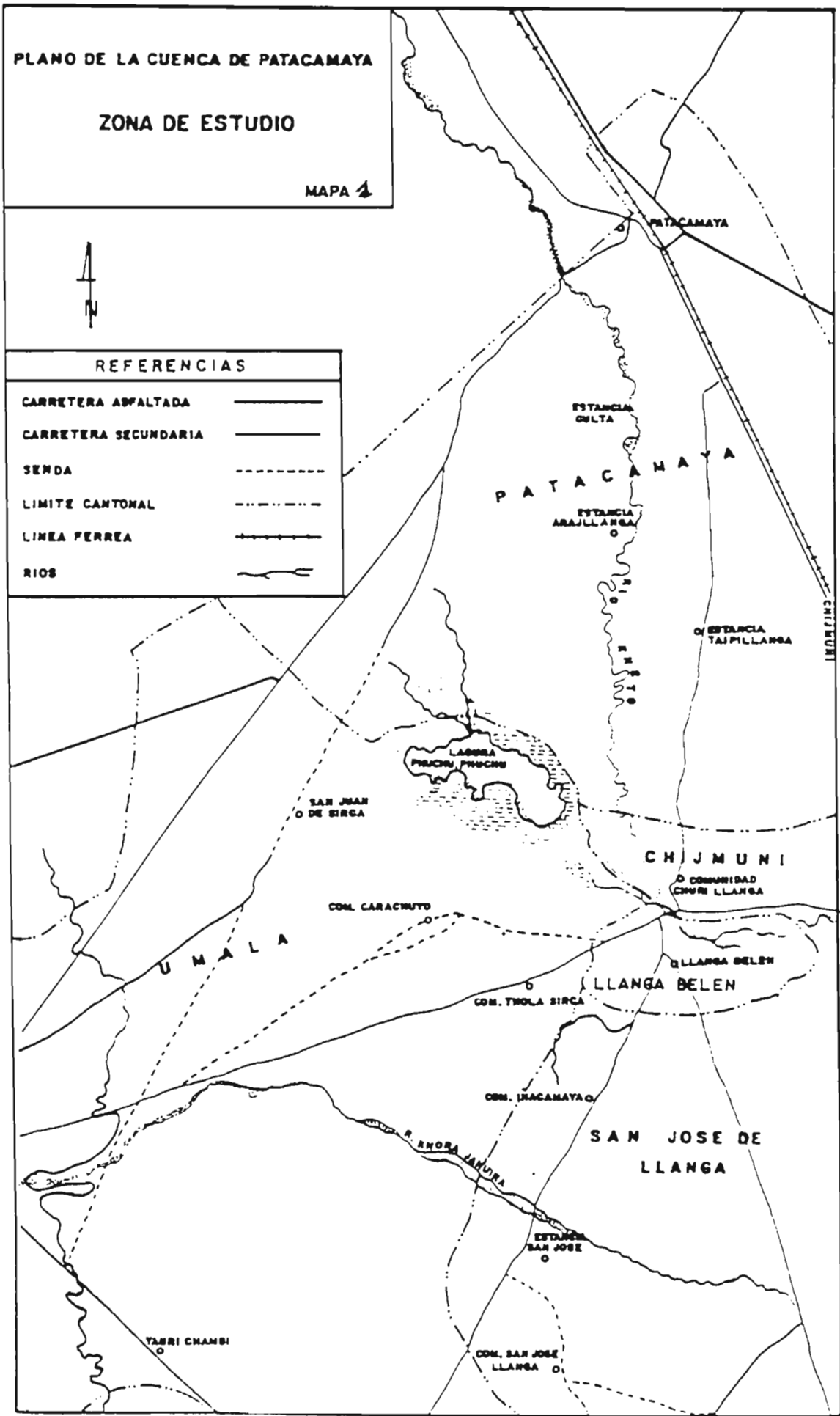
Los datos referentes a los servicios prestados de roturación con arado de vertedera y rastreado con rastra de discos fueron extractados de los archivos de Fomento Lechero, correspondientes a los años 1989-1992. Estos datos fueron recogidos de las fichas de trabajo, que es el documento de contrato de servicios entre la institución y el agricultor, donde se especifican la tarifa de operación por unidad de superficie, el tipo de servicio prestado, la fecha de roturación y/o rastreado, además de la comunidad donde se realizo el trabajo. Nos interesamos a las roturaciones del inicio del ciclo ocurridas entre los meses septiembre y diciembre.

En la localidad de Patacamaya las comunidades que fueron atendidas son: Iñacamaya (1), Carachuyo (2), Taypillanga (3), Tola Circa (4), Llanga Belen (5), Churillanga (6), Arajllanga (7), Patacamaya (8), Cochinitos (9), Calacachi (10), San José Llanga (11), Chijmuni (12), Cauchi (13), Titiri (14), Santiago de Sora Sora (15) y San Martín de Iquiaca (16), en el altiplano central de la provincia

---

<sup>1</sup> ORSTOM, casilla 9214, La Paz, Bolivia, Tel. 341425, Fax: 391854.

<sup>2</sup> Ing. Agr., CIP-CONDESAN/IBTA-Sistemas de Producción.



Aroma del departamento de La Paz (ver mapa 1). El centro de operación de la maquinaria se ha desplazado con el tiempo. En 1989 fue en Viacha, en 1990 en Thola Sirca, en 1991 fue a 3 km de la Estación Experimental de Patacamaya hasta Octubre y a partir de esta fecha fue en la localidad de Patacamaya, distante de 2 a 20 km de las comunidades donde se presta este servicio.

Se analizaron los datos: fecha, agricultor, comunidad, implemento y superficie trabajada, con el paquete estadístico francés STAT-ITCF.

### III. RESULTADOS

Las comunidades que recibieron los servicios de roturación y rastreado con tracción motriz por Fomento Lechero, fueron incrementándose cada año desde 1989, empezando con nueve comunidades hasta llegar a 16 (cuadro 1). En los años 1991 y 1992 se atendió al mayor número de comunidades para ambos tipos de servicios. También muestra que durante estos cuatro años, un número mayor de comunidades se beneficiaron con los servicios de roturación con respecto al rastreado.

**Cuadro 1. Número de comunidades que recibieron los servicios de roturación y rastreado cada año**

AÑO	ROTURADAS	RASTREADAS
1989	9	8
1990	10	8
1991	12	11
1992	11	11
TOTAL	16	14

En los años 1989-1992 en la zona de Patacamaya se atendieron 1389 pedidos a solicitudes de agricultores para servicios de roturación y rastreado en parcelas campesinas donde, por rastreado, se atendieron 714 pedidos (51.4 %) y, por roturación, 675 (48.6 %). Se tuvieron mayores pedidos para ambos servicios en 1991 con 421 pedidos, y menores pedidos en 1990, con 221 pedidos. Al evaluar ambos tipos de servicios, se noto que los dos últimos años tuvieron mayor aceptación que los dos primeros años que analizamos (cuadro 2).

En el transcurso de los cuatro años, se aumento el número de pedidos de rastreado de 50 pedidos, mientras que por roturación la cifra variaba según el año entre 115 y 226 pedidos.

**Cuadro 2. Número de pedidos de roturación y rastreado por año**

AÑO	ROTURACION	RASTREADO	TOTAL
1989	226	173	399
1990	115	106	221
1991	209	212	421
1992	125	223	348
TOTAL	675	714	1389

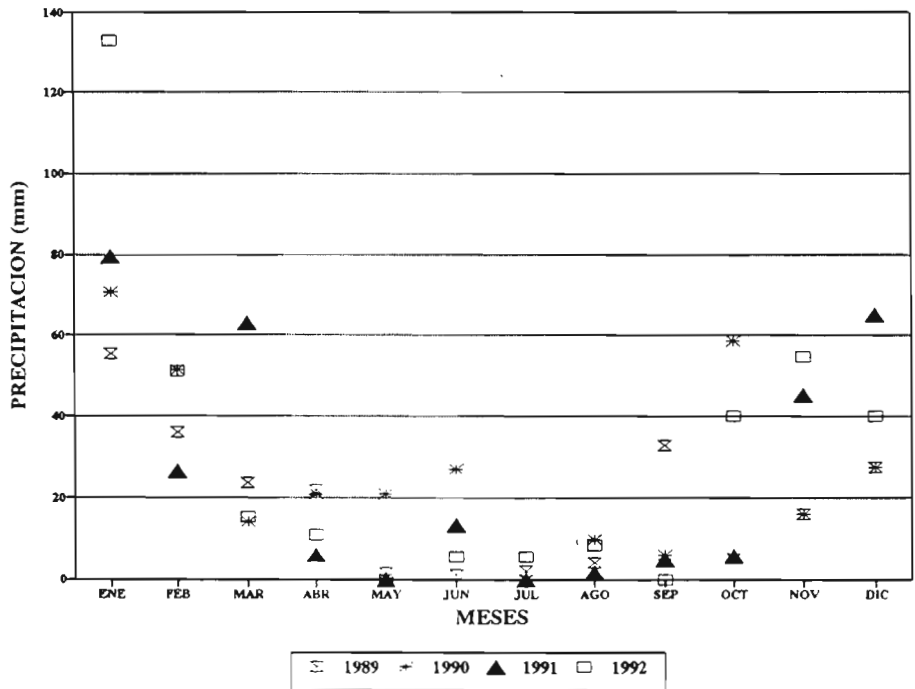


Figura 1. Superficie total roturada y rastreada desde 1989 a 1992

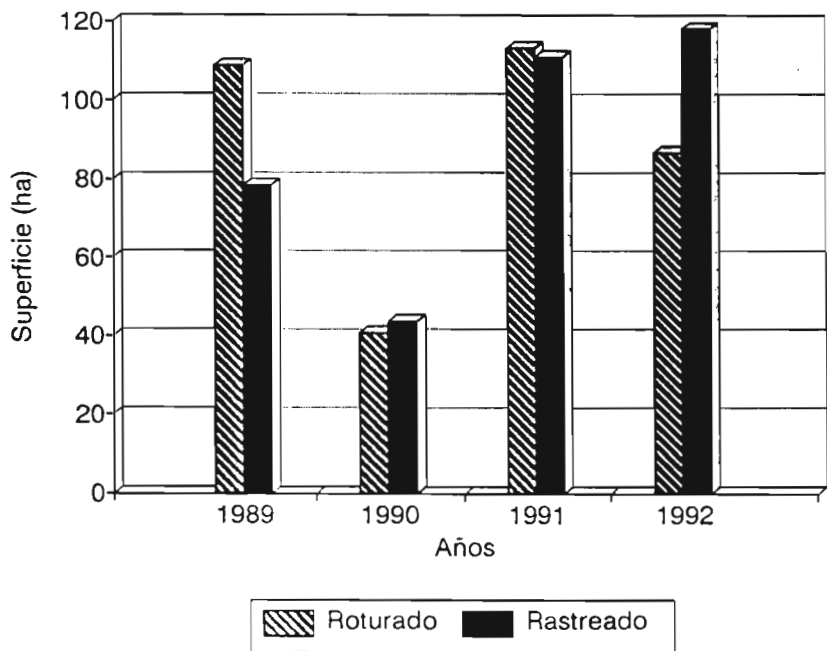


Figura 2. Precipitación registrada en la zona de Patacamaya (1989-1992)

Analizando los servicios prestados por Fomento Lechero, de manera comparativa en la figura 1, tenemos que en los años 1991 y 1992 se trabajaron mayores superficies por roturación y rastreado respectivamente, en comparación a los dos años anteriores. El año 1990 fue donde se trabajó menos, siendo indicador la superficie trabajada; sin embargo ese año la precipitación no tuvo influencia directa para que se trabajara menos (ver figura 2).

Finalmente estos datos nos muestran la preferencia que los agricultores adquieren por el servicio de rastreado en los dos últimos años, debido a que la tarifa de operación no varía por el número de pasadas (generalmente realizan tres pasadas), lo que no ocurre con los tractoristas particulares, donde la tarifa de operación incluye solamente una pasada. Se relaciona la superficie total roturada y rastreada (figura 1) con la precipitación registrada en los cuatro años (figura 2), especialmente la de los meses de septiembre a diciembre. El déficit de pedidos en 1990 no se explica por la ausencia de precipitaciones, en 1989, año aun más seco, los pedidos están cerca de 400. Otros factores han debido intervenir.

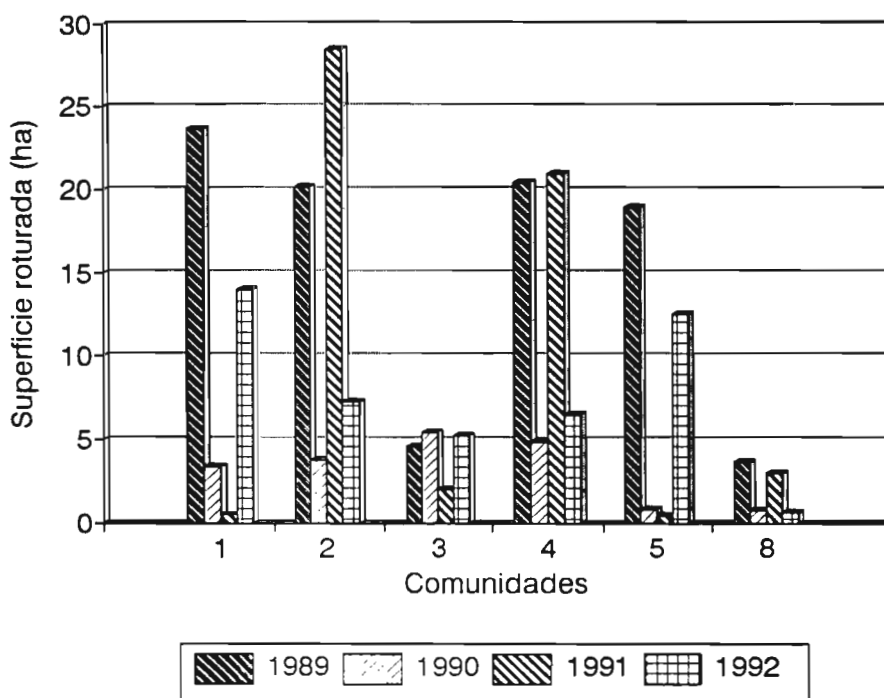
El cuadro 3 muestra que, al finalizar los cuatro años de prestación de ambos servicios, se tuvo mayores superficies en promedio trabajadas por rastreado en comparación con la roturación, con una fuerte variabilidad interanual de la superficie roturada y del número de pedidos. También del cuadro se extrae que una mayoría de los pedidos por roturación y rastreado que solicitan los agricultores se sitúan alrededor de media hectárea.

Los usuarios fueron incrementando cada año el tamaño de los terrenos que hacían trabajar, siendo este aumento más notorio en el rastreado que en la roturación.

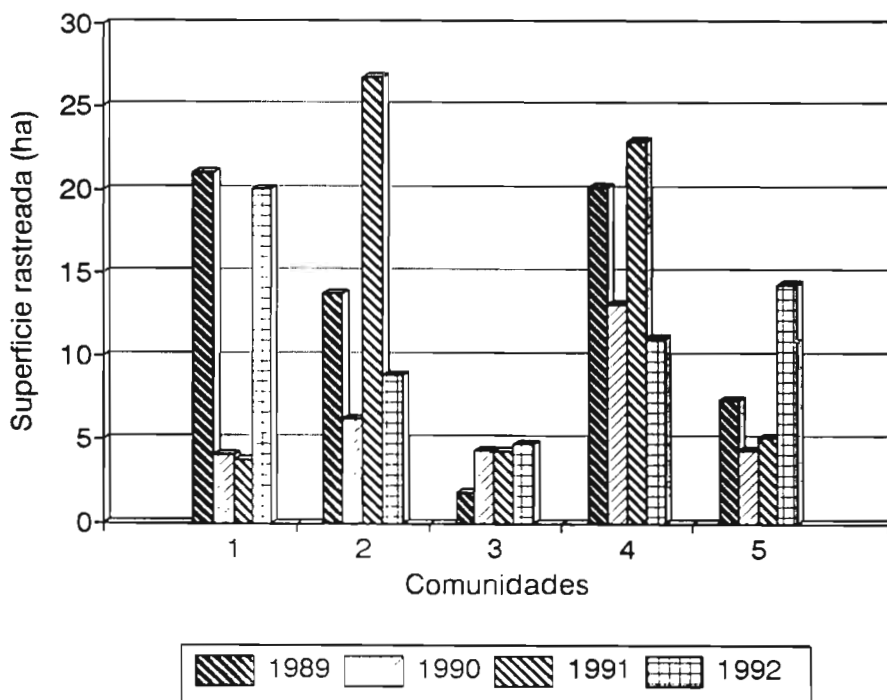
**Cuadro 3. Superficie promedio roturada y rastreada en 6 comunidades (1989-1992)**

AÑO	ROTURADA			RASTREADA		
	TOTAL (ha)	PROMEDIO (m <sup>2</sup> )	PEDIDOS	TOTAL (ha)	PROMEDIO (m <sup>2</sup> )	PEDIDOS
1989	108.78	4813.7	226	78.31	4526.8	173
1990	40.53	3524.6	115	43.71	4123.6	106
1991	113.21	5417.0	209	111.08	5239.7	212
1992	86.70	6936.0	125	118.22	5301.4	223
TOTAL	349.23	5173.9	675	351.32	4920.5	714

Las figuras 3 y 4 muestran las diferentes comunidades que recibieron los servicios de roturación y/o rastreado en las cuatro gestiones de manera continua, que en este caso son las comunidades: Iñacamaya (1), Carachuyo (2), Taypillanga (3), Tola Circa (4), Llanga Belen (5) y Patacamaya (8) para roturación, siendo las mismas comunidades que recibieron los servicios de rastreado excepto Patacamaya.



**Figura 3. Superficie roturada en seis comunidades (1989-1992)**



**Figura 4. SUPERFICIE RASTREADA EN CINCO COMUNIDADES (1989-1992)**

Las superficies rastreadas en los diferentes años y comunidades están en función a la superficie roturada, además notándose mayores superficies trabajadas por rastreado en comunidades como Tola Circa, Llanga Belen, lo que hace suponer que en estas zonas existe una mayor presencia de suelos de textura liviana. El año 1991 se trabajaron más de 100 ha por servicios de rastreado y roturado especialmente de las comunidades de Carachuyo y Tola Circa (figuras 1 y 4).

Otra característica sobresaliente, durante estos cuatro años es la menor superficie trabajada, tanto en roturación como en rastreado en la comunidad de Taypillanga (figuras 3 y 4). La causa para que esta comunidad se beneficie menos no fue la distancia que deben recorrer las maquinarias desde el centro de operación a la parcela; más bien tuvo relación directa la poca cantidad de agricultores dedicados a la ganadería lechera. Además existen por otro lado propietarios de tractores particulares en esta comunidad.

**Cuadro 4. Clasificación de las comunidades atendidas de acuerdo a su distancia con el centro de operación**

Año	Centro de operación	Distancia del centro de operaciones a las comunidades
1989	Viacha	Cercanas: 3,7,8,13,14,16 Medianas: 2,5,6 Alejadas: 1,4,9,11
1990	Tola Circa	Cercanas: 1,2,4,5,6 Medianas: 3,7,9,11 Alejadas: 8,12,13,14,15,16
1991	EEP y Patacamaya	Cercanas: 3,7,8,13,14,16 Medianas: 2,5,6 Alejadas: 1,4,9,11
1992	Patacamaya	Cercanas: 3,7,8,13,14,16 Medianas: 2,5,6 Alejadas: 1,4,9,11

#### IV. CONCLUSIONES

A pesar de que muchos de los agricultores prefieren los servicios de esta institución (por la mejor calidad de roturación con respecto a los tractoristas particulares), los datos presentados reflejan la mala administración de la institución en la prestación de servicios de roturación y rastreado, específicamente en la supervisión al personal encargado de realizar estas tareas y en el mantenimiento de las maquinarias. Es la principal razón de las variaciones interanuales de la prestación de servicios de roturado y rastreado.

## **V. LITERATURA CITADA**

HERVE D., CONDORI D., BRUGIONI I., FERNANDEZ G., 1994. Decisiones de labranza, consecuencias sobre el suelo y los cultivos; problemática del altiplano boliviano. Revista de Agricultura No 24: 12-22.

MITA V., 1995. Evaluación de la calidad y costo de roturación con arados de vertedera y discos en parcelas campesinas del Altiplano Central Boliviano. Tesis Ing. Agr. Cochabamba. Universidad Mayor de San Simón.



# EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN UN SUELO FRANCO ARCILLOSO ARENOSO DEL ALTIPLANO NORTE

Vladimir ORSAG<sup>1</sup>

## INTRODUCCION

El agua, al constituirse en uno de los factores más importantes para el crecimiento de las plantas, está ligado muy estrechamente al suelo desde su origen, en razón de que parte del ciclo del agua en la naturaleza ocurre en el suelo y depende de sus características físico-químicas.

El altiplano boliviano, que ocupa cerca de un 13% del territorio nacional, presenta un déficit hídrico en la mayor parte del año, debido a sus características climáticas: distribución monomodal de la lluvia y escasa precipitación durante el año, lo que conjuntamente con las heladas y calidad de suelos constituyen limitantes para la agricultura. Es por esta razón que el estudio de los regímenes de humedad de los suelos del altiplano es tan importante para un manejo adecuado del suelo y agua.

En base a estudios realizados por Orsag (85, 86, 87 y 88) en Viacha (altiplano boliviano paceño) sobre la dinámica del contenido de humedad en el suelo, el presente trabajo evalúa y compara la disponibilidad de agua para las plantas en un suelo franco arcillo arenoso preparado y no preparado.

## OBJETIVOS

Los objetivos que se buscan con el presente trabajo son:

- Evaluar la disponibilidad de agua para las plantas durante el periodo vegetativo en un suelo franco arcillo arenoso de la localidad de Viacha.
- Determinar la variabilidad de la disponibilidad de agua en el tiempo (periodo vegetativo) y espacio.
- Comparar la disponibilidad de agua en un suelo preparado y no preparado.

## UBICACION

El lugar de los ensayos es una planicie aluvial no inundable del altiplano norte, situado en los campos experimentales del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear en Viacha, departamento de La Paz.

El Centro de Investigaciones de Viacha está ubicado a 16° 39' de latitud sur y a 68° 15' de longitud oeste, a una altitud de 3.850 m.s.n.m., donde la temperatura media anual es de 7,8° C y la precipitación promedio anual de 640 mm.

---

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo Ph.D. Docente de Manejo y Conservación de Suelos (Fac. de Agronomía) y Edafología (Carrera de Geografía).

Las principales características físicas y químicas del suelo estudiado son presentadas en los cuadros 1 y 2.

**Cuadro 1. Propiedades físicas**

Horizonte	Profundidad	Texture			Clasificación textural	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente	Agua disponible
		Arena %	Limo %	Arcilla				
	Cm				%Hum.Vol.	% Hum.Vol.	%Hum.Vol.	
AP	0-19	56,00	9,00	35,00	Arcillo Arenoso o Franco Arcillo Arenoso.	27,39	3,57	23,82
B	19-49	21,00	8,00	71,00	Arcillo Arcilloso	41,48	28,25	13,23
CCa	49-76	15,00	22,0	63,00	Arcilloso	39,07	22,04	17,03

**Cuadro 2. Propiedades químicas**

Horizonte	Profundidad cm	PH		CE	MO	Ca	K	P
		H <sub>2</sub> O	KCL	mmhos/cm	%	m Eq /100 g	m Eq/100 g	ppm
AP	0-19	6,0	5,6	0,084	0,63	3,7	0,18	8,13
B	19-49	6,6	7,2	0,228	0,38	8,2	1,42	7,14
Cca	49-76	8,7	7,6	0,540	0,16	10,2	0,33	7,04

## MATERIALES Y METODOS

En el CIN-Viacha se realizaron estudios durante los años 83-84, 84-85 y 85-86 sobre el almacenamiento y dinámica del agua en un suelo con vegetación natural con ayuda de la sonda neutrónica (HYDROPROBE 503). Considerando los resultados sobre el contenido de humedad en suelos preparados en diferentes épocas, se calculó el agua disponible para los cultivos durante el periodo vegetativo 87/88, en un suelo franco arcillo arenoso preparado y no preparado (0 - 49 cm). El agua disponible se deduce de las siguientes ecuaciones:

% AGUA UTIL O DISPONIBLE	=	% HUMEDAD VOL. MOMENTANEA *	-	% HUMEDAD VOL. DEL SUELO A PMP
--------------------------	---	-----------------------------	---	--------------------------------

\* La humedad momentánea se refiere al contenido de humedad medido *in situ* con ayuda de la sonda neutrónica.

LAMINA DE AGUA UTIL O DISPONIBLE EN mm.	=	AGUA UTIL O DISPONIBLE % HUM. VOL.	X	PROF DEL HORIZONTE EN dm.
---	---	------------------------------------	---	---------------------------

## RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados de Orsag (1989), en los suelos del altiplano que no están influenciados por una napa freática muy superficial, el contenido de humedad del suelo depende exclusivamente de las precipitaciones. En ese sentido, es necesario considerar el comportamiento de las lluvias para evaluar la disponibilidad de agua en el suelo.

En base a los datos del cuadro 3 se pudo evidenciar que las precipitaciones acaecidas en Viacha, de octubre a marzo (periodo vegetativo 87/88), fueron mayores (484 mm) que las calculadas para un promedio de 31 años (422 mm), en un 11%. Como esta diferencia no es amplia, se pueden considerar los resultados obtenidos en este trabajo como válidos para años con precipitaciones normales.

Sin embargo, es necesario considerar las variaciones que se presentan al interior de la información climática. Así, en los meses de octubre, enero y marzo se tienen precipitaciones mayores que los promedios normales de cada mes, con diferencias de 255, 103 y 188% respectivamente, mientras que en diciembre y febrero se presentaron lluvias inferiores al promedio normal de esos meses en 55 y 89% respectivamente (ver cuadro 3).

**Cuadro 3. Precipitación decadaria en Viacha (gestión agrícola 87/88)**

MCI	DECADAS	PRECIPITACION mm	PRECIPITACION MENSUAL 87/88 mm	PRECIPITACION (PROMEDIO 31 años) mm
Octubre	1	1,0	80,5	31,5
	2	67,5		
	3	12,0		
Noviembre	1	15,5	45,0	45,1
	2	12,5		
	3	17,5		
Diciembre	1	9,5	44,0	79,1
	2	25,0		
	3	9,5		
Enero	1	32,5	121,5	117,9
	2	44,0		
	3	45,0		
Febrero	1	15,0	76,0	85,5
	2	60,5		
	3	1,0		
Marzo	1	28,5	117,0	62,1
	2	38,0		
	3	50,5		

Para evaluar la disponibilidad del agua en el suelo estudiado durante los meses de noviembre a marzo de la gestión agrícola 87/88, se partió de los contenidos promedio de humedad momentánea, los cuales se presentan en los cuadros 4 y 5 en forma decadaria por mes para los horizontes: Ap (0-19 cm) y B (19-49 cm). Se puede evidenciar un mayor contenido de humedad volumétrica en el horizonte B en relación al A, en valores que superan el 11% de Hum. Vol. (noviembre) y cerca del 10% en enero y marzo (suelos preparados). Esto se debe a que la capa arable tiene una textura más ligera, ya que su contenido de arena es de 56%, que evita una mayor retención de humedad y por consiguiente el agua se infiltra hacia el horizonte B. Este horizonte, por su alto contenido de arcillas hinchables, retiene gran parte de la humedad infiltrada.

Si bien los contenidos de humedad total de los respectivos horizontes parecen interesantes, es necesario recordar que toda el agua almacenada en el suelo no es aprovechable para la mayoría de las plantas. Por consiguiente, de acuerdo al concepto introducido por Briggs, que considera como agua disponible para los cultivos el agua retenida entre dos situaciones, algunos autores han considerado de cuasi equilibrio (Reichardt (1985): la denominada capacidad de campo (agua retenida por el suelo en equilibrio con una presión de 33 kPa) y el punto de marchitamiento permanente (agua que retiene una muestra de suelo equilibrada con una presión de 1500 kPa).

En este sentido, en base a los datos de humedad momentánea (cuadros 4 y 5), capacidad de campo (cc) y punto de marchitez permanente (pmp) del cuadro 2, se realizaron los cálculos respectivos para determinar las cantidades de agua disponibles.

La disponibilidad de agua en el horizonte Ap (0-19 cm) es mayor que en el horizonte B (19-49 cm), en cantidades entre 16 y 19 mm por mes como promedio, es decir que existe alrededor de 170 m<sup>3</sup>/ha de agua disponible más que en el horizonte inferior. Este mayor contenido de agua disponible en la capa arable, a pesar de que su humedad momentánea es menor, se debe primero a sus características texturales que permiten una mejor disposición de la geometría de sus poros y, por consiguiente, valores menores de humedad retenidos a punto de marchitez, lo que permite una mejor utilización del agua del suelo.

El agua útil en la capa superficial no es constante durante todos los meses y aumenta paulatinamente desde noviembre (41 mm como promedio) alcanzando sus valores máximos promedio en los meses más lluviosos, enero y febrero (47 y 49 mm respectivamente), lo que coincide con el crecimiento y requerimiento de los cultivos en el altiplano. Mientras que en el mes de marzo de esta gestión agrícola se obtuvieron disponibilidades de agua muy por encima de los años normales debido a las altas precipitaciones acaecidas.

Del cuadro 4 se puede evidenciar también que los contenidos de humedad de la capa arable sólo superan a su capacidad de campo (27,40% Hum. Vol.) en los meses más lluviosos, es decir enero, febrero y marzo, lo que refleja claramente la dependencia de las condiciones hídricas del suelo a las precipitaciones. También se puede indicar que el agua aprovechable de la capa arable sólo ha sobrepasado el 100% de este parámetro (23,82% de Hum. Vol.) en esos meses lluviosos.

Respecto a la incidencia de la preparación del suelo sobre la disponibilidad del agua, se puede indicar que existe una mayor cantidad de agua útil en el horizonte Ap en un suelo arado en relación al no preparado. Son mayores las diferencias en los meses iniciales del periodo vegetativo (noviembre y diciembre) con valores entre 8 y 12 mm, mientras que en los meses más lluviosos (enero, febrero y marzo) estas diferencias mensuales (promedio) son menores, alcanzando valores de 9,3 y 4 mm respectivamente. A nivel de la capa arable, la disponibilidad de agua útil es muy similar especialmente en los meses más lluviosos, por consiguiente la incorporación de una labranza mínima como práctica conservacionista en el Altiplano parece que no afectaría sensiblemente la acumulación de agua en suelos de texturas similares.

**Cuadro 4. Contenidos de humedad y disponibilidad de agua**

HORIZONTE Ap/0-10cm) VIACHA

MES	DECADA	SUELO ARADO				SUELO NO ARADO				% de agua disponible si 23.82 = 100%
		% Humedad momentanea	% agua disponible	Lamina de agua disponible mm	% de agua disponible	% humedad momentanea	% agua disponible	Lamina de agua disponible mm		
NOVIEMBRE	1	23.70	20.10	38.00	84.00	21.16	17.60	33.00	74,00	
	2	26.60	23.00	44.00	96.00	22.50	18.90	36.00	79,00	
	3	24.65	21.00	40.00	88.00	19.30	15.70	30.00	65,00	
DICIEMBRE	1	26.40	22.80	43.00	92.00	20.60	17.00	32.00	71,00	
	2	25.10	21.50	41.00	88.00	19.30	15.70	30.00	66,00	
	3	25.20	21.60	41.00	91.00	18.80	15.20	29.00	64,00	
ENERO	1	26.20	22.60	43.00	95.00	19.70	16.10	31.00	68,00	
	2	26.40	22.80	43.00	96.00	21.40	17.80	34.00	73,00	
	3	33.10	29.50	56.00	124.00	30.11	26.50	50.00	117,00	
FEBRERO	1	29.00	25.40	48.00	107.00	26.20	22.60	43.00	95,00	
	2	30.70	27.10	51.00	114.00	31.10	27.50	52.00	113,00	
	3	28.70	25.10	48.00	105.00	27.03	23.40	44.00	98,00	
MARZO	1	24.50	20.90	40.00	88.00	19.60	16.00	36.00	67,00	
	2	29.50	25.90	49.00	109.00	27.80	24.20	46.00	102,00	
	3	29.70	26.10	50.00	109.00	29.70	26.10	50.00	107,00	

Cuadro 5. Contenidos de humedad y disponibilidad de agua

HORIZONTE B (19-49cm) VIACHA

MES	DECADA	SUELO ARADO				SUELO NO ARADO				% de agua disponible si 13,23=100
		% Humedad momentanea	% agua disponible	Lamina de agua disponible mm	% de agua disponible	% humedad momentanea	% agua disponible	Lamina de agua disponible mm		
NOVIEMBRE	1	35.80	7.60	23.00	18.00	35.20	7.00	21.00	53,00	
	2	38.00	9.70	29.00	73.00	37.00	8.80	26.00	66,00	
	3	36.30	8.00	24.00	60.00	35.00	6.80	20.00	51,00	
DICIEMBRE	1	38.20	9.90	30.00	75.00	36.50	8.20	24.00	62,00	
	2	36.30	8.00	24.00	60.00	34.30	6.00	18.00	45,00	
	3	36.20	7.90	24.00	60.00	34.70	6.40	19.00	48,00	
ENERO	1	37.80	9.60	29.00	73.00	35.20	7.00	21.00	53,00	
	2	36.90	8.60	26.00	65.00	34.40	6.20	19.00	47,00	
	3	41.50	13.20	40.00	99.00	37.30	9.00	27.00	68,00	
FEBRERO	1	37.30	9.00	27.00	68.00	35.00	6.60	20.00	50,00	
	2	39.30	11.00	33.00	83.00	37.40	9.20	26.00	59,00	
	3	38.10	9.80	30.00	74.00	36.50	8.20	25.00	62,00	
MARZO	1	37.30	9.00	27.00	68.00	36.00	7.80	23.00	59,00	
	2	37.40	9.10	27.00	69.00	35.70	7.40	22.00	55,00	
	3	39.30	11.00	33.00	83.00	38.60	10.40	31.00	78,00	

**Cuadro 6. Lámina de agua disponible**

MES	DECADA	SUELO ARADO	SUELO NO ARADO	DIFERENCIA
		Lámina de agua en mm	Lámina de agua en mm	mm
NOVIEMBRE	1	61.00	54.00	7.00
	2	73.00	62.00	11.00
	3	64.00	50.00	14.00
DICIEMBRE	1	73.00	56.00	17.00
	2	65.00	48.00	17.00
	3	65.00	48.00	17.00
ENERO	1	72.00	52.00	20.00
	2	69.00	53.00	16.00
	3	96.00	77.00	19.00
FEBRERO	1	75.00	63.00	14.00
	2	84.50	80.00	4.50
	3	78.00	69.00	9.00
MARZO	1	67.00	53.00	14.00
	2	76.00	68.00	8.00
	3	83.00	81.00	2.00

La disponibilidad de agua en el horizonte B (19-49 cm) es menor que en la capa superficial. Estos contenidos de agua útil para los cultivos en este horizonte oscilan entre 25 y 32 mm (suelo preparado) y 22 y 25 mm (suelo no preparado), a pesar de que este horizonte tiene una alta capacidad de retención de humedad (capacidad de campo equivalente a 41,5% de Hum. Vol.). La menor aprovechabilidad del agua de este horizonte por algunos cultivos se debe especialmente a su alto contenido de arcillas hinchables (71%) y a la presencia de poros capilares muy finos donde el agua se mueve difícilmente. En este suelo quedan retenidos volúmenes considerables de agua a presiones mayores a 1500 kPa, sin que puedan ser aprovechadas especialmente por los cultivos introducidos. De acuerdo a los resultados de Vacher (1991), las variedades de quinua y papa amarga originarias de los Andes, debido a los potenciales foliares elevados que alcanzan, pueden aprovechar aún estas humedades retenidas sin mayores problemas.

De acuerdo al cuadro 5, se puede evidenciar que las humedades promedio decadiarias y mensuales de humedad en ningún momento han superado el contenido de humedad la capacidad de campo y, por consiguiente, los niveles de humedad aprovechable no alcanzan el 100%, es decir 13,23 de humedad volumétrica.

El agua aprovechable existente en un suelo franco arcillo arenoso hasta una profundidad de 49 cm de profundidad, durante el periodo vegetativo (noviembre-marzo 87/88) oscila, de acuerdo al cuadro 6, entre valores de 61 a 93 mm (suelos preparados), mientras que en los suelos sin preparar la humedad disponible varía entre 48 y 81 mm.

Comparando estos valores con los parámetros de humedad aprovechable considerados hasta una profundidad de 100 cm: suelos arenosos 60 mm, francos 100 mm y arcillosos 200 mm, podemos considerar que los niveles de agua almacenados en el suelo estudiado están ligeramente por debajo de los calculados en base a los parámetros indicados y a las profundidades del suelo estudiado. Sin

embargo, es necesario indicar que para saber si estos niveles de humedad aprovechable son suficientes para los cultivos, será necesario considerar también otros parámetros como la evapotranspiración real de estos cultivos en sus diferentes fases y condiciones de temperatura en el medio, ya que aceleran la evapotranspiración y otros aspectos.

## **Conclusiones y recomendaciones**

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la disponibilidad de agua para un suelo franco arcillo arenosos (0-49 cm) durante el período vegetativo 87/88 en el Altiplano boliviano (Viacha), se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La humedad disponible en el horizonte A (0-19 cm) es mayor que en el horizonte B (19-49 cm) en valores que fluctúan entre 16 y 19 mm, a pesar del menor contenido de humedad en la capa superficial.
- Los menores contenidos de agua útil en el horizonte B oscilan entre 25 y 32 mm en el suelo arado y entre 22 y 25 en un suelo sin preparar. Esta menor disponibilidad de agua se debe especialmente a su contenido elevado de arcillas hinchables (71%), que retienen gran cantidad de humedad a presiones equivalentes o mayores a 1500 kPa, sin poder ser utilizado por los cultivos introducidos.
- Los contenidos de humedad en la capa arable alcanzan niveles por encima de la capacidad de campo durante los meses más lluviosos del año, es decir enero, febrero y marzo, mientras que en el horizonte inferior (B) la humedad del suelo no alcanza la capacidad de campo en ningún mes del periodo vegetativo.
- Los contenidos de humedad disponible varían entre un suelo arado y otro no preparado, presentándose humedades mayores en la capa superficial del suelo preparado, que fluctúan entre 8 y 12 mm, mientras que para el horizonte inferior esta diferencia es menor (6 a 9 mm) en los meses más lluviosos.

## **Revisión bibliográfica**

DOOREMBOS J. *et al.*, 1984. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 24, Roma.

ORSAG V., 1989. Determinación de las Variaciones de Almacenamiento de Agua en un Aridisol del Altiplano Central con Ayuda de Técnicas Nucleares. Ecología en Bolivia N° 13, 1-10.

ORSAG V., 1989. Características del Régimen Aéreo de un Aridisol del Altiplano Central de Bolivia. Ecología en Bolivia N° 13, 11-21.

ORSAG V., 1989. Efecto de un Manejo Agrícola Alternativo de un Aridisol del Altiplano Central de Bolivia sobre el Almacenamiento de Agua en el Suelo. Ecología en Bolivia N° 13, 23-32.



- ORSAG V., MOLINA P. & QUINO E., 1993. Caracterización Hidrofísica Preliminar de un Aridisol del Altiplano Central. En: revista Jiltañani; Fac. de Agronomía-UMSA, La Paz, Año 1, N° 1, 15-19.
- REICHARDT K., 1985. Processos de Transferencia no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. Centro de Energia na Agricultura, USP-CNEN, Piracicaba, SP, Brasil.
- VACHER, J., GARCIA M., 1991. Uso Consuntivo y Comportamiento Hídrico de la Papa Amarga (*Solanum juzepcsukii*) y de la Papa Dulce (*Solanum tuberosum ssp andigena*) en el Altiplano Boliviano. En: I Mesa Redonda: Perú-Bolivia, realizada entre 7-8 mayo, ORSTOM, La Paz, 67-76.

# DINAMICA DE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO EN UN CULTIVO DE CEBADA, BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA Y TRES NIVELES DE MATERIA ORGANICA, EN EL ALTIPLANO NORTE

*Eliseo QUINO M.<sup>1</sup>*

## INTRODUCCION

Todos los suelos agrícolas labrados presentan una tendencia directa a la compactación natural en función del tiempo, después de la siembra.

En la región del altiplano boliviano, esta tendencia es mayor, dadas sus características edafoclimáticas actuales. Los suelos al ser poco desarrollados, de texturas heterogeneas y con bajos contenidos de materia orgánica, son mas susceptibles a prematuros procesos naturales de compactación o al deterioro de algunas de sus propiedades físicas, debido a precipitaciones agrupadas en periodos cortos de tiempo (3-5 meses).

## OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Conocer y cuantificar la dinámica de la densidad aparente de los suelos (in situ), durante el cultivo de cebada, bajo tres formas de preparación de suelos y tres niveles de materia orgánica incorporada (paja de cebada).
- b) Cuantificar la influencia de la preparación del suelo sobre el almacenamiento y la disponibilidad de agua para el cultivo.
- c) Determinar el efecto de la preparación sobre el rendimiento del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó durante la gestión 1989-1990 en el Centro de Investigaciones Nucleares (CIN - Viacha) dependiente del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN) ubicado a una altura de 3850 m.s.n.m. Los índices climáticos anuales, promedios de 14 años son: temperatura de 7.1° C, humedad relativa de 57%, precipitación de 619 mm.

El suelo utilizado fue clasificado por Orsag (1989) como un Typic Paleargid franco arcillo arenoso. Estos suelos se caracterizan por ser poco profundos, con horizontes diferenciados y amplia variación espacial (sedimentos fluvio-lacustres), que generalmente descansan sobre un horizonte B muy arcilloso ubicado a una profundidad mayor a 20 cm, con marcada reducción de la permeabilidad.

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. KURMIS. Av. República 1038, La Paz, casilla 14637.

El experimento ha sido instalado en enero de 1990, con un diseño estadístico de parcelas divididas en franjas, con tres tratamientos (sistemas de labranza), tres subtratamientos (niveles de materia orgánica) y cuatro repeticiones. El cultivo de referencia fue la cebada.

Los tratamientos fueron: a) aradura con yunta de bueyes, b) aradura de discos (3 discos cóncavos de 50 cm de diámetro) seguida de una pasada de rastra tipo Tandem de 36 discos enteros, c) aradura de vertedera, que constaba de tres cuerpos enteros acoplados a un tren, continuada con el rastreado de discos. Los subtratamientos fueron: 0, 10 y 20 t/ha de paja de cebada troceada incorporada en el momento de la labranza.

La dinámica de la compactación natural de suelo fue cuantificada *in situ* a través de una sonda de Rayos Gamma (Strata gauge), que registraba la densidad aparente y la humedad volumétrica. Las lecturas se hicieron a 10, 25, 31 y 51 cm de profundidad en cada parcela experimental, durante el ciclo vegetativo de la cebada. El estado vegetativo de cultivo, considerando los porcentajes de emergencia, la densidad de plantas, el número de macollos, la altura de plantas y el rendimiento del cultivo se relacionaron con la densidad aparente y la humedad volumétrica del suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades dinámicas del suelo

#### Sistema de labranza

Según el cuadro 1, los sistemas mecanizados tienen mayores efectos sobre las propiedades del suelo. Los arados de disco y vertedera preparan el suelo más profundo que el arado de yunta (43% más con disco y 93% más con vertedera), afectando parte del horizonte subyacente (B). La preparación del suelo disminuyó la densidad aparente inicial 1.66 g/cm<sup>3</sup> en 0.32, 0.29 y 0.23 g/cm<sup>3</sup> en los sistemas disco, vertedera y yunta, respectivamente. La influencia de la preparación de suelos perduró aproximadamente por 30 días en los sistemas mecanizados.

En estos mismos sistemas de labranza profunda, la capa arable (Ap) observa un incremento en el contenido de arcilla por incorporación del horizonte subyacente, que se traduce con un incremento del límite superior de plasticidad y una reducción en la capacidad de infiltración del suelo.

**Cuadro 1. Efecto de los sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas en el horizonte Ap**

Arado	Prof. Labranza cm	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>			Humedad volumétrica % Hv			Infiltración cm/h	Lim. Plasticidad % humedad	
		a	b	c	a	b	c		Sup.	Inf.
Disco	20	1.66	1.34	1.37	1.50	21.4	18.9	4.7	26.4	16.0
Yunta	14	1.66	1.43		1.46	21.4	20.9	11.4	27.6	18.8
Vert.	26	1.66			1.41	21.4	38.3	5.4	34.4	17.5

a.- Antes de la preparación  
b.- Después de la preparación  
c.- Final del cultivo

## Densidad aparente

La figura 1 muestra la variación de la densidad aparente en la capa arable, sometida a la acción de la lluvia como agente natural de compactación, durante el ciclo vegetativo de la cebada.

Las mayores variaciones de densidad aparente son advertidas en la capa arable, en todos los tratamientos y principalmente durante los primeros 27 días, debido a la influencia de la preparación del suelo (Baver *et al.*, 1980), al incremento del porcentaje de arcilla (26 a 48%), al efecto de la precipitación (212 mm de enero a mayo) y al contenido de agua en el suelo (Barber, 1990).

Los sistemas que manifestaron grandes cambios iniciales en la preparación mostraron mayores variaciones en la densidad. Las variaciones extremas en la densidad aparente fueron: 1.34 a 1.76 g/cm<sup>3</sup> (disco), 1.37 a 1.67 g/cm<sup>3</sup> (vertedera) 1.43 a 1.62 g/cm<sup>3</sup> (yunta). El considerable cambio en la densidad, observado en el arado de disco, se debió al mejor mullido logrado durante la preparación (Díaz, 1983) y a su posterior deterioración con la fuerza cinética de las gotas de lluvia.

Densidades mayores a 1.62 g/cm<sup>3</sup> alcanzadas entre los 27 y 38 días después de la labranza afectaron al cultivo en las fases de macollamiento y desarrollo especialmente en los sistemas mecanizados. Después de los 30 días, los mismos sistemas indican menores densidades y mayores tenores de humedad que favorecen al cultivo (cuadro 2).

**Cuadro 2. Relación entre el estado de las propiedades físicas durante el período vegetativo y el rendimiento del cultivo de cebada**

PERIODO VEGETATIVO CEBADA	DENSIDAD APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )			HUMEDAD VOLUMETRICA (%)		
	DISCO	YUNTA	VERTEDERA	DISCO	YUNTA	VERTEDERA
Emergencia	1.60	1.52	1.64	17.51	27.66	22.54
Amacollamiento	1.70	1.63	1.67	15.17	18.91	18.37
Desarrollo	1.63	1.62	1.67	11.43	10.77	13.83
Inic. Floración	1.54	1.54	1.63	13.07	15.97	16.06
Floración	1.26	1.32	1.39	39.12	37.01	35.83
Madurez	1.35	1.44	1.50	30.76	23.37	22.97
Cosecha	1.43	1.52	1.48	27.10	22.64	31.01
RENDIMIENTO	2472	2037	1972	2472	2037	1972

Todos los tratamientos alcanzaron densidades superiores a 1.4 g/cm<sup>3</sup> que, según Simek (1974), son propias de suelos compactados, con restricciones en la aireación y penetración de las raíces.

El análisis estadístico efectuado no evidencia predominio marcado de ningún sistema de labranza. Los subtratamientos con mayores niveles de materia orgánica indican menores densidades aparentes y diferencias desde 0.02 a 0.2 g/cm<sup>3</sup> de densidad (entre 95 y 99% de certeza).

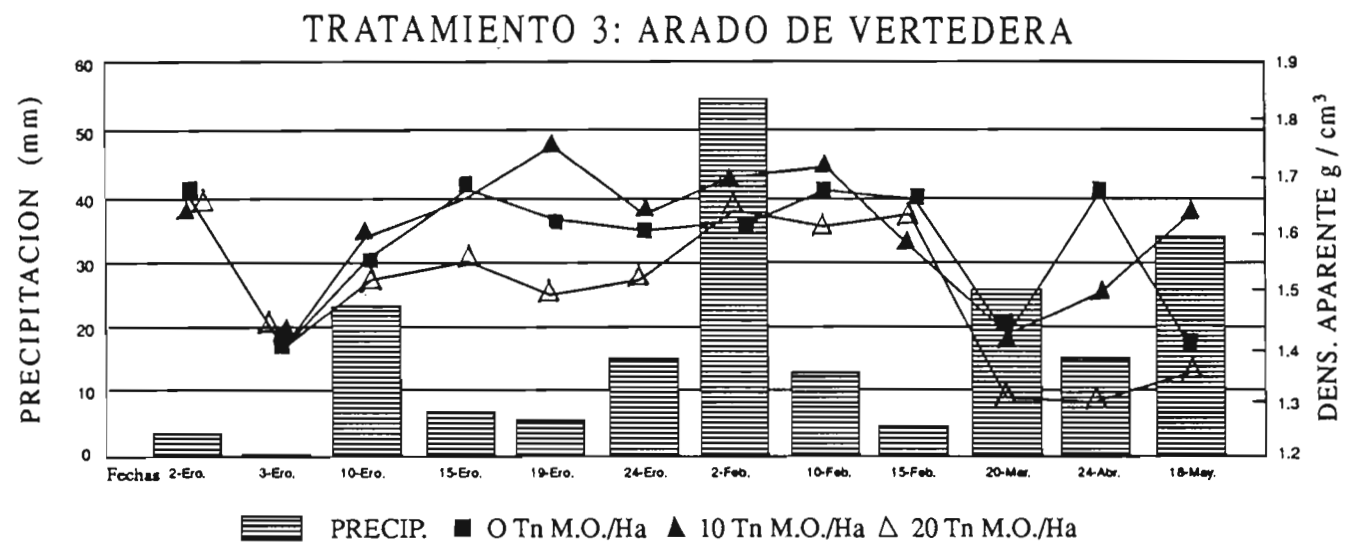
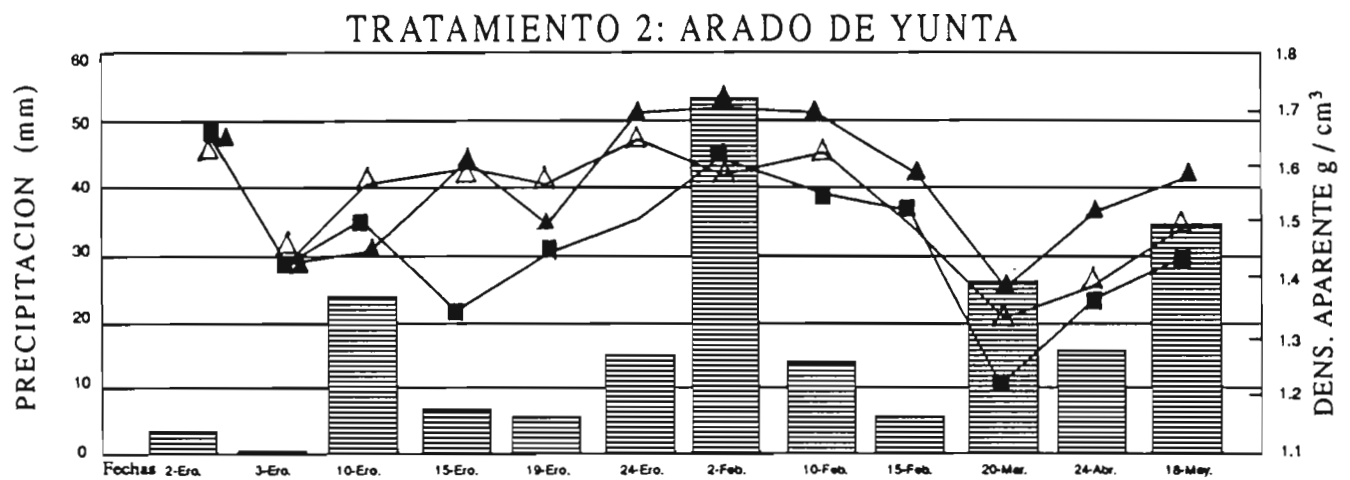
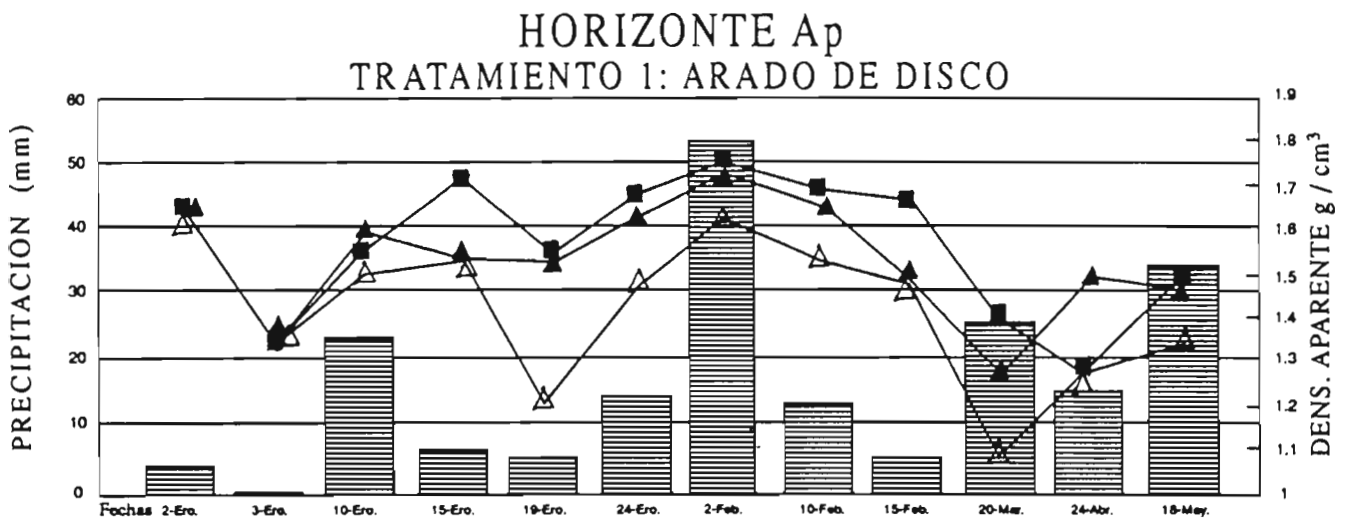
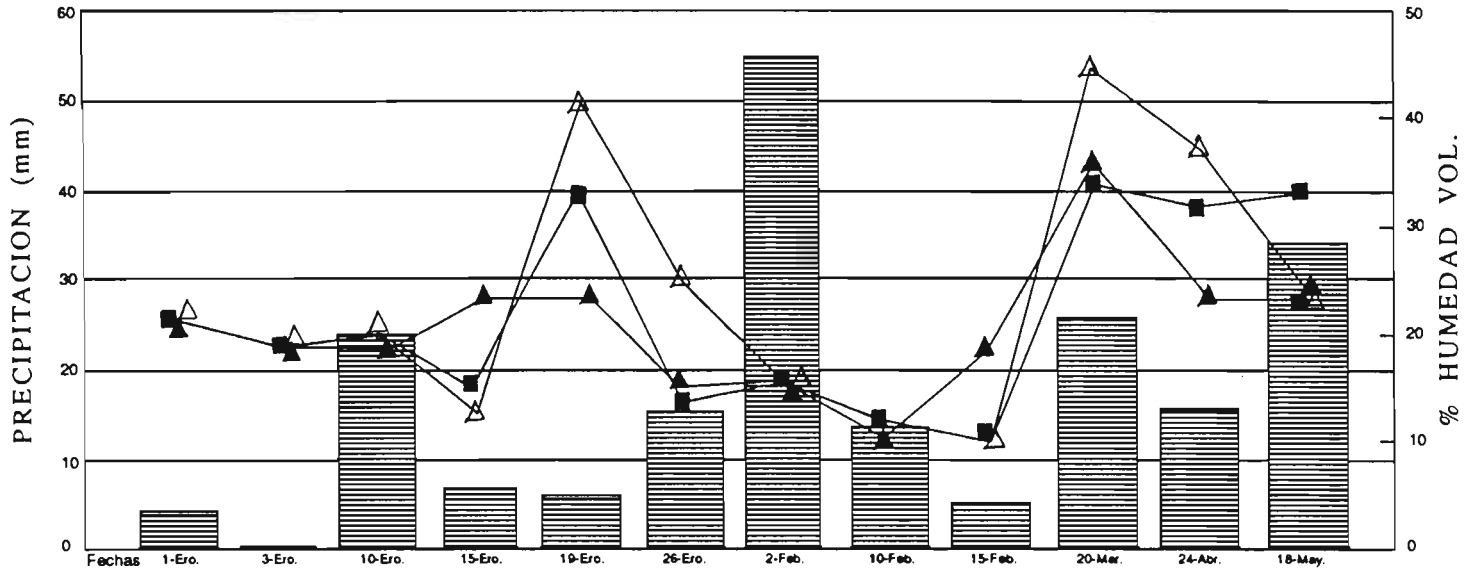
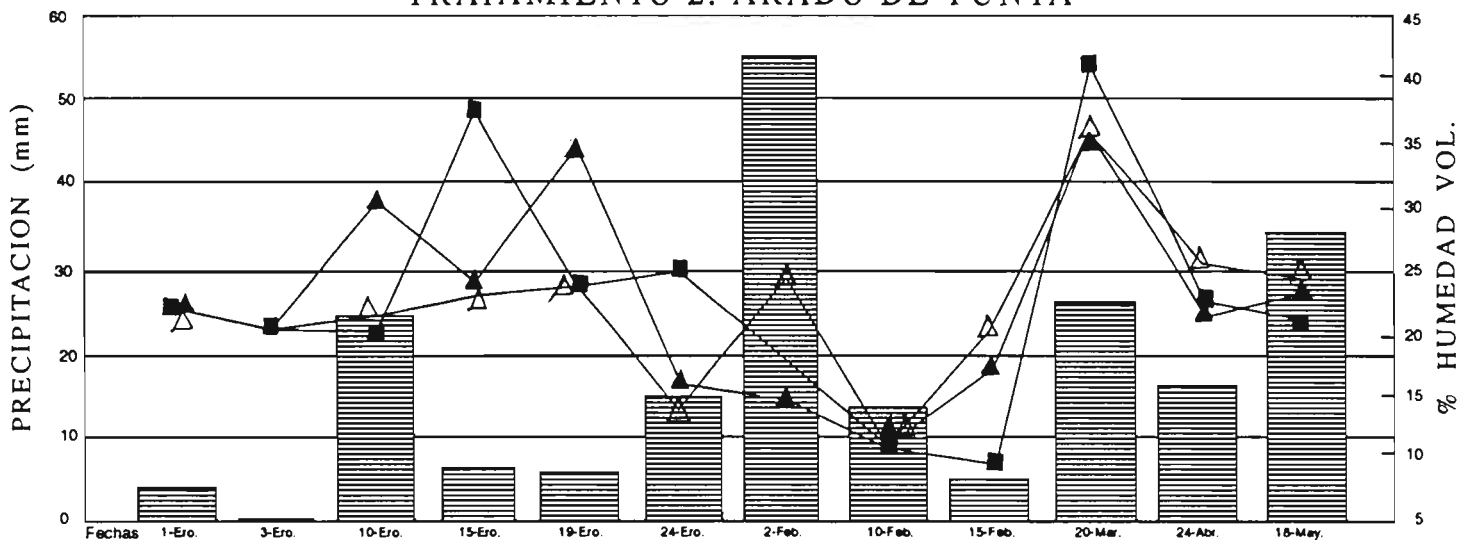


Figura 1. Variación de la densidad aparente en el tiempo (g/cc)

### TRATAMIENTO 1: ARADO DE DISCO



### TRATAMIENTO 2: ARADO DE YUNTA



### TRATAMIENTO 3: ARADO DE VERTEDERA

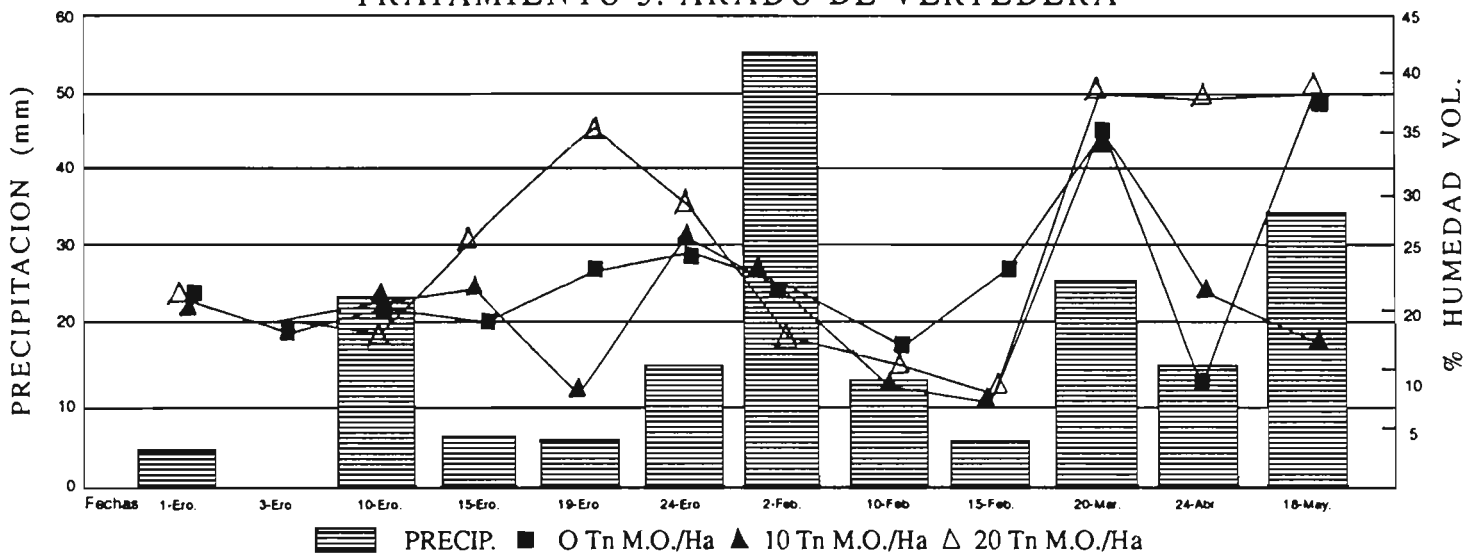


Figura 2. Variación de la humedad volumétrica en el tiempo

## Humedad volumétrica

Las lluvias acaecidas en el periodo de estudio fueron normales en su tendencia, aunque menores en un 45%. La precipitación monomodal coincidente con la época de cultivo concluyó con una paulatina compactación del suelo en los primeros estadíos de la planta (emergencia-macollamiento) evidenciándose claramente el efecto apelmazante de las lluvias. La precipitación ocurrida en 27 días fue del 52% (108 mm), que ocasionó el incremento de la densidad aparente a niveles superiores a 1.6 g/cm<sup>3</sup> en todos los tratamientos, afectando con ello a las tasas de infiltración, especialmente en aquellos estados superficiales con agregados mas finos (figura 2).

Todos los tratamientos evidencian un déficit hídrico (Hv<17%) en el horizonte superior, a partir del segundo mes. El tratamiento con mayor déficit hídrico es el arado de yunta (menor a 4% del agua útil), hecho que se refleja con la reducción del periodo vegetativo (madurez temprana y menores alturas de planta) en la cebada.

Los horizontes inferiores almacenan mayores cantidades de agua, especialmente en aquellos labrados mecánicamente. Sin embargo, debido al elevado contenido de arcilla (Horizonte B), estos volúmenes no mejoran sustancialmente la disponibilidad de agua para el cultivo.

## Efecto de los sistemas de labranza sobre el cultivo

### Efecto sobre la emergencia y la densidad de plantas

La mayor emergencia y por lo tanto la mayor población de plantas fue alcanzada con los tratamientos disco y yunta, presentando diferencias estadísticas de  $p < 0.05$  en comparación al arado de vertedera. Ambos sistemas muestran 75% de emergencia al séptimo día después de la siembra. El arado de vertedera alcanzó este porcentaje al décimo día. La diferencia en la emergencia se relacionó con la formación de costras de 1.5 mm de espesor, producto de la inversión del pan de tierra que incrementó el porcentaje de arcilla de 26 a 48%. (cuadro 3).

**Cuadro 3. Relación entre los tratamientos y los componentes del rendimiento**

COMPONENTES DE RENDIMIENTO	ARADO DE DISCO			ARADO DE YUNTA			ARADO DE VERT.		
	NIVEL DE MAT. ORG.			NIVEL DE MAT. ORG.			NIVEL DE MAT. ORG.		
t/ha	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Emergencia (días)	7	7	7	7	7	7	10	10	10
Población (N°/m <sup>2</sup> )	163	170	165	183	168	193	143	143	153
Alt. planta (cm)	40	45	45	40	41	41	36	35	34
Macollos (N°/m <sup>2</sup> )	620	660	667	553	500	553	613	707	700
Rendimiento kg M.S./ha	2066	2203	2641	2019	2132	1960	2066	2066	2066

## **Efecto sobre la altura de plantas**

Las plantas alcanzaron siempre alturas mayores a 35 cm. La mayor altura de plantas se consigue con el arado de disco, sin observar diferencias estadísticas al final del cultivo debido a la amplitud de resultados de los subtratamientos. Las mayores alturas se hallan asociadas a los mayores volúmenes de agua almacenados en el horizonte Ap a partir de la segunda quincena de febrero (figura 2), que inciden en un mayor desarrollo aéreo.

## **Efecto sobre el número de macollos**

Al parecer, uno de los efectos más notorios producidos por los sistemas de labranza fue el número de macollos. El mayor número de cañas se consigue con el arado de vertedera, alcanzando diferencias de  $p < 0.05$  en comparación a los tratamientos: disco y yunta (cuadro 3). Esta tendencia confirma que el número de macollos es inversamente proporcional a la población. A mayor población menor área para las plantas y menor disponibilidad de agua para el cultivo. Sin embargo, los sistemas de labranza mecanizados tienen a presentar un mayor número de macollos.

## **Efecto sobre el rendimiento**

Según el cuadro 3 no existen diferencias estadísticas entre los distintos sistemas de labranza y niveles de materia orgánica en el rendimiento (kg M.S./ha), a pesar de existir diferencias numéricas entre tratamientos. Se obtiene con el arado de disco una producción mayor a la de yunta y de vertedera. Estos resultados concuerdan con Ruck (1987), que indica que en suelos recientemente incorporados a la agricultura, con el arado de disco siempre se alcanzan mayores rendimientos. Los niveles de materia orgánica mejorada con arado de discos, incrementan los rendimientos en comparación al testigo 0 sin incorporación.

En el tratamiento con disco, los componentes del rendimiento (población de 166 plantas/m<sup>2</sup> y 649 macollos/m<sup>2</sup>, altura de plantas (42.3 cm), número de macollos de 649/m<sup>2</sup>, macollos/planta), se reflejaron en forma consistente en el rendimiento del cultivo de cebada. Estas variables estuvieron fuertemente influenciadas por los mayores volúmenes de agua almacenados por este tratamiento en el horizonte superior después del segundo mes (figura 2).

El arado de vertedera, a pesar de preparar el suelo a mayor profundidad, no advierte rendimientos similares al arado de disco, debido al encostramiento observado durante los primeros 7 días que redujo considerablemente la población y por ende los rendimientos, por una ineficiente recuperación del cultivo. Los rendimientos medianos obtenidos con arado de yunta se deben a la mayor población de plantas.



## CONCLUSION

- En zonas altiplánicas se ha evidenciado procesos de compactación natural después de la preparación del suelo con diferentes sistemas de labranza, debido a las características del suelo, irregular distribución de la precipitación e incremento de arcilla en la superficie del suelo. Las variaciones ocurridas en la compactación alcanzan niveles de 1.26 a 1.7 g/cm<sup>3</sup> de densidad, y son mayores en los primeros 20 cm de profundidad.
- Los arados de disco (20 cm) y vertedera (26 cm) producen mayores cambios en las propiedades físicas. La preparación disminuyó las densidades iniciales (1.66 g/cm<sup>3</sup>) en 0.32, 0.29 y 0.23g/cm<sup>3</sup> (disco, vertedera y yunta).
- El efecto de la materia orgánica no descompuesta, incorporada, es evidente después de 30 días.
- El arado de vertedera muestra un mayor almacenamiento de agua en todo el perfil (60 cm), especialmente en horizontes profundos. En la capa arable el arado de disco presenta las mayores láminas.
- Los mayores rendimientos en materia seca se consiguen con el arado de disco (2.47 t/ha), indicando diferencias de hasta 25% en comparación a vertedera y 18% a yunta. La incorporación de materia orgánica al suelo incrementó los rendimientos en 9%.
- Los resultados obtenidos demuestran la incidencia de la maquinaria agrícola sobre las cosechas. Desde la labranza ésta debe ser utilizada con cierta precaución. Una mayor profundidad de trabajo no conduce obligatoriamente a una mayor producción.
- En razón a las diferencias físicas de los horizontes inferiores respecto a la capa arable, no se aconseja alcanzar este subsuelo para no empeorar las propiedades físicas del suelo labrado, sino al contrario, profundizarlo paulatinamente, incorporando materia orgánica.

## BIBLIOGRAFIA

- BARBER R., 1990. Estudio de la compactación en los suelos aluviales jóvenes de las áreas de cultivo bajo mecanización. CIAT, Informe 45. Santa Cruz, Bolivia. 14 pp.
- BAVER *et al.* 1980. Física de Suelos. UTEHA, México. 527 pp.
- ORSAG V., 1989. Caracter del régimen aéreo de un aridisol del altiplano Central de Bolivia. Revista Ecología en Bolivia. La Paz, Bolivia. pp 11-21.
- RUCK. R., 1987. Comparación de implementos agrícolas en la preparación de suelos. Programa de mecanización, convenio JICA-CIAT. Santa Cruz, Bolivia.
- SIMEK A., 1974. Metody pro zavadeni vysledkn vyzkumu do praxe. Ceskolovenska akademie zemedelska. Praha, Checoslovaquia.

# EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE ROTURACION CON ARADO DE DISCOS EN CULTIVOS DE QUINUA Y PAPA. ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIANO\*

*Dominique HERVE<sup>1</sup> & David CONDORI<sup>2</sup>*

## INTRODUCCION

Frente a las heladas frecuentes, incluso durante los ciclos de cultivo en el altiplano boliviano, adelantar la fecha de siembra puede ser una solución. En el caso del cultivo de papa, esta solución supone que la roturación ha sido realizada previamente y que las primeras lluvias son suficientes para la brotación.

Son tres las fechas de roturación posibles, al final de las lluvias, después de caídas de nieve y al inicio de las lluvias. La primera es más segura y las otras son practicadas como ajuste. Cuando un agricultor no dispone de un par de bovinos, cuando le falta mano de obra o quiere trabajar el suelo seco, alquila frecuentemente servicios de aradura con discos de algún tractorista campesino. El arado de discos es el implemento con tracción mecánica más usado en el altiplano central.

El seguimiento de la humedad del suelo entre la roturación en junio y la siembra en octubre (figura 1) nos enseña un efecto nítido de la textura (Condori, Hervé, 1992). En suelos franco-arcillosos, la humedad entre 10 y 20 cm permanece estable, encima de la capa arcillosa que impide toda percolación. Esta humedad aumenta con la profundidad. La humedad superficial sólo refleja las precipitaciones caídas. Vacher *et al.* (1993) observan en un suelo limo-arcilloso superficial que, por la presencia de arcilla compacta a 20-80 cm, la vegetación gramínea transpira muy poco en invierno (época seca) y que un self-mulching hasta 20 cm impide una mayor pérdida de agua por evaporación. Además, el contenido de agua en el suelo permanece estable a más de 40 cm de profundidad.

En suelos franco-arenosos, la humedad a 5-10 cm y a 10-20 cm de profundidad vuelve a su valor inicial gracias a las precipitaciones previas a la siembra. La humedad a 20-30 cm baja en aproximadamente 2%. No se mantiene la misma cantidad de agua en el suelo de textura limo-arcillosa. Las recomendaciones de labrar en condiciones más húmedas o al inicio de la época de lluvias, para permitir una mayor infiltración de agua sobre el suelo roturado (Orsag, 1992), tendrían la misma eficacia en suelos franco-arenosos?

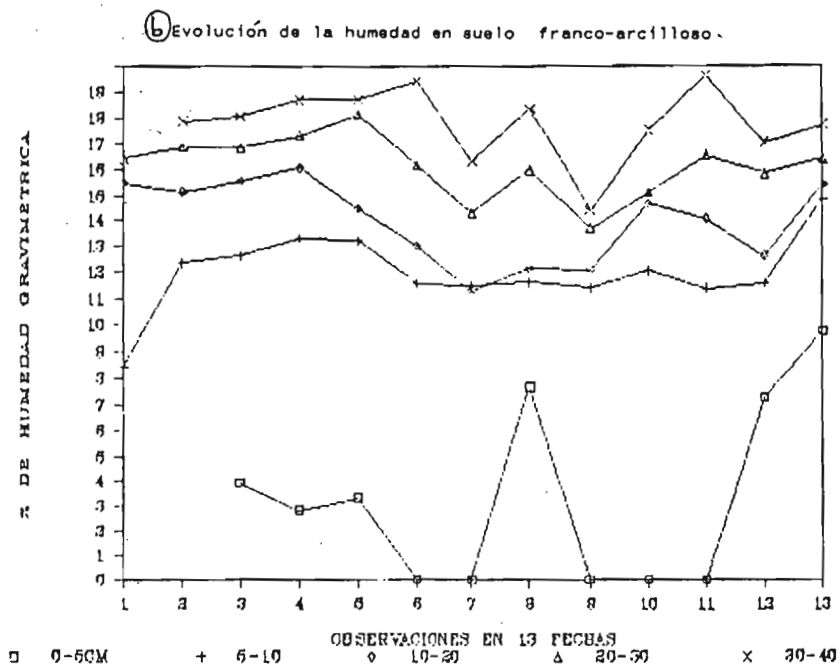
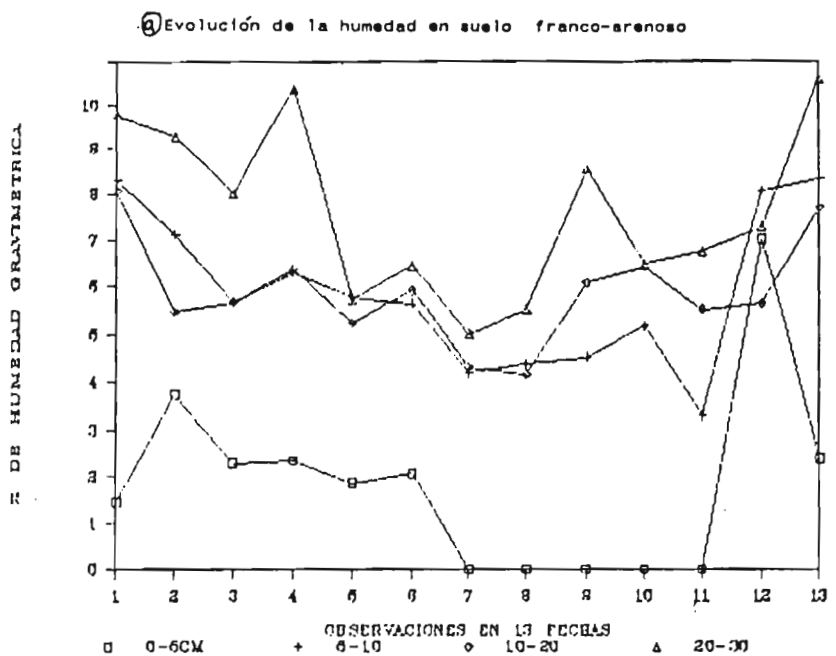
---

\* Una versión de este trabajo fue presentada en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agrarios andinos, 21-26 de marzo de 1994, Valdivia, Chile.

<sup>1</sup> ORSTOM, casilla 9214, La Paz, Bolivia. Tel. 357723, Fax: 391854.

<sup>2</sup> Convenio IBTA-ORSTOM "Dinámicas de los sistemas de producción en el altiplano boliviano". Actualmente en CEGMARN, casilla 2937, Cochabamba, Bolivia, Tel. 36674.

**Figura 1: Evolución de la humedad entre la roturación (06) y la siembra (10) en suelos franco-arenoso (a) y franco-arcilloso (b)**



En textura franco-arenosa, se alcanzó la humedad máxima posible para roturar: 10.9% de humedad en 0-5 cm y 12.7% en 5-25 cm. Siendo la capacidad de campo de 15.73%, no se puede roturar en condiciones más húmedas.

La segunda propuesta, además de ser poco aplicable por los agricultores (Brugioni, 1992), puede tener un efecto contrario, si se forman costras superficiales por apelmamiento, con reducida capacidad de infiltración. Se verificó, incluso en suelos arenosos, que combinaciones de arena y limo podían contribuir a la formación de estas costras (Hervé, Valentin, 1994).

Conviene entonces explorar también otras propuestas. Queremos probar el efecto de un trabajo del suelo más profundo por el uso del tractor. En realidad, el pago del servicio de roturación con discos se suele hacer por unidad de superficie y no por unidad de tiempo. Trabajando muy rápido o en suelos demasiado secos, el disco no entra más de 12-15 cm. Comparamos entonces diferentes profundidades de roturación con discos (8-10, 10-15, 15-20, 20-25 y 25-30) en suelos de textura franco arenosa de Patacamaya (1990-91) y Cullta (1991-92). Nos planteamos dos preguntas:

- ¿Cuál es el efecto de la roturación sobre el estado estructural del suelo y el contenido de agua en el momento de la siembra?

- ¿Cuál es el efecto de este estado estructural en la siembra sobre algunos componentes del rendimiento de los cultivos de papa y quinua?

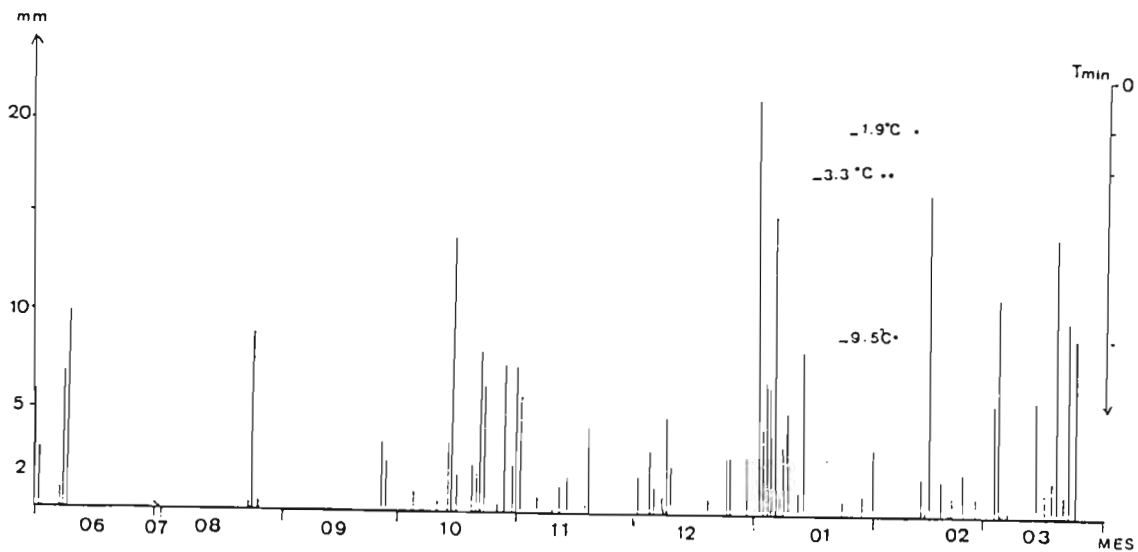
## Metodología

El análisis textural del horizonte 0-20 cm, en Patacamaya, nos indica un contenido de arcilla muy bajo (cuadro 1); sigue en profundidad una arena franca compacta y una arena pedregosa con más de 40% de piedras y cascajo. El suelo en Cullta, también de textura franco-arenosa, tiene fracciones finas y una tasa de materia orgánica mucho más elevadas.

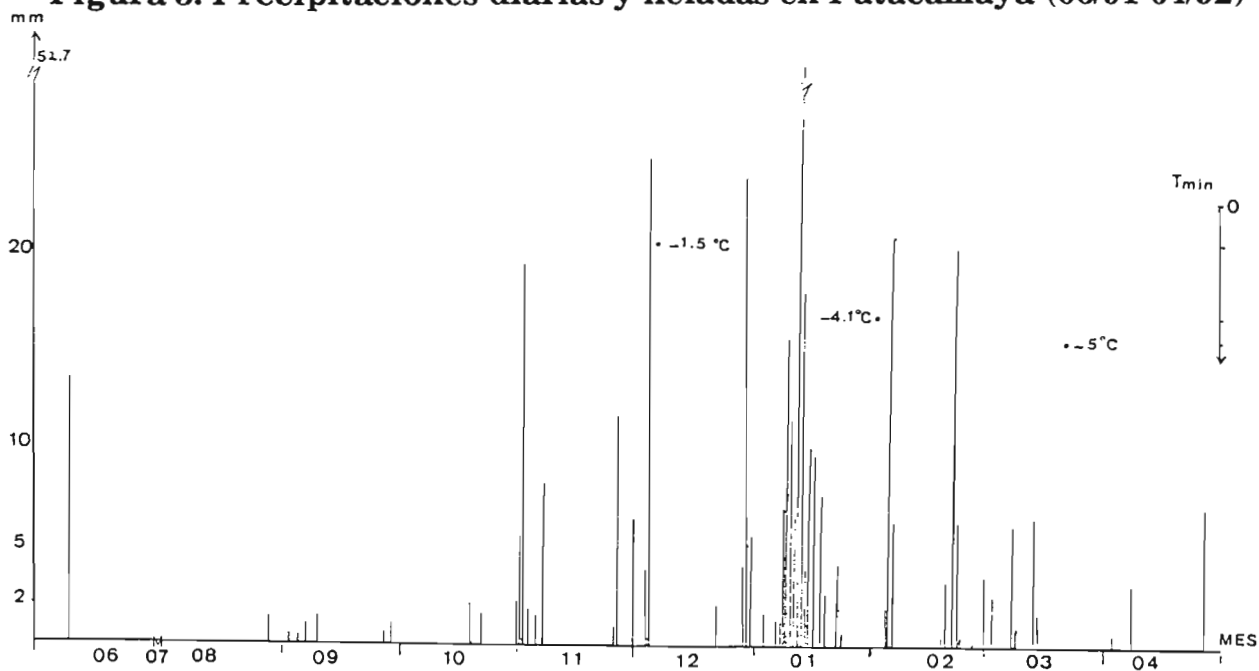
**Cuadro 1. Análisis de suelo**

	PATACAMAYA	CULLTA
Arcilla < 0.002 mm	6.4%	16.8%
Limo 0.002 - 0.05 mm	14.8%	23.7%
Arena 0.05 - 2 mm	78.8%	59.5%
Materia orgánica	0.66%	1.68%
pH	7.0	5.8
Capacidad de campo	15.73%	18.8%
Punto de marchitez	7.47%	8.4%

**Figura 2: Precipitaciones diarias y heladas en Patacamaya (06/90-03/91)**



**Figura 3: Precipitaciones diarias y heladas en Patacamaya (06/91-04/92)**



**Cuadro 2. Tratamientos de profundidad de roturación  
(Patacamaya, 1990-1991)**

	TRATAMIENTOS			
	I	II	III	IV
Fecha de roturación con discos	26/06/90	26/06/90	19/06/90	19/06/90
Profundidad de roturación (cm): - promedio - intervalo	9 [8-10]	13.9 [10-15]	16.9 [15-20]	22.3 [20-25]
Humedad roturación (%) 0-5 cm capa labrada debajo fondo de labor	6.2 8.2 9.1	8.6 8.9 9.7	7.9 8 7.5	10.9 12.7 10.6
Humedad siembra (%) 0-5 cm 5-10 cm 10-25 cm > 25 cm	4.4 10 10 8.3	3.3 10.8 9.1 7.7	5.3 7.8 7.8 6.8	2.4 8.4 7.7 10.6
Siembra quinua Siembra papa	IQ IP	IIQ IIP	IIIQ -	IVQ IVQ

**Cuadro 3. Tratamientos de implementos (Cullta, 1991-1992)**

	TRATAMIENTOS			
	IIP		VP	
	Disco	Vertedera	Disco	Vertedera
Fecha de roturación	27/06/91	27/06/91	27/06/91	27/06/91
Profundidad de roturación (cm) CV (%)	16.8 4.2	16.4 3.6	27.8 2.5	28.5 4.2
Humedad roturación (%) 0-5 cm capa labrada	1.3 8.6	2.7 11.5	0.7 9.4	1.6 11.5
Humedad siembra 0-10 cm 10-20 cm 20-30 cm	4.0 6.9 8.8	4.4 7.8 9.2	4.8 7.2 8.9	5.3 9.0 11.5
Humedad 122 días 0-10 cm 10-20 cm 20-30 cm 30-40 cm	7.6 7.3 5.6 5.3	3.6 7.1 5.9 9.0	6.8 12.1 8.1 7.7	5.5 7.0 9.7 9.9

**Cuadro 4. Protocolo de observación de la papa**

Operaciones y observaciones	Fechas en Patacamaya (1990-1991)	Fechas en Cullta (1991-1992)
<b>Siembra</b> - Rastreado con discos - Siembra papa var. sani	25/10/90 26/10/90	25/10/90 4/11/91
<b>Brotación</b> - N° plantas / m lineal (4 surcos de 10 m)  - N° plantas y N° tallos principales ramificados debajo de la superficie del suelo (4 surcos de 10 m)	19/11/90 (24 días)  12/12/90 (47 días)	13/01/92 (70 días)
<b>Floración</b> - Altura de planta, diámetro follaje (en 10 plantas por surco)	18/02/91 (115 días)	8/03/92 (124 días) peso seco de la parte aérea
<b>Cosecha</b> - N° plantas / m lineal - N° tubérculos / planta (en 10 plantas de 2 surcos) - Peso tubérculos / planta y % peso tubérculos según su tamaño < 3 cm 3 a 5 cm > 5 cm	21/03/91 (146 días)	15/04/92 (162 días)

**Cuadro 5. Protocolo de observación de la quinua (Patacamaya 1990-1991)**

Operaciones y observaciones	Fecha
1 pasada con rastra de discos y 1 pasada con niveladora emparejadora	25/10/90
<b>Siembra</b> con sembradora mecánica de cuatro hileras (50 cm entre surcos)	26/10/90
<b>Emergencia</b>	06/11/90 (11 días)
<b>Instalación</b> - N° plantas en 2 m lineales (cuatro repeticiones)	23/11/90 (28 días)
- <b>Floración</b>	17/01/91 (83 días)
<b>Formación del grano</b> - Altura de planta y largo de panoja (10 plantas por 2 m lineales)	20/03/91 (145 días)
<b>Cosecha</b> - Largo total de planta y panoja, peso de panoja, rendimiento	22/03/91 (147 días)

Haciendo variar la fecha de roturación después de una nevada, en el mes de junio 1990 (figura 2), se lograron diferentes humedades del suelo y, por consecuencia, diversas profundidades de roturación, constituyendo cuatro clases, alrededor de su valor medio: 22 cm, 17 cm, 14 cm y 9 cm (cuadro 2). Estos valores no se alejan mucho de las profundidades de roturación con discos practicadas en estos suelos (15 cm), ni de las obtenidas con arado de palo (10-15 cm). En estos cuatro tratamientos, detallados en el cuadro 2, la humedad de la capa labrada es casi constante, cercana a los 8.5%. Se sembró papa en tres de ellos y quinua en los cuatro.

En 1991, se buscó un mayor contraste en las profundidades de roturación en el suelo de Cullta: 15-20 y 25-30 cm, comparando el efecto de dos implementos, el arado de disco y de vertedera en el cultivo de papa (cuadro 3). Se obtuvieron profundidades promedio de 17 y 28 cm, con ambos implementos.

En una primera parte, se establece el efecto de estas roturaciones sobre el estado estructural del suelo y la humedad en el momento de la siembra. Para ello, se observó el perfil del suelo antes y después de la roturación para controlar las diferencias entre los estados obtenidos del suelo. Luego se analizan algunas variables agronómicas de los cultivos, colectadas según los protocolos de observación detallados en los cuadros 4 y 5.

## Resultados

### *Estado estructural del suelo*

Comparamos en Patacamaya (Condori, 1992) los perfiles culturales posteriores al laboreo del suelo (roturación a 22 cm y a 9 cm) al perfil cultural inicial. En este último, el horizonte labrado (H5), colonizado por las raíces, no pasa de los 20 cm de profundidad. A pesar de su textura franco arenosa, queda relativamente compacto (resistencia a la penetración de 3.26 kg/cm<sup>2</sup>). Los horizontes subyacentes (P1 y P2) son muy pedregosos (por lo menos 30% de piedras), ya sean franco-arenosos y sueltos con una resistencia de 2.44 kg/cm<sup>2</sup>, o gredosos con un contenido variable de arcilla.

El trabajo más profundo dejó terrones grandes, que quedaron volteados o parados, encima de una arena cascajosa, con 30% de piedras de 5-10 cm de diámetro y una greda arcillosa que juega un papel de cemento entre las piedras (60% del horizonte). El paso de la rastra de discos no logró romper totalmente estos terrones que siguen siendo bastante coherentes (resistencia a la penetración 3.42 kg/cm<sup>2</sup> contra 1.63 kg/cm<sup>2</sup> entre estos terrones). Con la roturación superficial (figura 6), la banda labrada está pulverizada y los terrones son de tamaño mucho más reducido (3.5 a 5 cm de diámetro). Se nota un fondo de labor muy irregular, con crestas formadas por los discos, en un horizonte franco-arenoso con poco cascajo, encima de una greda arcillosa de color ocre rojizo, con estructura columnar y concreciones negras. Este último horizonte es muy compacto, como lo demuestra su resistencia a la penetración de 5.54 kg/cm<sup>2</sup>.



**Cuadro 6. PAPA - Patacamaya (1990-1991)**

	Profundidad de roturación con discos		
	8-10 cm	10-15 cm	20-25 cm
Plantas/m	1.9	1.7	2.2
Tallos/m <sup>2</sup>	3.6	3.5	3.8
Altura de planta (cm)	52.6	56	64.3
Diámetro de planta (mm)	38.8	44.4	53.4
N° tubérculos/planta	12.9	12	12.4
Tamaño tubérculos % de diámetro < 3 cm	4	11.6	15.4
% de diámetro 3-5 cm	30.7	30	34.6
% de diámetro > 5 cm	65.3	58.4	50
Rendimiento (kg/ha)	3997	4425	4657

**Cuadro 7. PAPA - Cullta (1991-1992)**

	Implemento		Profundidad	
	Vertedera	Disco	30 cm	20 cm
Tallos/m <sup>2</sup>	12.2	13.6	12.2	10.4
Altura de plantas (cm)	23.3	23.3	23.1	20.7
Peso seco parte aérea por planta (g)	16.9	17.9	16.7	13.8
Rendimiento (kg/ha)	983	738	1144	577

**Cuadro 8. QUINUA - Patacamaya (1990-1991)**

	Profundidad de roturación con discos			
	8-10 cm	10-15 cm	10-20 cm	20-25 cm
Plantas/m	25.2	31.1	16.3	20.2
Altura de plantas (cm)	51.3	36.3	46.2	58.3
Largo panoja (cm)	12.1	7	10.9	13.2
Peso panoja (g)	9.9	2.8	6	9.9
Rendimiento (kg/ha)	842	860	745	709

La comparación de los perfiles en Cullta (Fernandez, 1993), que resultan también de la roturación de un suelo franco-arenoso, pero con arado de vertedera y discos, indica una tendencia a la formación de un estado macizo en el horizonte labrado y una proporción de 1 a 1.5 partes de terrones por una parte de tierra fina, sin diferencia marcada entre implementos. Con ambos implementos se logró desmenuzamientos importantes.

#### *Dinámica de la humedad entre la roturación y la siembra*

Comparamos las humedades del suelo medidas al momento de la roturación con las del final de la época seca invernal y luego, con la humedades de siembra, que reciben también la influencia de las primeras precipitaciones (cuadro 2).

En Patacamaya, las humedades de la capa 0-5 cm, son significativamente diferentes en la roturación y no en la siembra; han disminuido en más de 30% entre ambas fechas. Gracias a las precipitaciones del mes de octubre, las humedades a 5-10 cm quedan por encima del punto de marchitez (cuadro 1). La humedad debajo del fondo de labor siguió siendo constante en las profundidades correspondientes, entre la roturación y la siembra (cuadro 2).

En Cullta, la humedad superficial siguió siendo mínima y la humedad de la capa labrada, medida a 10 cm, disminuyó en un 50% (cuadro 3). Solamente a 30 cm de profundidad la humedad supera el punto de marchitez. Se sembró en condiciones secas, aprovechando una rehumectación superficial con las precipitaciones de principios de noviembre (figura 3).

Se diferencian las dos situaciones estudiadas según la textura. Conviene diferenciar la fase donde se mantiene la humedad del suelo y la de las primeras precipitaciones del ciclo.

#### *Efecto de la profundidad de roturación sobre los cultivos de papa y quinua*

Comparando los tres tratamientos para papa, en 90-91, parece que el trabajo profundo dio mejores resultados para el cultivo, no solamente en el rendimiento sino también en el % de emergencia, la densidad de plantas y la altura y diámetro de planta (cuadro 6). El rendimiento obtenido resulta de esta situación y de la duración de la época de cultivo, del mes de octubre hasta las heladas de principio de febrero. Pero ni la densidad de tallos ni el número de tubérculos por planta varían significativamente entre tratamientos.

En 1991-92, se verificó un nítido efecto de la profundidad para todas las variables medidas en el cultivo, y no entre los implementos usuados, vertedera y disco (cuadro 7). No presentan diferencias sobre las variables agronómicas del cultivo de papa, los tratamientos de roturación con arado de discos y de vertedera, en suelo franco-arenoso. El déficit hídrico en la siembra, la alternancia de épocas húmedas y secas y la helada de principios de febrero tuvieron como consecuencias rendimientos muy bajos, que no revelan correctamente diferencias entre tratamientos. Pierde validez, en estos casos, la comparación de los rendimientos finales. Por esta razón, se evaluó la materia seca de la parte aérea.

En el caso de la quinua, en 1990-91, se obtiene, con trabajo superficial (8 a 15 cm), una mayor emergencia y densidad de plantas y, finalmente, mayores rendimientos (cuadro 8).

## CONCLUSION

La preparación del suelo a mayor profundidad ayuda, más que a la instalación del cultivo, a su posterior crecimiento. De repetir esta operación cada vez que regesa el cultivo de papa a la rotación podría traer otras consecuencias como la dilución de la tasa de materia orgánica en un mayor volumen de suelo. La tasa inicial es de hecho muy baja: 0.66%. El aumento de la profundidad de roturación no se traduce siempre por un aumento de rendimiento, para cualquier cultivo o cualquier año climático. Se recomendaría para el cultivo de papa y no para el cultivo de quinua.

Más que un rendimiento final -en caso de helada, ya se pierde la cosecha- nos interesa la elaboración progresiva de los componentes del rendimiento en interacción con los estados sucesivos del suelo y el clima. Queda pendiente la pregunta de cómo lograr estas profundidades de roturación con arados de disco que, por ser alquilados por unidades de superficie, trabajan a no más de 15 cm de profundidad. ¿No se debería pensar, en estas condiciones, en otra modalidad de cálculo para el precio del alquiler de maquinaria agrícola?

## BIBLIOGRAFIA

- BRUGIONI I., 1992. Determinaciones de la roturación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del altiplano central boliviano. La Paz, ORSTOM-IBTA, Informe ORSTOM, N° 31, 69 p.
- CONDORI D., 1992. Caracterización del trabajo de dos tipos de suelo a secano en relación a su comportamiento hídrico. Tesis de grado, Ing. Agr. UMSS, ORSTOM-IBTA, La Paz, 140 p.
- CONDORI D., HERVE D., 1992. Efectos de la humedad y profundidad de roturación sobre la humedad del suelo al momento de la siembra. *In*: Actas del VIII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 4-8/02/91, La Paz, IBTA-ORSTOM-CIID, D. Morales y J.J. Vacher eds., pp. 319-324.
- FERNANDEZ G., 1993. Efectos de métodos de labranza sobre las características estructurales del suelo y el cultivo de papa. La Paz, ORSTOM-IBTA, Informe ORSTOM, N° 37, 114 p.
- HERVE D., CONDORI D., 1992. Evolución del estado superficial del suelo entre la roturación y la siembra. *In*: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 4-8/02/91, La Paz, IBTA-ORSTOM-CIID, D. Morales y J.J. Vacher eds., pp. 311-318.
- HERVE D., VALENTIN Ch., 1994. Projet "Evolution des états de surface des sols sous jachère", La Paz, ORSTOM-IBTA, 9 p., multigr.
- ORSAG V., 1992. Perspectivas del manejo de suelos en el altiplano central como alternativa para mejorar su régimen hídrico. *In*: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 4-8/02/91, La Paz, D. Morales y J.J. Vacher eds., IBTA-ORSTOM-CIID, pp. 303-310.
- VACHER J.J., BRUGIONI I., FELLMAN T., 1993. Evolución del balance hídrico invernal sobre un suelo desnudo, en descanso de larga duración, roturado y en parcelas post-cosechas, en el altiplano boliviano. Comunic. Seminario Internacional "Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes", La Paz, 27-29/09/93. D. Hervé, D. Genin, G. Rivière eds. pp. 127-140.

# EL SUBSOLADO COMO ALTERNATIVA EN EL ALTIPLANO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL SUELO

*David RAMOS\**

## INTRODUCCION.

La mayoría de los suelos del Altiplano presentan suelos muy poco desarrollados, donde no se distinguen horizontes por falta de acumulación de humus (Salm, 1983). Las texturas varían de franco arenoso a arcilloso donde la capa arable poco profunda (0-20 cm) descansa sobre un horizonte B arcilloso el cual ocasiona impedimentos en la percolación del agua (Orsag 1989) o sobre un horizonte Bw con grava (Chilon, 1992), bastante endurecido, el cual puede repercutir en una mala distribución radicular.

Los suelos del Altiplano Central son propensos a compactarse en sus planicies (Quino, 1992; Salm, 1983), debido a las características físicas que poseen: materia orgánica deficiente, débil estabilidad estructural, cobertura vegetal escasa y encostramiento). A estos factores edáficos se suma el déficit hídrico (mayor a 200 mm en época de cultivo) debido a las escasas e irregulares precipitaciones (más del 70% cae en los meses de DIC-MAR).

El uso de la maquinaria en el altiplano es muy reducido, destinado generalmente a una labranza primaria. El arado de discos es el implemento que más es usado, generalmente sin criterio técnico alguno, ocasionando en la mayoría de los casos una excesiva formación de tierra fina propensa a una erosión eólica. El subsolador, implemento utilizado en el Altiplano, sirve para trabajar a mayor profundidad (más de 40 cm), con el fin de romper capas impermeables (horizontes arcillosos) y así posibilitar una acumulación de agua aprovechable por los cultivos. Actualmente está siendo usado en suelos con horizontes de diferentes texturas desde el franco arenoso con elevada pedregosidad hasta el arcilloso.

Con este trabajo trataremos de comentar las ventajas y desventajas de este implemento, comparando su efecto con el de un arado de discos mediante las siguientes variables: acumulación de agua, cohesión del suelo y su respuesta en el cultivo de la quinua.

## METODOLOGIA

El presente trabajo se llevó a cabo en dos zonas del departamento de La Paz: Patacamaya (prov. Aroma) situado a 17 15 LS y 67 57 LW y Laruta (prov. G. Villarroel) 17 42 LS y 67 39 LW.

Patacamaya, presenta una precipitación de 435 mm/año, una temperatura promedio anual de 8.8° C, una humedad relativa de 43% y un déficit hídrico en

---

\* Ing. Agr. Convenio IBTA-ORSTOM.

época de cultivo de 221.5 mm. Geológicamente corresponde a la formación fluvial no inundable-terrazas (Gumiel, 1988).

La descripción del perfil presenta las siguientes características: Perfil PATACAMAYA

- Ap 0-18 cm** Pardo a pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco, textura franco arenosa, estructura de bloque subangular, grado de estructuración debil, mucho poros finos, bajo contenido de fragmentos rocosos (13.5%), abundancia de raices finas y muy finas, límite del horizonte neto, brusco e irregular.
- Bw 18-37 cm** Horizonte en formación, pardo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10 YR 4/3) en seco, textura franco arcillos arenoso con grava (60%), sin estructura por la elevada pedregosidad, presencia de poros finos intersticiales, ausencia de raices, límite inferior gradual irregular.
- C 37-100 cm** Color (10 YR 4/4) en húmedo, (10 YR 5.5/4) en seco, textura franco arenoso con mucha grava (80%), sin estructura, consistencia suelta en húmedo y blando en seco, presencia de poros intersticiales, al fondo una capa endurecida continua debajo de los 80 cm.

Laruta presenta una precipitación de 375 mm/año, temperatura promedio anual de 10.17 C, humedad relativa de 40%, un déficit hídrico en época de cultivo de 200 mm. Geologicamente corresponde a la formación denominada llanura de inundación Sur (Gumiel, 1988).

La descripción del perfil presenta las siguientes características: Perfil LARUTA.

- 0-13 cm** Estructura de bloque angular, textura arcillo limoso, abundancia de raices medianas, finas y muy finas, poros finos y muy finos, límite inferior gradual irregular.
- 13-23 cm** Estructura de bloque angular, textura arcillo-limosa, color pardo a pardo oscuro, firme en húmedo y muy duro en seco. Presencia de raices gruesas, medianas y finas. Poros finos pocos, límite inferior gradual.
- 23-41 cm** Sin estructura, estado masivo, textura arcillo limoso, color pardo, ausencia de raices, presencia de concreciones blanquecinas (carbonatos y/o cloruros).

Se utilizó un tractor de 90HP para el subsolado, de 70HP para el arado de discos. En Patacamaya se realizó el subsolado y roturado con discos, ambos seguido de una labranza secundaria con rastra de discos. La siembra se realizó manualmente. En Laruta se realizó el subsolado y roturado con discos. Por la elevada compactación del suelo superficial, se tuvo que pasar con arado de discos al suelo subsolado para de tener un mejor mullimiento del suelo y posibilitar así la emergencia y desarrollo de las plantas.

Distinguiremos los tratamientos aplicados como:

**DFA** = roturado con arado de discos en suelo franco arenoso

**SFA** = subsolado en suelo franco arenoso

**DY** = roturado con arado de discos en suelo arcillo limoso

**SY** = subsolado en suelo arcillo limoso

Como variables de respuesta determinamos algunas propiedades físicas como la cohesión del suelo, la densidad aparente y la dinámica de la humedad *in situ*. Para la descripción de los perfiles y las modificaciones ocasionadas *in situ* por efecto de los implementos de labranza, se aplicó la metodología del "Perfil Cultural", con la cual se describe cualitativamente las modificaciones ocurridas en el perfil de suelo, por efecto de la labranza, el desarrollo radicular y el clima. Se observa también la respuesta del cultivo de quinua.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1. Efecto mecánico ocasionado por los implementos de labranza

El cuadro 1 muestra el efecto mecánico por los implementos de labranza. La velocidad de trabajo con el subsolador es, en un suelo franco arenoso, 2 veces menor que en un suelo arcillo limoso, por la elevada compactación de este último (cohesión > 5 kg/cm<sup>2</sup>). El ancho de trabajo depende del número de rejas usado. La profundidad es similar en ambos casos. La escasa profundidad lograda por el arado de discos en suelo arcilloso se debe también a la compactación del horizonte superficial y a la elevada velocidad de trabajo empleada.

**Cuadro 1. Efecto mecánico ocasionado por los implementos de labranza.**

TRATAMIENTO	N° DE REJAS	VEL. m/s	ANCHO TRAB.	PROF. cm
SFA	3	0.66	1.80	35-40
SY	1	0.30	0.91	30-40
DFA	3	1.12	1.10	16.0
DY	3	1.40	0.60	10.0

### 3.2. Modificaciones del perfil por efecto del trabajo de los implementos

#### Textura franco arenosa (Patacamaya)

Las tres secuencias en las que se ha descrito los perfiles nos muestran muy pocas variaciones, esto principalmente por el tipo de suelo franco arenoso (bastante suelto y con mucha pedregosidad) y deficiente contenido de materia orgánica (0.7-0.8%). Con el susolador se forman terrones de tamaño medio en la capa arable; con el arado de discos se forma mayor cantidad de tierra fina. Tomando en cuenta los riesgos de degradación estructural y de erosión eólica, resulta más favorable el trabajo con subsolador. El tamaño de los terrones se reduce pero éstos no desaparecen. Las figuras 1 a,b,c,d y e, nos muestran la secuencia de los diferentes estados estructurales formados en el tiempo.

El subsolado a mayor profundidad (20-40 cm) tuvo el efecto de disminuir la cohesión del suelo, lo cual no fue un factor preponderante de una diferenciación en la distribución radicular, evaluada mediante el número de impacto de raíces por unidad de superficie de un plano vertical. Estas son similares (55 Impactos rad/dm<sup>2</sup> con arado de discos y 60 Impactos rad/dm<sup>2</sup> con subsolador).

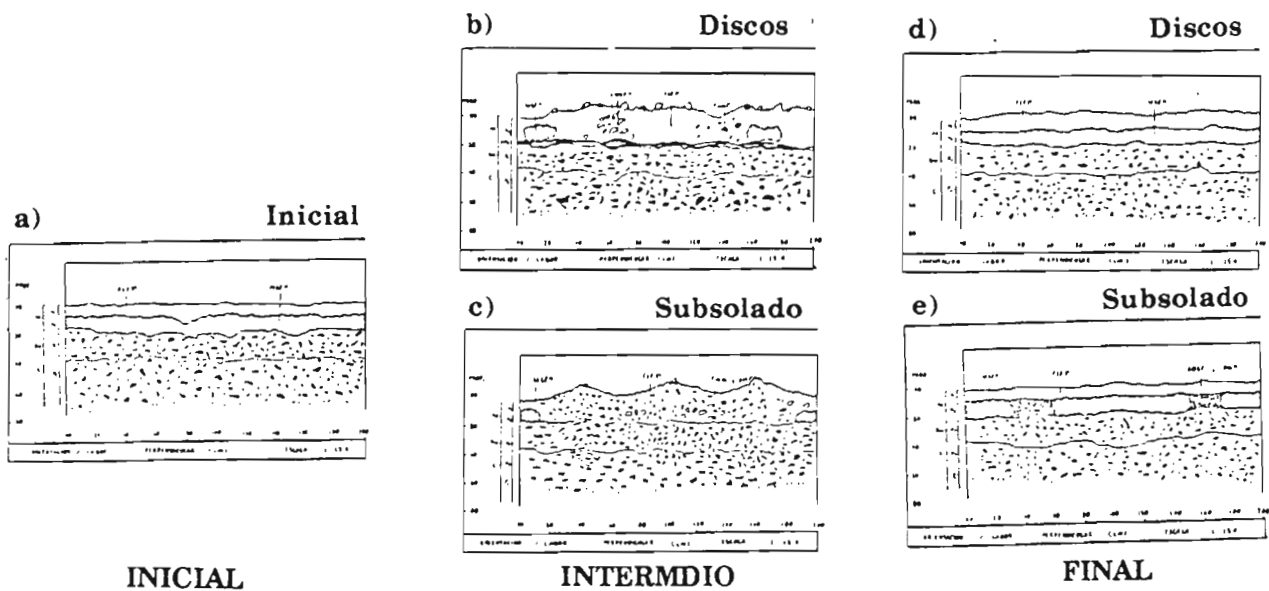


Figura 1. Modificaciones del perfil por efecto de labranza en 3 estados (inicial, intermedio y final)

Textura arcillo limosa (Laruta)

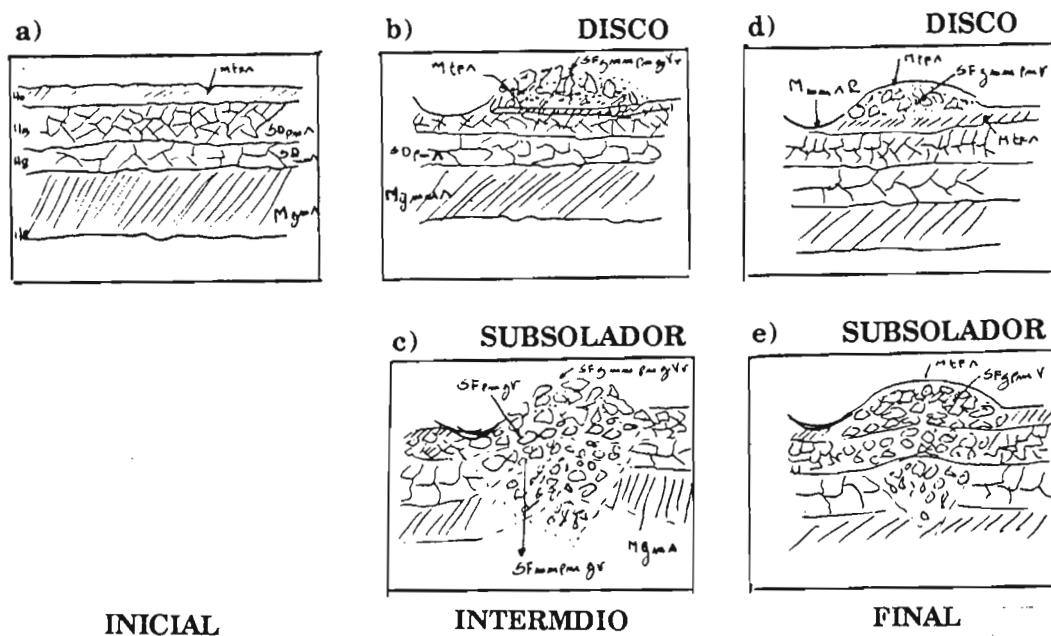


Figura 2. Modificaciones del perfil por efecto de labranza en 3 estados (inicial, intermedio y final)

Las tres secuencias en las que se han descrito estos perfiles muestran variaciones notorias debido a la elevada compactación que presentan los suelos arcillosos (cohesión > 5 kg/cm<sup>2</sup>, terrones de gran tamaño 5-10 cm, borde angular, materia orgánica deficiente 0.7% y un elevado contenido de sales) que le otorgan una escasa o nula estabilidad estructural.

El trabajo ocasionado por el subsolador en su inicio tuvo como resultado la formación de terrones de gran tamaño, 20-30 cm, hasta la profundidad de 0-15 cm y 3-5 y 5-10 cm hasta la profundidad de subsolado (40 cm). El trabajo del arado de discos después del subsolado ocasionó la formación de tierra fina, aspecto positivo desde el punto de vista del cultivo pero proclive a un encostramiento por la escasa estabilidad estructural y/o la erosión eólica. Las figuras 2 (a,b,c,d y e) nos muestran esta secuencia, así como también los diferentes estados estructurales formados en el tiempo, donde el efecto ocasionado por el disco ocasiona un encostramiento por el excesivo mullimiento, mientras que el subsolado mantiene agregados a mayor profundidad.

### Variación de la humedad *in situ*.

La determinación de la humedad a diferentes profundidades (hasta donde llegó el subsolador) permite analizar la influencia que han tenido los implementos de labranza en la dinámica de la humedad del suelo y ver si existe un almacenamiento o pérdida de este elemento en los dos tipos de textura.

**Cuadro 2. Datos de humedad del suelo**

FECHA MUESTREO	HUMEDAD DEL SUELO EN mm				DIF. DE HUMEDAD EN mm				
	PROF	DFAQ	SFAQ	DYQ	SYQ	DFAQ	SFAQ	DYQ	SYQ
02/12/92*29/11/94		5.28	4.49	39.66	48.66	0	0	0	0
17/12/92*14/12/94		3.29	3.02	42.74	51.67	-1.99	-1.47	3.08	3.01
29/01/93*26/01/95	0-20 cm	18.34	16.85	33.56	50.83	15.05	16.83	-9.18	-0.84
12/02/93*22/02/95		8.03	7.04	29.69	52.79	-10.31	-9.81	-3.87	1.96
16/03/93*14/03/95		7.93	6.93	39.76	68.87	-0.1	-0.11	10.07	16.08
03/04/93*05/04/95		13.73	12.4	35.48	49.78	5.8	5.47	-4.28	-19.09
28/04/93*25/04/95		7.81	6.82	31.47	37.44	-5.92	-5.58	-4.01	-12.34
DIF. HUMED TOTAL						2.53	5.33	-8.19	-11.22
1		2.36	1.72	64.36	51.34	0	0	0	0
2		2.07	1.99	56.68	51.2	-0.29	0.27	-7.68	-0.14
3		15.13	15.2	67.3	88.78	13.06	13.21	10.62	37.58
4	20-40 cm	5.78	4.89	72.92	85.66	-9.35	-10.31	5.62	-3.12
5		4.43	3.54	77.14	95.48	-1.35	-1.35	4.22	9.82
6		3.15	2.55	65.58	80.92	-1.28	-0.99	-11.56	-14.56
7		3.26	3.15	67.8	79.4	0.11	0.6	2.22	-1.52
DIF. HUM TOTAL						0.9	1.43	3.44	28.06
1		1.53	1.52	64.1	61.66	0	0	0	0
2		1.29	1.27	54.12	58.04	-0.24	-0.25	-9.98	-3.62
3		5.28	5.05	68.24	81.4	3.99	3.78	14.12	23.36
4	40-60 cm	3.08	3.22	59.88	83.08	-2.2	-1.83	-8.36	1.68
5		2.17	2.12	64.8	89.86	-0.91	-1.1	4.92	6.76
6		1.69	1.37	51.3	75.56	-0.48	-0.37	-13.5	-14.3
7		2.05	1.79	54.08	79.88	0.36	0.42	2.78	4.32
DIF. HUM TOTAL						0.52	0.65	-10.02	18.2

La figura 3 muestra la precipitación caída en el periodo de evaluación en las dos zonas Patacamaya (suelo franco arenoso 92/93) y Laruta (suelo arcilloso limoso 94/95). La precipitación registrada en este periodo (NOV-ABR) es de 323.9 mm para Patacamaya y 299.9 mm para Laruta, siendo las precipitaciones normales de las dos zonas en época de cultivo.



Las figuras 4,5 y 6, y el cuadro 2 muestran la dinámica de la humedad *in situ* a diferentes profundidades en estos 2 suelos. En esta se observa una retención de humedad por debajo de los 20 mm para el suelo FA, mientras que en un suelo Y la retención de humedad esta entre 30-100 mm.

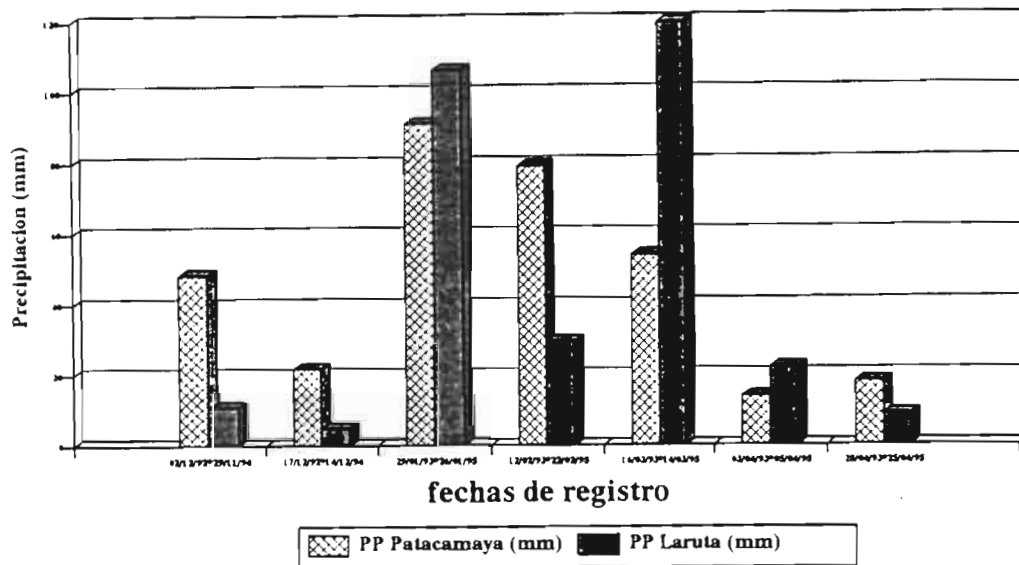


Figura 3. Precipitaciones

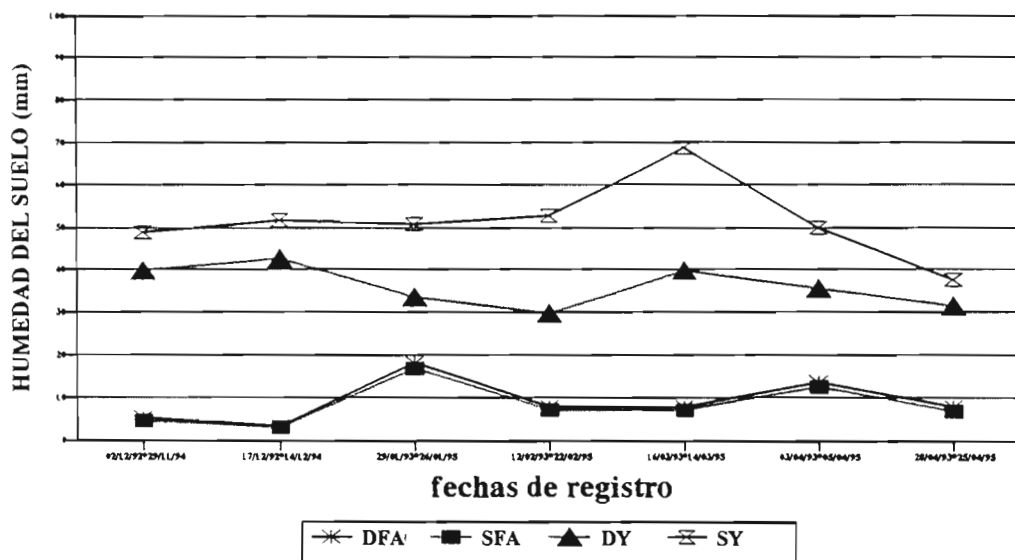


Figura 4. Variación de la humedad *in situ* suelo FA y YL 0-20 cm

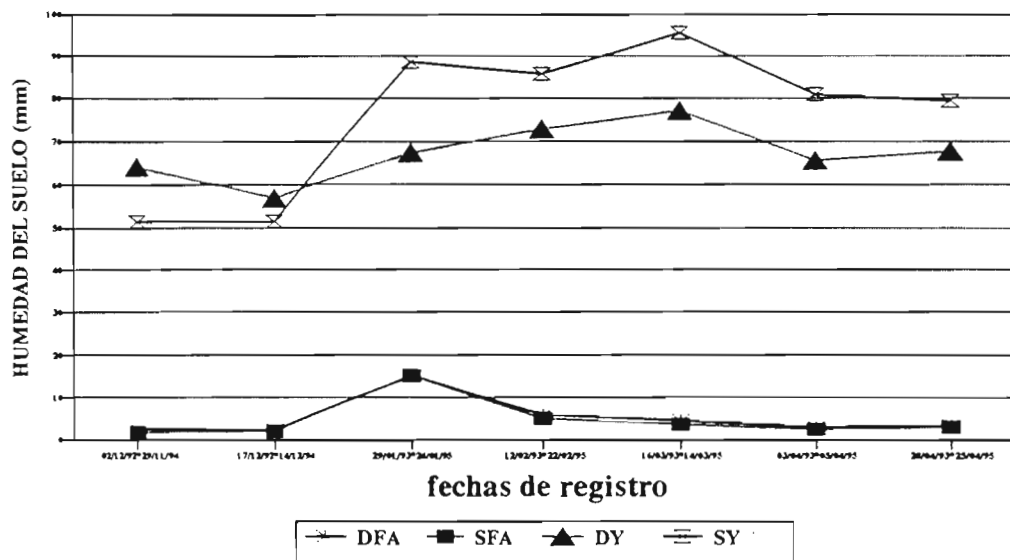


Figura 5. Variación de la humedad *in situ* suelo FA y YL 20-40 cm

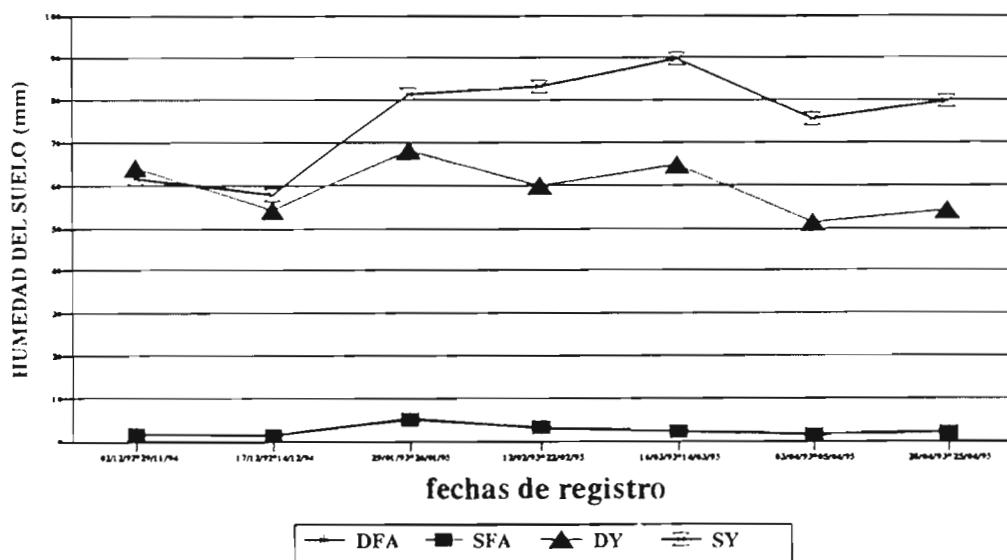


Figura 6. Variación de la humedad *in situ* entre suelos FA y YL (40-60 cm)

La humedad del suelo sigue a las precipitaciones caídas, especialmente a la profundidad de 20-40 cm (prof. de subsolado). Es decir, una precipitación por encima de 80 mm (suelo FA) y 100 mm (suelo Yf) hace que el suelo acumule aproximadamente 15 mm (suelo FA) y 80 mm (suelo Yf), mostrando en el suelo Yf una retención de humedad de 80%, mientras que en el suelo FA solamente es de 18%. El resto se pierde por escorrentía, percolación, ETP, etc.

La gran heterogeneidad y variabilidad espacial de los suelos (var. decamétrica), hacen que los datos de humedad obtenidos en diferentes puntos de muestreo, distintos de una fecha a otra, no sean comparables. Esto nos llevó a trabajar, no los datos brutos, sino sus diferencias, haciendo que la lectura inicial sea una lectura O (Orsag, 1989). Esto nos permite comparar los dos sistemas de labranza en la acumulación de humedad.

Las diferencias de humedad, siendo (-) las pérdidas y (+) las ganancias, están detalladas en el cuadro 2. Sintetizando estos datos (cuadro 3), observamos una ganancia de humedad por efecto del subsolado en suelo FA, de amplitud reducida: menos de 2.1 mm por cada 1 mm ganado por el arado de discos.

En el suelo arcillo limoso, se observa (cuadro 3) una mayor reducción de la humedad a la profundidad 0.20 cm por efecto del subsolado y una ganancia de humedad en las profundidades 20-40 y 40-60 bastante elevada (relación 8:1).

En el suelo FA, si bien el efecto del arado subsolador es positivo pero este es muy reducido ya que la mayoría de los datos obtenidos en las 3 profundidades están por debajo del punto de machitez permanente.

**Cuadro 3. Ganancia de humedad por efecto de los implementos de labranza.**

PROFUNDIDAD	DFA (mm)	SFA (mm)	RELACION (mm)
0-20	2.53	5.33	1 : 2.11
20-40	0.90	1.43	1 : 1.6
40-60	0.52	0.65	1 : 1.25
PROF (cm)	DY (mm)	SY (mm)	RELACION (mm)
0-20	-8.19	-11.22	-1 : -1.37
20-40	3.44	28.06	1 : 8
40-60	-10.02	18.2	-1 : 1.8

### Densidad aparente

La densidad aparente se determinó solamente en dos etapas: inicio (antes de la labranza primaria) y final (cosecha). Las figuras 7 y 8 no muestran grandes variaciones en la densidad aparente, especialmente en suelo FA, mientras que en suelo Y la densidad presenta variaciones correspondientes a la variación en la humedad del suelo en profundidad. Este aspecto es corroborado por varios investigadores, los cuales indican que este parámetro no se modifica fácilmente en cortos periodos de tiempo (Reinaga 1983, Teran 1984, Alcocer 1989).

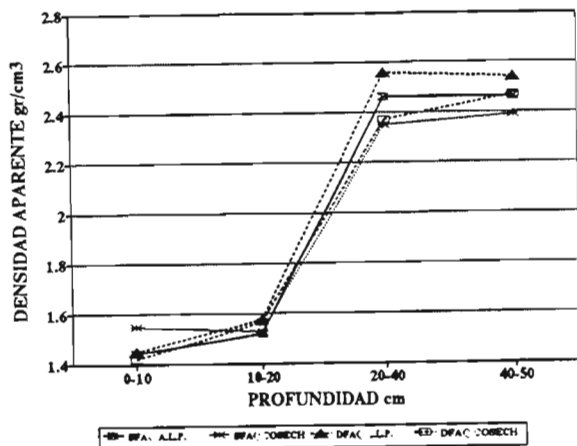


Figura 7. Dap. Franco arenoso

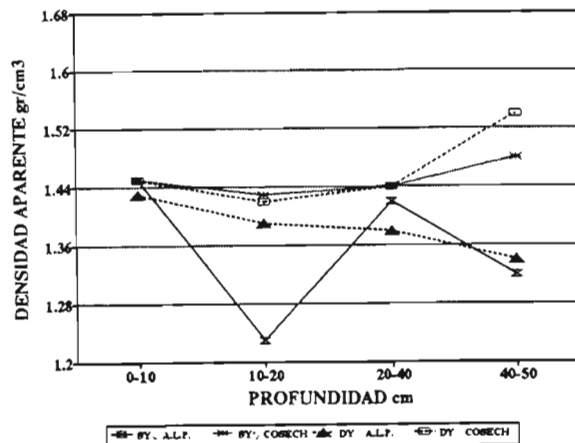


Figura 8. Dap. Arcillo limoso

### Cohesión (resistencia mecánica a la penetración RMP kg/cm<sup>2</sup>)

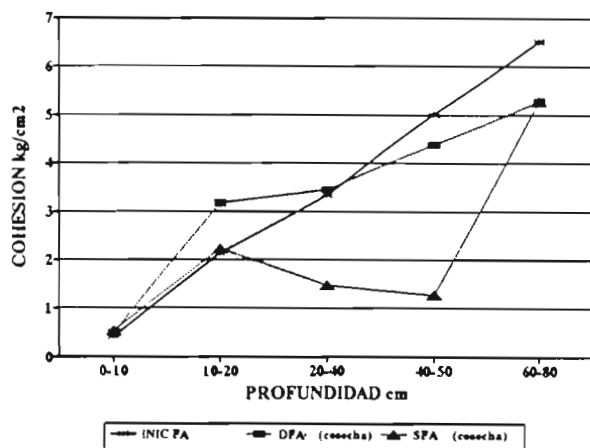
El cuadro 4 y las figuras 9 y 10 muestran las variaciones de la cohesión en kg/cm<sup>2</sup>. Los datos son registrados al inicio y final. Se puede observar claramente que existe una disminución de la cohesión por efecto del subsolado a la prof de 20-50 cm para FA y 20-40 cm para Y. Así, un suelo franco arenoso en su estado inicial presenta una cohesión de 5.02 kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del arado de discos. Esta disminuye a 4.37 kg/cm<sup>2</sup> y por efecto del subsolador a 1.27 kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 4. Variación de la cohesión (kg/cm<sup>2</sup>), en dos tipos de suelo franco arenoso y arcilloso limoso

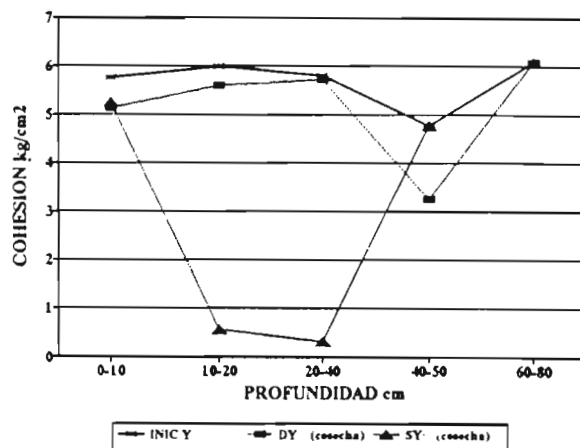
COHESION DEL SUELO FRANCO ARENOSO Y ARCILLOSO LIMOSO (K)						
	INIC FA	DFA	SFA	INIC Y	DY	SY
0-10	0.42	0.5	0.54	5.76	5.13	5.24
10-20	2.14	3.17	2.23	5.99	5.6	0.57
20-40	3.34	3.44	1.48	5.8	5.72	0.32
40-50	5.02	4.37	1.27	4.77	3.26	4.77
60-80	6.51	5.27	5.27	6.08	6.08	6.08

En un suelo arcilloso limoso se observa también esta variación de 5.8 kg/cm<sup>2</sup> en el estado inicial, a 5.72 kg/cm<sup>2</sup> con arado de discos y 0.32 kg/cm<sup>2</sup> por efecto del subsolador en el estado final. Por este efecto podemos esperar una mayor cantidad de raíces.

La RMP es un índice de la exploración por las raíces. Meier (1993) menciona que la penetración de las raíces es inversamente proporcional al nivel de compactación. Con una RMP de 2 kg/cm<sup>2</sup>, cualquiera sea el nivel de oxígeno, las raíces no se alargan. Dominguez (1984) indica que el crecimiento de las raíces se detiene cuando la RMP sobrepasa los 5 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 9. Cohesión franco arenoso**



**Figura 10. Cohesión arcillo limoso**

Tomando en cuenta estas consideraciones, la distribución radicular fue similar en todos los horizontes en el suelo franco arenoso, debido al elevado contenido de piedras y grava que le otorga una mayor macroporosidad independiente de la RMP, 55 impactos radiculares/dm<sup>2</sup> discos y 60 impactos radiculares/dm<sup>2</sup> subsolador a la profundidad de 30-40 cm.

En el suelo arcillo limoso este factor no se evaluó, determinandose simplemente la profundidad radicular: 23 cm para discos y 29 cm para subsolador (raíces primarias).

### Cultivo

La densidad de plantas es más elevada en el suelo FA que en el suelo Y. Se esperaba una densidad de plantas de 10 plt/m y se obtuvo 6.7 para DFA y 6.6 para SFA (cuadro 5). Esto se debe particularmente a una mejor emergencia, producto de una cama de siembra más fina. En la textura arcillo-limosa, la formación de costra y el anegamiento imposibilitaron una mejor emergencia de las plántulas. Los rendimientos obtenidos son similares para el suelo franco arenoso, no existiendo diferencias entre tratamientos. En el suelo arcillo-limoso, se puede observar un efecto positivo del subsolado sobre el rendimiento final, producto de un mejor aprovechamiento de la humedad por la plantas y una mejor distribución radicular.

**Cuadro 5. Efecto de los implementos de labranza sobre el cultivo de quinua**

TRAT.	DENSIDAD plt/m	ALTURA cm	REND. gr/m <sup>2</sup>
DFA	6.7	59.45	176.39
SFA	6.6	64.29	184.36
DY	1.0	49.5	74.0
SY	2.85	65.1	206.5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El subsolador tiene su efecto positivo en la acumulación del agua en suelos arcillosos, pudiendo mantenerse en el tiempo con la adición de materia orgánica. También la siembra de plantas con raíz vigorosa (alfalfa, etc.) podría estabilizar las cavidades formadas por el subsolador.

En los suelos franco arenosos, por su comportamiento similar al efecto ocasionado por los discos, el uso de un subsolado resulta demasiado costoso. Por la escasa retención de humedad que tienen estos suelos, se podría pensar en una labranza con implementos de diente menos profundos, que no alteren mucho la superficie del suelo o, en su caso, una labranza cero.

La acumulación de agua, lograda con subsolador tanto en suelos arcillosos como franco arenosos, es aprovechada por el cultivo de quinua cuando la emergencia ha tenido éxito. En suelos arcillosos, se tendría que combinar el uso del subsolado con un mejor trabajo superficial que facilite la brotación del cultivo.

## BIBLIOGRAFIA.

- ALCOCER A., 1989. Recuperación de suelos afectados por el pié de arado. Tesis Ing. Agr., Cochabamba, Bolivia, pp. 3-6, 8-9, 16-22, 43-91, 99-112.
- DOMINGUEZ V., 1984. Tratado de fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 100-123.
- CHILON E., 1992. Caracterización edafológica de los suelos de la Comunidad de Huaraco - Altiplano Central. Proyecto Modelo "La Paz" - COSV Cooperación del Gobierno de Italia, I.H.H. - UMSA. Separata técnica de Documento final de evaluación del proyecto.
- GUMIEL D., 1988. Prospección hidrogeológica del área altiplánica del PMPRII, La Paz, Bolivia.
- MEIER H., 1993. Mecanización Agrícola. Proyecto COTESU-HERRANDINA, Lima, Perú, pp. 231-237, 325-347, 664-680.
- ORSAG V., 1989. El Altiplano boliviano y sus factores limitantes para la agricultura, 1ra parte. En Seminario de Agroecología realizado en la Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia, pp. 5-6.
- QUINO E., 1992. Dinámica de la compactación del suelo en un cultivo de cebada, bajo tres sistemas de labranza y tres niveles de materia orgánica en el Altiplano. Tesis Ing. Agr., La Paz, Bolivia, pp. 15-24.
- REINAGA G., 1983. Diferentes sistemas de preparación del suelo y siembra en el cultivo de trigo. Tesis Ing. Agr., Cochabamba, Bolivia, pp. 12-16, 18-19, 22-24.
- SALM H., 1983. Estudio preliminar de suelo del Altiplano Central de Bolivia. En Revista del Instituto de Ecología N° 4, La Paz, Bolivia, pp. 43-57.
- TERAN R., 1984. Niveles tecnológicos para sistemas de laboreo y fertilización en el cultivo de papa. Tesis Ing. Agr., Cochabamba, Bolivia, pp. 8-10, 24-32, 83-92, 97-98.

# EVALUACION DE LA CALIDAD Y DEL COSTO DE ROTURACION CON ARADOS DE VERTEDERA Y DISCOS EN PARCELAS CAMPESINAS DEL ALTIPLANO CENTRAL BOLIVIANO<sup>1</sup>

*Victor MITA<sup>2</sup>*

## INTRODUCCION

En las áreas sobrepastoreadas del altiplano boliviano, con escasa vegetación y con una compactación superficial del suelo, debido al impacto de las gotas de lluvia, la escasa precipitación no logra infiltrarse. Las pérdidas de agua por escurrimiento y evaporación después de una lluvia fuerte son del 60% o más en un suelo denudado casi plano, mientras que son mínimas en suelos arados o lugares con vegetación. El laboreo del terreno ayuda a la infiltración de las lluvias en el suelo. Los 5 cm superficiales se pueden secar pero las capas más profundas retienen el agua. El hecho de que, incluso en pleno invierno, hay agua disponible debe estar relacionado con un cambio de la estructura capilar por la labranza del suelo superficial (poros grandes), que reduce el ascenso del agua capilar y su evaporación en la superficie (Salm, 1983).

En las investigaciones sobre trabajo de suelos realizadas en Bolivia, se aprecia la calidad de la roturación por la profundidad de trabajo, el grado de desterronamiento, el grado de incorporación de la materia vegetal (Reynaga, 1983). Pero el tipo de implemento usado en la roturación y la textura del suelo influyen también en la calidad de roturación. Se quiere definir criterios para evaluar esta calidad de roturación, incorporando los juicios del agricultor.

El presente trabajo surge ante la necesidad de sacar experiencias de la mecanización incipiente que promueven varias instituciones en el Altiplano Central Boliviano con prestación de servicios de roturación o rastreado con tractor en parcelas campesinas. Para saber si resulta rentable económicamente prestar este tipo de servicios a los agricultores, se evalúan los tiempos de trabajo y costos de operación. Se quiere en particular comparar el trabajo del arado de vertedera con el realizado con discos y sus efectos sobre las propiedades físicas del suelo, escogiendo para ello una amplia gama de texturas.

Para conseguir los objetivos propuestos, se plantean las siguientes hipótesis:

- Los dos tipos de arado tienen el mismo efecto sobre las propiedades físicas del suelo.
- La calidad de roturación con tracción motriz, cualquier sea el implemento usado, es mala debido a la forma de pago de la tarifa de operación por unidad de superficie.

---

<sup>1</sup> Este ha sido tema de una tesis sustentada en la UMSS, Cochabamba. Se presenta aquí una síntesis de esta tesis.

<sup>2</sup> Ing. Agr., Proyecto CIP-CONDESAN/IBTA-Sistemas de Producción.

- La prestación de servicios de maquinaria e implementos agrícolas para la roturación con arados de vertedera y discos no es rentable, por el bajo costo de la tarifa de operación y la baja utilización anual de los tractores.

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en 13 comunidades del Altiplano Central (Provincia Aroma) durante el período agrícola 93-94, efectuando evaluaciones de roturaciones en 72 parcelas en septiembre-diciembre 93 para sembrar forrajes (cebada, avena) y en marzo-abril 94 para sembrar papa; estas dos épocas son las dos épocas normales de roturación en la zona.

Para la realización de este trabajo, es necesario mencionar que, en la zona de Patacamaya, se recurrió a dos tipos de empresas que prestan servicios para la roturación del suelo con tracción motriz: Fomento Lechero-CORDEPAZ (Estatual) con arado de vertedera y agricultores particulares (Privada) con arado de discos.

La evaluación de la roturación consistió en determinar, en diferentes tipos de suelo, la textura y humedad del suelo, la velocidad y profundidad de trabajo, tanto con arado de vertedera como de discos, el grado de desterronamiento y grado de volteo. Se procedió también a encuestar a los agricultores que hacían roturar sus parcelas para obtener información sobre los criterios que toman en cuenta para evaluar la calidad de roturación, además las razones por las que alquilan los servicios de un tractor. Finalmente, para el cálculo de los costos y tarifa de alquiler de maquinaria e implementos agrícolas, se obtuvo información de propietarios de tractores particulares y de Fomento Lechero.

El tratamiento estadístico se realizó mediante métodos de análisis multivariable, con el paquete estadístico francés STAT-ITCF.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **COMPARACIONES ENTRE LAS LABORES DEL ARADO DE VERTEDERA Y DISCOS**

#### **Humedad del suelo roturado con cada tipo de arado**

Los datos de humedad en el momento de la labranza permiten comparar las condiciones de roturación con arados de vertedera y de discos. Las roturaciones con arado de vertedera se realizan a mayor humedad. Además se trabaja en suelos arenosos a menor humedad y en suelos arcillosos a mayor humedad, cualquiera sea el implemento usado (cuadro 1).

En texturas arcillosa, franca y arenosa, las labores con arado de discos se realizaron por debajo del límite inferior de plasticidad (LIP) y de la capacidad de campo (CC), tal como recomiendan Ortiz y Hernanz (1989), mientras que los trabajos con arado de vertedera están más próximos al límite inferior de plasticidad. Como lo recomiendan Henin (1972), Forsythe (1985) y otros.



**Cuadro 1. Humedad del suelo (%) roturado en diferentes texturas e implementos.**

TEXTURA	DISCOS				VERTEDERA			
	MIN	MAX	x	%CV	MIN	MAX	x	%CV
Arcillosa	11.46	20.71	15.60	24.27	5.67	32.85	16.83	36.76
Arenosa	3.70	9.67	6.17	26.83	7.25	12.24	10.23	19.45
Franco	8.83	28.43	13.89	38.43	5.11	22.70	11.34	47.54
TOTAL	3.70	28.43	11.20	30.84	5.11	32.85	14.39	35.58

CC = 35.52 % LIP = 27.19 % LSP = 47.15 % para textura arcillosa.

CC = 24.70 % LIP = 21.58 % LSP = 30.56 % para textura franco.

CC = 16.03 % LIP = 16.93 % LSP = 21.73 % para textura arenosa.

### Velocidad de trabajo

La velocidad de roturación varía según el arado utilizado y la textura del suelo. Por lo tanto los tractores con arado de discos se desplazan a mayor velocidad (debido a roturaciones superficiales y en texturas arenosas) con 1.42 m/s como promedio, mientras que los arados de vertedera trabajan a menor velocidad con 1.17 m/s en texturas más arcillosas (cuadro 2). Pero existe un rango de velocidades comunes entre 1.15 y 1.55 m/s, donde es indiferente usar cualquier de los dos arados.

**Cuadro 2. Diferencia de velocidades de roturación (m/s) por arado y textura.**

TEXTURA	DISCOS				VERTEDERA			
	Min	Max	x	%CV	Min	Max	x	%CV
Arcillosa	1.17	1.54	1.33	10.21	0.82	1.59	1.10	16.90
Arenosa	1.36	1.82	1.58	9.13	1.37	1.56	1.47	5.29
Franco	1.15	1.53	1.29	10.49	0.87	1.53	1.22	18.09
TOTAL	1.15	1.82	1.42	13.76	0.82	1.59	1.17	18.58

Estos datos obtenidos son contradictorios con las referencias bibliográficas consultadas (Henin, 1972; Meier, 1993) donde se emplean mayores velocidades en suelos arcillosos y menores en los arenosos, para obtener un buen volteo del prisma de tierra y a la vez un adecuado desmenuzamiento de los terrones, que es lo que se desea cuando se rotura un terreno.

### Profundidad de roturación

El arado de vertedera trabaja a mayor profundidad que el arado de discos (cuadro 3). También se presenta un rango de profundidad entre 21 y 29 cm que es obtenido tanto con arados de discos como con arados de vertedera.

**Cuadro 3. Profundidad de trabajo (cm), de acuerdo al implemento y la textura.**

TEXTURA	DISCOS				VERTEDERA			
	MIN	MAX	x	%CV	MIN	MAX	x	%CV
Arcillosa	10.3	27.1	17.5	35.3	21.9	31.8	25.4	8.79
Arenoso	6.7	28.2	18.1	35.4	26.8	29.6	26.9	4.30
Franco	9.3	22.0	17.4	25.5	23.2	29.9	26.0	7.27
TOTAL	6.75	28.2	17.5	32.1	21.9	31.8	25.8	8.35

Con respecto a la relación óptima que debe existir entre el ancho y la profundidad de roturación para obtener una buena granulación del suelo y un volteo adecuado del prisma de tierra, se recomienda para los arados de vertedera una relación ancho-profundidad de 1.4:1, es decir cuando el ángulo de volteo es de 135°. Los datos obtenidos con este implemento nos muestran una relación de 1.25:1, obteniendo una granulación menor, es aquí donde el prisma tiende a volver a su posición original (Berlijn, 1985).

### Relaciones entre la velocidad y profundidad de roturación

Mediante un Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM) se llegó a relacionar variables cuantitativas (velocidad, profundidad y humedad de roturación) con variables cualitativas (textura y tipo de arado), como se observa en el cuadro de contingencia de Burt (cuadro 4).

Los tractores que utilizan como implemento de roturación el arado de vertedera trabajaron mayormente en suelos arcillosos y francos, mientras que el arado de discos fue utilizado en suelos arenosos. Se roturaron en suelos arenosos a profundidades superficiales y a profundidad media en suelos francos. Una mayoría de los suelos arenosos son trabajados a velocidades altas, mientras que los arcillosos, a una velocidad baja.

**Cuadro 4. Extracto del cuadro de burt de las labores agrícolas, expresados en mil por línea.**

VARIABLE		HER		TEX			PRx			VEL		
		DIS	VER	Y	A	F	P1	P2	P3	V1	V2	V3
TEX	Y	226	<u>774</u>	431	0	0	161	387	452	<u>452</u>	355	194
	A	<u>800</u>	200	0	208	0	<u>533</u>	67	400	0	0	<u>1000</u>
	F	423	<u>577</u>	0	0	361	154	<u>500</u>	346	231	423	346
%H2	H1	<u>560</u>	440	120	<u>500</u>	360	320	280	400	80	240	<u>680</u>
	H2	400	<u>600</u>	480	80	440	200	400	400	280	360	360
	H3	273	<u>727</u>	<u>727</u>	0	273	182	409	409	<u>500</u>	318	182
PRx	P1	<u>1000</u>	0	294	<u>471</u>	235	236	0	0	0	235	<u>765</u>
	P2	308	<u>692</u>	462	38	500	0	361	0	346	385	269
	P3	172	<u>828</u>	<u>483</u>	207	310	0	0	403	379	276	345
VEL	V1	0	<u>1000</u>	<u>700</u>	0	300	0	450	550	278	0	0
	V2	500	500	500	0	500	182	455	364	0	306	0
	V3	<u>633</u>	367	200	<u>500</u>	300	433	233	333	0	0	417

Se realizaron roturaciones en texturas arenosas a una humedad inferior, pero en suelos arcillosos ocurre lo contrario roturando a mayores grados de humedad. Con arados de discos se roturaron en humedades bajas, y con arados de vertedera en humedades medias a altas. Existe también una relación entre las profundidades medias de trabajo y humedad alta y a la vez entre profundidad superficial y humedad media. Se roturo en humedad baja y velocidad alta y por el contrario se trabajo a velocidad baja cuando la humedad estaba alta. El extracto del cuadro de Burt también nos reporta que los arados de discos roturan superficialmente, mientras que los arados de vertedera trabajan a profundidades medias a altas. La relación entre la velocidad y la profundidad es inversa, donde se realizaron trabajos superficiales a velocidades altas. Las maquinarias agrícolas trabajaron a velocidades bajas en texturas arcillosas y a velocidades altas en suelos arenosos.

### Grado de volteo

En la zona de estudio, la vegetación natural es escasa (30% de cobertura del suelo como máximo) y repartida muy desigualmente: plantas almohadillas, gramíneas al ras y arbustos *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla*. Se incorpora entonces muy poco material vegetal al suelo, esencialmente las raíces. Por estas características y para fines de este estudio solo se evaluó el grado de volteo con los dos tipos de arados y no así la incorporación de residuos vegetales. El arado de vertedera realiza un mayor volteo del pan de tierra que el arado de discos (cuadro 5) y no deja terrones sin voltear.

**Cuadro 5. Grado de volteo (%) para cada tipo de arado.**

TIPO DE ARADO	PARAMETROS				GRADO DE VOLTEO (I+Sv)
	Nv	V	I	Sv	
VERTEDERA (n = 28)	3.7	33.3	43.1	19.9	63.0
DISCOS (n = 5)	27.0	24.8	19.2	29.0	48.2

Nv: No volteado (< 85°) I: Intermedio (110-140°)

V: Vertical (85-95°) Sv: Si volteado (> 140°)

### Tiempo de trabajo por unidad de superficie

Los tractores de Fomento Lechero (90 HP) con arados de vertedera emplearon más tiempo (4.26 hr/ha), con respecto a los tractoristas particulares con arados de discos (3.41 hr/ha) y tractores de 65 y 70 HP. Se emplea mayor tiempo en texturas arcillosas y menor tiempo en texturas arenosas con los dos tipos de arados (cuadro 6).

**Cuadro 6. Diferencias de tiempo de roturación (hr/ha)  
por tipo de arado y textura.**

TEXTURA	DISCOS				VERTEDERA			
	MIN	MAX	x	% CV	MIN	MAX	x	% CV
Arcillosa	2.96	5.95	4.07	22.08	3.36	5.81	4.45	15.75
Arenosa	2.50	3.11	2.71	5.86	3.70	4.16	3.96	4.88
Franco	2.21	5.90	3.76	29.74	3.19	5.81	4.01	17.44
T O T A L	2.21	5.95	3.41	29.28	3.19	5.81	4.26	16.73

## PARAMETROS DE LA CALIDAD DE ROTURACION

Se define a la calidad de roturación como el efecto producido por los implementos agrícolas, en nuestro caso los arados de discos y/o vertedera, sobre el estado inicial del suelo. Este estado influye directamente en el rendimiento del cultivo. En nuestro estudio se evaluó el grado de desterronamiento producto de la roturación con los arados.

### Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples

Las variables cualitativas que participan en el AFCM son la textura (**TEX**) y el arado usado en el trabajo (**HER**), mientras que las cuantitativas son la humedad del suelo (**%H2**), profundidad (**PRx**), velocidad (**VEL**), porcentaje de cobertura del suelo por terrones de **1-5 cm** de tamaño (**TE2**), de **5-10 cm** (**TE3**) y de **10-20 cm** (**TE4**) y la densidad aparente (**DA2**) que, en este caso, es una variable suplementaria (cuadro7).

### Influencia de las propiedades físicas y las labores sobre el desterronamiento

Los arados de discos en su mayoría producen terrones de diámetro más pequeños (inferior a 10 cm), mientras que los arados con vertedera dan como resultado terrones mayores a 10 cm. Meier (1993) y Henin (1972) indican al respecto que los arados de vertedera producen como resultado de la roturación terrones mas grandes que los arados de discos. El grado de desterronamiento se explica en parte por la textura. Se obtuvo una menor cantidad de terrones de 1-5 y de 5-10 cm de tamaño en suelos arcillosos, pero tambien se presentaron en mediana cantidad terrones de 1-5 cm en suelos francos. Por el contrario, y como se suponía, se obtuvieron mayor cantidad de terrones de 10-20 cm en suelos francos y en mediana cantidad en suelos arcillosos.

En humedades de roturación altas H3 (de 16 a 35%) se obtuvieron terrones de 1-10 cm (TE2 y TE3) en menor cantidad, mientras en humedades del suelo bajas (H1) se obtienen en cantidades medias terrones TE2, mayores TE3 y menores terrones de 10-20cm (TE4).

En profundidades de roturación altas P3 (de 25 a 35 cm) se obtuvieron como resultado menor cantidad de terrones TE3 (5-10cm) y en mediana cantidad terrones mayores a 10cm de tamaño, la velocidad es en este caso baja. Berlinj (1985) señala que se obtiene terrones más pequeños con altas velocidades.

**Cuadro 7. Extracto del cuadro de burt de las propiedades físicas, condiciones de trabajo vs. grado de desterronamiento, expresados en mil por línea.**

VARIABLE		HER		TEX			%H2			PRx			VEL		
		DIS	VER	Y	A	F	H1	H2	H3	P1	P2	P3	V1	V2	V3
TE2	T2P	176	<u>824</u>	<u>676</u>	0	324	206	324	<u>471</u>	147	382	471	<u>529</u>	353	118
	T2M	500	500	250	313	<u>438</u>	<u>500</u>	313	188	250	375	375	63	438	500
	T2G	<u>727</u>	273	182	<u>460</u>	359	455	409	136	364	318	318	45	136	<u>818</u>
TE3	T3P	207	<u>793</u>	<u>655</u>	103	241	241	276	<u>483</u>	69	414	<u>517</u>	<u>552</u>	276	172
	T3M	455	545	364	182	455	318	364	318	227	364	409	136	409	455
	T3G	<u>667</u>	333	190	381	429	<u>524</u>	429	48	<u>476</u>	286	238	48	238	<u>714</u>
TE4	T4P	471	529	353	441	206	<u>471</u>	382	147	265	353	382	206	176	<u>618</u>
	T4M	389	<u>611</u>	<u>556</u>	0	444	278	222	<u>500</u>	278	278	<u>444</u>	389	389	222
	T4G	350	<u>650</u>	450	0	<u>550</u>	200	400	400	150	450	400	300	<u>450</u>	250

Según el cuadro de Burt (cuadro 7) los trabajos realizados por los arados de vertedera están identificados con los suelos arcillosos con una velocidad baja, profundidad de trabajo alta, y altas humedades de roturación. Como resultado se obtuvo pocos terrones de tamaño TE2 y TE3 (1-5 y 5-10 cm). Por el contrario los arados de discos generalmente roturan suelos arenosos con velocidades altas, removidos superficialmente a humedades bajas. Se obtuvo así alta presencia de terrones TE2 y baja cantidad de terrones TE4 (10-20 cm). La roturación en texturas francas fue realizada por ambos tipos de arados a velocidades, profundidades y humedades medias, obteniéndose una cantidad intermedia de terrones TE2 y TE3.

### **Análisis Factorial Discriminante**

Un análisis factorial discriminante, aplicada a un archivo de datos que contiene variables cuantitativas y variables cualitativas, separa a los grupos definidos a priori (cuadro 8).

**Cuadro 8. Combinaciones más frecuentes del tipo de arado y textura del suelo.**

GRUPO	COMBINACIONES	VARIABLES	DATOS
1	Discos-arcillosa	%H2, VEL, PRx	7
2	Discos-arenosa	%H2, VEL, PRx	12
3	Discos-franco	%H2, VEL, PRx	11
4	Vertedera-arcillosa	%H2, VEL, PRx	24
5	Vertedera-franco	%H2, VEL, PRx	25

%H2: Humedad del suelo  
 VEL: Velocidad de roturación  
 PRx: Profundidad de roturación

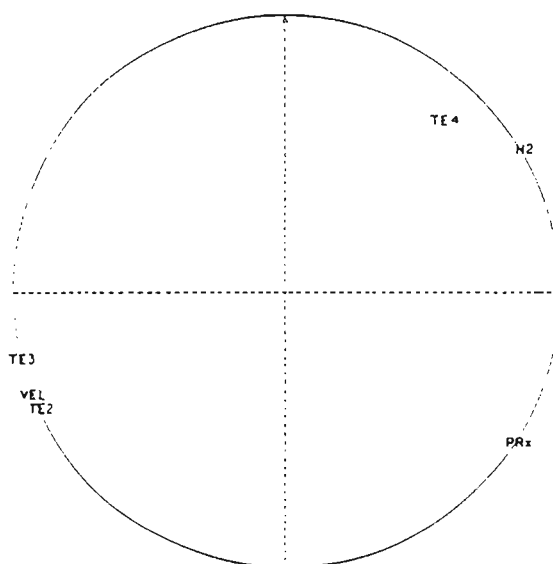
El estudio de las variables nos indica que, basándose en la calidad de la representación, el eje 1 opone la humedad y la profundidad a la velocidad y al tamaño de terrones TE2 y TE3; el eje 2 reúne la humedad y TE4. El estudio a

**nivel de grupo** reporto que en el eje 1 el grupo dos se opone al grupo 4; en el eje 2, los grupos 1 y 3 son cercanos y van en el mismo sentido.

Los resultados de la **distancia de MANHALANOBIS** muestran que los grupos 1-3 y 4-5 realizan trabajos similares por la proximidad de sus promedios, mientras que los grupos 5-2 y 4-2 muestran una diferencia muy marcada en cuanto al trabajo que realizan. Los demás se consideran que tienen una proximidad intermedia (1-4, 1-5, 3-5, 3-4, 2-3, 1-2).

Las **tablas de pertenencia** confirmaran los grupos 2, 3, 4 y 5, mientras el grupo 1 es descartado (arcilla-disco).

PLANO 1-2                      EJE 1 HORIZONTAL                      EJE 2 VERTICAL



**Figura 1. AFD: Círculo de correlación en el plano 1-2 de las cinco combinaciones para el tamaño de los terrones, humedad, velocidad y profundidad de roturación.**

La figura 1 muestra la representación gráfica de las variables (TE2, TE3, TE4, VEL, H2 y PRx) con las correlaciones mas significativas. En el eje 1 se observa que existe una oposición entre las variables **TE2, TE3, VEL vs TE4, H2, PRx**. En el eje 2 las variables **TE4, H2** se oponen a **TE2, TE3, VEL, PRx**. Cuando trabajan a bajas velocidades se realizan roturaciones profundas en suelos muy húmedos. Tambien a menores velocidades se producen terrones pequeños (TE2, TE3). Existe una diferenciación de los terrones que se producen como efecto de la roturación entre los de 1-5 y 5-10 cm de tamaño y los terrones de 10-20 cm, o sea que a menores presencias de TE2 y TE3 corresponden mayores cantidades de TE4 con ambos tipos de arados.

## **EL AGRICULTOR**

Se aplicaron 72 encuestas a los agricultores que solicitan los servicios de roturación a los tractoristas particulares y a los de Fomento Lechero, con arados de discos y vertedera respectivamente.

### **Razones para roturar con tracción motriz**

Las razones que se pudieron detectar de las encuestas realizadas al momento de la roturación con tracción motriz son la falta de tiempo (75%) y de yuntas (53%). Otra razón mencionada por los campesinos es la dureza del suelo, donde las yuntas con arados de palo tradicional no pueden roturar. Esto confirma las aseveraciones realizadas por Hervé y Ríos (1990) sobre la especialización ganadera lechera de la zona de Patacamaya y la escasez del ganado criollo apto para trabajar con yunta.

### **Momento oportuno para la roturación de suelos**

Para detectar los días disponibles para la roturación y obtener un estado de suelo aceptable, se toma en cuenta los criterios climáticos e indicadores de la humedad del suelo (Brugioni, 1992).

La mayoría de los agricultores evalúa la profundidad de la humedad del suelo (78%) para la roturación oportuna, mientras que también existen otros indicadores muy poco usados, que son el color superficial del suelo y pisar el suelo. Existe también un porcentaje significativo de agricultores (15.6%) que utilizan a la vez dos indicadores como son la profundidad de la humedad y el color del suelo. Otro de los criterios es de contar los días después de una precipitación, para determinar más o menos cuando se puede empezar a roturar y cuando hay que parar. Al respecto, esperan más días para realizar una roturación en texturas arcillosas y menos días para suelos arenosos. Además es necesario tomar en cuenta el rango de días practicables después de la lluvia para la roturación, siendo para texturas arenosas 12 días, para arcillosas 11 días y para francas 9 días. Muchos indicaron que los suelos arenosos son los más flexibles en cuanto a los días oportunos para su labor, es por esto que su rango es más amplio.

### **Criterios del agricultor para evaluar la calidad de roturación**

El 84% de los encuestados afirman que el arado de vertedera rotura a mayor profundidad respecto al arado de discos, 59% y 9.38% opinan que ambos aperos roturan a la misma profundidad. El arado de vertedera incorpora mejor la materia orgánica respecto al arado de discos y 31% incorporan igual, aquellos que mencionan la igualdad de incorporación de ambos arados representa el 31%. Finalmente una mayoría de 69% opina que ambos aperos realizan un desterronamiento igual, y 28% indican que el arado de discos después de la labor deja terrones pequeños.

Por los datos obtenidos en las encuestas, se concluye que los campesinos de esta zona evalúan la calidad de roturación principalmente por la profundidad de roturación. Es la razón por la cual prefieren roturar con arados de vertedera, dándoles poca importancia al grado de volteo y al desterronamiento. También la profundidad de roturación fue identificada por Brugioni (1992) como indicador de calidad de roturación en una comunidad del altiplano Central.

El 100% de los agricultores afirman su preferencia por el arado de vertedera para roturar suelos de texturas arcillosas, sobre todo si son con bastante vegetación y muchas raíces y muestran su preferencia por roturar suelos de textura arenosa y franca con arado de discos.

## **COSTOS DE MAQUINARIA AGRICOLA CON ARADOS DE VERTEDEIRA Y DISCOS**

En la zona donde se realizó el presente estudio, el cobro de la tarifa de operación por el servicio de roturación no toma en cuenta factores como tipo de suelos, grado de humedad, tipo de cultivo, profundidad de roturación, calidad de roturación, sino solamente la superficie roturada. Esto es un aliciente para que los propietarios de los tractores realicen el trabajo en menos tiempo, con el fin de reducir el gasto de combustible y ahorrar tiempo.

### **Determinación de la tarifa de operación**

La determinación de la tarifa de operación con tracción por unidad de superficie (Bs/ha), en el cuadro 9, nos muestra que la mayor diferencia se nota para una potencia superior a 80 HP. Las tarifas bajas se encontraron para los tractores particulares que roturan con arados de discos (147 y 159 Bs/ha). Para el tractor que rotura con arado de vertedera (Fomento Lechero) la tarifa de roturación es 2 a 3 veces la de discos o sea es 349 Bs/ha.

**Cuadro 9. Cálculo de la tarifa de operación para terceros de maquinarias agrícolas con tracción.**

<i>TARIFA DE OPERACION PARA TERCEROS</i>			
<i>DETALLE</i>	<i>68.55 HP**</i>	<i>75 HP**</i>	<i>90 HP***</i>
<i>De maquinaria con tracción por hora de trabajo (\$us/hr)</i>	<i>9.222</i>	<i>9.960</i>	<i>18.552</i>
<i>De maquinaria con tracción por unidad de trabajo (\$us/ha)</i>	<i>31.447</i>	<i>33.963</i>	<i>79.031</i>
<i>De maquinaria con tracción por unidad de trabajo (Bs/ha)*</i>	<i>147.486</i>	<i>159.286</i>	<i>370.655</i>

\* Se considero para efectos de calculo al cambio oficial 1 \$us a 4.69 Bs en Noviembre-1994.

\*\* Con arado de discos

\*\*\* Con arado de vertedera

Las causas a las que se pueden atribuir el elevado costo de operación de las maquinarias de Fomento Lechero son: los tiempos de roturación altos por unidad de superficie (sabiendo que son tractores de alta potencia, 90 HP), la baja utilización anual del tractor (750 horas). Además el costo del operador por hectárea es elevado (20 Bs.). Mientras que los tractoristas particulares, con una ínfima ganancia (10 Bs/ha), cubren sus costos de operación debido a que son tractores de baja potencia, utilizados anualmente por encima de las 1000 horas (1250 hr/año).

Si los administradores de los tractores e implementos agrícolas tomarían en cuenta la textura y el tiempo empleado para roturar (cuadro 6), tendrían que cobrar tarifas de operación más altas que las calculadas anteriormente para texturas arcillosas y mucho más bajas para texturas arenosas (117.2 y 126.5



Bs/ha), esto debido a las diferencias de tiempo empleadas por hectárea y por tipo de suelo (cuadro 10).

**Cuadro 10. Cálculo de tarifa de operación para distintas texturas.**

<i>TARIFA DE OPERACION PARA TERCEROS</i>			
<i>DETALLE</i>	<i>68.55 HP*</i>	<i>75 HP*</i>	<i>90 HP**</i>
<i>De maquinaria con tracción por hora de trabajo (\$us/hr)</i>	9.222	9.960	18.552
<i>De maquinaria con tracción por unidad de trabajo para suelos arcillosos (Bs/ha).</i>	176.032	190.119	387.189
<i>De maquinaria con tracción por unidad de trabajo para suelos arenosos (Bs/ha).</i>	117.210	126.590	344.555
<i>De maquinaria con tracción por unidad de trabajo para suelos francos (Bs/ha).</i>	162.624	175.638	348.905

\* *Con arado de discos.*

\*\* *Con arado de vertedera.*

### **Evaluación de la rentabilidad de prestar este servicio de roturación**

Del cuadro 11 se infiere que el tractor particular de 68.55 HP con arado de discos, al cobrar una tarifa de operación por hectárea trabajada de 150 Bs, además de cubrir los costos de operación tiene un margen ínfimo de ganancia (2.5 Bs/ha). Mientras que los tractores de 75 y 90 HP pierden, sobre todo con vertedera, 170 Bs/ha. Para la institución de Fomento, la prestación de este servicio a los agricultores de la zona es una subvención a pérdida porque la tarifa de operación solo cubre 54% de los costos de operación. Pero tampoco han podido proporcionar un trabajo de calidad aceptable y en el momento oportuno.

**Cuadro 11. Consideraciones acerca de la rentabilidad de prestar este servicio de roturación**

<i>MAQUINARIA MAS ARADO</i>	<i>TARIFA DE OPERACION CAMPO Bs/ha</i>	<i>TARIFA DE OPERACION CALCULADO Bs/ha</i>	<i>GANANCIA Y/O PERDIDA DE CAMPO Bs/ha</i>
<i>68.55 HP**</i>	150	147.48	2.51 G*
<i>75 HP**</i>	150	159.28	9.28 P*
<i>90 HP***</i>	200	370.65	170.65 P*

\* *P: Perdida. G: Ganancia.*

\*\* *Con arado de discos*

\*\*\* *Con arado de vertedera*

La tarifa que cobran los tractoristas particulares (150 Bs/ha) solamente es rentable si se rotura en texturas arenosas, teniendo réditos de 32.7 y 23.4 Bs/ha para maquinas de 68.55 y 70 HP de potencia respectivamente (cuadro 12). Pero cuando roturan suelos de textura arcillosa, tienen mayores pérdidas para ambos tipos de aperos, en particular cuando trabajan con arados de vertedera (la tarifa que cobran en el campo es 200 Bs/ha). Lo que merma la ganancia son los tiempos de roturación por superficie altos y una utilización anual de las maquinas baja. Tambien, se puede señalar que no se considera en la tarifa cobrada la distancia

entre el centro de operación y la parcela. Debido a que sólo trabajaban dos arados de vertedera en la cuenca de Patacamaya (de Fomento lechero), las distancias que recorrían estos implementos hasta las parcelas resultan ser mayores a las que recorrían los arados de discos diseminados en las comunidades.

**Cuadro 12. Rentabilidad de prestar este servicio al roturar diferentes tipos de suelos.**

<i>MAQUINA MAS ARADO</i>	<i>TEXTURA ROTURADA</i>	<i>TARIFA DE OPERACION EN CAMPO Bs/ha</i>	<i>TARIFA DE OPERACION CALCULADA Bs/ha</i>	<i>GANANCIA Y/O PERDIDA Bs/ha</i>
68.55 HP**	Arcillosa	150	176.032	26.032 P*
70 HP**	Arcillosa	150	190.119	40.119 P
90 HP***	Arcillosa	200	387.189	187.189 P
68.55 HP**	Arenoso	150	117.210	32.790 G*
70 HP**	Arenoso	150	126.590	23.410 G
90 HP***	Arenoso	200	344.555	144.555 P
68.55 HP**	Franco	150	162.624	12.624 P
70 HP**	Franco	150	175.638	25.638 P
90 HP***	Franco	200	348.905	148.905 P

- \* *P: Perdida, G: Ganancia*
- \*\* *Con arado de discos*
- \*\*\* *Con arado de vertedera*

## CONCLUSIONES

Las evaluaciones de las labores que realizaron las maquinarias con ambos tipos de arados muestran que tanto la velocidad como la profundidad de roturación fueron influenciadas por el tipo de arado (discos y vertedera) y la textura del suelo. En suelos arenosos los tractores se desplazaron a mayor velocidad y menores en texturas arcillosas. Las maquinarias que realizaron la aradura con discos andaron a mayor velocidad, mientras que los arados de vertedera realizaron trabajos a velocidades bajas. Por su parte la profundidad de roturación fue mayor cuando se trabajó con arados de vertedera o en texturas arenosas y menor con arados de discos o en texturas arcillosas. El arado de vertedera realizó un mayor grado de volteo del pan de tierra, superior en un 15% respecto al arado de discos.

Finalmente, se concluye que influyeron sobre el grado de desterronamiento, el tipo de arado utilizado, el estado de humedad, las propiedades físicas del suelo y las condiciones de trabajo.

Los agricultores de la zona se basan principalmente, para evaluar la calidad de roturación con tracción motriz, sobre la profundidad de roturación, cualquiera que sea el implemento utilizado. Además recurren a indicadores biotécnicos (contar los días después de la precipitación para cada tipo de suelo, verifican la profundidad de la humedad y el color superficial del suelo) para identificar el momento óptimo para su roturación.

La prestación de servicios de roturación en esta zona, por parte de ambos tipos de empresas (particular y de fomento) con arados de discos y vertedera respectivamente, no es rentable, teniendo mayores pérdidas Fomento Lechero que los tractoristas particulares. Cuando roturan específicamente en texturas

arenosas y con arados de discos, las empresas particulares tienen ganancias de 28 Bs/ha roturada, debido a los tiempos bajos empleados por unidad de superficie. Es por esto que los propietarios particulares tratan de realizar trabajos superficiales empleando velocidades altas. Para roturar tierras en descanso y cultivar papas es recomendable trabajar el suelo con arado de vertedera, aceptando, por este primer laboreo, invertir una suma mayor.

## LITERATURA CITADA

- BERLIJN J., 1985. Preparación de tierras agrícolas; manuales para educación agropecuaria. 3ed. México. Trillas. Area: Mecánica Agrícola No 42.
- BRUGIONI I., 1992. Determinantes de la roturación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del Altiplano Central Boliviano. IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivia, Informe N° 31, 69 p.
- FORSYTHE W., 1985. Física de suelos; manual de laboratorio. IICA. San José, Costa Rica. Serie de libros y materiales educativos No 25, p.17-19.
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1972. Perfil cultural; el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Trad. Carlos Roquero; Jaime García. Madrid, España, Mundi-Prensa, pp. 47-48, 83-84.
- HERVE D, RIOS H., 1992. Evaluación de pasturas cultivadas en fincas lecheras del Altiplano Central. En X Reunión Nacional de ABOPA. DANCHURCHAD-ABOPA-IBTA, pp. 118-119.
- MEIER H., 1993. Mecanización Agrícola. COTESU-HERRANDINA. Lima, Perú. tomo 1, pp. 231-236, 321-381.
- ORTIZ J., HERNANZ J. 1989. Técnica de la mecanización agraria. 3ed. Madrid, España, Mundi-Prensa, pp. 160-165.
- REYNAGA G., 1983. Diferentes sistemas de preparación del suelo y siembra en el cultivo de trigo. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón, pp. 10-12.
- SALM H., 1983. Estudio preliminar de suelos del Altiplano Central de Bolivia. Revista del Instituto de Ecología (Bolivia), (4): 43-47.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*Vladimir ORSAG, Dominique HERVE*

En base a los trabajos presentados en este documento, podemos llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones generales.

Si bien existen varios trabajos de investigación en suelo que se realizan por la inquietud de los investigadores, ONGs e Instituciones estatales, es necesario indicar que éstos tienen un carácter bastante puntual y, por consiguiente, no existe una continuidad con otros trabajos ni una integración con otras especialidades. En estas condiciones, difícilmente pueden llegar a resultados concretos que ayuden a solucionar los problemas que se presentan en el área rural. Además, su calidad científica es en muchos casos insuficiente. Sin embargo, en los trabajos presentados, queremos recalcar dos puntos valiosos y novedosos: una autoevaluación crítica de los resultados de una labor de promoción y la confrontación de la calificación campesina y de la caracterización agronómica de una calidad del trabajo de roturación.

En las universidades, las materias de Edafología y Manejo y Conservación de suelos son tratadas muy aisladamente y priorizando las clasificaciones de suelo. La materia de agrotecnia es electiva cuando en ella se podrían integrar los factores edafológicos y el manejo del suelo con la elaboración de la producción agrícola, e incluso con aspectos socio-económicos. Finalmente, la materia de ingeniería agrícola no existe sino en escasas universidades. Con una nueva visión, se deben establecer puentes entre el agricultor, el diseñador o el importador de implementos y el técnico, edafólogo o agrónomo. Se debe también romper el sesgo con el cual cada especialista considera el componente suelo, para que integre también a los otros componentes.

Falta manipular metodologías adecuadas para medir las características y propiedades del suelo *in situ* : ¿Qué parámetros medir, cómo y con qué equipos de medición? En este campo, metodológico, sería factible intercambiar experiencias con los especialistas del Trópico, confrontados a realidades muy distintas, pero que tienen los mismos problemas de integrar los datos de suelo en sus ensayos.

Queda una brecha muy profunda entre las comparaciones de implementos en estación experimental y las técnicas que pueda adoptar un agricultor en su finca. Es necesario entonces analizar el sistema de producción del agricultor, los determinantes de sus decisiones de roturación y su organización del trabajo.

Uno de los objetivos, en reunir estos trabajos en una misma obra, es justamente demostrar que se debe manejar estos temas de trabajo del suelo a nivel de sistema, donde interactúan diferentes componentes, e intentando establecer puentes entre disciplinas científicas.

Se recomienda finalmente que los siguientes temas sean considerados con mayor énfasis dentro de la investigación:

- Organización del trabajo en la finca e impacto de diferentes fases y modalidades de mecanización sobre la productividad del trabajo.
- Rehabilitación de suelos salinos y salino-sódicos mediante un adecuado trabajo del suelo.
- Consecuencias del trabajo del suelo sobre la erosión.
- Efecto de los implementos y sus condiciones de trabajo en el estado del suelo y de este último en la elaboración del rendimiento de los cultivos.