

# DECISIONES DE LABRANZA, CONSECUENCIAS SOBRE EL SUELO Y LOS CULTIVOS. PROBLEMATICA DEL ALTIPLANO BOLIVIANO

Dominique HERVE (1)  
David CONDORI (2)  
Ingrid BRUGIONI (3)  
Germán FERNANDEZ (4)

## INTRODUCCION

La mecanización del altiplano, aparentemente favorecida por una topografía mayormente plana, es incipiente y, a menudo, limitada a una tractorización. Lo más común es ver vacas lecheras y toretes jalar el arado de palo. Pero un número creciente de agricultores del altiplano boliviano requieren del tractor para la roturación, en el momento oportuno, de algunas de sus parcelas, y no necesariamente todos los años. Pueden también superar de esta forma una escasez de mano de obra o de yunta.

Son dos pasadas cruzadas del arado o una sola pasada con arado de discos, las operaciones necesarias para limpiar el terreno del arbusto *Baccharis incarum*, usado como combustible, y remover la tierra en una profundidad de 10 a 20 cm. Algunos particulares o instituciones de fomento pueden ofrecer un trabajo con arado de vertedera, recomendable en tierras pesadas. Es en general necesario, en este caso, desmenuzar los terrones posteriormente, con una rastra de discos. En todos los casos, son pocos los días en los cuales la humedad del suelo permite estas labores.

Los suelos cultivados en el altiplano central presentan en general serios problemas físicos como una densidad aparente elevada, baja porosidad, débil profundidad para el almacenamiento de agua, baja tasa de materia orgánica y, en algunas zonas, problemas de salinidad (Orsag, 1989b; Orsag *et al.*, 1993). La heterogeneidad de tres muestras de suelo, sacadas a dos profundidades en una misma parcela de un agri-

cultor de la comunidad de Pumani, ilustra una variabilidad del suelo decamétrica (cuadro 1).

Se confronta entonces referencias obtenidas mediante diseños experimentales, con observaciones y encuestas sobre las prácticas campesinas, para proponer alternativas de preparación del suelo, destinadas a almacenar una mayor cantidad de agua para los cultivos, sin provocar pérdidas de tierra por erosión hídrica o eólica. La presencia de agua en el suelo es determinante, para adelantar la época de siembra y, de esta manera, el ciclo vegetativo del cultivo, en las fases críticas del desarrollo de los cultivos, y cuando ocurren heladas. Las características del suelo lo hacen muy sensible a la erosión. Las pendientes ligeras, pero largas, son suficientes para que flujos de escurrimiento, laminares y luego concentrados, adquieran poder erosivo.

En vez de intentar relacionar el rendimiento final de un cultivo con el uso de tal o cual implemento, se busca caracterizar el estado estructural del suelo antes y después de las operaciones culturales, relacionarlo con las condiciones de uso del implemento y las influencias del clima, y ver luego como influye sobre algunos componentes del rendimiento del cultivo que será instalado. Se introducirá en esta oportunidad las herramientas de observación que son el perfil cultural, un perfil radicular simplificado y la observación de los estados superficiales del suelo. Se indaga también los determinantes de la realización de estas operaciones culturales por el agricultor, lo que nos lleva a considerar el calendario de trabajo, las competencias en el uso de recursos y, por ende, el funcionamiento de las unidades de producción.

## METODOLOGIA

Los estados sucesivos del suelo cultivado son caracterizados con un enfoque de diagnós-

(1) Doctor Agronomía, investigador ORSTOM, CP 9214 La Paz-Bolivia.

(2) Ing. Agr. FCAP UMSS

(3) Ing. Agr. INAPG Francia

(4) Ing. Agr. FCAP UMSS

tico. No se trata para el agrónomo de clasificar los suelos gracias a caracteres permanentes e indicadores de su diferenciación y su funcionamiento actual. Eso es el objetivo del edafólogo. Busca más bien, en la observación del perfil cultural, "superposición de capas y de horizontes definidos por las herramientas o implementos y la acción de las raíces ...", el origen de los estados estructurales observados para pronosticar su duración y definir eventuales medidas de corrección (Stengel, 1990). Se interesa entonces a las capas del suelo diferenciadas por la acción del hombre, la acción de las raíces de la vegetación y la influencia del clima (Henin *et al.*, 1969). El perfil edafológico y el perfil cultural no tienen entonces los mismos objetivos. Tampoco el edafólogo que va cartografiar el uso potencial de los suelos según su textura, y el agrónomo que buscará identificar las dificultades técnicas que levantan para hacer que un suelo pueda recibir un cultivo, tienen las mismas perspectivas.

Las capas de suelo identificadas en el perfil cultural, que pertenecen al horizonte edafológico A y a veces, B, son de origen antrópico (Cuadro 2). Particiones laterales son además introducidas para diferenciar los sitios afectados por las ruedas de la maquinaria. Las unidades morfológicas son delimitadas, caracterizadas por una modalidad de agregación entre terrones y se determina, por fragmentación manual de los terrones, su estado interno de cohesión y de porosidad. El principal objetivo del perfil cultural es la caracterización del estado estructural del suelo. Se entiende por estructura la disposición espacial de las partículas constitutivas del suelo y la naturaleza e intensidad de las relaciones entre ellas (Stengel, 1990). La observación del perfil cultural nos permitió en particular ubicar las huellas profundas de las llantas de tractor y reconocer su efecto de compactación, así como detectar defectos de arreglo de los discos.

Para relacionar los estados estructurales identificados y localizados en los perfiles culturales con el desarrollo radicular, se empleó una versión simplificada del perfil radicular, aplicada al cultivo de papa por Fernández (1993). Se contó en la pared vertical de las calicatas el número de impactos radiculares por cuadrado de 5 cm por 5 cm. Gracias al mapa así constituido, se pudo calcular un número de impactos por unidad morfológica y evidenciar variaciones de este ratio en función de los estados estructura-

les, caracterizados por el tipo de relación entre elementos estructurales, el tamaño de los terrones y el estado interno de los agregados.

En la comparación de implementos de laboreo, se suele medir un porcentaje de desterronamiento, por ejemplo el % de terrones inferior a 5 cm de diámetro, mediante una estimación visual. Resulta insuficiente esta observación, si se quiere seguir en el tiempo la evolución del estado superficial bajo la acción de las lluvias. Se recomienda en este caso tomar, desde una altura fija, fotografías a la vertical de una área definida en el suelo. Se delimita luego en gabinete el contorno de los terrones y de la costra en vía de formación. Las áreas respectivas de cada clase de tamaño de terrones están obtenidas por planimetría; pueden ser comparadas entre fechas de observación. Los terrones menores a 1 cm son los primeros en incorporarse a las costras, formadas por la acción de las gotas de lluvia; los terrones de 1 a 5 cm son los más deseables para no ser dañados y para la germinación de semillas de grano; la presencia de una proporción importante de terrones de diámetro superior a 20 cm obligaría a efectuar labores complementarias con un consecuente desembolso de parte del agricultor.

La toma en cuenta, en el diseño experimental, de las condiciones de realización del laboreo, obliga a anticipar sobre el efecto de las técnicas. Se obtiene los diferentes tratamientos a posteriori, gracias a los controles efectuados. Es el caso de una profundidad de roturación, ordenada al tractorista, y controlada en el corte de suelo a razón de diez medidas por surcos y varios surcos. Es también el caso de las humedades de roturación, diferenciadas por tiempos contrastados de espera después de un riego pesado, pero medidas también en el corte de suelo, con suficientes repeticiones. En estos casos, los tratamientos se definen, no por un solo valor, sino por un intervalo: 20-30 cm de profundidad o una clase: humedad máxima, media y mínima (Condori, 1992). Incluir algunas condiciones de realización de las operaciones culturales en los tratamientos conduce a menudo a usar diseños en parcelas divididas o en fanjas.

Al nivel de las encuestas, se busca situaciones y fincas significativas más que representativas, para entender, las reglas de decisión de los agricultores, y verificar a posteriori la generalidad del modelo generado, comparando previsiones y resultados.

## RESULTADOS

### Fecha de roturación

Son tres las épocas de roturación de los terrenos en descanso: en marzo-abril, al finalizarse las lluvias; en junio-agosto, después de caídas de nieve y, en menor proporción, al inicio de las lluvias, en septiembre-octubre (Figura 1). Uno tiene menos seguridad de obtener la humedad del suelo suficiente para labrar en las épocas 2 y 3 que durante la primera época. Un primer control que realizar es seguir la evolución del contenido de agua en el suelo desde la roturación hasta la siembra de la papa, época que corresponde al invierno.

Vacher *et al.* (1994) siguieron la humedad del suelo de abril a octubre 1987, en un terreno experimental de Viacha, comparando 4 situaciones: no labrada, labrada fines de marzo a 20 cm de profundidad, labrada entre octubre y noviembre a 25 y 35 cm. El suelo estudiado, de textura franco-arcilloso-arenosa hasta los 20 cm, se caracteriza por una capa de arcilla compacta entre 20 y 80 cm. Se constata un drenaje nulo a 110 cm durante toda la estación seca estudiada. La evapotranspiración (ET) queda inferior a 1 mm diario, es decir muy por debajo de los 2 a 3 mm de ETP. En un suelo franco-arcilloso sobre arena arcillosa, Orsag (1993) mide también una evapotranspiración mínima (0.13 a 0.04 mm por día). El resultado es el mismo con cobertura de gramíneas. Esta situación se explica por una transpiración muy baja, debida al frío, y un self-mulching hasta 20 cm que impediría una mayor pérdida de agua por evaporación. En los primeros 35 cm de suelo, se observa una desecación hasta la caída de nieve de julio, y de nuevo entre agosto y octubre, pero el contenido de agua queda estable a más de 40 cm de profundidad. Las diferencias de almacenamiento de agua en el perfil, constatadas en el mes de abril, perduran hasta octubre.

Orsag (1989b) siguió la humedad del mismo suelo durante la época de lluvias, desde noviembre 1987 hasta marzo 1988, comparando un terreno en descanso con uno roturado durante las primeras lluvias de septiembre. El horizonte Ap arado muestra en los primeros meses un mayor contenido de agua que el testigo pero esta diferencia se va reduciendo desde la mitad del mes de enero, cuando ocurren precipitaciones diarias entre 10 y 15 mm. Estas precipitaciones contribuyen, por su intensidad, a

aplanar la rugosidad creada por la preparación del suelo y a disminuir la infiltrabilidad. Las diferencias de almacenamiento de agua en el suelo no son tan marcadas en el horizonte Bt. En total, el suelo hasta los 50 cm recupera 12.2% más de agua si está roturado, pero se vuelve necesario rastrillarlo después del período lluvioso, "para romper la capilaridad formada nuevamente". Orsag (1989a) pone en evidencia el papel del horizonte arcilloso Bt (19-49 cm con 71% de arcilla) en la conservación de la humedad en el perfil, incluso en época seca. La humedad almacenada está en relación directa con las precipitaciones caídas.

El seguimiento de junio a octubre 1990 de la humedad de dos tipos de suelo, en Cullta y Patacamaya (Condori & Hervé, 1992), demuestra un nítido efecto de la textura (Figura 2). En los 20 primeros centímetros, el suelo franco tiene 34.5% de arena y 19.3% de arcilla y el suelo franco arenoso tiene 78.6% de arena y solamente 6.1% de arcilla. En el primero, la humedad debajo de los 10 cm queda estable, encima de la capa arcillosa que impide toda percolación. Esta humedad crece con la profundidad. La humedad superficial solo refleja las precipitaciones caídas. En el segundo, la humedad a 5-10 cm y a 10-20 cm decrece durante la época seca pero vuelve a su valor inicial gracias a las precipitaciones previas a la siembra. La humedad en los 20-30 cm baja aproximadamente de 2%. Las precipitaciones caídas se infiltran inmediatamente.

La evolución del estado superficial bajo las lluvias, poco intensas en esta época (máximo de 3.17 mm/h el 14 de octubre), diferencia también las dos texturas (Condori, 1992). En el suelo franco, la proporción de terrones inferiores a 1 cm decrece conforme a su incorporación en una costra de apelmamiento y los terrones de 5-20 cm, muy coherentes, se fragmentan muy poco por la acción de las gotas de lluvia. Al contrario, en el suelo franco-arenoso, la proporción de terrones inferiores a 1 cm y entre 1 y 5 cm crece con la fragmentación de los terrones mayores a 20 cm. A mayor intensidad de lluvia, se tiene que prever una degradación más rápida del estado superficial, en particular en suelo de textura franca (Hervé & Condori, 1992). La propuesta de adelantar la fecha de roturación trae en estos casos otros problemas.

No se ha medido la humedad de estos dos tipos de suelo entre marzo y junio. Orsag (1993) estudió durante cuatro meses del invierno

no (mayo hasta el inicio del mes de agosto), un aridosol franco-arcilloso (40% de arcilla, 25% de limo y 35% de arena en superficie), pero con diferentes tratamientos después de la cosecha de un cultivo de cebada. El comportamiento del horizonte de textura franca se puede aproximar al del horizonte Ap del suelo de Viacha estudiado en el inicio de la época seca por Vacher *et al.* (1994): no se observan pérdidas de agua. Pero, se puede prever una mayor pérdida de agua en el suelo franco-arenoso. El interés de un laboreo precoz disminuye en este caso, incluso si los riesgos de apelmamiento son menores. Se podría también tener una mayor humedad al momento de la roturación. Condori (1992) alcanzó la humedad máxima para roturar, en textura franco arenosa, con 10.9% de humedad en 0-5 cm y 12.7% en 5-25 cm. Luego, las llantas del tractor patinaban. Sabiendo que la humedad a la capacidad de campo fue de 15.73%, aparece imposible roturar en condiciones más húmedas. Se descarta entonces esta alternativa.

### **Profundidad de roturación**

Se comparó diferentes profundidades de roturación con discos (8-10, 10-15, 15-20, 20-25 y 25-30 cm) en suelos de textura franco arenosa y franco arcillosa de Patacamaya (Condori, 1992) y Cullta (Fernández, 1993). El trabajo profundo (22 cm, Figura 3) dejó terrones más grandes y coherentes que el trabajo superficial (9 cm, Figura 4). Este último es recomendable para el cultivo de quinua: mayor emergencia, densidad de plantas y, finalmente, mayor rendimiento (Hervé & Condori, 1994). La humedad a la siembra resultó ligeramente mayor, entre 5-25 cm de profundidad, para las roturaciones a menos de 15 cm.

Comparando diferentes profundidades de roturación, se observó en 1990-1991 mejores resultados en el cultivo de papa, con un labor profundo, en sus diferentes fases fenológicas y sus rendimientos finales (Hervé & Condori, 1994). Las diferencias menos nítidas en 1991-1992 se explican por la caída temprana (principio de febrero) de una helada.

El trabajo más profundo del suelo ayuda al posterior crecimiento del cultivo, luego de su instalación. Pero tiene como consecuencia la dilución de la materia orgánica en un mayor volumen de suelo, cuando ya la tasa inicial es muy baja (0.66%). El aumento de la profundi-

dad de roturación no se traduce siempre por un aumento del rendimiento, para cualquier cultivo o cualquier año climático. Se recomendaría para el cultivo de papa y no para el de quinua.

### **Implemento de roturación**

Se comparó en suelos franco-arenosos los efectos del arado de discos y de vertedera en 1991-1992, empleados a las mismas profundidades y fechas de laboreo (Fernández, 1993), y los efectos del arado de discos y de una subsoladora en 1992-1993 (Ramos, 1994). De la observación de los perfiles culturales en Cullta, lugar del primer ensayo, se deduce 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 ambas herramientas, se logró desmenuzamientos importantes. Aplicando la recomendación de Orsag (1989b), de subsolar el horizonte Bt, se probó de manera preliminar, en Patacamaya, el uso de una subsoladora de tres cuerpos. Las conclusiones todavía parciales señalan que la profundidad de laboreo debe ser definida en función del horizonte subyacente. Por la mayor fuerza de tracción requerida y el costo de operación adicional, no aparece recomendable trabajar hasta los 50 cm de profundidad. Pero sería interesante probar implementos de dientes de tipo chisel o cultivadores.

Se está evaluando también la calidad de trabajo del arado de discos y de vertedera en la cuenca de Patacamaya, mediante observaciones de la operación de roturación y encuestas a los productores, lo que permite cubrir un amplio rango de texturas y de fechas de trabajo. Corresponde a servicios de roturación ofrecidos por algunos tractoristas particulares y una institución de promoción. Se controla para ello la textura del suelo, su estado inicial, la humedad en la roturación, la velocidad de trabajo y el estado estructural creado. Es materia de una tesis de grado de V. Mita, en la UMSS (1993-1994).

### **Modelo de decisión del agricultor**

¿Cómo se adecúan las referencias previamente expuestas a las limitaciones de los sistemas de producción campesinos?

Observamos durante varios años las prácticas de roturación y siembra en los sectores de aynuqa de una comunidad originaria del

altiplano boliviano, la comunidad de Pumani (Hervé et al., 1992; Brugioni, 1992; Pozo & Hervé, 1992; Angulo, 1993). Según los años, se encuentra parcelas no labradas en el sector destinado al cultivo de papa, cultivo de cebada en vez de papa el primer año, papa en vez de cereales el segundo año, abandono de parcelas desde el segundo año. Estos ajustes que difieren de la norma de rotación comunal revelan la inseguridad de poder realizar las operaciones de labranza o siembra. Los mayores cuellos de botella que enfrentan los agricultores son el mantenimiento de un par de bovinos en edad de trabajar y la dificultad de aprovechar de las épocas en las cuales el suelo es suficientemente húmedo.

El agricultor tiene sus razones de hacer lo que hace. Son estas razones que están representadas en un árbol de decisión al nivel de la unidad de producción (Figura 5).

Cada año, una vez conocido el sector de aynuqa que será roturado, sabe cuantas parcelas tiene tanto en sayaña como en esta aynuqa para cultivar papa en cabeza de rotación. Definirá entonces sus prioridades, según el número de parcelas poseídas en el sector de aynuqa (Ap) y considerando las distancias de estas parcelas a las habitaciones. Gracias a múltiples formas de intercambio de tierra y contratos al partir, un agricultor, dando o recibiendo parcelas para los tres años de la sucesión, constituye a partir de sus parcelas poseídas en el sector, si las tiene, el lote de parcelas que afectará al cultivo de papa (Ad). El hecho que el sector nuevamente roturado cambie cada año le obliga de toda manera a una programación anual en base al conocimiento que tiene de la estructura y del funcionamiento de su finca. Estas decisiones, tomadas al inicio de la roturación, conciernen la superficie a roturar, los medios que dispone en su finca, el calendario de trabajo y las competencias entre labores que resultan. (Figura 6).

Las decisiones tomadas en el momento de la roturación están relacionadas con las circunstancias y modificaciones de la situación inicial (Brugioni, 1992); se aplican al nivel de las parcelas. De ellas resultan roturaciones y siembras realizadas, que pueden diferir de lo proyectado. Según la humedad del suelo y la disponibilidad de un par de bovinos en edad de trabajar, el agricultor logra realizar o no las operaciones de roturación. Alternando la conducción de la yunta con el arranque de *Bac-*

*charis incarum*, puede estar trabajando solo, aun si es más común ver a dos personas trabajar juntos en la parcela. La predicción de cosecha de papa que puede realizar desde la candelaria, fiesta en la cual arranca las primeras papas "de prueba", o sea justo antes de la primera roturación R1, influye poco sobre la superficie roturada para el año siguiente. El agricultor procura roturar la mayor superficie posible (A1) y tomar riesgos sobre sus posibilidades de conseguir la semilla necesaria; queda tiempo para definir acuerdos en los cuales otros aporten la semilla o, finalmente, para trabajar en la ciudad o reunir dinero de otra forma, para comprar semilla. La posibilidad, reciente, de pagar los servicios de un tractor para labrar con discos constituye otra solución cuando escasean la mano de obra o las yuntas.

Pero, si una vez roturado el terreno, no tiene suficiente semilla de papa o si se atrasó en la roturación previa, en este caso, la instalación, aun tardía, de un cultivo de cebada, constituye una adaptación aceptada, incluso si difiere de la norma comunal de un primer año de cultivo de papa. La escasez de semilla no es un aspecto coyuntural sino ocurre a menudo cada año, trayendo como consecuencia que superficies roturadas no sean sembradas el primer año.

El cultivo sembrado (As) dependerá en buena medida de la aptitud a movilizar en las fechas oportunas (según las fiestas y los pronósticos climáticos) los medios necesarios: dos adultos, dos vacunos en edad de trabajar, cargas de guano trasladadas a lomo de burros. El agricultor puede asignar a sus parcelas, tomando en cuenta los limitantes edafo-climáticos, y sus respectivas épocas de siembra (siempre divididas en tres: siembra adelantada, promedia y tardía), siete clases de cultivos: papa amarga o dulce, según la topografía que condiciona los riesgos de helada; tubérculos andinos, *Ullucus tuberosa* u *Oxalis tuberosa* en suelos de ladera sobre lutitas; cebada con espiga de seis líneas (forrajera, y en algunos años para grano); cebada con espiga de 4 líneas, para grano (también llamada "trigo pelado"); quinua; una asociación de quinua y cebada.

Disponiendo de un esquema del conjunto de decisiones que toma un campesino para la roturación y de sus determinantes, se puede discutir las propuestas elaboradas mediante diseños experimentales. Realizar la roturación a principios de la estación de lluvias significaría

cambiar de competiciones de trabajo, ya no con cosechas, sino con siembras que requieren además arado y yunta. Sería de toda manera prudente reservar esta propuesta a suelos franco-arenosos sin riesgos de apelmamiento. La calidad de la roturación con arado y en particular la profundidad de roturación son funciones de la fuerza de tracción disponible. Son escasos los agricultores de Pumani que disponen de un par de toros. La mayoría de ellos no han logrado reconstituir el hato bovino que tenían antes de la sequía de 1983. Ambas restricciones serían resueltas con la posibilidad de alquiler los servicios de un tractor, pero a la condición de cambiar las modalidades de pago por superficie trabajada, lo que tiene por consecuencia una mala calidad de roturación y una profundidad poco distinta de la que se obtiene con dos pasadas de arado. Supone también que los arados de discos y los tractores son disponibles al principio de las lluvias y que la modalidad de laboreo justo antes de la siembra es poco practicada.

Queda claro que estas propuestas no serían generalizables al conjunto de las parcelas, ni a todos los agricultores. El costo de inversión de locación del tractor debería rentabilizarse con los resultados obtenidos, y los esfuerzos de tesorería no están al alcance de todos los productores. Un estudio más fino de la organización del trabajo ayudaría en delimitar rangos de aplicación. Se justificaría aquí plenamente un trabajo de tipología del funcionamiento global de las fincas. En el otro sentido, los estudios en parcelas de agricultores sugieren que no solo se debe buscar si el agua se conserva en el suelo, sino, de manera prioritaria, aumentar la cantidad de agua que se infiltra en el suelo. Para ello, aparece determinante un mejor manejo de los estados superficiales del suelo (Hervé & Valentin, 1994).

## CONCLUSIÓN

Aparece que la identificación de alternativas tecnológicas no se puede realizar solamente en estación experimental ni solamente en parcelas de agricultores. Exige un ir y venir entre situaciones reales y situaciones controladas, y una complementación entre experimentaciones, diagnósticos y encuestas agronómicas que abarquen un rango mucho mayor de situaciones, texturas, fechas de laboreo, etc. (Germain & Hervé, 1993). El camino no es lineal, de la estación hasta la parcela del agricultor y se ga-

naría tal vez tiempo en empezar en detectar los factores limitantes de la producción con los mismos productores.

Las experimentaciones como el diagnóstico de las prácticas campesinas no proveen resultados de utilidad si se aísla un solo componente, como el implemento usado. Se debe más bien considerar las diferentes interrelaciones entre clima, suelo, plantas y técnicas aplicadas. Se puede por ejemplo concluir sobre los efectos de diferentes tipos de labranzas, sin evaluar necesariamente las respuestas de un cultivo, como lo hizo Condori (1992) en su tesis de grado. En una segunda etapa, se relaciona los estados del suelo creados con la elaboración de los componentes del rendimiento.

Para anticipar las posibilidades de adopción, es indispensable reubicar estas propuestas en el funcionamiento global del sistema de producción, mediante la elaboración del modelo de decisión del agricultor.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGULO O.**, 1993.- Factores que influyen en la roturación de las tierras en descanso en las aynuqas de la comunidad de Pumani. Tesis de grado Ing. Agr. UMSS, ORSTOM-IBTA, La Paz, Inf. N° 36, 85 p.
- BRUGIONI I.**, 1992.- Determinantes de la roturación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del altiplano central boliviano. La Paz, ORSTOM-IBTA, Inf. 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, Cochabamba, 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 VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 48/02/91, La Paz, IBTA-ORSTOM-CIID, D. Morales y J.J. Vacher eds., pp. 319-324.
- FERNANDEZ G.**, 1993.- Preparación de tierras con dos tipos de implementos a dos profundidades y su influencia sobre la humedad del suelo y algunos componentes del rendimiento de la papa. Tesis de grado Ing. Agr. UMSS, ORSTOM-IBTA, La Paz, Inf. N° 37, 114 p.

**GERMAIN N., HERVE D.**, 1993.- Agronomía, sistema de producción e investigación-formación. Reflexiones de dos agrónomos franceses a partir de experiencias peruanas y bolivianas. In: Coloquio Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola, 22-26/06/92, México, ORSTOM-CONACYT-Colegio de Postgraduados, E. Navarro, J.Ph. Colin, P. Milleville eds; pp. 489-492.

**HENIN S., GRAS R., MONNIER G.**, 1969.- Le Profil cultural. 2eme édition, Paris, Masson ed., 332 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, 48/02/91, La Paz, IBTA-ORSTOM-CIID, D. Morales y J.J. Vacher eds., pp. 311-318.

**HERVE D., CONDORI D.**, 1994.- Efecto de la profundidad de roturación con discos en los cultivos de papa y quinua, altiplano central boliviano. VIII Congreso internacional de sistemas agropecuarios andinos, 2126/03/94, Valdivia, Chile, Universidad austral de Chile-CIID.

**HERVE D., POZO E., ANGULO O.**, 1992.- Determinantes de los sistemas de cultivo a secano en comunidades originarias. In: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, 48/02/91, La Paz, IBTA-ORSTOM-CIID, D. Morales y J.J. Vacher eds., pp. 395-402.

**HERVE D., VALENTIN Ch.**, 1994.- Projet "Evolution des états de surface des sols sous jachere", La Paz, ORSTOM-IBTA, 9p., multigr.

**MITA V.**, 1994.- Calidad y costo de la roturación con arado de vertedera y discos en parcelas campesinas. Tesis Ing. Agr. UMSS, Cochabamba (en prensa).

**ORSAG V.**, 1989a.- Determinación de las fluctuaciones de almacenamiento de agua en un aridosol del altiplano central con ayuda de técnicas nucleares. Ecología en Bolivia N°13: 1-10.

**ORSAG V.**, 1989b.- Efecto de un manejo agrícola alternativo de un aridosol del altiplano central de Bolivia sobre el almacenamiento de agua en el suelo. Ecología en Bolivia N° 13: 23-32.

**ORSAG V.**, 1993.- Estudio preliminar de la protección del suelo y su influencia sobre la

reducción de pérdida de agua por evaporación en un suelo franco-arcilloso del altiplano central. La Paz, JILTAÑANI, AÑO 1, N° 1: 3-9.

**ORSAG V., MOLINA P., QUINO E.**, 1993.- Caracterización hidrofísica preliminar de un aridosol (Typic paleargid) del altiplano central. La Paz, JILTAÑANI, AÑO 1, N° 1:15-19.

**POZO E., HERVE D.**, 1992.- Evaluación productiva de dos sistemas de cultivo de papa en una aynoka de la comunidad de Pumani, Altiplano central de Bolivia Cochabamba, Revista de Agricultura, Año 49, N° 20: 2533.

**RAMOS D.**, 1994.- Efecto del subsolado en las propiedades físicas del suelo y en el sistema radicular de la cebada y la quinua. Tesis Ing Agr. UMSA, La Paz (en prensa).

**STENGEL P.**; 1990.- Caractérisation de l'état structural du sol. Objectifs et méthodes. In: La structure du sol et son évolution, Laon, France, 9 janvier 1990, Ed. INRA, Paris (Les Colloques de l'INRA N° 53), 15-36.

**VACHER J.J., BRUGIONI I., FELLMAN T.**, 1994.- Evolución del balance hídrico invernal sobre el suelo desnudo, con descanso de larga duración, arado y parcelas post-cosechas, en el altiplano boliviano. Seminario Internacional "Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes", 27-29/09/93, ORSTOM-IBTA, La Paz (en prensa).

### Cuadro 1 Horizontes antrópicos

H0, superficie del suelo (costra, si es que hubiera); siendo en el caso contrario un factor descriptivo del estado superficial.

H1 a H4, horizonte que ha sido trabajado posteriormente a la roturación, y superficialmente (rastreadas, cruzadas, aporques, etc..).

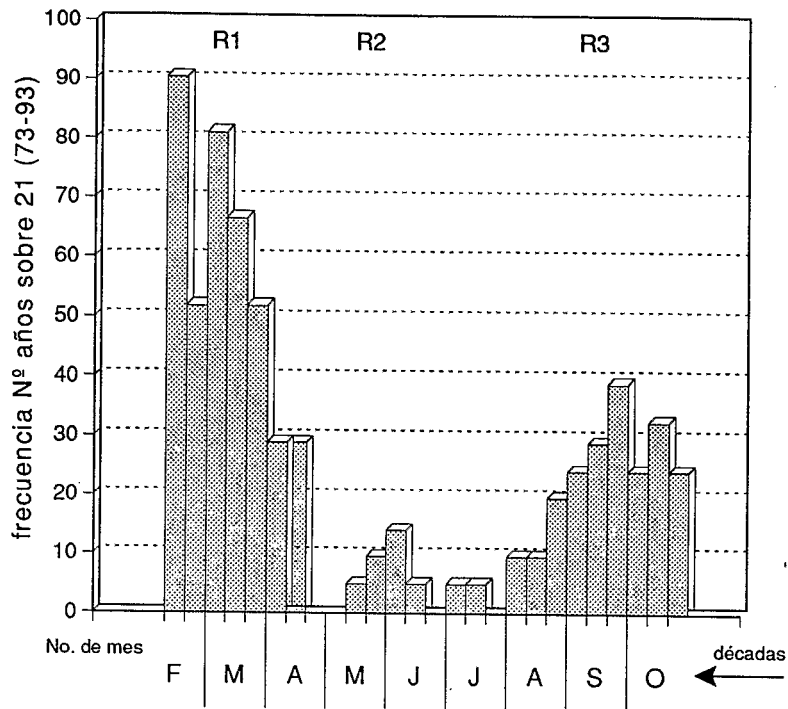
H5, horizonte roturado que no ha sido tocado por el trabajo superficial.

H6 a H7, bases de horizontes labrados anteriormente, antes de la labranza actual.

H8, debajo del fondo de labranza, horizonte trabajado por subsoladora.

P1, P2, P3 son los horizontes edafológicos que empiezan en el límite inferior de la capa arable.

**Fig. 1** Análisis frecuencial de las décadas favorables a la roturación.



**Cuadro 2:** Calendario de cultivo

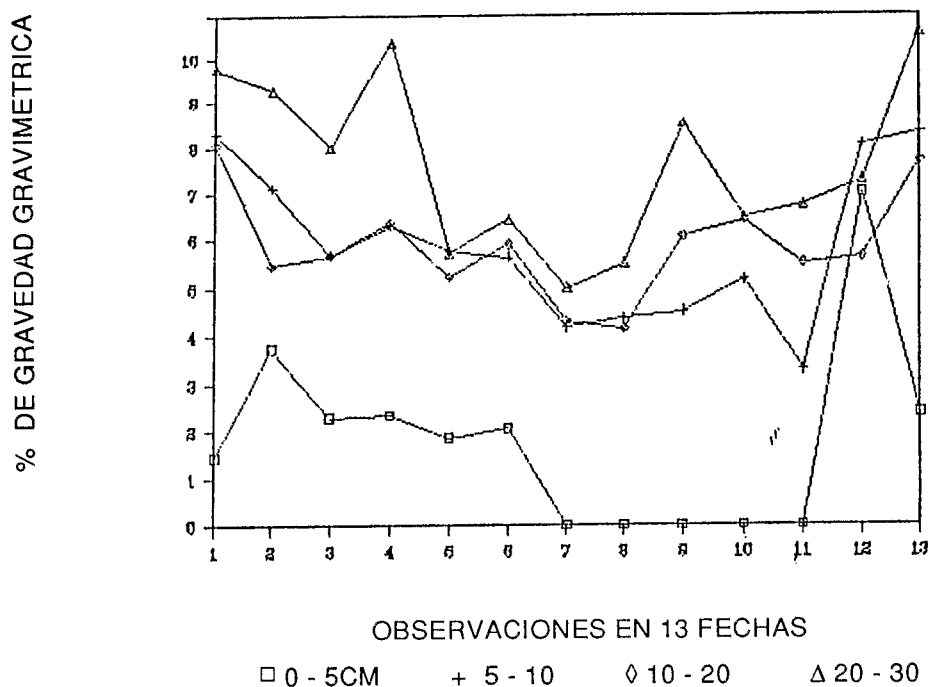
MESES	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
EPOCAS DE ROTURACION		(R <sub>3</sub> )					(R <sub>1</sub> )				(R <sub>2</sub> )	
PAPA												
QUINUA O QUINUA + CEBADA												
CEBADA												
				*			*	en verde	*		berza	

\* competición entre roturación y otras operaciones culturales.



Fig. 2 Evolución de la humedad entre la roturación (06) y la siembra (10) en suelos franco arenoso (a) y franco-arcilloso (b)

(a) Evolución de la humedad en suelo franco-arenoso



(b) Evolución de la humedad en suelo franco-arcilloso

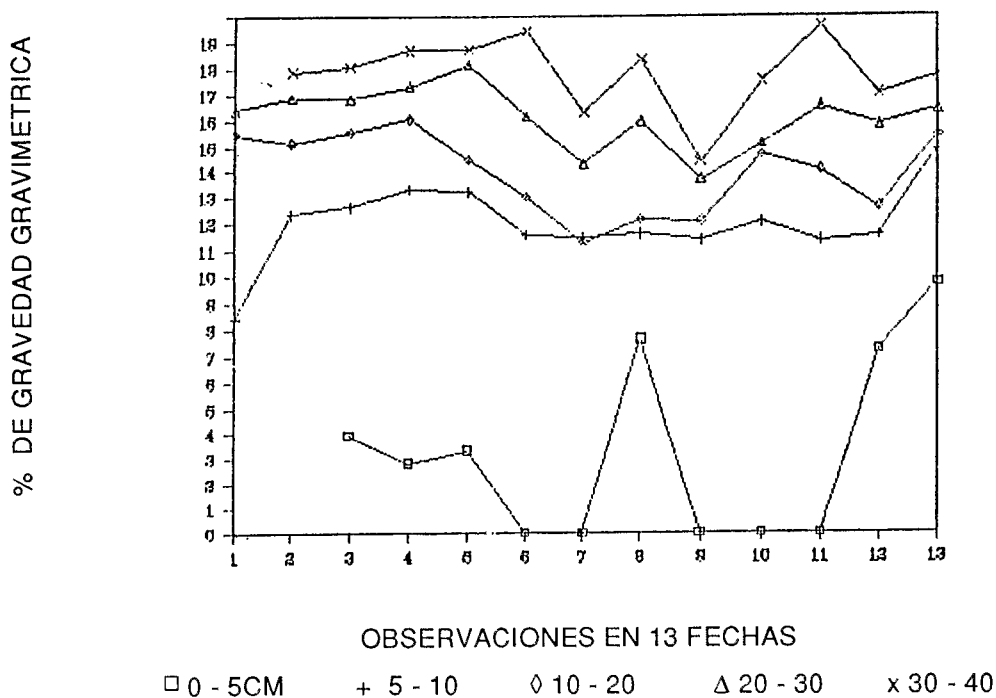


Fig. 3: Perfil cultural del suelo roturado a 22 cm. Patacamaya (29/08/90)

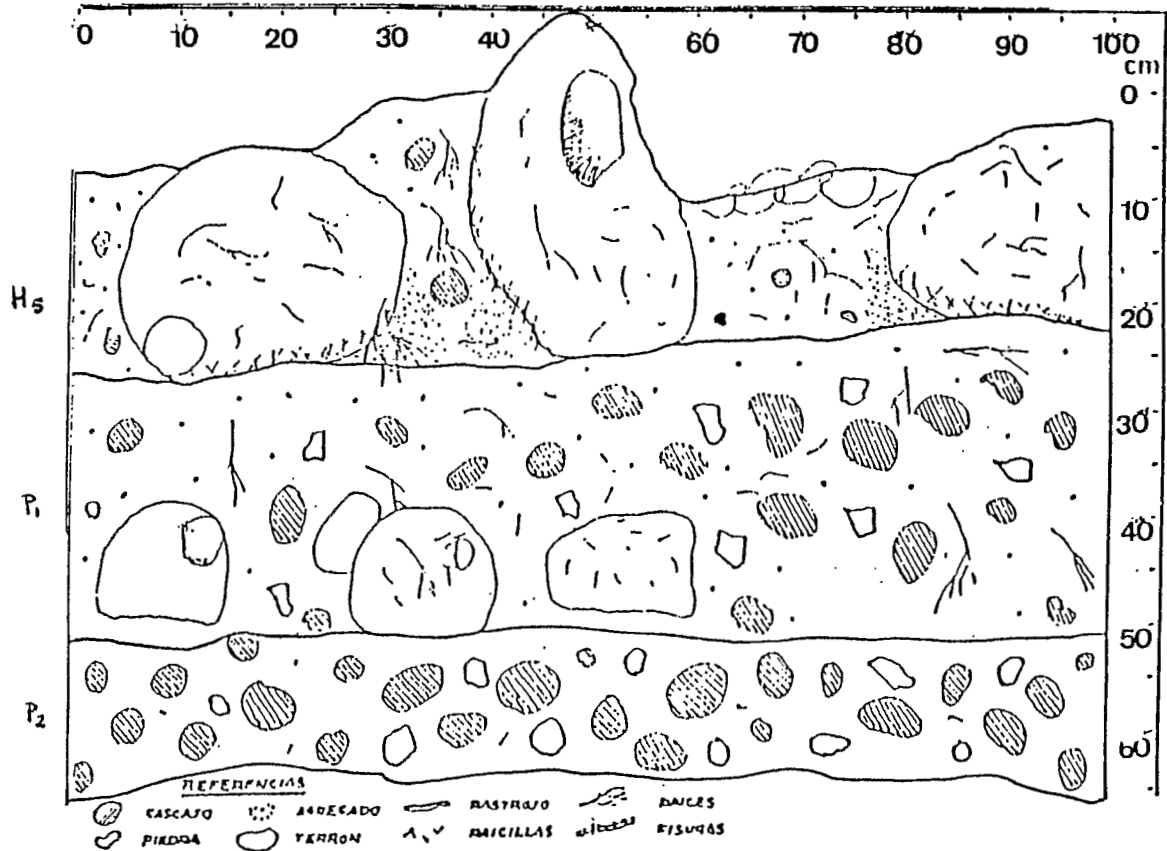
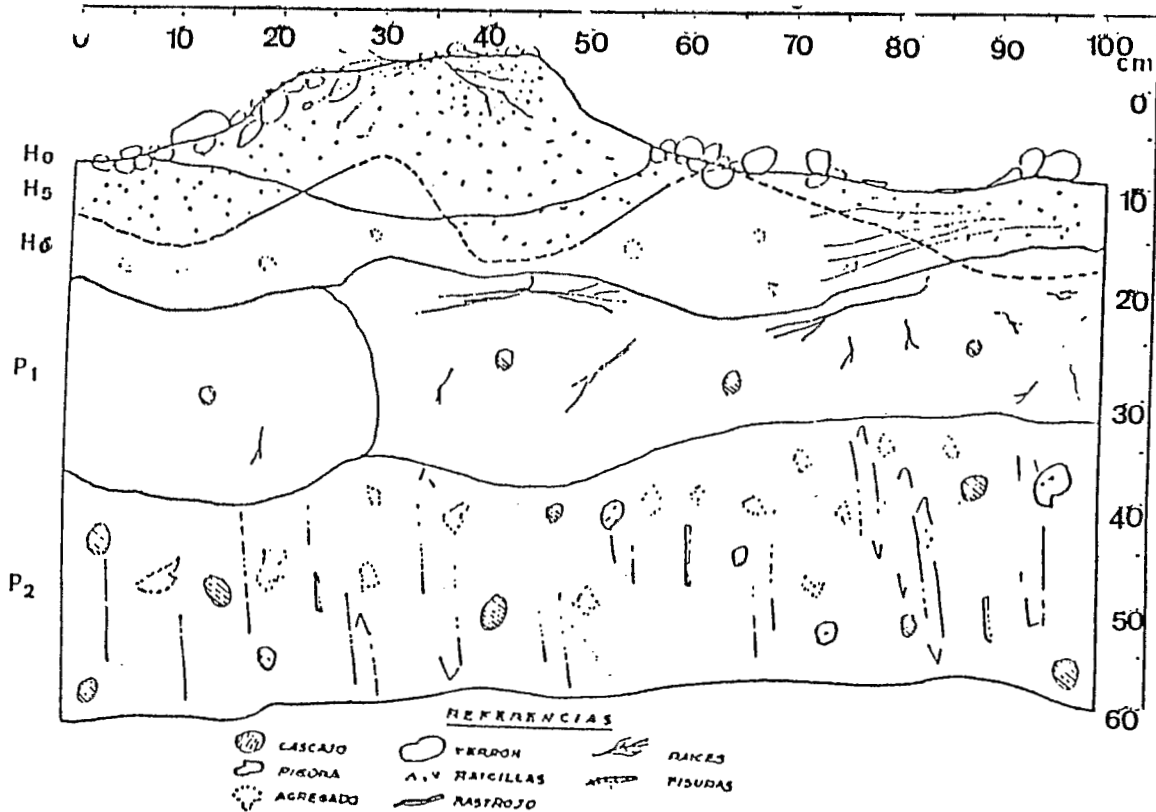
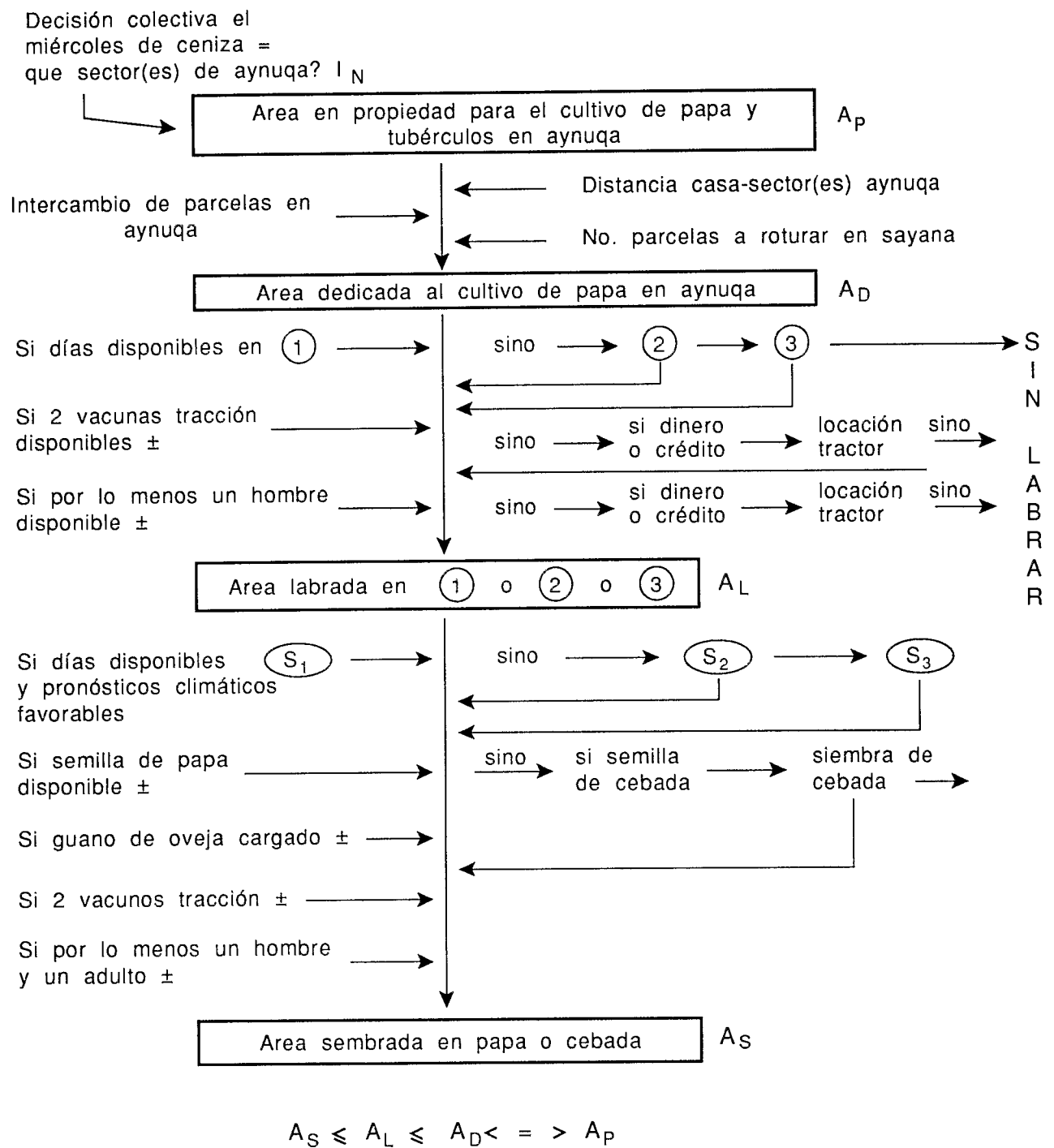


Fig. 4: Perfil cultural del suelo roturado a 9 cm. Patacamaya (31/08/90)



**Fig. 5:** Cadena de decisiones individuales para la siembra de papa en aynuqa

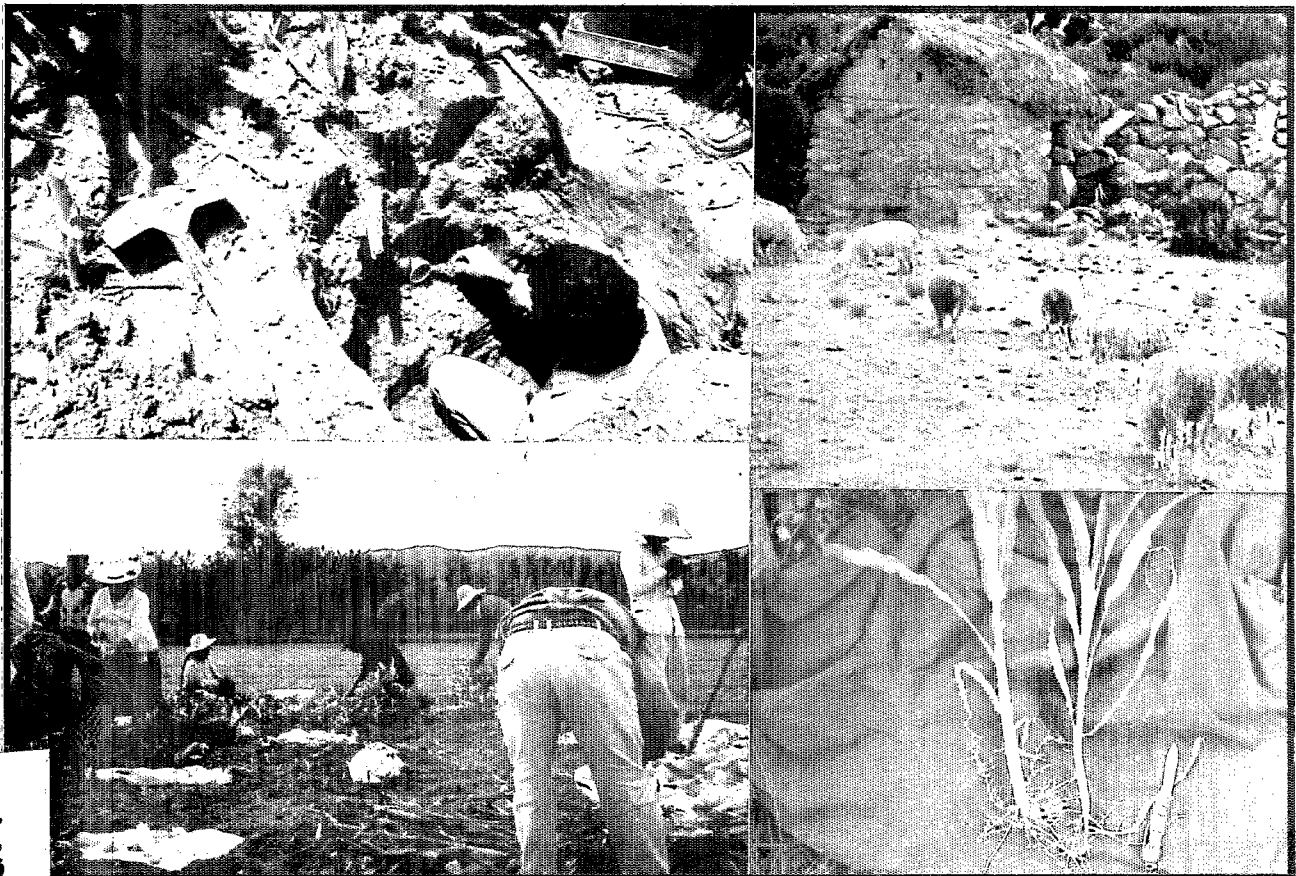


± disponibilidad en la finca o mediante acuerdos recíprocos.

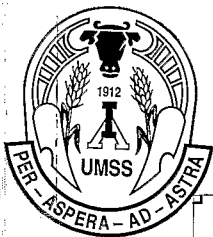
# REVISTA DE AGRICULTURA

ORSTOM

Convenio Sistemas de  
Cultivo en la región de Cochabamba



B 41822 - 41828 ex1



Facultad de Ciencias Agrícolas  
Pecuarias, Forestales y Veterinarias  
"Martín Cárdenas"  
Cochabamba - Bolivia

