

## EFFECTO DE LA HUMEDAD Y PROFUNDIDAD DE ROTURACION SOBRE LA HUMEDAD EN EL SUELO, AL MOMENTO DE LA SIEMBRA

David CONDORI G.<sup>1</sup>, y Dominique HERVE<sup>2</sup>

1: Becario Convenio IBTA-ORSTOM, La Paz, Bolivia

2: Ph.D. Agr. ORSTOM, Convenio IBTA-ORSTOM

### I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Uno de los principales factores limitantes que enfrenta la agricultura en el Altiplano boliviano es la ocurrencia de sequías. Casi la mitad de los rendimientos están asegurados por un buen establecimiento de los cultivos, dependiendo del estado hídrico y del estado estructural de la cama de siembra. Para lograr una reserva de agua suficiente en el suelo, en esta época, se propone adecuar las labores de roturación, en particular, la fecha y profundidad de roturación y buscar el implemento más eficiente.

La dificultad de expresar un juicio sobre las consecuencias de una operación de cultivo, proviene de que el resultado obtenido puede ser muy diferente del que se había buscado, ya que el resultado de las técnicas aplicadas depende de las condiciones del medio. Sin un análisis directo del medio, los razonamientos y la crítica de los resultados están basados en los efectos esperados y no en los realizados (HENIN *et al.*, 1972).

A nivel del agricultor, la significativa variabilidad de rendimientos, no obstante de mantener constantes las técnicas de producción, revela la importancia de iniciar un estudio científico del suelo y del clima como componentes del sistema clima-suelo-planta. En las investigaciones sobre trabajo del suelo, se aprecia la calidad de la roturación por la profundidad, el grado de desterronamiento, el grado de incorporación de la materia vegetal y la humedad promedio de todos los tratamientos (REINAGA, 1983, medida a 12 cm). El agua presente en el suelo debe ser evaluada más rigurosamente, por ser el factor principal que condiciona el estado físico del suelo. Estas consideraciones nos llevan a estudiar el efecto de las condiciones de roturación (humedad y profundidad de roturación) sobre la humedad del suelo en la siembra, en dos tipos texturales, en función de las condiciones climáticas reinantes entre la roturación y la siembra.

### II. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un lote de la Estación Experimental de Patacamaya y una parcela en la comunidad vecina de San Juan de Culta, ubicadas en la provincia Aroma del departamento de La Paz (a 106 Km de la ciudad, sobre la carretera La Paz-Oruro); a una altitud media de 3790 m.s.n.m.. La precipitación media anual es de 380 mm, con una temperatura media anual de 9°C y 201 días de helada al año, según los últimos informes anuales de la Estación Experimental de Patacamaya. Los suelos son de textura franco arenosa para la parcela de Patacamaya y franco arcillosa para la parcela de Culta (Cuadro 1).

Se efectuó la roturación en junio 1990 (época de roturación prelluviosa) con un tractor mediano (45 HP), un arado de tres discos y una rastra de discos; para las muestras de humedad se usaron botes de aluminio y para determinar la humedad gravimétrica se usó en laboratorio una estufa de 105°C y una balanza de precisión. El tratamiento estadístico en gabinete se realizó en microcomputador con el paquete estadístico STAT-ITCF.

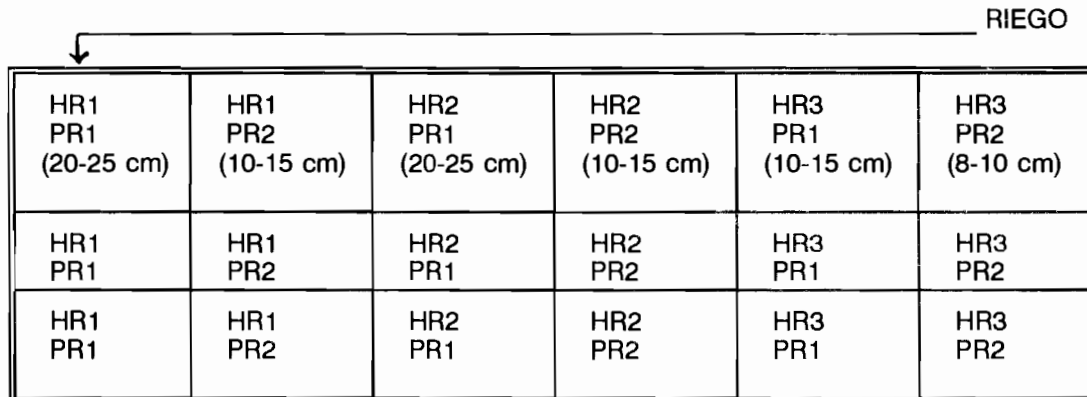
Se obtuvo tres niveles de humedad con tres fechas de roturación diferentes después de un riego pesado: son condiciones de humedad de roturación que bien podrían lograrse en las situaciones reales de los agricultores sin la implementación del riego.

Se aplicó tres profundidades de roturación permitidas por el nivel de humedad considerado (20-25, 10-15 y 8-10 cm), en las dos texturas de suelo probadas.

**Cuadro 1. Granulometría de los suelos de Patacamaya y Culta.**

	PATACAMAYA		CULTA	
Arcillosa (<2u)		6.1		19.3
Limo fino (2u-20u)		6.45		31.6
Limo grueso (20u-50u). Limo	8.15	14.6	13.6	45.2
Arena fina (50u-20u)	44.85		24.45	
Arena gruesa (20u-2mm). Arena	33.75	78.6	10.10	34.5
<b>CLASE DE TEXTURA</b>		<b>FRANCO-ARENOSO (F.A)</b>		<b>FRANCO-ARCILLO LIMOSO (F.Y.L.)</b>
<b>MATERIA ORGANICA (%)</b>		0.66		1.46
<b>PH</b>		7.0		8.5

En el presente trabajo, se utilizó el diseño de subparcelas, con tres tratamientos, dos subtratamientos y tres repeticiones. Por la naturaleza el estudio los tratamientos no se pueden distribuir al azar dentro de cada bloque, por lo que deben arreglarse de manera sistemática (Calzada, 1964). El control de la profundidad se logró con el sistema de arado en melgas en el que cada media melga constituyó un subtratamiento, cambiando la profundidad de trabajo en cada vuelta, como se observa en la Figura 1.

**Figura 1. Croquis y disposición de tratamientos en las parcelas (Patacamaya y Culta)**

donde:

Tratamiento 1: Humedad máxima posible para roturación (HR1).

Tratamiento 2: Humedad intermedia (HR2).

Tratamiento 3: Humedad mínima posible para roturación (HR3).

Subtratamiento 1: Profundidad de roturación máxima determinada en función de la humedad de roturación (PR1).

Subtratamiento 2: Profundidad de roturación mínima determinada en función de la humedad de roturación (PR2).

Se determinó la humedad al momento de la roturación en la muralla: en la superficie (0-5 cm), capa labrada (5cm - fondo de labor) y por debajo del fondo de labor. Se sacaron luego las muestras a: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 y >30 cm, con barreno, cada semana, cada 10 días y luego cada 15 días hasta la siembra.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 1. Humedad y profundidad de roturación

Los resultados obtenidos sobre las condiciones de humedad de roturación se pueden apreciar en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Comparación de humedad de roturación promedio por el Test de Newman-Keuls a 5 %**

		FRANCO ARENOSA				FRANCO ARCILLOSA			
Humedad de roturación OBJETIVO		HR1 máxima	HR2 intermedia	HR3 mínima	PROMEDIO	HR1 máxima	HR2 intermedia	HR3 mínima	PROMEDIO
Humedad OBTENIDA al momento de roturación (promedio 0-30 cm)		11.35	9.06	7.84		14.82	14.28	14.25	
	Superficial (0-5 cm)	10.9a	8.56b	6.22b	8.51b	14.9a	10.76b	11.26b	12.29c
<b>Profundidad de muestreo</b>	Capa labrada (5cm-fondo labor)	12.7	8.85	8.17	9.90a	14.44	14.97	14.69	14.69b
	Debajo del fondo de labor (>20-25cm)	10.57	9.70	9.13	9.80a	15.18	18.47	16.77	16.37a

Se evidencia, para la textura franco arenosa (F.A.), que las humedades de roturación: máxima, media y mínima, son estadísticamente diferentes para la profundidad de muestreo superficial, en tanto que para la capa labrada y por debajo de ella no se observan diferencias. Para la textura franco arcillo limosa (F.Y.L.) en cambio, y para la profundidad de muestreo superficial, se hallaron diferencias entre la humedad de roturación máxima con respecto a las humedades media y mínima posibles para roturación; a nivel de la humedad en la capa labrada y por debajo de ella no hubieron diferencias en cuanto a tratamientos. La humedad es mayor a medida que se avanza en profundidad.

La profundidad de roturación se evaluó sobre diez mediciones efectuadas en cinco surcos, para cada subtratamiento (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3. Promedios de profundidad de roturación (cm) por tratamientos**

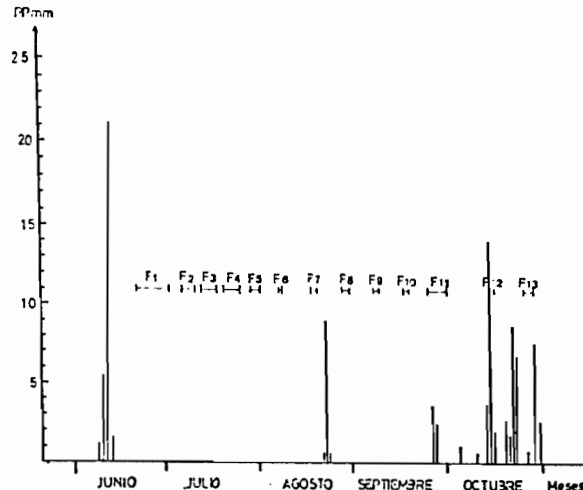
Prof. de roturación OBJETIVO (cm)	FRANCO ARENOSO			FRANCO ARCILLO LIMOSO		
	Máxima (20-25)	Interm. (10-15)	Mínima (8-10)	Máxima (20-25)	Interm. (10-15)	Mínima (8-10)
para HR1	22,26 (PR1)	15,76 (PR2)		20,36 (PR1)	16,29 (PR2)	
Prof. de Roturación OBTENIDO para HR2	21,3 (PR1)	13,86 (PR2)		21,66 (PR1)	14,7 (PR2)	
para HR3		14,91 (PR1)	9,02 (PR2)		15,14 (PR1)	9,15 (PR2)

Las profundidades de roturación obtenidas para HR1, HR2 y HR3 se encuentran dentro de los rangos de profundidad de roturación objetivo, tanto para textura F.A. como para textura F.Y.L.. Las variaciones observadas se deben a la regulación deficiente de los discos del arado, según la observación del perfil cultural, posterior a la roturación.

## 2. Evolución de la humedad del suelo hasta la siembra

Durante el estudio, se observaron dos fases claramente diferenciadas de condiciones climáticas que regularon la evolución del estado de humedad en el suelo (ver Fig. 2).

**Fig. 2. Precipitaciones diarias en Patacamaya (Senamhi-1990)**



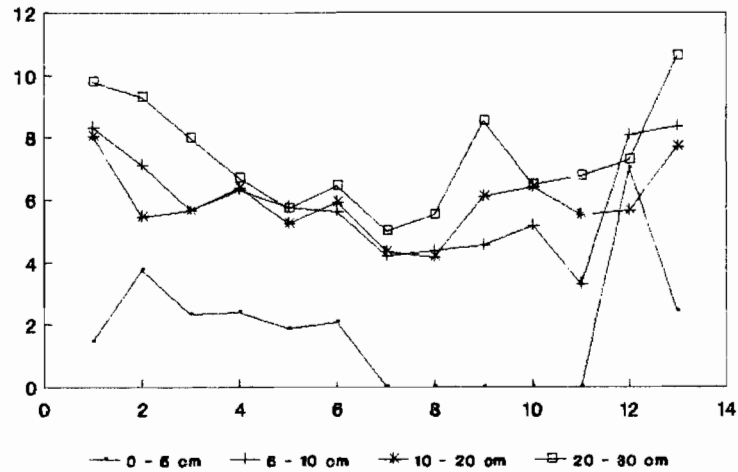
Se constata una primera fase de desecamiento que abarca hasta la fecha 10 de observación. La precipitación de 9.55 mm en agosto no llegó a humectar significativamente el perfil del suelo debido a una alta evaporación (25 mm en 10 días). Luego se tiene una fase de rehúmedación que abarca las fechas F11, F12 y F13 (siembra).

### 2.1. Textura franco arenosa

En la Figura 3, representativa de la evolución de la humedad en suelo franco arenoso se observa un desecamiento paulatino de la humedad superficial, desde la roturación hasta la fecha 7, habiendo secado totalmente para HR2 y HR3 en cinco semanas y una semana después para HR1. Se observa la misma evolución para la humedad en capa labrada y por debajo del fondo de labor. La evolución a esta última profundidad, si bien es similar a la de la capa labrada, es más irregular debido a la presencia de

greda arcillosa entre 20 y 25 cm de profundidad. Esta capa impermeable limita la pérdida de humedad por infiltración y aporta a la capa labrada por capilaridad (en la fecha 4 en particular).

**Fig. 3. Evolución de la humedad en suelo franco arenoso (HR1-PR1)**

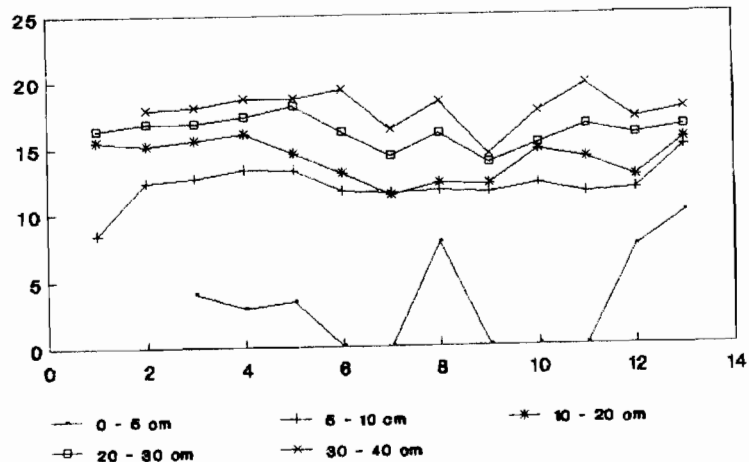


La precipitación de 9.55 mm anterior a la fecha 8 de muestreo se infiltra rápidamente hasta 10-30 cm, así como las lluvias más importantes que se presentan en las fechas 11, 12 y 13 con un acumulado de 47 mm, pero el nivel superficial se mantuvo en este caso húmedo.

**2.2. Textura franco arcillo limosa**

En la Figura 4, representativa de la evolución de la humedad, se ve que el desecamiento superficial también fue a las cinco semanas. La humedad en la capa labrada y por debajo de ella permanece estable a lo largo del tiempo, manteniendo un gradiente de humedad a medida que se avanza en profundidad.

**Fig. 4. Evolución de la humedad en suelo franco arcillo limoso (HR1-PR1)**



Una rehumectación por las precipitaciones de 9.55 mm y de 54 mm sólo es un aporte a la superficie y no modifica significativamente la humedad ni en la capa labrada ni por debajo de ella, contrariamente a lo que sucede en suelos franco arenosos.

### 2.3. Humedad al momento de la siembra

Para la textura F.A., no hay diferencias entre tratamientos. Sin embargo, aún cuando los resultados estadísticos nos demuestran una no significancia entre tratamientos, se podría decir que existe un efecto de la profundidad de roturación en el almacenamiento de agua con una probabilidad de 7% (ver Cuadro 4).

**Cuadro 4. Comparación de humedad a la siembra (Test de Newman-Keuls al 5%)**

		TEXTURA FRANCO ARENOSA					
		Humedad máxima		Humedad intermedia		Humedad mínima	
		PR 20-25 cm	PR 10-15 cm	PR 20-25 cm	PR 10-15 cm	PR 10-15 cm	PR 6-10 cm
	Superficial (0-5 cm)	2.44	2.40	2.23	3.30	3.13	4.41
<b>Profundidad de</b>	capa labrada (5-10cm) (10.25cm)	8.37 7.70	9.69 8.11	8.96 8.26	10.77 9.15	10.49 9.21	10.33 9.97
<b>muestreo</b>	Debajo del fondo de labor (>25 cm)	10.63	7.81	7.96	7.66	10.49	8.35
	PROMEDIO	7.28a	6.94a	6.85b	7.72a	8.33a	6.94b
		TEXTURA FRANCO ARCILLO LIMOSA					
	Superficial (0-5cm)	9.80	9.31	8.67	8.38	10.9	9.06
<b>Profundidad de</b>	Capa labrada (5-10cm) (10.15 cm)	14.80 15.39	16.83 14.39	17.47 17.69	16.59 15.48	16.74 18.62	15.43 16.96
<b>muestra</b>	Debajo del (25-30cm) fondo de labor (30-40cm)	16.38 17.73	13.37 16.35	18.80 19.37	15.93 16.36	18.69 16.88	16.70 20.05
	PROMEDIO	14.82a	14.05b	16.4a	14.55b	16.20a	15.64b

Para la textura F.Y.L., se observa que, si bien el aporte de las precipitaciones uniformiza el nivel de humedad del suelo, que se verifica de acuerdo al análisis estadístico que arroja una no significancia entre HR1, HR2 y HR3, pero si existe un efecto de la profundidad de roturación en la capacidad de almacenaje del agua particularmente en la capa labrada; obviamente a profundidades de roturación mayores será mayor el almacenamiento de agua.

## IV. CONCLUSIONES

1. Dadas las condiciones climáticas presentadas en el estudio, las roturaciones en condiciones mínimas de humedad fueron más favorables para una mayor reserva útil en la siembra que las roturaciones en condiciones húmedas, en texturas franco arcillo limosas; lo mismo que para texturas franco arenosas. Estadísticamente es indistinto roturar con HR1, HR2 ó H3 para lograr una mayor reserva útil de agua, para la posterior germinación de las semillas. La profundidad de roturación tiene sin embargo, un mayor efecto que las condiciones de humedad de roturación obtenidas, tanto en texturas franco arenosas como en franco arcillosas.

2. Las referencias obtenidas servirán para razonar en situación campesina, la fecha de roturación en función del clima del año. La caracterización de los estados sucesivos del suelo es un primer paso independientemente del cultivo a ser sembrado, y constituye una etapa imprescindible para poder interpretar, luego, el rendimiento de los cultivos.
3. Este ensayo experimental demuestra las dificultades inherentes a las investigaciones sobre trabajo del suelo en general. Es inútil buscar una relación directa entre técnica y rendimiento final del cultivo. Se deben definir criterios de caracterización del estado estructural objetivo creado por las herramientas en diferentes condiciones de suelo, como textura, humedad y poner en relación estas características con la obtención del rendimiento del cultivo. Hemos descompuesto estas dos fases, limitándonos a analizar la primera.

#### **V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

CALZADA, B. 1964 - Estadística experimental Lima Agro ganadera S.A., pp. 474-512.

HENIN, S., GRAS, R., MONNIER, G. 1972 - El perfil cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Madrid, Mundi - prensa, 335 p.

REINAGA, G. 1983 - Diferentes sistemas de preparación del suelo y siembra del cultivo de trigo. Tesis Ing. Agr., Cochabamba, UNMSS, 143 p.

**A**CTAS DEL  
VII CONGRESO  
INTERNACIONAL  
SOBRE CULTIVOS  
ANDINOS

LA PAZ BOLIVIA 4 AL 8 DE FEBRERO DE 1991



EDITORES: D. MORALES Y J.J. VACHER



CRSTOM





# **ACTAS DEL VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CULTIVOS ANDINOS**

**La Paz - Bolivia, 4 al 8 de febrero**

Editores

D. Morales y J.J. Vacher

**IBTA**

INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

**ORSTOM**

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE  
DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

**CIID-Canada**

CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

**La Paz, 1992**