

## EVOLUCION DEL ESTADO SUPERFICIAL ENTRE LA ROTURACION Y LA SIEMBRA

Dominique HERVE<sup>1</sup> y David CONDORI<sup>2</sup>

1: Ph.D. Agrónomo. ORSTOM-IBTA. La Paz.

2: Tesista. ORSTOM-IBTA. La Paz.

### I. INTRODUCCION

Diversas investigaciones apuntan a la necesidad de adelantar la fecha de roturación del suelo para aumentar la cantidad de agua almacenada hasta la siembra (Orsag, 1989). Los agricultores señalan el riesgo de un laboreo precoz, especialmente en suelos a tendencia limosa. Por el efecto del golpeo de las gotas de lluvia, la superficie puede encostrarse, limitando las posibilidades de infiltración (Boiffin, 1984). Obligaría también al agricultor a volver a roturar si quiere sembrar. El estado superficial del suelo, resultante de la roturación, se va a modificar bajo la influencia de las precipitaciones (cantidad e intensidad), la evaporación, las heladas. Condiciona el estado del suelo que se pretende obtener en la siembra, determinante para la instalación de cualquier población vegetal.

Nos proponemos seguir la evaluación del estado superficial del suelo entre la roturación con discos y la siembra, excluyendo del análisis ambas operaciones culturales, mediante fotos a la vertical de placetas de un metro cuadrado, repetidas en el tiempo cada 10 mm de precipitación acumulada, aproximadamente. Este método difiere entonces de la evaluación visual del grado de desterronamiento, practicada por Reinaga (1983) y Cossio (1990), en el caso de la siembra de cereales, que consiste en medir en un marco de un metro cuadrado dividido en cuadritos de 5 cm por 5 cm el porcentaje de terrones inferiores a 5 cm. Tratamos de relacionar el estado superficial obtenido con las condiciones de roturación y las precipitaciones entre la roturación y la siembra. Nos preguntamos ¿cómo caracterizar un estado del suelo objetivo para la siembra y cómo obtenerlo?

La hipótesis es que la textura del suelo, la profundidad y la humedad de roturación condicionan el tamaño y la distribución de los terrones superficiales al momento de la siembra.

### II. MATERIALES Y METODOS

Las placetas de observación del estado superficial han sido ubicadas perpendicularmente al sentido de avance del arado de discos, con tres repeticiones por tratamiento, en un diseño de parcelas subdivididas a dos factores: humedad y profundidad de roturación. Se dejó pasar un cierto tiempo después de un riego pesado para obtener tres niveles de humedad al momento de la roturación (HROT = HR1, HR2, HR3), que se diferenciaron solamente en suelo franco arenoso (11.35%, 9.06% y 7.84% en 0-30 cm). Se roturó a tres profundidades (20-25 cm, 10-15 cm, 8-10 cm), reagrupadas por dos en cada tratamiento, la máxima (PR1) y la mínima (PR2) permitidas a la humedad considerada.

Se repite este ensayo en dos localidades: Patacamaya, con un suelo de textura franco arenosa y Culta, franco arcillo limosas (Cuadro 1).

Para tomar las fotos a la vertical, se usa una cámara fotográfica con un objetivo de 35 mm, colocada en un trípode a 1.20 m de altura. Una ligera inclinación del objetivo explica la deformación de las imágenes por perspectiva. El trazo en estas fotos del contorno de 6 clases de terrones (DT1: < 1 cm, DT2: 1 - 5 cm, DT3: 5 - 10cm, DT4: 10 - 15 cm, DT5: 15-20 cm, DT6: > 20 cm) permite luego medir con planímetro la extensión respectiva de cada clase, expresada en porcentaje. Ubicamos en el Cuadro 2, las 4 fechas de observación entre junio y octubre 1990, que llamaremos en el texto F1, F2, F3, F4, en relación a las precipitaciones diarias y sus intensidades, muy reducidas salvo el 7/06, 12 mm/h y el 14/10, 3.17 mm/h. En cada fecha, se realiza un análisis de varianza en un diseño experimental de parcelas subdivididas, y considerando la clase de diámetro de los terrones como el tercer tratamiento con 6 modalidades. Cuidando a la igualdad de varianza de los residuos, se clasifica los tratamientos significativos con el test de Newman-Keuls a 5%.

**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

### 1. Efecto de las condiciones de roturación sobre el estado superficial

Verificamos estadísticamente que el factor diámetro de terrón es significativo pero, las desviaciones de los residuos siendo negativas, no se pueden comparar con los promedios. La clasificación por el test de Newman-Keuls a 5 % es similar en ambas localidades: DT1>DT2>DT3 = DT4 = DT5>DT6 en Patacamaya, DT1>DT2>DT3>DT4>DT5 = DT6 en Culta. Consideraremos en el primer caso la clase de terrones superiores a 20 cm y en el segundo superiores a 15 cm (la diferencia proviene de una pasada de rastra post roturación), y en ambos casos, las clases < 1 cm y 1 -5 cm que son las que más varían entre tratamientos.

En ambas texturas, los tratamientos de humedad de roturación (HROT) y de profundidad de roturación (PROT) o su interacción tienen un efecto significativo en el tamaño de los terrones creados. Los tratamientos a humedad de roturación mínima producen más tierra fina (<1cm) que los de humedad media y máxima, no significativamente diferentes a 5 %.

En Patacamaya, la roturación a mayor humedad produce más terrones superiores a 20 cm, con la siguiente clasificación:

$$HR3 < HR2 = HR1.$$

2.06 (a) 12.53 (b) 18.29 (b)

Para la clase 5-20 cm el factor profundidad de roturación es significativo (proba AVA = 0.460); PR1 (22.36) > PR2 (17.63) a 5%. No se puede concluir para la clase 1-5cm por la no significancia estadística en Patacamaya y por la elevada varianza de los residuos en Culta. En esta localidad, los tratamientos HR1 y HR2 producen más terrones entre 5 y 15 cm.

Cuadro 2. Intensidad de lluvias en Patacamaya (SENAMHI 06-10/90)

Mes, Día	Precipitación	Número de eventos lluviosos distintos	Intensidad de lluvia (mm/h)	Fecha de observación estado superficial	LLuvia acumulada Total (mm)		
06 1	6.0	--	--	Roturación 19.25/06	0		
2	3.0	--	--				
7	1.0	1	12				
8	7.0 nev.	1	2.33				
9	10.0	2	2.25/2.25				
10	3.6	2	4.4/0.83				
11	21.0	1	1.31				
12	1.5	--	--				
08 22	0.5	1	0.17			10/08 F1	0
23	9.0	3	0.5/2.17/0.33				
24	0.5	1	0.17				
09 26	3.5	1	1.17			11/09 F2	10
27	2.5	--	--				
10 4	1.0	--	--	21/10 F3  25/10 F4 26/10 Siembra Pat. 29/10 Siemb. Culta	31.5		
10	0.5	1	0.17				
13	3.5	1	1.17				
14	14.0	2	3.17/1.5				
15	2.0	1	0.67				
19	2.5	2	0.17/0.67				
20	2.0	2	0.5/0.17				
21	8.5	2	2.17/0.67				
22	6.5	4	0.33/0.33/0.5/1				
26	0.5	1	0.17				
28	7.5	1	2.5				
30	2.5	2	0.33/0.5				
31	7.5	2	0.50/2				
							41.5
					15.0		
					56.5		

En ambas texturas la interacción humedad profundidad de roturación tiene un efecto positivo sobre la proporción de terrones de mayor tamaño: la probabilidad es de 0.0301 (S) en Culta pero el test de Newman lo separa las interacciones a 5%.

La probabilidad es de 0.0092 (HS) en Patacamaya, con la siguiente clasificación en grupos homogéneos:

$$\begin{array}{cccccc} \text{HR1-PR1} > & \text{HR1-PR2,} & \text{HR2-PR2} > & \text{HR2-PR1,} & \text{HR3-PR1} = & \text{HR3-PR2} \\ 26.54 & 20.04 & 17.54 & 7.53 & 3.63 & 0.49 \end{array}$$

Podemos concluir que las condiciones de roturación influyen directamente la proporción de tierra fina y terrones grandes.

## 2. Evolución del Estado superficial entre la roturación y la siembra

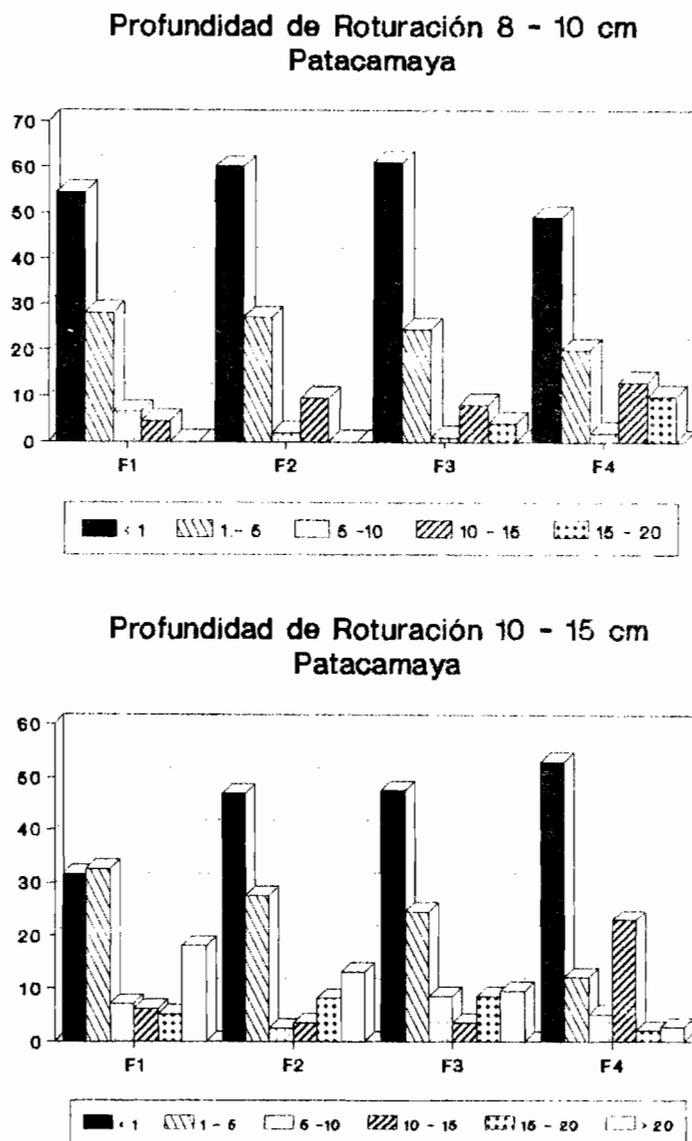
Las precipitaciones e intensidades de lluvia entre la roturación y la siembra (Cuadro 2) diferencian los estados superficiales de dos grupos de fechas, F1, F2 y F3, F4.

### Patacamaya

En referencia a los histogramas (Figura 1), notamos que el % de terrones superiores a 20 cm, que se reduce entre F1 y F3, diferencia nítidamente las tres humedades de roturación:

es elevado en HR1,  $PR1 > PR2$  (40 %, 10%)  
 es regular en HR2,  $PR1 < PR2$  (7%, 18)  
 es reducido en HR3,  $PR1 > PR2$  (5%, 0%)

Figura 1.

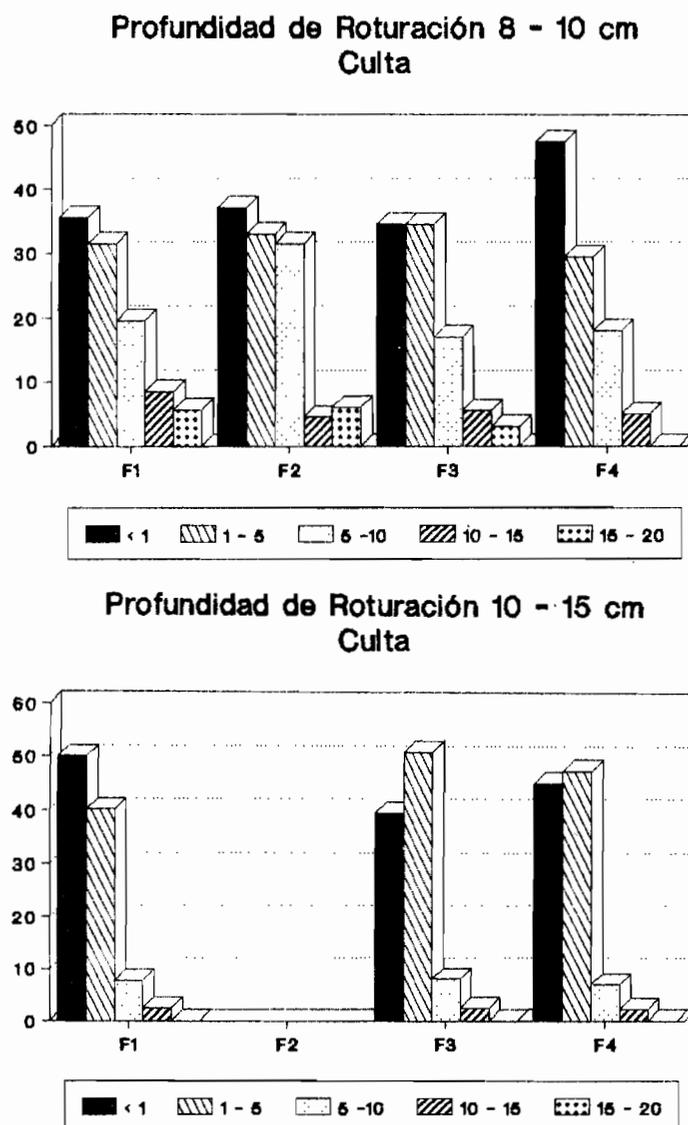


Se compactan en costra los agregados de tamaño inferior a ligeramente superior a 1 cm, desde F3 o F4 y las precipitaciones entre estas dos fechas vuelven a escarbar la superficie, creando nuevos terrones de más de 20 cm que contribuyen a desnivelar la superficie. En HR1 y HR2, los terrones de más de 20 cm, se desagregan en beneficio de las clases 1-5 y menos de 1 cm., que crecen entre F1 y F3. En F4, se vuelven a formar terrones de más de 20 cm., la costra progresa y los terrones de menos de 5 cm tienden a disminuir. En HR3, o sea en condiciones secas de roturación, el 1% de terrones superior a 20 cm., varía poco según la profundidad de roturación. Estos terrones desaparecen en F3, aumentando la clase < 1 cm. y disminuyendo la clase < 5 cm. No se debe temer, con esta textura, al proceso de encostramiento.

## Culta

Se observa en los histogramas (Figura 2) una misma tendencia en los tres tratamietnos de humedad de roturación: los terrones de más de 15 cm. romados en F1 se desagregan hasta F2 o F3 en beneficio de la clase de terrón 1-5 cm, que tiene tendencia en aumentar entre F1 y F3. La clase de agregados de menos de 1 cm. tiende a reducirse en el mismo tiempo, hasta incorporarse a la costra superficial (F4). En el tratamiento HR1, a menor profundidad, se produce más tierra fina y terrones del diámetro máximo. En HR2, la desagregación es más lenta, hasta F4 y no se diferencia las dos profundidades de roturación. En HR3, la tendencia es menos nítida; no se notan modificaciones entre las fechas F3 y F4.

Figura 2.



### 3. Análisis de varianza en F3 y F4

#### Patacamaya

Aparece factores significativos solo en F3, no en F4

< 1cm,	PROT proba = 0.0085 HS	, PR2 >	PR1(53.62 a, 44.42 b)
1-5 cm,	PROT proba = 0.008 HS	, PR1 >	PR2(39.46 a, 29.01 b)
5-20 cm,	HROT proba = 0.0247 S	, HR2 =	HR1 > HR3 > 20 cm, NS

Estos resultados traducen el hecho que el estado superficial esta bastante modificado por las precipitaciones, variando el efecto según la clase de terrones.

### Culta

Existe un efecto significativo de algunos factores en F3 solo para la clase de terrones 5-15 cm:

-la interacción humedad-profundidad de roturación (proba = 0.0058 HS) HR1-PR1, HR2-PR1 > HR2-PR2, HR3-PR1 > HR3-PR2 23.32 (a) 15.02 (a), 29.97 (a) 16.09 (b) 24.62 (a) 10.19 (b) solo los extremos (HR2-PR1 y HR3-PR2) se diferencian nítidamente.

-la profundidad de roturación (proba=0.0152 S), PR1 > PR2 23.20 (a), 16.54 (b).

Existe significación de algunos factores en F4 solo para la clase de terrones > 15cm: la interacción humedad-profundidad de roturación (proba=0.0020 HS) con HR3-PR1 superior a las demás y la profundidad de roturación (proba = 0.0130 S) con PR1 > PR2  
3(a) 0.67 (b)

En textura franco arcillosa, la proporción de terrones de 5-15 y > 15 depende de la profundidad de roturación (PR1 > PR2).

### III. CONCLUSIONES

La humedad y profundidad de roturación tienen efectos sobre la proporción y el tamaño de los terrones creados por la roturación; el efecto sobre el estado superficial al momento de la siembra se diferencia según la textura. Entre las dos fechas, aparece una costra superficial en F3 que se extenderá en Culta y será retocada en Patacamaya, con las lluvias ulteriores (F4). Muchos de los terrones creados siguen intactos y coherentes en nuevos bloques en F4, poco coherentes.

La evolución del estado superficial puede ser una limitante en suelo arcillo-limoso: rechazo a la infiltración, obstáculo para las plantulas recién brotadas, problema de trabajo del suelo post-roturación. El estado superficial óptimo resultaría de un compromiso entre la formación de tierra fina con riesgos de encostramiento y la de terrones de más de 15 cm que difícilmente se desagregarán. Los 56.5 mm de lluvia caída desde la roturación no lograron incorporar a la costra terrones de más de 5 cm. Un análisis frecuencial de las precipitaciones entre febrero y octubre permitiría precisar las reglas de decisión aplicables al momento de la roturación.

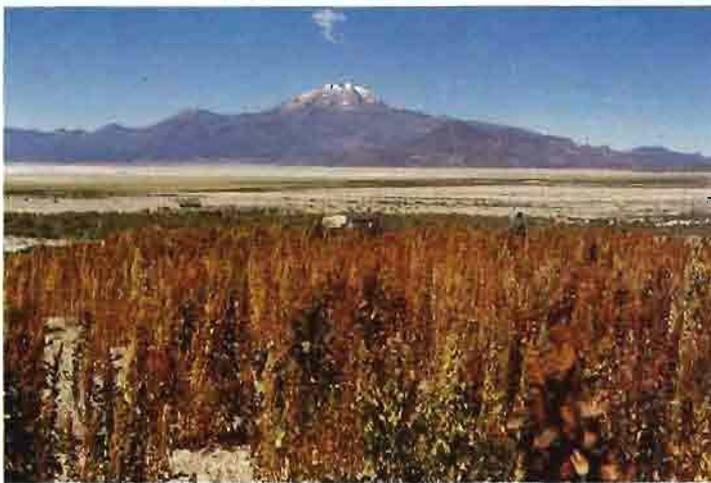
Disponemos de una metodología de caracterización y seguimiento del estado superficial del suelo que permitiría definir estados superficiales objetivos según los cultivos a instalar y precisar así lo que se entiende por la calidad de un trabajo de roturación. Es una referencia importante para los agricultores que a menudo no controlan las condiciones de roturación con maquinaria; contratan un tractor con arado de discos o rastra para roturar su parcela y pagan el trabajo por superficie, no según la calidad de la roturación.

### IV. BIBLIOGRAFIA

- BOIFFIN (J.) 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. These Dosteur Ingénieur INAPG, Paris, 320 p. + anx.
- COSSIO J.C., 1990 - Efecto de diferentes sistemas de preparación sobre la conservación de suelos en terrenos con pendiente. Tesis Ing. Agrónomo, UMSS, Cochabamba, 81 p. + anx.
- ORSAG, W., 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 No. 3, 23-32.
- REINAGA, G. 1983. Diferentes sistemas de preparación del suelos y siembra en el cultivo de trigo. Tesis Ing. Agrónomo, UMSS, Cochabamba, 143 p.

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

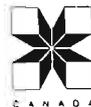
LA PAZ BOLIVIA 4 AL 8 DE FEBRERO DE 1991



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**