

## EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE UN SUELO BAJO USO INTENSIVO

*Hugo Ruiz E<sup>1</sup>*

*Lucio Legarda B.<sup>2</sup>*

*Jorge Peña C.<sup>3</sup>*

### RESUMEN

Los últimos años en la zona norte del Valle del Cauca se viene trabajando con sistemas alternativos de preparación de suelos; tendientes a disminuir el impacto degradativo que la labranza convencional ha causado o su utilización a lo largo de 50 años. En el presente estudio se evaluaron algunas propiedades físicas (densidad aparente, infiltración de agua, contenido de macroporos del suelo) en tres sistemas de labranza, labranza convencional (LC), cincel vibratorio (CV) y siembra directa (SD).

Los resultados mostraron que CV y SD, disminuyeron en los dos años su capacidad de infiltrar agua en el perfil del suelo, pasando para el caso CV de 84,70 cm en 3 horas (96) a 63,35 cm (97). Este tratamiento fue el que mayor reducción presentó en cuanto a la infiltración; la LC fue el único tratamiento que mejoró su lámina infiltrada en dos años pasando de 14,4 cm en el 96 a 14,70 en el 97. La macroporosidad, mostró un ligero aumento del 96 al 97 en CV; únicamente pasando de 12,16% a 12,32% en los dos años, a pesar de esto no se presentaron diferencias estadísticas. La densidad aparente no mostró diferencias estadísticas entre los dos sistemas evaluados.

<sup>1</sup> Profesor Hora Cátedra, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

<sup>3</sup> Investigador, Corpoica, Palmira, Colombia.

### INTRODUCCION

La degradación del suelo es un problema notorio en las en las zonas sometidas a uso intensivo de los suelos, ocasionada principalmente por la ineficiente utilización de la maquinaria agrícola y la débil conformación estructural del suelo que se presenta en la zona tropical húmeda.

La zona norte del Valle del Cauca es un sector tradicionalmente agrícola y sus suelos han sido sometidos por varias décadas a uso intensivo explotando todo tipo de cultivos que van desde sorgo, algodón, soya hasta caña de azúcar en los últimos años; este continuo discurrir de cultivos ha obligado a estar permanentemente removiendo la estructura del suelo mediante las labores de preparación lo cual le ha ocasionado al suelo pérdidas de atributos físicos y químicos principalmente, reflejado en la disminución de la productividad de los cultivos.

De acuerdo a la anterior problemática y en busca de plantear posibles soluciones, se realizó una investigación consistente en el seguimiento de los cambios físicos del suelo que se produjeron por el efecto de la utilización de dos sistemas de labranza de conservación (Labranza con cincel, Labranza cero) y el sistema convencional de preparación. Las caracterizaciones para las propiedades físicas se hicieron para succión de agua y porosidad del suelo.

El movimiento de agua en el suelo ocurre cuando hay diferencias de potencial dentro del sistema suelo y el agua se mueve de alto hacia bajo potencial. Según Amézquita (1991) el agua aprovechable por las plantas se encuentra en los poros del suelo que varía entre 40 mm y 0,02mm de diámetro.

El éxito dentro cualquier plan de manejo de suelos debe orientarse a que este sistema suelo tenga una mayor capacidad de almacenamiento de agua y para que esto se cumpla es importante tener en cuenta lo expresado por Amézquita (1991) quien afirma que el suelo para se convierta en reservorio de agua debe cumplir los siguientes puntos:

1. Que una buena parte de la lluvia penetre al suelo.
2. Que el suelo tenga buena capacidad de almacenamiento en la zona de raíces.
3. Que el suelo tenga suficiente humedad cuando la demanda evaporativa sea alta.

Es fundamental acotar que los tres puntos anteriores que menciona el autor dependen de la estructura del suelo y esta se modifica constantemente por el efecto de la labranza.

La atmósfera del suelo es vital para determinar los niveles de productividad en este sistema, Russel y Russel (1968) manifiestan al respecto que los poros del suelo libres de agua contienen gases que constituyen la atmósfera edifica del suelo y su composición difiere de la atmósfera libre a causa de la acción de la acción de los organismos y plantas que utilizan el O<sub>2</sub> y producen CO<sub>2</sub>.

La preparación del suelo incide directamente en la productividad y sostenibilidad del recurso suelo y al respecto Gavande (1972), afirma que la labranza es la manipulación de los suelos con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para la producción de los cultivos y que su efecto puede ser benéfico o perjudicial para la estructura del suelo dependiendo del buen o mal manejo que se haga de la relación suelo - máquina.

Sobre los sistemas de labranzas de conservación varios autores coinciden en que estos sistemas tienen tres preceptos fundamentales que son:

1. No volteo del suelo.
2. Manejo de los residuos de cosecha por encima del 30% sobre la superficie.
3. Disminución del número de pases en la preparación del suelo.

Con esto se persigue disminuir el impacto que sobre el suelo han causado por décadas los sistemas tradicionales de preparación del suelo.

El presente trabajo tiene como objetivo general :

1. Determinar los cambios que suceden por efecto de tres sistemas de labranza en algunas propiedades físicas del suelo.

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

1. Evaluar las diferencias obtenidas en infiltración de agua, densidad aparente, y macroporosidad bajo los dos sistemas de labranza de conservación.
2. Comparar los resultados de las caracterizaciones físicas (infiltración, densidad aparente, macroporosidad) entre los sistemas de labranza de conservación y el sistema convencional de preparación del suelo.

## METODOLOGIA

El presente estudio se desarrollo en la finca " La Ondina" ubicada en la jurisdicción del municipio de Roldanillo, Valle del Cauca, bajo un suelo Mollisol de textura franco arcillosa, con contenidos de nutrientes (N, P, K y menores) disponibles en niveles medios. El área utilizada para cada tratamiento de labranza fue de 9200 m<sup>2</sup> lo cual dio un total de área para el experimento de 2.76 has. En cada franja de tratamiento se realizó la preparación del suelo de acuerdo a las siguientes secuencias:

Tratamiento Labranza convencional (L.C.):

- 1 pase de guadaña
- 1 pase de arado con arado de discos
- 2 pases de rastrillo
- 1 pase de rastrillo pulidor
- 1 pase de sembradora de plantio directo.

#### Tratamiento Siembra directa (S.D.)

- 1 pase de desbrozadora
- 1 pase de sembradora de plantio directo

#### Tratamiento Cincel vibratorio (C.V.)

- 1 pase de desbrozadora
- 2 pases de cincel vibratorio
- 2 pases de rastrillo pulidor
- 1 pase de sembradora de plantio directo

Los muestreos para las determinaciones de los análisis físicos se tomaron 20 días antes de la primera cosecha del algodón, en cada año con el fin de evaluar los cambios sucedidos en el suelo durante todo el transcurso del cultivo, estos muestreos se tomaron a profundidades en el suelo de 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm, para caracterizar densidad aparente, humedad y macroporosidad en muestras sin disturbar utilizando anillos de acero de 5.00 cm de altura y 4.98 cm de diámetro interior. Las infiltraciones se hicieron a nivel superficial del suelo. Las determinaciones se realizaron siguiendo las metodologías propuestas por Forsythe (1980) las cuales a continuación se dan a conocer:

Densidad aparente y humedad se determinó por el método de núcleo en muestra sin disturbar. Macroporosidad se determinó por el método de la mesa de tensión a succiones de 25, 50 y 75 cm. Infiltración se evaluó con el método de anillos concéntricos sobre la superficie del suelo. El análisis estadístico que se utilizó para evaluar los resultados obtenidos y sus respectivas comparaciones fue un bloque al azar con arreglo en parcelas subsubdivididas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Infiltración

Las figuras 1 (cincel vibratorio), 2 (siembra directa) y 3 (labranza convencional) muestran los cambios sucedidos en la prueba de infiltración realizadas en los años 1996 y 1997, como se observa en las gráficas (modelos ajustados por medio de la ecuación de Philip, propuesto por Forsythe (1980) tanto para los dos sistemas de labranza de conservación como para el sistema convencional se presentó disminución de la lámina de agua infiltrada en el campo en el año 1997 comparada con el año 1996. En el primer año de evaluación cincel vibratorio presentó el mayor valor de lamina en campo infiltrada con 84.70 cm/ en 3 horas, le siguió siembra directa con 63,35 cm/ en 3 horas, de igual manera la lámina estimada y velocidad de infiltración presentaron los mayores valores para estos dos tratamientos (Tabla 1).

En las figuras 1 al 3 se puede observar que la prueba de infiltración correspondiente a cincel vibratorio en el año 1997 presenta una disminución de agua infiltrada comparada con el 96 de 47% (véase Tabla 1), Esto muestra que el efecto de la labranza vertical en este suelo en dos años de evaluación no ejerce una influencia importante en cuanto a la aceptación de agua en general y la tendencia del suelo posiblemente por su composición físico-química es a mantener su estructura lo cual puede como consecuencia presentar situaciones de reacomodamiento en el perfil del suelo lo cual da como consecuencia que al final del ciclo del cultivo la sumatoria de estas actividades mas las labores cotidianas de cultivo que se hacen en el transcurso del ciclo, no le haya permitido a la labranza de tipo vertical tener mayor incidencia sobre la estructura del suelo como en este caso se deduce.

En el tratamiento de siembra directa la disminución de la lámina de campo fue del 95% en el 97 comparada con 1996 (véase Tabla 2), esto permite establecer



que este tipo de suelo no posee una buena estructura ni buena continuidad porosa lo cual afecta drásticamente la capacidad de almacenamiento y aceptación de agua en el perfil del suelo por esto se puede afirmar que en un suelo como este sometido a uso intensivo y con signos de degradación, la siembra directa no es hasta el momento una buena alternativa de manejo de suelos con miras a sostenibilidad.

Por su parte labranza convencional fue el único tratamiento que presentó una mayor lamina de agua infiltrada en el campo durante el año 1997 con 14.45cm/3 horas que se califica como infiltración rápida según Hillel (1982) y con una lámina estimada de 14.70 (véase Tabla 3); esto esta influenciado por la mayor manipulación del suelo en la preparación con los discos de arado y los implementos de labranza secundaria, este movimiento del suelo posiblemente le confiera al suelo mayor continuidad temporal en el perfil del suelo, lo cual temporalmente coincide con lo manifestado por Primavessi (1988); al hablar de mayor desarrollo de raíz manifiesta sobre la porosidad y continuidad del suelo que este sistema cuando tiene mayores posibilidades de tener continuidad porosa en el perfil del suelo será mayor el desarrollo del sistema de raíz de cualquier cultivo, permitiéndole así mayores posibilidades de explorar nutrientes por parte del sistema de raíz lo cual le garantiza una buena productividad así como un mayor desarrollo radical efectivo. Además al suelo le toma mayor tiempo en el reacomodamiento dado el tipo de preparación que se hace para este tratamiento aumentando la posibilidad del suelo de aceptar un mayor volumen de agua. No se observó en los tres tratamientos y en los dos años una influencia directa de la humedad gravimétrica en la infiltración esta humedad fluctuó entre 20% y 30%.

Estadísticamente el modelo utilizado para evaluar la infiltración para los dos años de investigación mostró un ajuste de 95% (véase Tabla 5), obteniendo diferencias significativas entre sistemas lo cual muestra que cincel vibratorio con una media de 21.53 cm/h de lámina infiltrada presentó diferencias significativas con respecto a los dos tratamientos restantes, esto es sinónimo

una mayor continuidad en el perfil del suelo además este resultado está influenciado por los altos promedios de infiltración obtenidos en 1996 y a pesar de la baja infiltración que para este tratamiento se obtuvo en el 97 fue el tratamiento de mejor comportamiento estadístico en cuanto a la infiltración de campo evaluada durante la investigación.

### Macroporosidad

En la Figura 4 se observa la variaciones obtenidas en cuanto a macroporosidad para los años 96 y 97 en los tres sistemas de labranza evaluados.

Como se puede apreciar en la figura el cincel vibratorio hasta la profundidad de 20 cm presenta los aumentos más altos en cuanto a valores de macroporos en los dos años de evaluación con valores que van de 12,16%(96) a 12,32%(97) para los 10 primeros centímetros y con 3,84%(96) a 5,74 (97) para los 20 cm de profundidad en el perfil del suelo (véase Tabla 4). Estos ligeros aumentos en la macroporosidad que se detectaron para este tratamiento posiblemente ocasione un mejor drenaje a nivel de 10 cm si se compara con los dos tratamientos restantes, pero altos problemas de circulación de agua e interceptación radical a nivel de los 20 cm ya que el valor obtenido se encuentra lejos del valor propuesto por Amézquita (1990) de un 10% de macroporos como mínimo para desarrollar funciones normales en este tipo de suelos. Tanto para siembra directa como para labranza convencional los cambios observados fueron de disminución en la macroporosidad con las consecuentes perdidas de productividad en el suelo que esto puede ocasionar de seguir con la tendencia que le modelo matemático mostró en los dos años.

Estos cambios encontrados, se manifiestan en investigaciones realizadas por Amézquita (1990), quien al hablar sobre laboreo del suelo dice que una planeación y utilización de la maquinaria agrícola producirá en el suelo problemas de compactación que se reflejan principalmente por los siguientes cambios en el suelo descritos por Amézquita (1990):

- Disminución de la porosidad
- Cambio en la relación de poros ( macro, mesoporos, microporos ).

Esto afecta directamente en forma negativa la disponibilidad de agua, nutrientes y aireación en el suelo, disminuyendo la penetración de las raíces ocasionando una menor profundidad efectiva del sistema radical.

Estadísticamente el modelo utilizado presentó un ajuste del 95% (véase Tabla 5), presentando diferencias significativas entre profundidades siendo la profundidad 0-10 cm la de mayor valor para macroporos con una media general de 9,78% valor cercano al valor propuesto por Amézquita (1990), esta profundidad presentó diferencias significativas al nivel de  $P < 0,05$  con respecto a las profundidades 10-20 cm y 20-30 cm, posiblemente el valor

obtenido en la profundidad 0-10 cm le confiera al suelo buenas posibilidades de drenaje disminuyendo riegos de encharcamiento en los lotes del ensayo y un buen desarrollo radical dentro de los primeros diez centímetros del suelo. Entre épocas (año 96 y 97) se observó un aumento general de macroporos en el año 1997 esto está directamente influenciado por el aumento observado en el tratamiento C.V. y la disminución que se obtuvo en L.C. y S.D.

### Densidad aparente

Este parámetro no mostró mayores variaciones durante la investigación, por lo cual se obtuvo que estadísticamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos (véase Tabla 5) donde los valores variaron 1,46g/cm<sup>2</sup> y 1,34 g/cm<sup>2</sup> en promedio, en cuanto a profundidades no se observó diferencias significativas y el valor entre las profundidades varió entre 1,40 g/cm<sup>2</sup> para la profundidad 0-10 cm y 1.396 g/cm<sup>2</sup> para la última profundidad (véase Tabla 5); la única diferencia encontrada se halló entre épocas (años) donde en la época 1(1996) con 1.426 g/cm<sup>2</sup> presentó la mayor densidad aparente comparado con el valor obtenido en 1997 de 1.40 g/cm<sup>2</sup>.

El no haber encontrado diferencias en las evaluaciones para este parámetro durante los dos años muestra la poca sensibilidad que tiene la densidad aparente a los cambios que se suceden en el suelo y dada la alta variabilidad espacial y temporal que tiene este parámetro lo convierte en un indicador por si solo poco útil dada su baja sensibilidad cuando de evaluar calidad de suelo se trata.

### CONCLUSIONES

La infiltración y macroporosidad en los dos años mostró una alta variabilidad espacial y temporal.

La densidad aparente mostró que como parámetro utilizado individualmente para detectar cambios en el suelo por efectos de la labranza es muy poco sensible.

La dinámica propia de estos suelos y los niveles de degradación que poseen no permitió en el corto tiempo detectar mayor influencia de los sistemas de labranza utilizados en el estudio.

### BIBLIOGRAFIA

- AMEZQUITA, E. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Cali, CIAT. 1990. 50p.
- AMEZQUITA, E. El agua y la erodabilidad de los suelos. In Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1991. 45p.
- FORSYTHE, W. Física de suelos. I.I.C.A. San José Costa Rica. 1974. 211 p.
- GAVANDE, A.S. Física de suelos, principios y aplicaciones. México, ed. Limusa. 1972. 351 p.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. New York, Academic Press. 1982. 413p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo. Novena edición. Sao Paulo, ed. Nobel. 1988. Pp 180 - 456.

RUSSEL, E.J. Y RUSSEL, E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Cuarta edición. Madrid, Ed. Aguilar. 1968. 799 p.

**Tabla 1. Variaciones en la velocidad de infiltración y lámina acumulada, en dos años de muestreo para cincel vibratorio. Roldanillo, Valle.**

Tiempo	Cincel vibratorio							
	1996				1997			
	Lámina /cm		Velocidad		Lámina /cm		Velocidad	
R1 *	R2 **		Cm/hora	R1 *	R2 **		Cm/hora	
0	0	0	0,0	0,00	0	0	0,0	0,00
1	40	26	33,0	3,30	20	10	15,0	1,50
1,5	51	36	43,5	4,35	21	13	17,0	1,70
2	62	44	53,0	5,30	23	16	19,5	1,95
2,5	72	49	60,5	6,05	25	27	26,0	2,60
3	77	55	66,0	6,60	30	30	30,0	3,00
5	105	105	105,0	10,50	39	43	41,0	4,10
10	146	237	191,5	19,15	61	75	68,0	6,80
15	197	314	255,5	25,55	82	99	90,5	9,05
30	291	392	341,5	34,15	120	154	137,0	13,70
45	363	474	418,5	41,85	151	195	173,0	17,30
60	441	672	556,5	55,65	182	241	211,5	21,15
120	601	785	693,0	69,30	273	377	325,0	32,50
150	738	895	816,5	81,65	326	456	391,0	39,10
180	799	895	847,0	84,70	369	521	445,0	44,50

\* Repetición 1. \*\* Repetición 2.

**Tabla 2. Variaciones en la velocidad de infiltración y lámina acumulada en dos años de muestreo (1996 y 1997); para siembra directa. Roldanillo, Valle.**

Tiempo	Siembra directa							
	1996				1997			
	Lámina /cm		Velocidad		Lámina /cm		Velocidad	
R1 *	R2 **		Cm/hora	R1 *	R2 **		Cm/hora	
0	0	0	0,0	0,00	0	0	0,0	0,00
1	28	40	34,0	3,40	8	4	6,0	0,60
1,5	39	54	46,5	4,65	12	5	8,5	0,85
2	47	65	56,0	5,60	14	5	9,5	0,95
2,5	57	76	66,5	6,65	16	5	10,5	1,05
3	63	85	74,0	7,40	20	6	13,0	1,30
5	85	117	101,0	10,10	21	7	14,0	1,40
10	118	173	145,5	14,55	38	10	24,0	2,40
15	138	218	178,0	17,80	44	14	29,0	2,90
30	201	324	262,5	26,25	57	21	39,0	3,90
45	240	398	319,0	31,90	69	29	49,0	4,90
60	284	462	373,0	37,30	88	34	61,0	6,10
120	392	631	511,5	51,15	113	38	75,5	7,55
150	412	707	559,5	55,95	145	54	99,5	9,95
180	503	764	633,5	63,35	161	58	109,5	10,95

\* Repetición 1. \*\* Repetición 2.

**Tabla 3. Variaciones en la velocidad de infiltración y lámina acumulada en dos años de muestreo (1996 y 1997); para labranza convencional. Roldanillo, Valle.**

Labranza Convencional								
Tiempo	1996				1997			
	Lámina /cm		Velocidad		Lámina /cm		Velocidad	
	R1*	R2**		Cm/hora	R1 *	R2 **		Cm/hora
0	0	0	0,0	0,00	0	0	0,0	0,00
1	7	8	7,5	0,75	5	4	4,5	0,45
1,5	8	8	8,0	0,80	5	7	6,0	0,60
2	9	12	10,5	1,05	5	12	8,5	0,85
2,5	11	12	11,5	1,15	5	14	9,5	0,95
3	13	16	14,5	1,45	5	15	10,0	1,00
5	17	17	17,0	1,70	5	21	13,0	1,30
10	24	24	24,0	2,40	5	31	18,0	1,80
15	36	37	36,5	3,65	6	42	24,0	2,40
30	44	48	46,0	4,60	7	77	42,0	4,20
45	50	52	51,0	5,10	7	108	57,5	5,75
60	55	57	56,0	5,60	9	130	69,5	6,95
120	70	65	67,5	6,75	13	204	108,5	10,85
150	76	77	76,5	7,65	24	236	130,0	13,00
180	78	82	80,0	8,00	34	255	144,5	14,45

\* Repetición 1. \*\* Repetición 2.

**Tabla 4. Distribución de Macroporos**

	1996		1997	
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 1	Repetición 2
	Labranza Convencional (LC)	5,05	5,01	29,98
Siembra Directa (SD)	0,32	1,64	35,27	2,77
Cinzel Vibratorio (CV)	2,01	4,84	5,95	9,32
	4,90	6,87	7,42	6,19
	6,83	4,99	5,45	10,16
	6,92	11,59	30,36	6,89
	3,38	21,26	12,18	12,15
	3,65	7,83	5,35	2,34
	3,70	5,40	4,69	5,80



**Tabla 5. Resumen Comparativo Estadístico, entre variables evaluadas en la investigación.**

INFILTRACION ENTRE SISTEMAS DE LABRANZA			
INFILTRACION Lámina (cms)	LABRANZA CONVENCIONAL	CINCEL VIBRATORIO	SIEMBRA DIRECTA
MACROPOROSIDAD (%)	9,78 B	21,53 A	3,74 C
DENSIDAD APARENTE gr/c.c.	6,97 A	7,59 A	5,53 A
ENTRE EPOCAS	EPOCA 1 (1996)		EPOCA 2 (1997)
Infiltración (cm/hr)	15,98 A		7,39 B
Macroporosidad (%)	4,75 B		8,65 A
Densidad Aparente (g/cc)	1,42 A		1,40 B
ENTRE PROFUNDIDADES	0-10 cm	10-20 cm	20-50 cm
Macroporosidad (%)	9,78 A	6,04 B	4,28 B
Densidad Aparente (g/cc)	1,40 A	1,44 A	1,40 A
Infiltración (cm/hr)*			

\* Se excluye a la infiltración ya que se evaluó únicamente en la capa arable 0-10 cm.

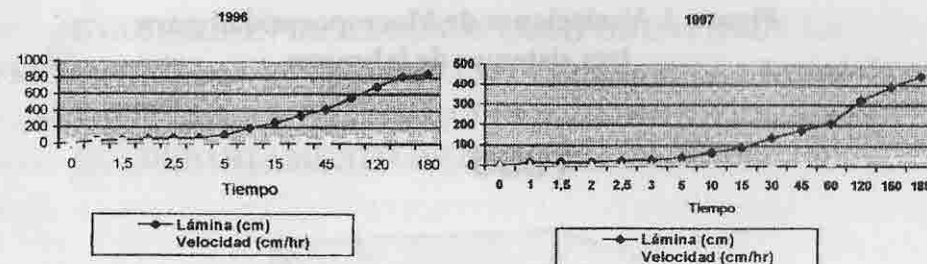


Figura 1. Relación de lámina y velocidad de infiltración de agua para cincel vibratorio.

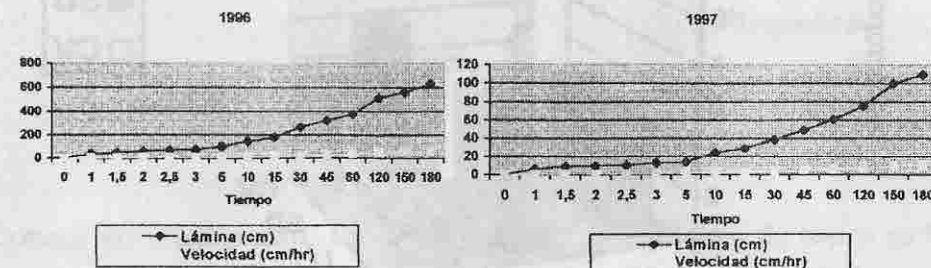


Figura 2. Relación de lámina y velocidad de infiltración de agua para siembra directa

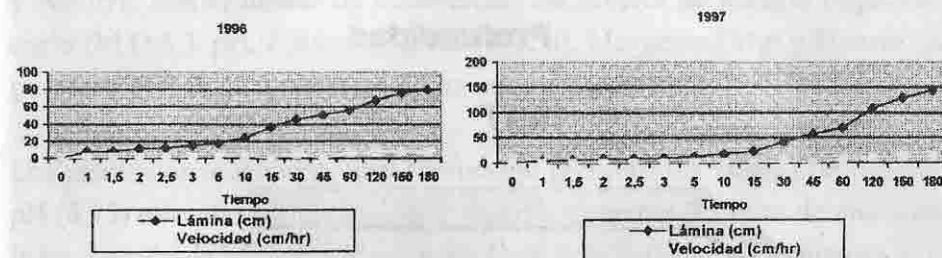


Figura 3. Relación de lámina y velocidad de infiltración de agua para labranza convencional

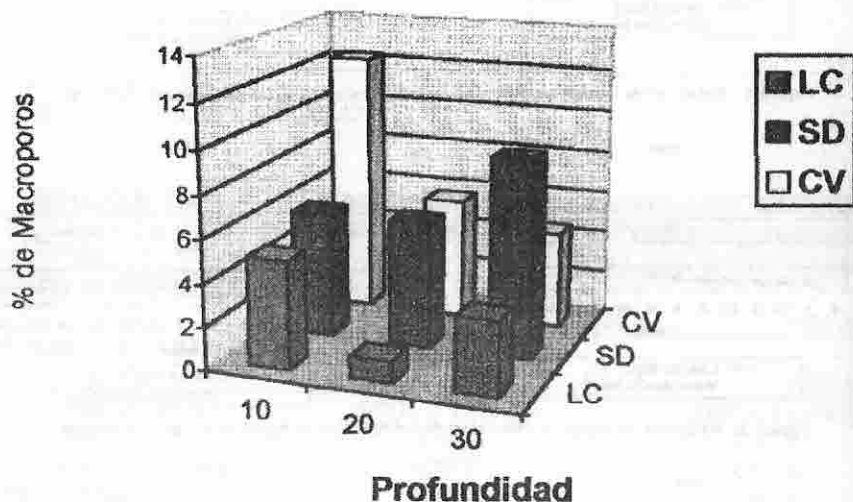
Tabla 6. Relación de Ecuaciones ajustadas por Philip (1981) para cálculo de velocidad de infiltración

TRATAMIENTO	ECUACION	1996	1997
CINCEL VIBRATORIO	VELOCIDAD	$di/dt=2,98t^{-0,5}+0,041$	$di/dt=0,89t^{-0,5}+0,114$
	LÁMINA	$I=5,97t^{0,5}+0,041$	$I=1,78t^{0,5}+0,1141$
SIEMBRA DIRECTA	VELOCIDAD	$di/dt=2,32t^{-0,5}+0,032$	$di/dt=2,38t^{-0,5}+0,032$
	LÁMINA	$I=4,63t^{0,5}+0,032t$	$I=4,76t^{0,5}+0,0032t$
LABRANZA CONVENCIONAL	VELOCIDAD	$di/dt=0,45t^{-0,5}+0,024$	$di/dt=0,268t^{-0,5}+0,042$
	LÁMINA	$I=0,908t^{0,5}-0,024t$	$I=0,535t^{0,5}-0,042t$



**Figura 4. Variaciones de Macroporosidad para tres sistemas de labranza**

**1996**



**1997**

