

EFFECTO DEL RIEGO Y PROFUNDIDAD DE COMPACTACION EN LA PRODUCCION DE SOYA VARIEDAD VALLUNA - 5*Héctor J. Santamaría O. ***Carlos A. Gallardo B. *****COMPENDIO**

El experimento se realizó durante el segundo semestre de 1992 en el Centro de Investigaciones del ICA en Palmira, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes profundidades de compactación y niveles de humedad sobre la producción de soya variedad Valluna - 5. En un suelo franco sin deficiencias, ni toxicidad por elementos, se estableció el experimento en un arreglo en franjas divididas, con cuatro repeticiones: las parcelas principales fueron los tres niveles de riego y las subparcelas las profundidades de compactación (5, 15 y 30 cm y testigo). El nivel de humedad afectó el rendimiento, peso de 100 semillas y porcentaje de germinación; mientras que las profundidades de compactación restringieron más la profundidad de raíces. Los tratamientos no afectaron la altura de planta, área foliar, calidad de semilla, porcentaje de grasas y proteínas y toma de elementos (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe y B).

ABSTRACT

At Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) in Palmira, an experiment was carried out during the second semester of 1992 to evaluate the effect of different compaction depths and moisture levels on the soybean Valluna - 5 variety. On a loam soil without deficiencies nor toxicity of elements, the experiment was established under a split plot arrangement with four repetitions where the principal plots were the three irrigation levels and the subplots were the compaction depths (5, 15, 30 cm and control). The moisture level was more influential than the compaction depth respect to the yield, weight of 100 seeds and germination percentage, while the compaction depth restricted more the root depth. Height of plants, foliar area, seed quality, oil and protein percentages and uptake of elements (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe and B) were not affected by the treatments.

INTRODUCCION

El uso excesivo y el laboreo no técnico de la maquinaria agrícola utilizada para la preparación de algunos suelos del Tolima, Costa Atlántica, Valle del Cauca, Meta y Sabana de Bogotá presentan compactaciones ("pie") a profundidades que varían entre 5 y 40 cm, dependiendo del implemento utilizado: arado de disco convencional 20-25 cm, arado californiano 5-18 cm; rastrillo 9-12 cm o azadón rotativo (rotavator) 3-5 cm. Lo anterior ha ocasionado cambios estructurales en el suelo y en su relación con la planta y la atmósfera; disponibilidad y flujo de agua, en la aireación; infiltración, escorrentia; disponibilidad de nutrientes y desarrollo de las raíces, que en conjunto afectan significativamente el rendimiento y calidad del cultivo.

Además, el peso de los tractores, concentrado en las llantas, produce compactación, siendo mayor en los tractores de llantas que en los de oruga. Comúnmente en zonas dedicadas al pastoreo, el ganado causa compactación severa (Gavande, 1972 y Lassen, Lull y Frank, 1965, citados por Aragón y Rojas, 1991).

Al presentarse compactación, el agua se almacena sobre la capa compactada saturando el suelo y produciendo deficiencias de oxígeno, lo cual afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica. La saturación del suelo favorece la escorrentia superficial, la que a su vez puede causar erosión. Por estos factores disminuyen los rendimientos de los cultivos debido al limitado desarrollo de la raíz (Fenalce, 1987). La

* Estudiante Postgrado Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. A.A. 233 Palmira.

EFFECTO DEL RIEGO Y PROFUNDIDAD DE COMPACTACION EN LA PRODUCCION DE SOYA VARIEDAD VALLUNA - 5*Héctor J. Santamaría O. ***Carlos A. Gallardo B. *****COMPENDIO**

El experimento se realizó durante el segundo semestre de 1992 en el Centro de Investigaciones del ICA en Palmira, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes profundidades de compactación y niveles de humedad sobre la producción de soya variedad Valluna - 5. En un suelo franco sin deficiencias, ni toxicidad por elementos, se estableció el experimento en un arreglo en franjas divididas, con cuatro repeticiones: las parcelas principales fueron los tres niveles de riego y las subparcelas las profundidades de compactación (5, 15 y 30 cm y testigo). El nivel de humedad afectó el rendimiento, peso de 100 semillas y porcentaje de germinación,; mientras que las profundidades de compactación restringieron más la profundidad de raíces. Los tratamientos no afectaron la altura de planta, área foliar, calidad de semilla, porcentaje de grasas y proteínas y toma de elementos (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe y B).

ABSTRACT

At Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) in Palmira, an experiment was carried out during the second semester of 1992 to evaluate the effect of different compaction depths and moisture levels on the soybean Valluna - 5 variety. On a loam soil without deficiencies nor toxicity of elements, the experiment was established under a split plot arrangement with four repetitions where the principal plots were the three irrigation levels and the subplots were the compaction depths (5, 15, 30 cm and control). The moisture level was more influential than the compaction depth respect to the yield, weight of 100 seeds and germination percentage, while the compaction depth restricted more the root depth. Height of plants, foliar area, seed quality, oil and protein percentages and uptake of elements (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe and B) were not affected by the treatments.

INTRODUCCION

El uso excesivo y el laboreo no técnico de la maquinaria agrícola utilizada para la preparación de algunos suelos del Tolima, Costa Atlántica, Valle del Cauca, Meta y Sabana de Bogotá presentan compactaciones ("pie") a profundidades que varían entre 5 y 40 cm, dependiendo del implemento utilizado: arado de disco convencional 20-25 cm, arado californiano 5-18 cm; rastrillo 9-12 cm o azadón rotativo (rotavator) 3-5 cm. Lo anterior ha ocasionado cambios estructurales en el suelo y en su relación con la planta y la atmósfera; disponibilidad y flujo de agua, en la aireación; infiltración, escorrentia; disponibilidad de nutrientes y desarrollo de las raíces, que en conjunto afectan significativamente el rendimiento y calidad del cultivo.

Además, el peso de los tractores, concentrado en las llantas, produce compactación, siendo mayor en los tractores de llantas que en los de oruga. Comúnmente en zonas dedicadas al pastoreo, el ganado causa compactación severa (Gavande, 1972 y Lassen, Lull y Frank, 1965, citados por Aragón y Rojas, 1991).

Al presentarse compactación, el agua se almacena sobre la capa compactada saturando el suelo y produciendo deficiencias de oxígeno, lo cual afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica. La saturación del suelo favorece la escorrentia superficial, la que a su vez puede causar erosión. Por estos factores disminuyen los rendimientos de los cultivos debido al limitado desarrollo de la raíz (Fenalce, 1987). La

* Estudiante Postgrado Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. A.A. 233 Palmira.

altura de plantas de maíz a madurez fisiológica se redujo hasta en 26% cuando se aplicó una fuerza de 12.5 t de carga; la toma de nitrógeno y potasio se redujo mientras la de hierro, aluminio y manganeso aumentó; la población de maíz disminuyó en 43% comparada con el testigo (Lowery y Schuler, 1991).

Sin embargo, no se han determinado para nuestras condiciones los efectos negativos de la compactación a las profundidades en que comúnmente se presenta y su interrelación con las diferentes cantidades de agua (riego más lluvia) sobre la dinámica normal de los procesos físico-químicos en el suelo. La correcta interpretación de esta dinámica conduce a poder corregir y/o manejar el problema y obtener mayor rentabilidad del cultivo.

En este orden de ideas, se planeó el experimento para cumplir el siguiente objetivo: Evaluar el efecto de la profundidad de compactación y aplicación de agua total (riego + lluvia) sobre el rendimiento, consumo de agua, calidad de la semilla, comportamiento del sistema radical y otras variables agronómicas de la soya Variedad Valluna - 5.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló durante el segundo semestre de 1992 en el Instituto Colombiano Agropecuario en Palmira, localizado al sur del Valle geográfico del río Cauca, en la zona ecológica de piso termico cálido subhúmedo (seco) (Cortés et al 1985). La altitud del lugar es de 1001 m; durante el experimento la temperatura media fue de 23.7 °C, la precipitación de 301.2 mm y la humedad relativa media de 76.67%. Se sembró la variedad de soya Valluna - 5 a 60 cm entre surcos y 5 cm entre plantas a una profundidad entre 3 y 5 cm. Se realizaron las prácticas agronómicas normalmente utilizadas en la región.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo en franjas divididas, siendo las parcelas principales los niveles de riego (N1, N2 y N3) y las subparcelas las profundidades de

compactación ($P_{1c} = 5$ cm; $P_{2c} = 15$ cm; $P_{3c} = 30$ cm; PnCn = suelo normal, cincelado y rastrillado, testigo). Los niveles de riego no se aleatorizaron. Se tuvieron 4 repeticiones por tratamiento. El área de la parcela principal fue de 144 m² (6m x 24m) y la de la subparcela de 8m² (2m x 4m).

La compactación se realizó manualmente con un pisón, hasta obtener en el suelo una densidad aparente entre 1.6 y 1.7 Mg/m³, la cual es crítica para el crecimiento radical (Gavande, 1972). Las profundidades seleccionadas fueron de 5, 15 y 30 cm, por ser las más susceptibles a la formación de capas compactadas por el uso de implementos agrícolas tales como arados, rastros, rastrillos y azadones rotativos (Lassen, Lull y Frank, 1965).

Las subparcelas se ubicaron dentro de un marco de madera de las mismas dimensiones (2 x 4 cm) y con una altura desde cada profundidad hasta la superficie. Se sacó el suelo hasta la profundidad requerida, se compactó y volvió a colocarse, tratando de conservar la posición inicial de la capa de suelo. Cada marco estuvo recubierto con un plástico con el fin de impedir el flujo de agua desde y hacia la zona compactada o influida por esta.

Se buscó en el aspersor un patrón triangular de aplicación a la presión de operación requerida, siguiendo la metodología del "Riego por Gradiente" (Rojas, 1984) para obtener tres niveles de humedad, los cuales decrecen de manera perpendicular a la línea de aspersión: desde el nivel 1 (más húmedo y cercano a la línea) hasta el 3 (más seco y alejado).

El criterio de riego fue permitir el 50% de agotamiento del agua aprovechable del suelo, tomando como referencia el nivel uno en el tratamiento PnCn. Para el cálculo de las láminas de agua previas a la siembra se determinó la Capacidad de Campo (29% en volumen), el Punto de Marchitez Permanente (11% en volumen) y la densidad aparente (1.49 g/cm³). Los contenidos de humedad se determinaron con un dispersor de neutrones y la cantidad de agua aplicada se midió en pluviómetros (tarros de 1/4

de galón), colocados en cada uno de los tres niveles de riego. Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó un balance hídrico empleando la siguiente ecuación:

$$\int \text{Etr} (dt) = LL + R + \Delta H$$

donde:

$\int \text{Etr}$ = Evapotranspiración real entre riegos

LL = Lluvia caída entre riegos

R = Riego aplicado

ΔH = Cambio en el contenido de humedad entre riegos.

Para el análisis de resultados se utilizó el paquete estadístico de computador SAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

CONSUMO DE AGUA

La evapotranspiración (ET) fue significativamente diferente al 5% entre niveles de riego ($N_1 = 361.18$, $N_2 = 335.03$ y $N_3 = 300.51$ mm), debido al gradiente de humedad aplicado. La ET medida correspondió, según la literatura, a lo esperado en el cultivo de la soya para obtener rendimientos cercanos a 3.0 t/ha. Las profundidades de compactación de 5 y 15 cm tuvieron un consumo de agua estadísticamente igual al 5%, pero diferente a las de 30 cm y sin compactar (Cuadro 1).

A medida que aumentó la profundidad de compactación hubo menor consumo de agua debido a que con las compactaciones más superficiales se presentó mayor disponibilidad hídrica para evaporarse al haber almacenamiento cerca de la superficie a menor tensión de retención por parte del suelo.

Las mayores diferencias en la ET se presentaron durante los 30 días anteriores y posteriores al período de floración (43 a 55 días). En la floración, la cantidad de agua total aplicada fue

la misma debido a la lluvia caída (Figura 1).

MANEJO DEL RIEGO

La cantidad de agua total aplicada en cada tratamiento permitió mantener una tensión de humedad tal que el nivel 1 permaneciera a más baja tensión mátrica (más alta humedad) que en el nivel 2 y éste a su vez que en el nivel 3, tanto por encima como por debajo de la zona compactada. La calibración de los tensiómetros para el suelo del experimento se expresó por medio de la siguiente relación:

$$Y = 34.512 - 0.3479X + 0.001822X^2 \quad (2)$$

Donde:

Y = Contenido de humedad volumétrico (%)

X = Tensión de humedad del suelo (cb), (KPa)

r^2 = Coeficiente de determinación = 0.985

Profundidad de muestreo para la calibración (0 a 30 cm).

El contenido de humedad por encima de la capa compactada fue en general mayor que por debajo.

SATURACIÓN (contenido de humedad sobre la capacidad de campo)

Para el tratamiento P1C en los niveles 1, 2 y 3 de riego, las raíces permanecieron como máximo 5 días seguidos bajo saturación en los 3 cm sobre la capa compactada. Esto se presentó entre los 38 y 42 días después de siembra, en la fase de floración (Cuadro 2).

El tratamiento P2C del nivel 1 de riego estuvo bajo saturación 8 cm sobre la capa compactada, de los 38 a los 41 días después de siembra, o sea, que aproximadamente la mitad inferior de la raíz permaneció en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno. Los niveles 2 y 3 permanecieron en las mismas condiciones de saturación

CUADRO 1. Efecto de los tratamientos de compactación en el consumo de agua (mm)

Tratamiento (Profundidad de compactación)	Niveles de Riego			Promedio ^{3/}
	N1	N2	N3	
P1C (5 cm)	376.4	355.6	318.3	350.14 a ^{2/}
P2C (15 cm)	378.0	354.8	316.9	349.90 a
P3C (30 cm)	341.3	318.9	289.0	316.63 b
PnCn (normal)	348.6	310.4	277.9	312.28 b
RIEGO (mm)	179	147	103	

Lluvia total = 301.2 mm

Agua total = Riego + lluvia

^{1/} Promedio de cuatro repeticiones

^{2/} Promedio de 12 repeticiones

^{3/} Promedios con distintas letras son estadísticamente diferentes al 5% de significancia.

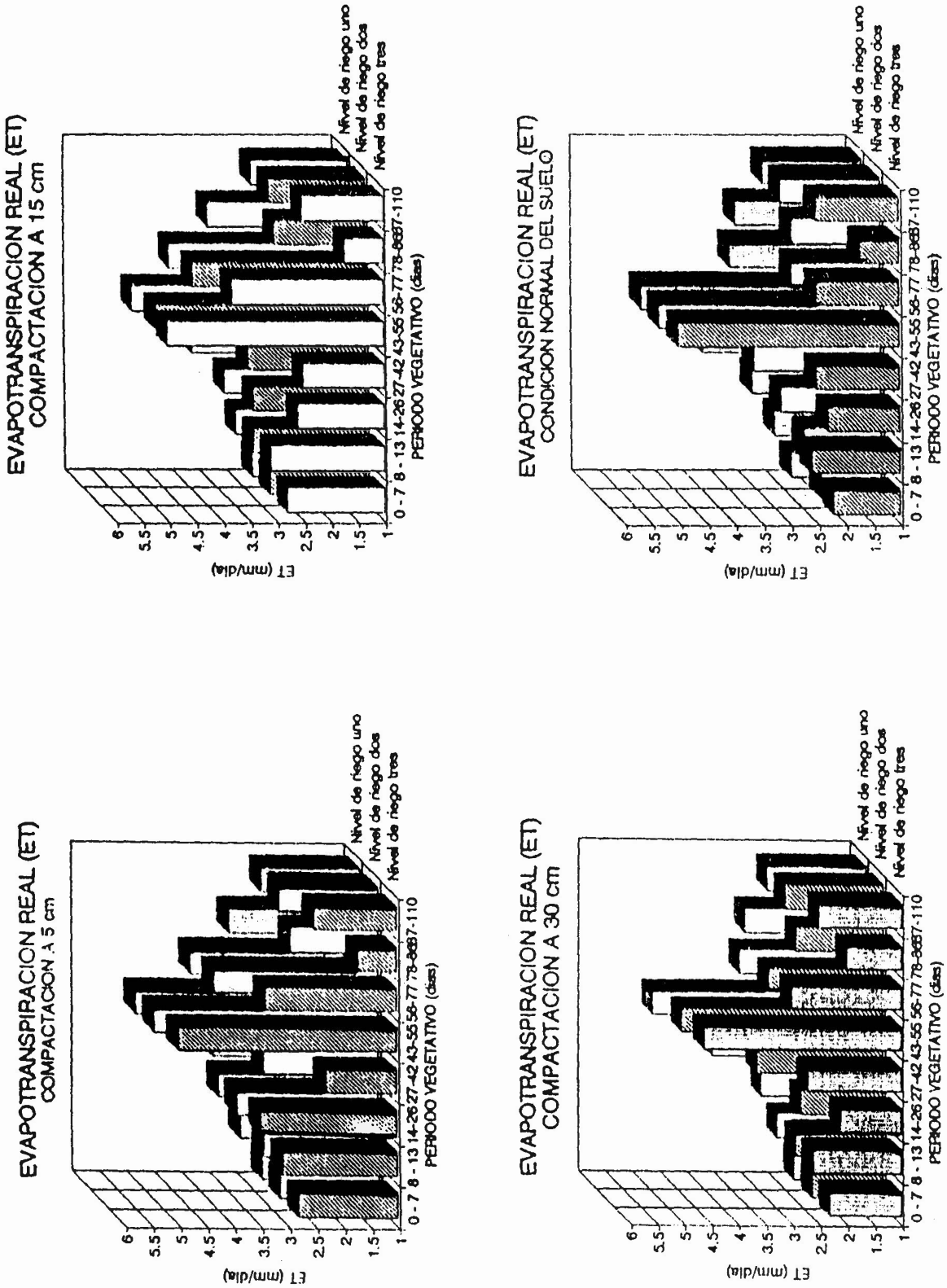


FIGURA 1. Evapotranspiración real por tratamiento y nivel de riego.

CUADRO 2. Días después de siembra en los cuales el suelo permaneció saturado sobre y en la capa compactada

SOBRE CAPA COMPACTADA			
PROFUNDIDAD DE COMPACTACION (cm)	NIVEL DE RIEGO		
	N1	N2	N3
5	1, 2, 3, 7, 8, 9, 38 39, 40, 41, 42, 56 57, 81, 82, 92, 93 94, 100	^{1/} 1, 2, 3, 7, 8, 9, 38 39, 40, 41, 42, 56 57, 81, 92, 93, 94	1, 2, 3, 7, 8, 9, 38 39, 40, 41, 42, 56 57, 81, 92, 93, 94
15	38, 39, 40, 41, 42 56, 57, 81, 82, 92 93, 94, 100	^{2/} 81, 82, 92, 93, 94	82, 92, 93, 94
30	56, 57, 92, 93, 94	^{4/} 41, 92, 93, 94	93
EN LA CAPA COMPACTADA			
5	1, 2, 3, 7, 8, 9, 38 39, 40, 41, 42, 56 57, 81, 82, 92, 93 94	1, 2, 3, 7, 8, 9, 41 42, 56, 57, 81, 92 93, 94	1, 2, 3, 7, 8, 9, 41 42, 81, 56, 57, 92 93, 94
15	58, 59, 83, 84, 92 93, 94	92, 93, 94	92, 93, 94
30	92, 93		

^{1/} Para la profundidad de 5 cm las lecturas se hicieron con tensiómetros de 30 cm de longitud; el suelo estuvo saturado a lecturas menores o iguales a 3 KPa.

^{2/} Para la profundidad de compactación de 15 y 30 cm, se determinó con tensiómetros de 60 cm; el suelo estuvo saturado a lecturas menores o iguales a 6 KPa.

en la fase de maduración, durante 3 días seguidos (92 a 94 días) después de siembra (Cuadro 2). El tratamiento P3C estuvo tres días seguidos bajo lámina de saturación a 13 cm por encima de la capa compactada durante la fase de maduración, en los niveles 1 y 2 de riego (Cuadro 2).

En general, hubo más días seguidos bajo saturación en el nivel 1 comparado con el nivel 2 y éste a su vez más que en el nivel 3, pero la diferencia fue más marcada a medida que la profundidad de compactación se hizo mayor. Como se esperaba, el número total de días bajo saturación se redujo con la profundidad de compactación y con la disminución en la aplicación del agua total, del nivel 1 al 3 de riego (Cuadro 2). No se observaron cambios en la apariencia del cultivo en las parcelas que estuvieron saturadas durante varios días seguidos. A 3 cm por debajo de la capa compactada en el tratamiento P1C, se establecieron las mismas condiciones de saturación que por encima; esta tendencia disminuyó para el tratamiento P2C y aún más para el P3C (Cuadro 2).

EFFECTO DE LOS NIVELES DE RIEGO Y LAS PROFUNDIDADES DE COMPACTACION SOBRE ALGUNAS VARIABLES DEL CULTIVO

La aplicación de agua total (riego + lluvia) afectó el rendimiento, pero no lo hicieron las profundidades de compactación (Cuadros 3 y 4). El mejor rendimiento correspondió al nivel 1 de riego y éste fue diferente respecto al de los otros dos. Con la lámina aplicada al nivel 1 de riego (362 mm) se obtuvo el rendimiento esperado para esta variedad (2.84 t/ha).

El área foliar y la altura de plantas no presentaron diferencias estadísticas al 5% entre niveles de riego ni profundidades de compactación respecto a la cantidad de agua consumida (Cuadro 3 y 4). La altura promedio de plantas estuvo entre 60 y 68 cm, rango superior reportado por Semillas Proacol (1991).

El peso de cien semillas (Cuadro 3) sólo en el primer nivel de riego fue significativamente

diferente al 5% lo cual concuerda con el rendimiento y está ligeramente por encima al rango reportado por Semillas Proacol (1991) para la variedad Valluna - 5 (19.3 a 20 g a un C.H.12%). La profundidad de compactación no produjo variaciones significativas respecto al peso de cien semillas (Cuadro 4).

La semilla en general se clasificó como de buena calidad, no presentando diferencias debidas a los niveles de riego, ni profundidades de compactación, pero tendió a mejorar la calidad a medida que se incrementó el nivel de agua total aplicada.

El porcentaje de germinación fue bueno para el nivel 1 de riego (90.9%) y se redujo con la aplicación de agua total hasta 81.3% en el nivel 3; entre tratamientos de compactación se mantuvo constante con promedio general de 86.4%.

El porcentaje de proteína se mantuvo constante tanto para los tratamientos de riego como de compactación y el promedio general (38.4%) fue mayor al mínimo aceptado por Lloreda Grasas S.A. (37%). El porcentaje de aceite fue constante entre tratamientos de riego y compactación (20%), superior al mínimo aceptado por Lloreda Grasas S.A. (19.5%).

La profundidad de raíces no presentó diferencias significativas al 5% entre niveles de riego (Cuadro 3), pero sí entre profundidades de compactación (Cuadro 4). La menor profundidad de raíces se encontró, como se esperaba, para la compactación de 5 cm. La mayor profundidad se detectó en la compactación a 30 cm con 20.6 cm, lo cual significa, que para esta variedad la profundidad de exploración de las raicillas es en promedio menor a 25 cm para este tipo de suelo. Las parcelas normales permitieron un desarrollo radical menor a las de 30 cm e igual a las de 15 cm debido principalmente a que en condiciones normales este suelo presentó compactaciones a profundidades que variaron entre 10 y 15 cm, mientras que el suelo sobre las parcelas de 30 cm fue removido (extraído) y vuelto a colocar sin ningún tipo de compactación.

CUADRO 3. Efecto de los niveles de riego^{1/} sobre el consumo de agua y sobre algunas variables del cultivo de soya (variedad Valluna - 5).

Nivel de Riego	Consumo de Agua (mm/período) ^{2/}	Rendimiento ^{4/} (kg/ha)	Area foliar (cm ²)	Profundidad radical (cm)	Altura de plantas (cm)	Peso cien ^{4/} semillas (g)
1	361.16 a ^{3/}	2837.3 a	46.22 a	16.42 a	70.75 a	21.14 a
2	335.03 b	2120.8 b	46.31 a	16.38 a	68.51 a	17.50 b
3	300.51 c	1766.2 b	39.12 a	16.01 a	63.55 a	15.81 b

1/ Promedio de 16 repeticiones. 2/ Período de 110 días

3/ Promedios con distinta letra son diferentes al 5% de significancia entre sí.

4/ Al 1% de humedad del grano.

CUADRO 4. Efecto de la profundidad de compactación^{1/} sobre el consumo de agua y algunas variables del cultivo de soya (variedad Valluna - 5)

Profundidad de Compactación	Consumo de agua (mm/período) ^{1/}	Rendimiento ^{2/} (kg/ha)	Area foliar (cm ²)	Profundidad radical (cm)	Altura de Plantas (cm)	Peso cien ^{2/} Semillas (g)
5	350.14 a ^{3/}	2135.5 a	44.46 a	11.48 c	67.60 a	17.99 a
15	349.90 a	2312.1 a	44.99 a	15.68 b	71.14 a	18.65 a
30	316.63 b	2186.7 a	43.21 a	20.61 a	67.44 a	17.51 a
NORMAL	312.28 B	2331.5 a	42.88 a	17.30 b	64.22 a	18.46 a

1/ Período 110 días. 2/ Al 12% de humedad del grano.

3/ Condiciones normales de suelo. 4/ Promedio de 12 repeticiones.

5/ Promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes al 5% de significancia.

En la profundidad de compactación 5 cm (P1C), las raíces profundizaron hasta la capa compactada y luego se extendieron horizontalmente hasta alcanzar en promedio una longitud de 11.5 cm, la cual se vió favorecida por la alta disponibilidad de agua en este volúmen de suelo.

Los valores de N, P, K, Ca, Mn, Zn, Cu, Fe y B en las hojas del cultivo no presentaron diferencias notables debido a los tratamientos de compactación ni a los niveles de riego. Los porcentajes o ppm de estos elementos se encontraron dentro de los rangos normales reportados por Jones (1972).

BIBLIOGRAFIA

1. ARAGON, A. y ROJAS, M.L. Respuesta de sistemas de labranza a la compactación e influencia del grado y profundidad de ésta en la distribución de raíces de cebada. Tesis de grado en Agrología. Bogotá : Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1991.
2. CORTES, L.A. et al. Zonificación agroecológica de Colombia. Bogotá : Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1985. 53 p.
3. FEDERACION NACIONAL DE CEREALISTAS. La mecanización en el manejo de suelos en Colombia : Ponencia presentada al XII Congreso Nacional Cerealista. Bogotá, 1987. 63 p.
4. GAVANDE, S. Física de suelos : Principios y aplicaciones. México : Limusa-Wiley, 1972. p. 312.
5. JONES, J.B. Plant tissue analysis micronutrientes. En: Micronutrientes in agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. Vol. 14 (1972); p. 319-346.
6. LASSEN, L.; LULL, H.W. and FRANK, B. Some soil water relations in watershed management. México : AID, 1965. 68 p.
7. LOWERY, B. and SCHULER, R.T. Temporal effects of soil compaction on soil strength and plant growth. Soil Sci. Am. J. 1981. p. 216-223.
8. ROJAS, H. Riego por gradiente en el cultivo de algodón Gossypium hirsutum L. Tesis de Magister Scientiae. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 1984. 150 p.
9. SEMILLAS PROACOL. Boletín técnico, Variedad de soya Valluna - 5. Palmira, 1991.