



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DISTINTAS ALTERNATIVAS DE DESCOMPACTACIÓN

MARIANO JULIO PONCE *; MATILDE MUR; TELMO PALANCAR; JUAN MANUEL VAZQUEZ; FACUNDO GUILINO; VÍCTOR HUGO MERANI & ROBERTO BALBUENA

*Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata; Calle 60 y 119 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.
mponce@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: paratill; esfuerzo de tracción; resistencia específica

Introducción

El sistema productivo agropecuario argentino de carácter extensivo ha experimentado en los últimos veinte años, un cambio en el proceso de mecanización de implantación de los cultivos para granos y forrajes. La siembra directa, la maquinaria cada vez de mayor peso, el tránsito en condiciones de suelo húmedo, la falta de rotación de cultivos, el alto contenido de limo en algunos suelos y el bajo porcentaje de materia orgánica del horizonte superficial del suelo, generan un aumento en la compactación superficial y sub-superficial del mismo (Elisei et al., 2012).

Si bien los suelos bajo sistemas de no labranza ofrecen una mayor capacidad portante (Domínguez et al., 2000) que reduce los procesos de compactación por el tránsito de vehículos, la ausencia de labranzas implica que no existan acciones que permitan atemperar sus efectos, principalmente a nivel subsuperficial, por lo cual se convierte en un proceso acumulativo (Claverie & Balbuena, 2005).

El proceso de compactación del suelo es una de las formas de degradación física más comunes que se presenta mediante la densificación y reducción de la porosidad, asociado con cambios en su estructura y, generalmente, un aumento de la resistencia mecánica y reducción en la conductividad hidráulica. Esto ocasiona un ambiente poco propicio para el desarrollo y crecimiento radical, una reducción de la infiltración y por lo tanto un aumento del escurrimiento superficial y de las posibilidades de erosión (Raper & Mac Kirby, 2006), reducción del agua y oxígeno disponibles, y disminución de la movilidad de los mismos en el perfil de suelo (Koostra & Stombaugh, 2003). Los procesos naturales de recuperación de los suelos compactados, tales como ciclos de humectación-desección, congelamiento-descongelamiento, actividad biológica, generación de poros por acción de raíces, incorporación de materia orgánica por rotación de cultivos, no son suficientes (Jorajuría, 2005), debido a los ciclos productivos consecutivos a los cuales son sometidos los suelos.

Frente a la problemática planteada existe como posible solución desde la mecanización, la utilización de escarificadores con diferentes características de diseño, en lo que se



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

refiere al montante y a la reja. Los principios de trabajo y roturación fueron descritos por Spoor & Godwin (1978) y por Spoor & Fry (1983). A niveles superficiales el suelo es desplazado hacia adelante, arriba y lateralmente, bajo el patrón de fallas crecientes, donde se producen fracturas a lo largo de planos definidos desde la punta de la reja hacia la superficie con una angulación aproximada de 45° respecto de la horizontal. Este modelo de roturación continúa hasta cierta profundidad, denominada profundidad crítica, donde el suelo comienza a moverse hacia adelante y a los costados, generando compactación en profundidad. Esta profundidad depende de las características de la reja, de la humedad y densidad del suelo.

Relacionado al párrafo anterior, y problemática de compactación, procesos de descompactación y recompactación del suelo, Spoor et al. (2003) afirman que la labor debe fisurar el suelo para aliviar la capa compactada, sin modificar su estado aparente, es decir sin modificar en forma importante las unidades estructurales. Este tipo de roturación mantiene en el suelo cierta capacidad portante capaz de minimizar los procesos de recompactación (Spoor, 2006).

Una característica es el ángulo de ataque de las rejas, que se define como el formado por la inclinación de la reja con respecto a la horizontal en la dirección de avance. Según Payne & Tanner (1959) con valores de hasta 45° el suelo provee una componente vertical que contribuye a la penetración de los órganos activos, cuyo sentido se invierte para mayores angulaciones.

En el trabajo con escarificadores, se produce el proceso de interacción entre los órganos activos (Willat & Willis, 1965). Con respecto a esta temática ensayos llevados a cabo por Godwin et al. (1984), arrojaron como resultado valores mínimos de resistencia específica al laboreo (RE) y uniformidad en el laboreo con espaciamentos entre órganos activos (D) de 1,4+/- 25% veces la profundidad de trabajo (PT).

Raper (2005) trabajó con montantes angulados rectos (AR) y angulados curvos (AC) sobre suelos franco-arenosos y franco-arcillosos, a una velocidad de 0,45 m.s⁻¹ y 0,33 m de profundidad. Las variables medidas fueron área roturada (AT), esfuerzo de tiro (ET), área de elevación (AE) y la variable calculada RE. Los resultados obtenidos de ET, sobre el suelo franco-arcilloso para el AR y AC, fueron cercanos a 10,15 kN y de 9,65 kN respectivamente, sin diferencias significativas entre si. En RE los valores hallados fueron de 0,98 kN.dm⁻² para el AR y 0,89 kN.dm⁻² para el AC, sin diferencias significativas, como así también para el AE, con 3,6.10⁻² m² para el AR y 4.10⁻² m² para el AC. Esta última variable evalúa la condición superficial del suelo luego del pasaje del descompactador, relacionada a la elevación de la cota del terreno y la modificación del relieve generada por la labor.

La relevancia AE se aprecia en los sistemas productivos en donde el proceso de siembra se realiza a través de la “siembra directa”, por lo que un lote con la superficie



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

del suelo perturbada puede por un lado mejorar los aspectos vinculados a la condición física del suelo para la implantación del cultivo, pero también afectar severamente el desempeño de la máquina sembradora, en relación a la uniformidad de labor en lo concerniente a profundidad de siembra.

Con estos mismos diseños de montantes, AR y AC, Simoes et al. (2009) evaluaron sus prestaciones en lo que respecta a ET. El ensayo se llevó a cabo en un suelo arenarcilloso. La velocidad de desplazamiento fue de $1,12 \text{ m.s}^{-1}$, la profundidad de $0,38 \text{ m}$, y los resultados fueron de unos $6,9 \text{ kN.montante}^{-1}$ para el AR y unos $7,9 \text{ kN.montante}^{-1}$ para el AC.

Kichler et al. (2007) evaluaron con AR el ET en función de la frecuencia de subsolado, sobre un suelo franco-arenoso, a una velocidad de $1,33 \text{ m.s}^{-1}$, con humedad entre el 10% y 11% y a una profundidad de $0,33 \text{ m}$. Encontraron que el ET promedio por montante fue de $5,39 \text{ kN}$ para el tratamiento con frecuencia anual, $5,18 \text{ kN}$ para la frecuencia bienal y $6,62 \text{ kN}$ para la frecuencia trienal de subsolado.

Karlen et al. (1991) en un ensayo, determinaron el ET requerido por AR, sobre un suelo arenolimoso con un 9% de contenido de humedad promedio, a $0,83 \text{ m.s}^{-1}$ de velocidad de avance y a una profundidad real de $0,30 \text{ m}$. Se utilizaron dos montantes dispuestos en forma convergente hacia el centro sobre el bastidor. El ET rondó en unos $9,65 \text{ kN.montante}^{-1}$.

En lo concerniente a AE, Raper (2005) explica que aunque los montantes angulados laterales requieren algo más de ET con respecto a los montantes de diseño recto, los primeros son mayoritariamente usados por la escasa disturbación superficial de suelo. A su vez Riley & Fielke (1990), destacan que la presencia de una cuchilla que asiste en el corte del rastrojo por delante de la línea del montante de un descompactador genera un canal en el suelo adonde tienden las fracturas del proceso de roturación y como consecuencia el suelo es elevado en menor medida en comparación con la ausencia de la cuchilla. En la misma temática Fielke & O'Driscoll (1986), concluyen que el área de elevación se ve reducida por la presencia de cuchillas que asisten en el corte de rastrojo. Balbuena et al. (1997) estudiaron el efecto de las cuchillas sobre los patrones de roturación y la energía requerida de la labor de escarificación, encontrando que la presencia de cuchillas disminuye tanto el ET como el AT generada por descompactadores de arcos rígidos.

Bragachini et al. (2012) analizan la importancia en la uniformidad en la profundidad de siembra de maíz con respecto al rendimiento y como es afectada por la superficie del terreno por donde transita la máquina sembradora. En este ensayo, se evaluaron dos profundidades de siembra ($0,03 \text{ m}$ y $0,06 \text{ m}$) y tres velocidades ($1,11 \text{ m.s}^{-1}$, $1,67 \text{ m.s}^{-1}$ y $2,5 \text{ m.s}^{-1}$). Determinaron que los menores rendimientos son consecuencia de la profundidad de siembra, es decir, que superficies desuniformes pueden actuar sobre el



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

accionamiento del tren de siembra, generando un deficiente copiado del terreno, afectando la colocación de la semilla a la profundidad adecuada.

Reeder et al. (1993) trabajando con AR, sobre suelos franco arcillo limosos, a una profundidad de 0,28 m y a $1,94 \text{ m.s}^{-1}$ aproximadamente, obtuvieron 4,31 kN de ET por montante. Del mismo modo, con cuatro montantes de igual diseño dispuestos en forma de flecha y convergentes hacia el centro, sobre un suelo Paleustol Petrocálcico con un promedio de humedad de 18,37 %, a una profundidad 0,26 m y velocidad de 1 m.s^{-1} , Vallejos et al. (2010) encontraron 4,61 kN de ET por montante. Asimismo, cuantificaron 48.10^{-2} m^2 de AT y a partir de estas obtuvieron una RE de $0,38 \text{ kN.dm}^{-2}$.

Claverie et al. (1998) evaluaron el comportamiento de AR sobre un mismo plano de acción, dispuestos a 2 distanciamientos, 0,35 m y 0,45 m, seleccionados como tratamientos y PT de 0,25 m y 0,32 m elegidas como subtratamientos. Determinaron que el menor valor de RE se correspondió con la mayor D y la mayor PT, con una relación de 1,42. El valor determinado fue de $0,95 \text{ kN.dm}^{-2}$.

Balbuena et al. (2003) trabajaron con AC, en forma convergente por pares y en forma convergente en conjunto hacia el centro, sobre un Argiudol típico, franco arcilloso, a una PT de 0,35 m y con una velocidad teórica de $2,1 \text{ m.s}^{-1}$. Informaron que la menor RE, se produjo con una D / PT de 1,528. Los resultados antes mencionados se dieron para una distancia entre rejas de 0,54 m y una profundidad de labranza de 0,35 m. Estos mismos autores determinaron que el ET, con la configuración convergente por pares, con una D de 0,34 m, fue de 9,05 kN por montante, y la RE de $0,857 \text{ kN.dm}^{-2}$. También se desprende de los datos, que el ET y AT variaron para las distintas configuraciones, pese a que no se registraron diferencias en la RE. Lo mismo podría asociarse a diferencias en los procesos de interacción, según se trabaje en simultáneo o en forma progresiva (mismo plano de acción o distinto plano de acción respectivamente).

Por otra parte, se han desarrollado equipos comerciales en los cuales para la configuración por pares, los órganos activos trabajan desplazados unos con otros en el sentido de avance, cambiando las características del proceso de interacción. Ello implica que puedan modificarse los parámetros de prestación tractiva, pero no se encuentran antecedentes científicos que justifiquen los diseños.

Por lo expuesto, son escasos los estudios comparativos entre distintos diseños y configuraciones de los descompactadores de montantes AC y AR, en aspectos vinculados a los parámetros de prestación tractiva y la eficiencia de reducción de la compactación del suelo.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Materiales y Métodos

El ensayo tuvo lugar en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la U.N.L.P., sobre un suelo Argiudol típico (Soil Taxonomy, 1999), en un lote con pasto natural, previa henificación de la biomasa. El estado mecánico del suelo se caracterizó, midiendo la resistencia a la penetración (RP), obteniendo valores que variaron entre 1,2 MPa y 5 Mpa, en el rango 0-0,60 m, sin diferencias entre los distintos sitios de muestreo en cada estrato de medición, al igual que la humedad *in situ*.

Se establecieron 2 tratamientos en correspondencia con el diseño de los órganos activos: 1) Montante Angulado Recto (AR, Figura 1); 2) Montante Angulado Curvo (AC, Figura 2), ambos con disposición por pares en forma convergente, y como subtratamientos a la disposición espacial de los mismos: A) Mismo Plano de Acción (MPA); B) Distinto Plano de Acción (DPA). Para AR y AC en MPA y DPA la D fue 0,35 m para alcanzar una PT teórica de 0,22 - 0,24 m, de acuerdo con Godwin et al. (1984) para lograr la mínima RE. Para el ARDPA y ACDPA, los montantes estuvieron distanciados en 1,10 m entre planos de acción.

Se utilizó un tractor de tracción asistida (FWA), de 73,5 kW con un peso total de 44,9 kN y un bastidor de arrastre, sobre el que se acoplaron los distintos órganos activos y cuchillas lisas de 0,4 m de diámetro, a una PT de 0,06 m en la línea de cada montante. Se transitó a una velocidad teórica de 2 m/s, iniciando el trabajo 15 m antes del comienzo de las parcelas para recorrerlas a la misma velocidad y profundidad.

Para determinar el ET se utilizó un dinamómetro hidráulico Amsler, interpuesto entre el tractor y el apero, con capacidad de medición de 49,03 kN (Mc Kyes, 1985). Se obtuvo una dinamografía para cada tratamiento y subtratamiento y su repetición, donde se registraron los ET en función del tiempo y del espacio. A partir de las dinamografías, se calculó el ET medio de cada repetición, mediante una regla graduada en kilogramos-fuerza, con la que se realizaron 30 lecturas por repetición en forma sistemática, a intervalos constantes, con inicio aleatorio y descartando los extremos de los gráficos.

La RE se calculó a partir de los datos obtenidos de AT y ET para cada tratamiento. Para la determinación del AT se realizaron 3 calicatas, cada una con su repetición, por cada tratamiento / subtratamiento. Se removió el suelo laboreado de forma manual para luego colocar un perfilómetro similar al descrito por Stafford (1979). En gabinete se determinaron las AT a través del CorelDraw X3 y CobCal 2 Versión 2.1.

Por último, el AE se evaluó con el mismo perfilómetro, previo a la remoción del suelo trabajado (Foto 1, Foto 2), colocando el perfilómetro en forma transversal al pasaje del implemento. Se estableció la superficie del suelo como referencia, y en gabinete se determinaron las AE a través del CorelDraw X3 y CobCal 2 Versión 2.1.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Análisis y Discusión De Resultados

Área de Elevación

En la Figura 3 se visualizan los resultados obtenidos por AR y AC en MPA y DPA. Se observa interacción entre los tratamientos y los subtratamientos, sin embargo, las diferencias entre MPA y DPA, para AR y AC, no tienen significancia. Esto indicaría que existe gran variabilidad en el AE, ya que existe una diferencia de $1,07 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ como consecuencia de la disposición MPA o DPA en los AR.

Raper (2005) menciona que los descompactadores angulados requieren un poco más ET que los rectos pero son utilizados porque dejan la superficie del terreno poco disturbada. En este sentido, calcula un índice de resistencia específica de elevación, sugiriendo que resulta conveniente que el mismo sea lo más bajo posible, ya que se trata de reducir los ET y la disturbación superficial. En este caso, según dicho autor y teniendo en cuenta el AE, el subtratamiento más eficiente sería ARDPA puesto que es el que produjo la menor AE y el menos eficiente ARMPA que produjo la mayor. Estas diferencias, pueden en forma relativa ser mayores si se toma en consideración el distanciamiento efectivo entre montantes, el cual es claramente diferente entre los AR y los AC. En los AR la distancia entre montantes es de 0,6 m, mientras que en los AC es de 0,7 m. Por lo tanto, si se toma como parámetro la elevación media de la cota del suelo, en el AT entre montantes, se aumentará la supuesta ineficiencia de ARMPA y disminuirán en forma relativa las diferencias entre ACMPA y ARDPA. Los valores medios calculados son de 0,05 m para los ARMPA, 0,04 m para ACDPA, 0,034 m para ACMPA y 0,033 m para ARDPA. Esta valoración de mayor eficiencia cuanto menor es la elevación del terreno, también encuentra sustento en lo expresado por Spoor et al. (2003) quien recomienda que el trabajo mecánico de descompactación debe estar limitado a disminuir la compactación sin dejar al suelo más susceptible a futuras compactaciones. En este sentido, cuanto menor es el grado de elevación, menor sería la remoción del suelo y mayor la capacidad portante, si es que efectivamente se logra fisurar sin roturar, lo cual respondería en parte al diseño del montante angulado, su ángulo lateral o su radio de curvatura. Por otra parte, esa diferencia de separación entre montantes aumenta la distancia entre las irregularidades sistemáticas que dejan los montantes sobre el suelo, como consecuencia de su trabajo, además de las irregularidades aleatorias.

Relacionado a esto, es importante tener en cuenta cómo afecta el AE a la eficiencia de la maquina sembradora, durante la implantación de cultivos luego de las tareas de descompactación. Bragachini et al. (2012) remarcan la importancia de las irregularidades de la superficie del terreno en relación a la colocación de la semilla a la profundidad adecuada. En este caso, toma más relevancia la homogeneidad o regularidad del AE que el valor absoluto; en otras palabras, importa más que el terreno sea elevado en cantidad similar en todo el lote, que cuánto se elevó en si. Es posible



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

observar que los sectores cercanos a los montantes es donde se producen, en forma relativa, las mayores variaciones, producto de desplazamientos laterales de los agregados. Raper (2005) recalca que pese a que los AR deberían trabajar hacia un solo lado, producto de la inclinación del sector angulado lateral, a nivel de los estratos superficiales se produce roturación a ambos lados del mismo, aumentando la elevación de la cota del suelo y la irregularidad superficial. A diferencia de ello, los distintos tratamientos y subtratamientos evaluados no generaron importantes efectos laterales en el sector externo al delimitado por los pares de montantes. Estas diferencias con los resultados de Raper (2005) pueden ser explicadas por la incorporación de cuchillas circulares por delante de las líneas de los montantes que asisten en el corte del rastrojo, las cuales generan también un corte en el suelo hacia donde tienden los planos de fractura, disminuyendo su resistencia al pasaje del órgano activo, ocasionando una mayor homogeneidad en el AE, producto del corte de los residuos vegetales, formando un canal por donde el montante se desplaza sin inconvenientes (Riley & Fielke, 1990) facilitando el movimiento del suelo y reduciendo la elevación (Fielke & O'Driscoll, 1986). Sería conveniente, con el objeto de aumentar estos efectos, que las cuchillas de corte de residuos fuesen corrugadas y no lisas, pero dicha modificación aumentaría la RP de las cuchillas en particular y el equipo en general. A su vez en la preparación del implemento es importante la disposición de los montantes sobre el mismo.

También, es posible plantear la mayor eficiencia o ineficiencia de las características de la labor desde otro punto de vista. El AE es la superficie de suelo que toma una cota mayor, luego del pasaje del implemento, con respecto a la superficie del terreno antes de ser labrada. Esta variable es consecuencia del trabajo mecánico con descompactadores angulados laterales, debido a que el objetivo de la labor es disminuir procesos de compactación, buscando aumentar la porosidad, la infiltración y disminuir la densidad aparente y la RP, lo cual se alcanza generando nuevos espacios entre los agregados, modificando temporalmente la estructura, debiendo para ello el suelo ceder en alguna dirección, elevándose en este caso, en acuerdo con el diseño del montante y las características de las rejas. El AE depende del diseño del montante y uno de los parámetros importantes es la distancia determinada por la proyección de la reja y la sección recta del montante (observando el montante en su dirección de avance) sobre la horizontal, la cual es determinada por la angulación en los AR o el radio de curvatura en los AC. Esto toma importancia en el trabajo en conjunto de los montantes, ya que para una PT se determina una distancia entre rejas, y al existir mayor distancia entre los montantes, puede ocasionarse una menor altura de elevación y como consecuencia una mayor homogeneidad en la superficie del suelo.

El AE también depende de la PT, ya que un trabajo más profundo implica mayor volumen de suelo a descompactar y por ende es mayor la necesidad de espacios nuevos a generar, resultando en una mayor AE. Por lo expuesto, el orden de menor a mayor en AE sería: ARMPA, ARDPA, ACPMA, ACDPA como consecuencia de las PT



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

respectivas. Los resultados muestran esa prescripción, solo variando el ARMPA que fue el que más AE manifestó. Esto significa que aunque no se encontró significancia entre los subtratamientos para cada tratamiento, el diseño del montante, el trabajo en conjunto y su disposición en el bastidor tienen algún efecto sobre el AE. Raper (2005) a una PT de 0,33 m encontró valores de $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ y $4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ para el AR y AC respectivamente, que son alrededor del doble de los encontrados en este ensayo, lo cual puede en parte ser explicado nuevamente por la ausencia de cuchillas de corte de residuos y consecuente roturación del suelo y elevación del mismo hacia el costado contrario al del sector angulado interno, y de la mayor PT.

Para los diseños de montantes con menor distancia entre la parte recta del montante y la reja es diferente su comportamiento si se encuentran en el MPA o en DPA. En la primera situación, una determinada superficie de suelo debe atravesar al mismo tiempo entre los dos montantes, ocasionando una mayor AE. Esto puede explicarse a partir de 2 efectos principales. Por un lado, al trabajar los montantes en MPA, las tensiones producidas hacia delante, hacia arriba y hacia el centro, resultan contrapuestas entre sí, por lo cual el volumen de suelo movilizado tendería a desplazarse en mayor medida hacia arriba, ya que es el lugar por donde pueden liberarse las mismas, lo cual podría ocasionar también una mayor irregularidad. Ese desplazamiento de mayor magnitud facilitaría un cambio en la posición de los agregados del terreno y por lo tanto un aumento del espacio poroso. En cambio en DPA, la superficie de suelo labrada entre ellos es atravesada en diferente momento, dando la posibilidad de que el suelo se desplace en forma lateral, disminuyendo como consecuencia su elevación. El otro efecto que también influye es que las rejas dispuestas sobre los sectores angulados y rectos o curvos del montante, determinan una mayor AT que la existente entre los montantes. Esto implica que para que el suelo pueda atravesar esa ventana de forma de trapecio invertido, el mismo debería compactarse o inevitablemente elevarse. En los AC, las AE tuvieron una diferencia contraria y menor a la de los AR. Dicha variación puede explicarse por las características de diseño de los montantes y como se dijo anteriormente por su mayor distancia entre los mismos. Los AC presentan en el sector cercano a la reja un radio de curvatura amplio, el cual determina que las tensiones provocadas por los mismos sobre el suelo, no tiendan a contraponerse entre sí, produciendo una elevación y pasaje del suelo sobre el montante, con menores dificultades y mayores posibilidades de dejar un suelo con mayor capacidad portante. A la vez, la disposición de las rejas, con el bisel parcialmente hacia adentro, serían las eventuales responsables del fracturamiento entre los montantes, en profundidad, sin que la tensión que se produce sobre el suelo tienda a moverlo con intensidad en el sector medio del AT. La sección del suelo instantáneamente sometida a la labranza resulta compleja y el grado de elevación depende fuertemente del ángulo de ataque que se ajuste para el montante.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

En función de lo anteriormente explicado, el valor del AE sería un posible indicador indirecto del volumen de poros o canales generados, con diferentes características según la configuración espacial y diseño de los órganos activos. Asimismo, hay efecto del diseño del montante, del trabajo en conjunto y de la disposición en el bastidor sobre el AE.

Esfuerzo de Tracción

En la Figura 4 se visualizan los resultados obtenidos por los AR y AC en MPA y DPA. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y subtratamientos, como así tampoco en la interacción entre los mismos.

Los resultados de ET, algo mayores para AC, posiblemente se deban a su mayor PT efectiva, mientras que en lo que respecta a los subtratamientos, el resultado fue prácticamente el mismo. La ausencia de diferencias de ET entre las disposiciones, pudo deberse a que la distancia entre los planos de acción fue excesiva para ambos diseños ocasionando nula interacción entre montantes. Estas distancias fueron resultado de los lugares donde el bastidor utilizado permitió la colocación de los montantes. A su vez, aunque con diferencias mínimas, los mayores valores fueron para la disposición DPA, tanto para AR como AC.

Los valores medios fueron sumamente homogéneos, independientemente del tipo de montante, y su disposición. Esto permite establecer un valor de esfuerzo por arco cercano a los 6 kN. El mismo, resulta inferior al registrado por Claverie et al. (1998) ya que establecen un rango de valores variable entre 9,8 y 9,9 kN para los diferentes espaciamientos y velocidades de trabajo, con AR. Esta diferencia puede atribuirse a la mayor PT alcanzada. Es importante remarcar que en este ensayo, el valor de ET incluye al de la cuchilla y que no es posible hipotetizar cuál sería el resultado del balance de los incrementos generados por la inclusión de la misma con la reducción ocasionada por el menor esfuerzo del montante en su desplazamiento. Si bien los antecedentes marcan una reducción del ET con la inclusión de las cuchillas circulares para escarificadores de montantes rectos (Balbuena et al., 1997), no están cuantificados los efectos sobre montantes angulados, en los cuales los elementos de corte no coinciden con la ubicación de las rejas. No obstante, es probable una reducción del ET, por los efectos de roturación del montante en ambos diseños. Valores mayores, para similares AC, fueron determinados por Balbuena et al. (2003), probablemente por la mayor PT y, eventualmente, la mayor velocidad de avance. Por otra parte los valores de los tratamientos AR y AC fueron análogos a los reportados por Raper (2005), en un suelo franco arenoso, pero fueron algo superiores los resultados obtenidos cuando se trabajó en un suelo franco arcilloso, aunque se debe tener en cuenta que la PT fue algo mayor, y con una capa compactada creada artificialmente. Los resultados de AC fueron inferiores (en 2 kN por montante aproximadamente) a los de Simoes et al. (2009), también atribuibles a una PT menor. Los resultados encontrados para los AR se



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

corresponden con los determinados por Kichler et al. (2007), Reeder et al. (1993) y Karlen et al. (1991), aunque son mayores a los determinados por Vallejos et al. (2010), posiblemente por la mayor velocidad de desplazamiento utilizada en este ensayo. Para este mismo tratamiento Simoes et al. (2009), determinaron ET superiores, alrededor de 1 kN más por montante, potencialmente, como consecuencia de la PT (0,38 m).

Pese a lo antedicho, en relación a la similitud de los valores medios, las características de las fajas dinamográficas, muestran algunas diferencias. Los registros de DPA resultan con menores variaciones, y menor amplitud en el conjunto de las mediciones, principalmente en AR, a diferencia de la disposición MPA en la que se presentan mayores variaciones entre sectores del terreno, pese a la homogeneidad del mismo, en acuerdo con la caracterización inicial realizada con el penetrómetro de cono. Dichas variaciones deberían asignarse a la disposición.

Independientemente de ello, los registros de ET muestran las variaciones características de la roturación de los escarificadores, por tensión del suelo, en la cual se producen sucesivos eventos de aumento y decrecimiento brusco del requerimiento tractivo. Los valores máximos y mínimos fueron 15,5 kN y 9 kN para ARDPA, 16 kN y 7,5 kN para ARMPA, 17,5 kN y 9,5 kN para ACDPA y 15,5 kN y 9,5 kN para ACMPA. Esto implica que en 30 m, los ET para AR y AC en MPA y DPA variaron entre el valor mínimo y el máximo entre un 63% y un 84%. Es de esperar, que en un conjunto con mayor número de arcos, estas variaciones puedan verse reducidas por la alternancia de picos de esfuerzos de cada par que actúa en diferentes planos de acción y sectores del terreno. De todas formas, el conjunto deberá contar con un tractor con alta reserva de par, para evitar una disminución de la capacidad de trabajo, en caso de no poder sobrellevar variaciones de ET de gran magnitud.

En la Figura 5 se grafican las mediciones sucesivas de ET, expresadas como coeficientes con respecto al valor medio, el cual queda representado por el valor 1. La variación promedio representa los desvíos de cada tratamiento, mientras que la variación sucesiva muestra las variaciones acontecidas en aproximadamente 1 m de distancia en ambos casos.

Técnicamente, el motor del tractor debería trabajar en la zona de acción del regulador, adecuando el nivel de carga, a través de la selección de marchas, en función de los valores medios demandados y de la elasticidad del motor. Los desvíos con respecto al promedio resultaron de 1,55 kN y 1,78 kN para ARDPA y ARMPA, y 1,70 kN y 1,34 kN para ACDPA y ACMPA respectivamente. El mayor coeficiente de variación del ET lo tuvo el ARMPA, con un 15,27%, seguido por el de ACDPA con 13,99%, mientras que los menores fueron para el ACMPA con un 11%. A nivel de variaciones con respecto al valor medio, los registros de ARMPA alcanzan en un espacio de 8 m valores máximos de ET comprendidos entre 20% y 37,4%. Esto reafirma la necesidad de contar con tractores con motores elásticos y no cargar a los mismos a niveles cercanos al par



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

motor nominal. Por otra parte, teniendo en cuenta los valores medios de ET y la distancia entre montantes, se requieren al menos 3 pares de arcos para cubrir la distancia entre caras externas de las cubiertas del tractor y un peso adherente de al menos 70,56 a 88,2 kN para poder trabajar con niveles de patinamiento que no sean elevados, si se estiman valores de coeficiente de tracción de 0,4 a 0,5.

En función de los resultados encontrados es posible establecer la hipótesis ad-hoc que DPA o MPA puede incidir únicamente bajo ciertas condiciones de configuración y condiciones de roturación del suelo. Para que existiese una reducción de los ET en DPA debería generarse al menos alguna de estas dos situaciones: a) que los montantes estuviesen desfasados lo suficientemente cerca como para que el segundo arco roturase el suelo antes que el sector trabajado por el primero vuelva a caer; b) que el suelo fuese trabajado por el primer montante de forma intensa, con un fuerte grado de interacción, reduciendo como consecuencia la energía requerida para el trabajo del segundo montante.

Resistencia Específica

En la Figura 6 se visualizan los resultados obtenidos por los AR y AC en MPA y DPA. No hubo interacción entre tratamientos y subtratamientos. La RE en AC fue significativamente menor que en AR, sin diferencias significativas entre disposiciones.

La RE es la variable que relaciona inversamente el ET con el AT, por lo que desde el punto de vista energético los AC resultan más eficientes que los AR. No obstante, no se realizó evaluación del tamaño ponderal medio de los agregados que podría explicar en parte la variación del ET requerido para la roturación. De ser así, habría también que establecer cuáles son los objetivos buscados con los procesos de descompactación. Teniendo en cuenta la postura de Spoor et al. (2003), de ser el tamaño de los agregados mayor, también significaría que habrían preponderado los procesos de fisuramiento más que los de intensa roturación, favoreciendo una mayor capacidad portante y por lo tanto una mayor eficiencia para atemperar la compactación inducida por tránsito de vehículos. Estos resultados se obtuvieron con la configuración de D / PT de 1,4 en acuerdo con Godwin et al. (1984). No obstante, la PT fue variable para los distintos tratamientos y subtratamientos. Las mayores relaciones resultaron para ARMPA y las menores para ACDPA, resultando de 1,51 para ARMPA, 1,48 para ARDPA, 1,34 para ACPMA y 1,24 para ACDPA, lo cual implica relaciones 8% y 5,7% mayores y 4,3% y 11,5% menores al valor medio óptimo. La mayor o menor eficiencia a mayores o menores relaciones se vincula con las características y estado del suelo al momento del trabajo, en conjunto con aspectos de diseño y alistamiento del implemento. No existen mayores precisiones al respecto, pero sería dable esperar que la mayor relación favorezca menores RE cuando el porcentaje de humedad resulte menor y en forma contraria las menores relaciones resulten adecuadas a mayores porcentajes de humedad. En este caso, se podrían reducir los efectos laterales en profundidad, si es



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

que se supera la profundidad crítica. En las determinaciones no se visualizaron problemas de roturación en profundidad, por lo que nunca se superó la profundidad crítica, tanto para los AR como para los AC. De haberse encontrado dichos inconvenientes se debería haber favorecido una menor relación D / PT o una reducción de la profundidad, acompañada de una menor distancia entre arcos, lo cual no resultaría adecuado para los objetivos del ensayo.

La mayor PT de los AC debería en primera instancia haberlos perjudicado, por reducción del AT e incremento del ET , si ello hubiese significado superar la profundidad crítica. En este sentido, las características de la reja, de mayor dimensión y diferente disposición, habrían eliminado dicho inconveniente, sin incrementar el ET . Por otra parte, la mayor PT , también debería haber incrementado el ET , producto del incremento en la resistencia mecánica del suelo a mayores profundidades, tal como surge de las determinaciones efectuadas en el testigo.

Los valores de RE se encontraron dentro del rango informado para este tipo de implemento en los antecedentes científicos relevados. Los correspondientes a los AR superaron la unidad mientras que los de los AC fueron inferiores a la misma, siendo los primeros entre un 23% y 31% mayores. Los resultados fueron para ACMPA un poco mayores a los encontrados por Balbuena et al. (2003), para arcos del mismo diseño, quienes determinaron para el trabajo en MPA $0,857 \text{ kN.dm}^{-2}$, $0,842 \text{ kN.dm}^{-2}$ y $0,728 \text{ kN.dm}^{-2}$ y $0,63 \text{ kN.dm}^{-2}$ con relaciones d/p de 1, 1,25, 1,54 y 2,5 respectivamente. En ese caso, la RE disminuyó en la medida en que se aumentó la distancia entre arcos para una misma PT , lo cual puede atribuirse a los menores contenidos de humedad que fueron para el perfil trabajado por el implemento, del orden del 20%. También fueron similares los valores a los reportados por Raper (2005) para los AC. Estos tuvieron los menores valores, cercanos a $0,897 \text{ kN.dm}^{-2}$, pero no tuvieron diferencias significativas con respecto a uno de los dos diseños de AR evaluados, explicando lo mismo, por la diferencia de diseño en la longitud y el ángulo lateral del montante, lo cual afirma la hipótesis que el diseño del montante incide sobre la eficiencia energética de la labor. Las diferencias no significativas en RE , entre el AC y el AR con 45° de ángulo lateral pueden asignarse a cuestiones de variabilidad en los ET y AT , pese a las condiciones de homogeneidad del canal de suelo ya que las mismas superaron el 10%. En parte, puede haber incidido la ausencia de interacción de arcos en MPA, ya que la evaluación se efectuó sobre un solo órgano activo.

Para el caso de los AR, los valores hallados son superiores a los determinados por Raper (2005) para los de 45° del montante lateral y algo más cercanos a los del AR de menor desarrollo. También fueron superiores a los informados por Claverie et al. (1998), para los mismos arcos, en un suelo similar, para relaciones de distancia entre rejas y PT cercanas a 1,4. En cambio, fueron semejantes a los alcanzados por los menores distanciamientos, más ineficientes, con relaciones cercanas a 1,05.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

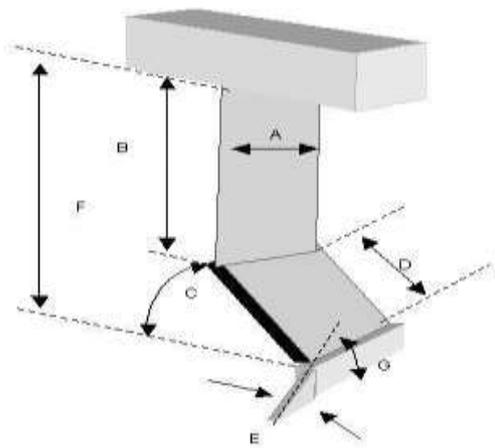
Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

En relación con el trabajo de Vallejos et al. (2010), los valores medios fueron superiores en más de un 100% como consecuencia de que el AT por montante en el ensayo de estos autores fue más del doble. Esto puede deberse, en parte, a que el contenido de humedad durante el ensayo fue alrededor de un 10% inferior, hasta los 0,40 m de profundidad, sumado a que el suelo del ensayo fue un Paleustol Petrocálcico (Soil Taxonomy, 1999), con textura franco-arenosa y la velocidad media de avance de 1 m s^{-1} (alrededor de la mitad de la velocidad utilizada en este ensayo). Raper (2005) también muestra diferencias en la RE para suelos de textura arcillosa y arenosa, en ensayos sobre canales edafométricos, donde el principal factor de variación entre los mismos fue el ET y no el AT, principalmente para los AR.

Conclusiones

- La disposición de los montantes en distintos planos de acción reduce la variabilidad de los esfuerzos de tracción
- Los descompactadores de montantes angulados curvos son energéticamente más eficientes, como consecuencia de una mayor área de suelo roturada sin incrementos en los requerimientos de esfuerzo de tracción.

Figuras y Fotos

	
<p>Figura 1. Dimensiones del montante angulado lateral de lámina recta: A: 0,125 m, B: 0,35 m, C: 60°, D: 0,25 m, E: 0,37 m, F: 0,57 m, G: 25°.</p>	<p>Figura 2. Dimensiones del montante angulado lateral de lámina curva. Medidas de los radios de curvatura anterior y posterior respectivamente: a (3,727 m; 3,588 m), b (4,131 m; 1,333 m), c (9,747 m; 6,739 m). Ángulo de ataque de la reja: 20°.</p>

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

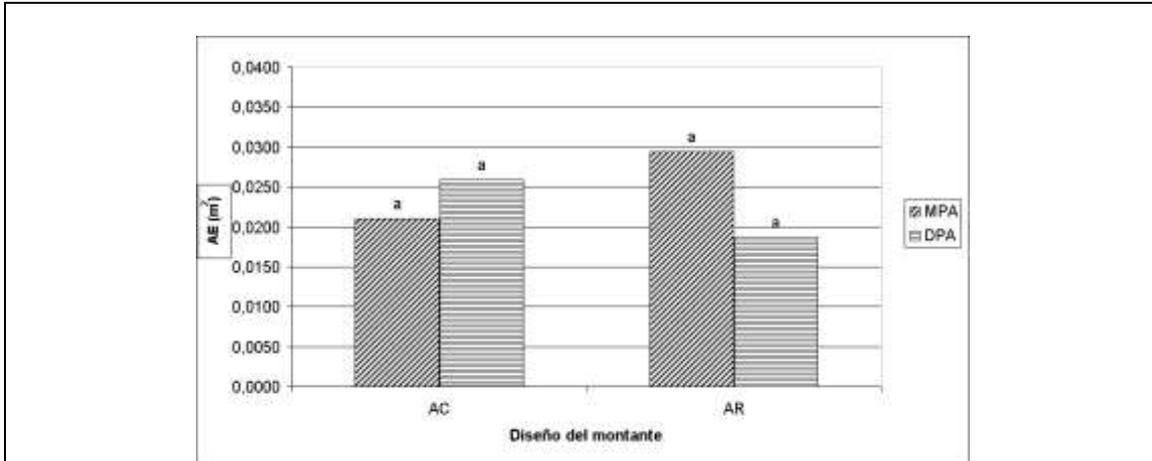


Figura 3. Área de Elevación en m² por Montantes Angulados Rectos (Tratamiento 1) y Angulados Curvos (Tratamiento 2) y subtratamientos. Letras diferentes indican LSD.

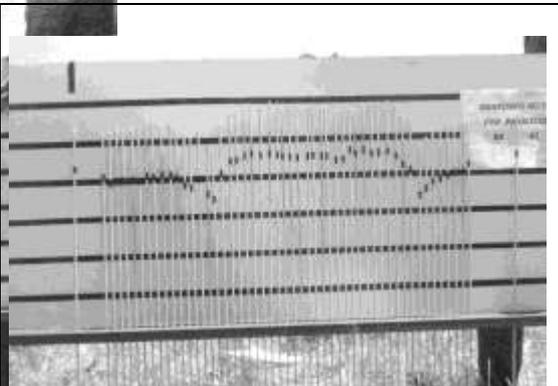
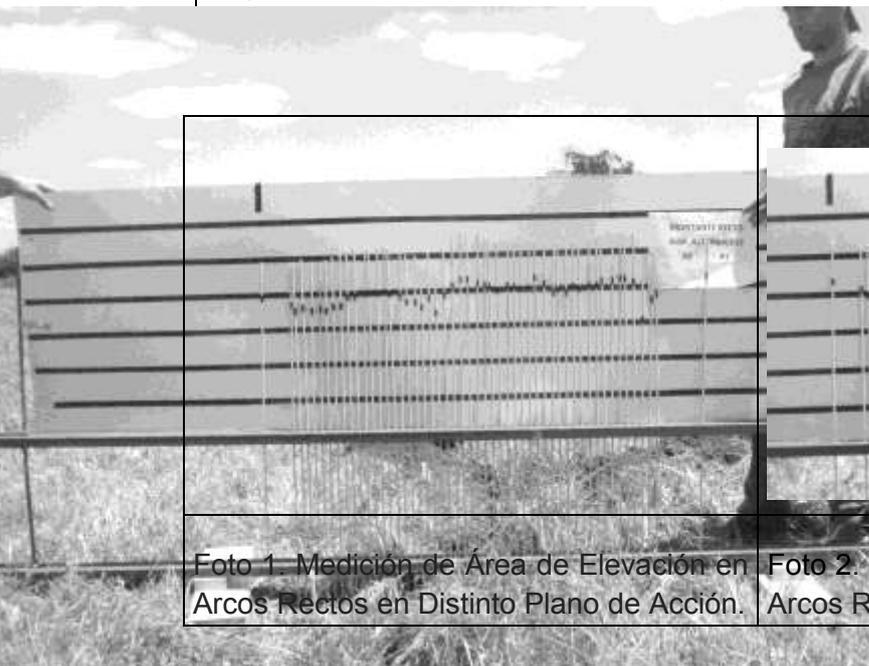


Foto 1. Medición de Área de Elevación en Arcos Rectos en Distinto Plano de Acción.

Foto 2. Medición de Área de Elevación en Arcos Rectos en Mismo Plano de Acción.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

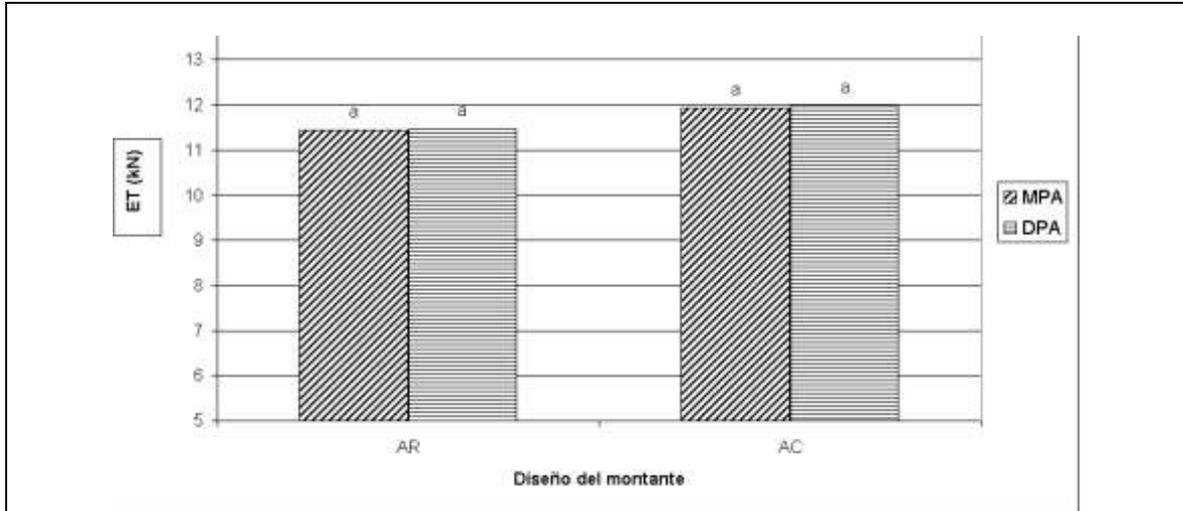


Figura 4. Esfuerzo de tracción en kN por Montantes Angulados Rectos (AR) y Angulados Curvos (AC). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) LSD.

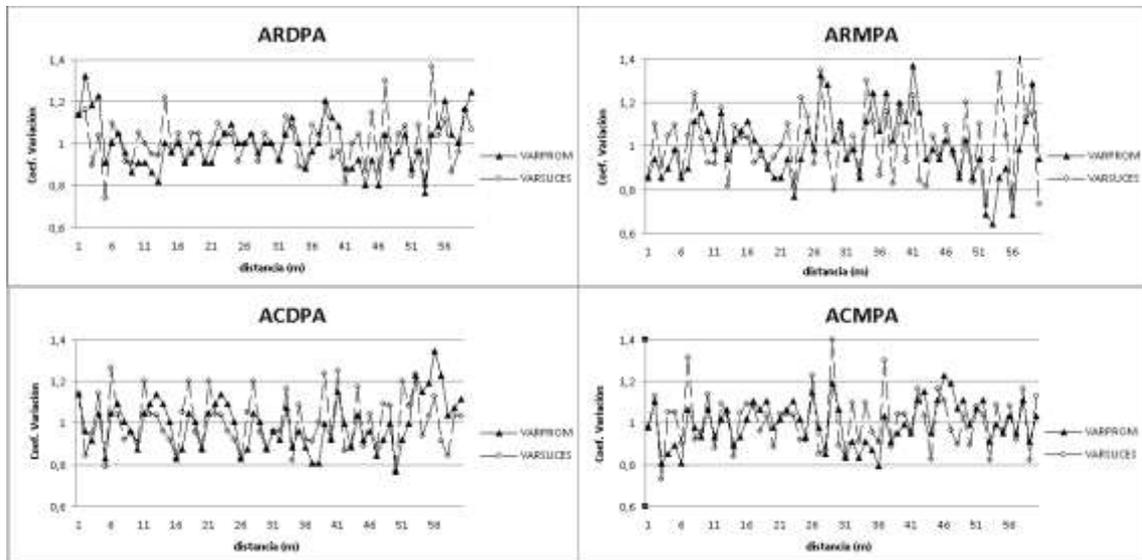


Figura 5. Representación de las variaciones de esfuerzo de tracción para los distintos tratamientos y subtratamientos. ARDPA: montantes angulados rectos en distinto plano de acción; ARMPA: montantes angulados rectos en mismo plano de acción; ACDPA: Montantes angulados curvos en distinto plano de acción; ACMPA: Montantes angulados curvos en mismo plano de acción. VARPROM: variaciones de esfuerzo de tracción expresadas como coeficiente del promedio; VARSUCES: variaciones de esfuerzo de tracción expresadas como coeficiente en relación al valor inmediato inferior.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

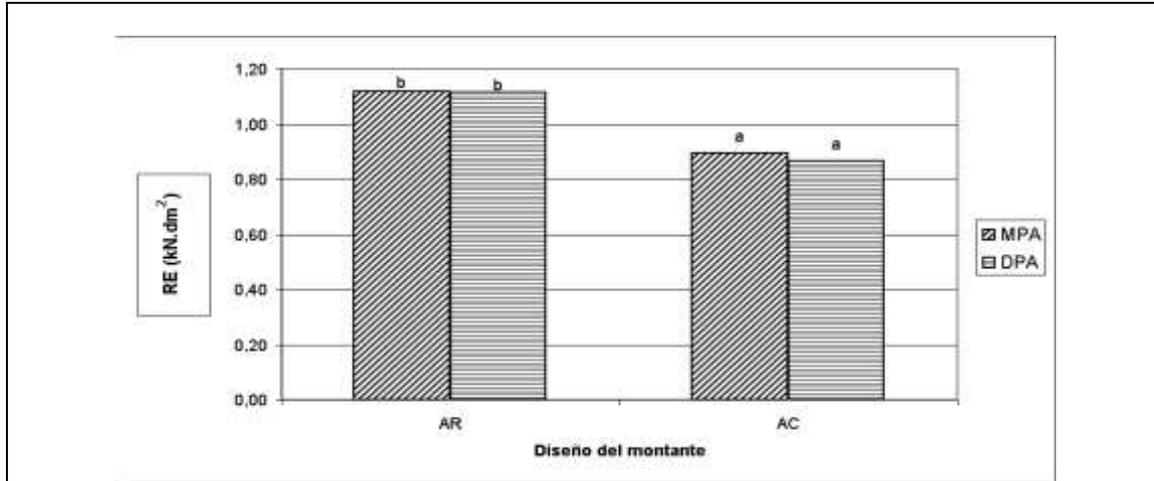


Figura 6. Resistencia Específica en kN.dm⁻² por Montantes Angulados Rectos y Curvos, en el Mismo Plano de Acción y Distinto Plano de Acción. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) LSD.

Bibliografía

Balbuena, R.; J. Ressia; J. Claverie; M. Cristiani; A. Terminiello; G. Mendivil & T. Palancar. 2003. Descompactadores de montantes curvos. Efecto de la configuración espacial sobre la energía de la labor. VII Congreso Argentino de Ingeniería Rural, Balcarce, 2003, 6 p.

Balbuena, R.H.; A.M. Terminiello; J.A. Claverie; P.M. Mac Donagh & R. Bartosik. 1997. Incidencia de la colocación de cuchillas circulares sobre patrones de roturación y energía requerida en escarificadores de arcos rígidos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, 102 (1): 51-57.

Bragachini, M.; A. Méndez; F. Scaramuzza; J. Vélez & D.D. Villarroel. 2012. Impacto de la velocidad y la profundidad de siembra sobre uniformidad en la emergencia y distribución de plantas en maíz. En: Congreso de Valor Agregado en Origen. 1. Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 11. Expo de Máquinas Precisas. 6. 2012 07 18-20, 18, 19 y 20 de julio de 2012. Manfredi, Córdoba. Argentina.

Claverie, J.A. & R.H. Balbuena. 2005. Descompactación por tratamiento mecánico. En: Reología del suelo agrícola bajo tráfico. Editor científico Daniel Jorajuría Collazo. Ed: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, p: 143-157.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Claverie, J.A.; R.H. Balbuena; A.M. Terminiello; P.M. Mac Donagh & T.C. Palancar. 1998. Energía requerida y área trabajada por escarificadores rígidos de montantes inclinados. En *Ingeniería Rural y Mecanización Agrícola en el ámbito Latinoamericano*. Balbuena, R.H.; Benez, S.H.; Jorajuría, D. Editorial de la UNLP, La Plata, pp.171-177.

Domínguez, J.; J. Ressia; D. Jorajuría; R. Balbuena & G. Mendivil. 2000. Reología del suelo bajo tres diferentes tratamientos mecánicos. En: *Avances en Ingeniería Agrícola*. Editorial de la Facultad de Agronomía, p. 110-115.

Elisei, J.; B. Bonel; C. Iruetia; N. Gonzalez; C. Senigagliesi & R. Mon. 2012. Efectos de diferentes escarificadores en propiedades físicas de suelo y enraizamiento del cultivo de maíz. *Istro paper número 299*. 19th Istro Conference. IV SUCS meeting. Striving for Sustainable High Productivity, 24 al 28 de septiembre, 2012, Montevideo, Uruguay, 7 p.

Fielke, J.M. & D.A. O'Driscoll. 1986. Comparison Testing to Evaluate Coulter Wheel Performance. En: *Conference on Agricultural Engineering*. Adelaide. The Institution of Engineers, Australia. 1: 52-56.

Godwin, R.J.; G. Spoor & M.S. Soomro. 1984. The effect of tine arrangement on soil forces and disturbance. *J. Agric. Eng. Res.*, 30: 47-56.

Jorajuría, D. 2005. Compactación del suelo agrícola por tráfico vehicular. Una revisión. En: Daniel Jorajuría Collazo (Editor científico). *Reología del suelo bajo tráfico*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires. Argentina, p. 39-55.

Karlen, D.L.; W.J. Busscher; S.A. Hale; R.B. Dodd; E.E. Strickland & T.H. Garner, 1991. Drought condition energy requirement and subsoiling effectiveness for selected deep tillage implements. *Trans. ASAE*, 34(5): 1967-1972.

Kichler, C.M.; J.P. Fulton; R.L. Raper; W.C. Zech; T.P. McDonald & C.J. Brodbeck. 2007. Spatially Monitoring Tractor Performance to Evaluate Energy Requirements of Variable Depth Tillage and Implement Selection. 2007 ASABE Annual International Meeting, pp. 1-9.

Koostra, B.K. & T.S. Stombaugh. 2003. Development and Evaluation of a Sensor to Continuously Measure Air Permeability of Soil. 2003 ASAE Annual International Meeting, p. 1-9.

Mc Kyes, E. 1985. *Soil cutting and tillage*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 217 p.

Payne, P.C.J. & D.W. Tanner. 1959. The relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. *J. Agric. Eng. Res.*, 4(4): 312-325.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Raper, R.L. 2005. Force Requirements and Soil Disruption of Straight and Bentleg Subsoilers for Conservation Tillage Systems. 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress, p. 1-16.

Raper, R. L. & J. Mac Kirby. 2006. Soil compaction: how to do it, undo it, or avoid doing it. 2006 Agricultural Equipment Technology Conference Louisville, Kentucky, USA, p. 1-14.

Reeder, R.C.; R.K. Wood & C.L. Finck. 1993. Five subsoiler designs and their effects on soil properties and crop yields. Transactions of the ASAE, 36.

Riley, T.W. & J.M. Fielke. 1990. Evaluation of a Range of Coulter Wheels. In: Proceedings of Asia-Pacific Regional Conference on Engineering for the Development of Agriculture, Malaysia, p. 33-42.

Simoës, R.P.; R.L. Raper; F.J. Arriaga; K.S. Balkcom & J.N. Shaw. 2009. Using conservation systems to alleviate soil compaction in a Southeastern United States ultisol. Soil and Tillage Research, 104(1): 106-114.

Spoor, G. 2006. Alleviation of soil compaction: requirements, equipment and techniques. Soil Use Manage, 22: 113-122.

Spoor, G & R.K. Fry. 1983. Soil disturbance generated by deep-working low rake angle narrow tines. J. Agric. Eng. Res., 28: 217-234.

Spoor, G. & R. J. Godwin. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. J. Agric. Eng. Res., 23(3): 243-258.

Spoor, G.; F.G.J. Tinjink & P. Weisskopf. 2003. Subsoil compaction: risk, avoidance, identification and alleviation. Soil & Tillage Research, 73: 175-182.

Stafford, J.V. 1979. The performance of a rigid tine in relation to soil properties and Speedy. Journal of Agricultural Engineering. Research, 24: 41-56.

Soil Taxonomy. 1999. Agriculture Handbook. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. 871 p. Washington, DC 20402. En: www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf. Último acceso: Marzo 2014.

Vallejos, A.; C. Zajac; J. Silenzi & N. Echeverría. 2010. Descompactación de un suelo y demanda energética de un arado paratill a tres profundidades y dos ancho de labor. Agro-Ciencia, 26(2): 99-108.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Willat, S.T. & A.H. Willis. 1965. A study of the through formed by the passage of tines through soil. *Journal of Agricultural Engineering. Research*, 10: 1-4.