

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

(MODALIDAD PASANTÍA)

“CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA A FLUJO SATURADO Y
DENSIFICACIÓN DEL SUELO
RESULTANTE DE MANEJOS CONTRASTANTES”.

Alumno: Marcelo Alejandro Caminero.

Director: Ing. Agr. (Dr.) Humberto C. Dalurzo

Año: 2020

AGRADECIMIENTOS

A la cátedra de Manejo y Conservación de Suelos por la disposición de sus recursos humanos y materiales para la realización de las determinaciones de laboratorio.

Al Ing. Agr. (Dr.) Humberto C. Dalurzo, por el tiempo, paciencia, docencia y siempre buena predisposición para con la dirección de esta pasantía.

A mis compañeros, Luisina Gnoatto, Gustavo Dellamea, Andres Bandolín, German Caballero, por el buen entorno de trabajo y generosidades brindadas durante la convivencia en el laboratorio y en salidas a campo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
LUGAR DE TRABAJO:.....	6
DESCRIPCIÓN DE TAREAS DESARROLLADAS	11
RESULTADOS	13
❖ Conductividad Hidráulica En Muestras Alteradas	13
❖ Conductividad Hidráulica En Muestras Inalteradas	15
❖ Densificación & Conductividad Hidráulica	18
❖ Análisis Integral de Kw, Muestras Alteradas e Inalteradas	19
❖ COMENTARIOS GENERALES DEL TRABAJO REALIZADO	22
COMENTARIOS FINALES.....	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
OPINIÓN DEL ASESOR.....	27
ANEXO	28

INTRODUCCIÓN

Las labranzas modifican algunas propiedades físicas, como la estructura, la densidad aparente (DA), la distribución de poros, la dinámica del agua y la resistencia a la penetración. Las labranzas agresivas como la labranza convencional (LC) producen la ruptura de macroagregados por acción física directa y originan la pérdida de la materia orgánica (MO) por exponer las fracciones protegidas dentro de éstos (Tisdall y Oades, 1982; Franzluebbers et al., 1995). Según Lal (1982), el surgimiento de daños causados por la erosión en áreas cultivadas no es más que un síntoma de que fueron empleados métodos de cultivo inadecuados para determinada área y su ecosistema.

Existe información con resultados dispares respecto al efecto de los distintos implementos de labranza sobre las propiedades del suelo.

Tal es así, que algunos autores hallaron valores superiores de densidad aparente, en suelos bajo siembra directa (SD), comparado con suelos bajo labranza reducida (LR) o LC (Ferrerías et al. 2000, Vidal & Costa 1998).

Mientras que otros autores no hallaron diferencias entre estos sistemas de labranzas o bien la densidad aparente fue menor bajo suelos con residuos en superficie (Kruger, 1996; Sanchez García, 1998).

Estos antagonismos, en mencionadas propiedades físicas, fueron observadas entre varias investigaciones, entre ellas brevemente se describen en párrafos subsiguientes algunas de estas, a fin de fundamentar la relevancia de la determinación de estos parámetros físicos y luego además incorporar la conductividad hidráulica, restringido a, tipos de suelos, sistemas de labranzas y rotaciones. En fin, a ecosistemas o agroecosistemas específicos, ya que como de estos trabajos de investigación se deduce, los efectos ante los distintos sistemas de manejo del suelo, no siempre suelen ser equivalentemente extensivos a todos los casos.

Es así que, continuando con trabajos antecedentes sobre estos indicadores físicos, Grant y Lafond (1993) no hallaron diferencias en la densificación del suelo cuando compararon sistemas de labranza conservacionista y convencional.

Otros autores encontraron valores mayores en los primeros centímetros de suelo con SD y labranza mínima (LM) que en LC (Taboada et al. 1998; Vidal y Costa, 1998).

Elissondo et al. (2001) observaron que la introducción de labranza vertical (LV) con 3 años de SD no producía deterioro de las condiciones físicas. La densidad aparente era mayor en SD que en LV, pero con valores inferiores a los niveles críticos.

Similares situaciones en densidad aparente y resistencia mecánica de 0-7 cm se hallaron en un Arguidol Ácuico de Corrientes al comparar SD con labranzas convencional y reducida (Rey Montoya et al., 2017).

Cabria y Culot (2001) mostraron que 17 años de cultivo continuo (trigo-soja-girasol) bajo labranza convencional en Udoles del sudeste bonaerense, provocaban aumento de la densidad aparente y disminución de la MO.

Roldán et al (2014) evaluando la estabilidad de los agregados en el Sudeste Bonaerense bajo dos sistemas de labranza, hallaron incrementos en superficie con SD respecto a la LC.

En cambio, en la pampa semiárida, con SD, desmejoró la condición física del suelo con incrementos de la densidad aparente, incrementos de la resistencia mecánica a la penetración, disminuciones de la porosidad total, disminuciones del volumen de macroporos, y sin aumentos del carbono orgánico en el mediano a largo plazo respecto de LR (Schmidt & Amiotti, 2015).

En general, como hasta aquí se ha referenciado, la mayoría de los trabajos sobre SD en la Argentina han sido realizados en la Región Pampeana (Crespo et al., 2001; González et al., 2003; Fabrizio et al., 2003; Ferraro et al., 2003; Díaz Zorita et al., 2004) y hay escasas las referencias en la zona nordeste.

Siendo uno de los escasos ensayos realizados en la región nordeste, existe información sobre ensayos de larga duración de labranzas y rotaciones; con labranza convencional, reducida y SD en la EEA INTA Corrientes, donde los mayores efectos en las propiedades físicas fueron más evidentes con los diferentes sistemas de labranzas que por las rotaciones y el uso de cultivos de cubierta de avena. La SD mantuvo los rendimientos afectando poco las condiciones superficiales. Durante tres ciclos la SD mejoró la biomasa producida y la cobertura de los cultivos protegiendo de esta manera la superficie del suelo, y consecuentemente mejoró la infiltración básica. Hubo un incremento progresivo de la densidad aparente bajo SD, pero sin afectar el rendimiento de los cultivos. Los resultados indicaron que la SD puede ser usada como alternativa al manejo tradicional en suelos de régimen hipertérmico (Paredes, 2013).

Posteriormente en continuación sobre el ensayo, Dalurzo et al., (2016) procesando los datos con análisis multivariados identificaron las variables de mayor peso, entre otros, la cobertura vegetal y la biomasa que con su función de protección al suelo influyeron en la estabilidad de agregados indicando la importancia de la misma entre las variables edáficas, seguidas por la resistencia mecánica y la densidad aparente.

Asimismo, Rey Montoya et al., (2017) en citado ensayo de labranzas y rotaciones, hallaron que los atributos que podrían indicar calidad de suelo serían: La resistencia mecánica a la penetración que disminuyó por el laboreo del suelo en superficie, con LC y LR, y las mejores condiciones presentó la SD en profundidad. La estabilidad de los agregados y la infiltración básica presentaron los mayores valores en SD. Las prácticas que favorecieron la estabilidad de los agregados colaboraron a una mayor infiltración del agua e implicaría una menor escorrentía y erosión hídrica, por lo cual la SD presentó las variaciones más favorables para mantener la calidad del suelo.

Entre los parámetros físicos referenciados se adiciona la conductividad hidráulica y la densificación del suelo, objeto de análisis en esta pasantía, que constituyen parámetros que brindan información acerca de la de la calidad de suelo, ante la aplicación de manejos contrastantes.

Las situaciones de manejos contrastantes, evaluadas en este ensayo se corresponden a situaciones a las cuales se han sometido los suelos en nuestro país.

Al tratarse de un sistema complejo, la calidad del suelo es dinámica, respondiendo ante las distintas prácticas que ante él se presente, de acuerdo a su capacidad de resiliencia, que se define como la habilidad del suelo para recuperarse después de un estrés (Seybold et al., 1999).

Es por esto que comprender, como se compone, las interacciones, los ciclos, en fin, su funcionamiento contribuirá a preservarlo y garantizar la sustentabilidad del suelo, que es un recurso no renovable e imprescindible.

De lo anterior, surge la importancia de relevar parámetros que sirvan como indicadores de la calidad del suelo. En este trabajo se consideran dos parámetros indicadores; conductividad hidráulica y la densidad aparente, que analizados aisladamente y asimismo su interacción, ofrecen información acerca de la calidad del suelo y su evolución ante los distintos sistemas de labranzas aplicados dentro de un agroecosistema.

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g cm^{-3} o Mg m^{-3}). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. La densidad aparente varía con la textura del suelo y contenidos elevados de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes (Taboada & Alvarez, 2008).

La conductividad hidráulica es definida como la habilidad que posee un suelo para transmitir el agua (Klute y Dirksen, 1986). Cuantifica la capacidad del material de conducir el agua. La conductividad hidráulica saturada (K_{ws}) es la propiedad que determina el movimiento de agua en el suelo bajo condiciones de saturación. Es uno de los términos de la ley de Darcy: $Q = K.A.i$, donde Q es el caudal (volumen), K es la conductividad hidráulica del material, A es el área a través del cual se mueve el fluido por unidad de tiempo, e i es el gradiente de presión (Δ potencial / Δ distancia); (Amoozegar y Warrick, 1986; Bouma y otros, 1982).

Esta propiedad depende de la textura (Radcliffe y Rasmussen, 1999), la estructura (Ellies et al., 1997), de aspectos geométricos del sistema poroso, tales como la porosidad total, la distribución, el tamaño de los poros, la tortuosidad e interconexión de estos, y de las características de los fluidos que circulan en el suelo, como la densidad y viscosidad (Hillel, 1998). En fase saturada la conductividad hidráulica (K_{ws}) de un suelo describe la funcionalidad de su sistema poroso, englobando las propiedades, cantidad, tamaño, morfología, continuidad y orientación de los poros. Debido a que la K_{ws} depende en gran medida de la forma y continuidad del sistema poroso, varía fuertemente de un sitio a otro, y difiere también para las distintas orientaciones del suelo (Sch et al., 1997).

La K_{ws} es más dependiente de la estructura que de la textura del suelo, porque es más afectada por el sistema poroso secundario que por el primario. Incluso, debido al importante efecto tamaño de los poros, la variabilidad de ella en sitios cercanos puede alcanzar cifras de magnitud. Al incrementar el grado de agregación de un suelo la distribución de la K_{ws} suele ser cada vez más asimétrica. El efecto de la estructura, y en especial el de los poros gruesos, hacen posible que un suelo arcilloso puede exhibir valores de K_{ws} similares a los de uno de suelo arenoso (Hartge y Horn, 1991).

Dado que la K_{ws} es afectada por el sistema poroso secundario, es un parámetro altamente dependiente de la estructura del suelo (Ellies et al., 1997), de tal forma que permite determinar la funcionalidad del sistema poroso (Dörner y Horn, 2006; Dörner y Dec, 2007).

Al depender de la estructura del suelo, por lo tanto, la estimación a través de métodos de laboratorio sólo será representativa cuando se puedan extraer muestras inalteradas

del campo. Si una muestra es manipulada en el laboratorio, el valor obtenido no tiene representatividad alguna respecto al valor del terreno (García-Sinovas et al., 2002).

Si se considera, además, relacionar la conductividad hidráulica vertical y horizontal en función de la distribución de poros. Dörner y Horn (2006) y Reszkowska et al. (2011) describieron un comportamiento inverso de esta propiedad, donde la Kws horizontal es mayor que la Kws vertical, asociado a la compactación provocada por un piso de arado y el pisoteo animal, que inducen la formación de estructuras laminares, cuya sección porosa horizontal es mayor a la vertical.

Dado que con los distintos usos y manejos del suelo se modifica la estructura (Ellies et al, 1990). Paralelo a ello, debería cambiar también la Kws. La magnitud de estos cambios estructurales ocasionados por el manejo, dependen de la oportunidad y frecuencia de las operaciones de labranza superficiales y subsuperficiales del suelo y, también del efecto compactante producido por el tráfico y tránsito de la maquinaria agrícola o de animales (Hartge y Ellies, 1990).

En tiempos recientes se ha puesto en mayor valor la importancia de la sustentabilidad del recurso suelo, es entonces necesario el relevamiento de estos parámetros, tal es así que con la disponibilidad de nuevos recursos tecnológicos, trabajos de investigación contemporáneos describen cambios físicos en la conductividad hidráulica a partir de imágenes 3D generadas a partir de tomografía asistida por computadora sobre muestras inalteradas saturadas con agua, en las cuales las modificaciones estructurales se advierten con mayor énfasis.

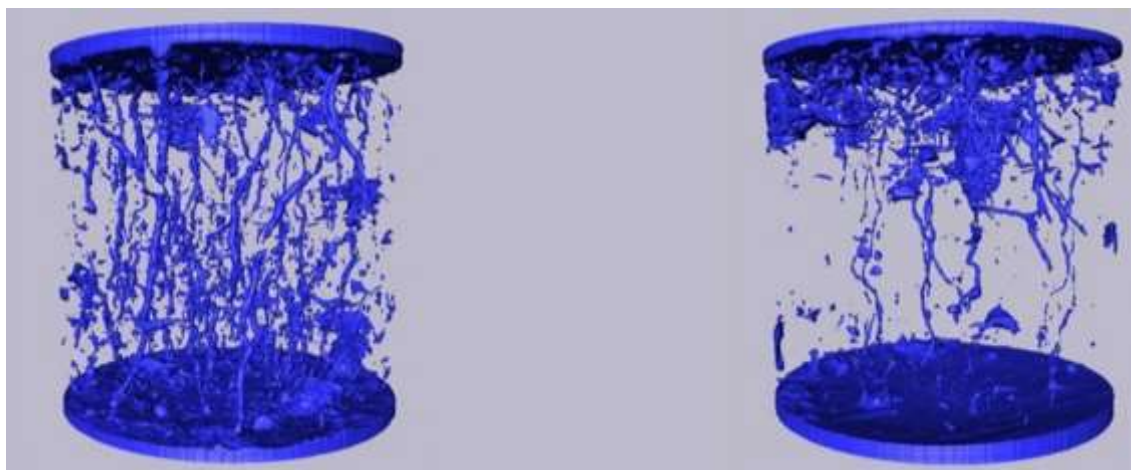


Imagen 1. Imágenes digitalizadas creadas a partir de tomografía asistida por computadora (TC) de un suelo franco en Skåne, Suecia (Wildenschild et al. 2015). Comparación entre el manejo estándar (izquierda) y el tráfico cuatro veces realizado por un recolector pesado de remolacha azucarera catorce años antes del muestreo (derecha); Proyecto POSEIDON.

La conductividad hidráulica y densidad aparente sirven como indicador de la caracterización funcional del sistema poroso del suelo, permitiendo entender los procesos de transporte de agua y/o aire, lo que también constituye una herramienta para evaluar la calidad física del suelo.

Por lo expuesto, este trabajo, evalúa la calidad del suelo, ante la influencia de manejos contrastantes, que constan de tres sistemas de labranzas. Utilizando para ello parámetros indicadores validados, como lo son la conductividad hidráulica determinada tanto en muestras alteras e inalteradas y la densificación evaluada por la densidad aparente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Adquirir experiencia profesional en la determinación de conductividad hidráulica a flujo saturado y densidad aparente como indicadores físicos de suelos resultantes de diferentes prácticas de manejo como ser distintos sistemas de labranzas y rotaciones que pueden incidir en dichos comportamientos y funcionamiento del suelo.



Foto 1. Cilindros de Muestreo - Percolador Kw Inalterada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar muestreos de suelo a 2 profundidades, obteniendo muestras alteradas e inalteradas. Estas últimas en dirección vertical y horizontal.

Determinar conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras alteradas e inalteradas.

Determinar densidad aparente en muestras inalteradas según el método del cilindro.

Realizar una práctica de adiestramiento en analizar datos mediante hojas de cálculo electrónicas y software estadístico, para hallar valores medios, tendencias, diferencias y relaciones entre factores.



Foto 2. Muestra inalterada de suelo - Kw Inalterada.

LUGAR DE TRABAJO:

Se empleó un ensayo instalado en la E.E.A. INTA Corrientes: donde se extrajeron las muestras para evaluar los diferentes tipos de labranzas. Las determinaciones analíticas del suelo para determinar su respuesta a la aplicación de prácticas contrastantes, se realizaron en la Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos de la FCA - UNNE.



Foto 3. Parcelas de ensayo. Izq a Der: Pasto Cambá, Maíz LC, Maíz SD.

Para el presente trabajo se recurrió a un ensayo instalado en la EEA INTA de Corrientes donde se realizó un muestreo de 48 parcelas, en dos profundidades (0-7 y 7-20 cm) evaluando conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras alteradas e inalteradas, estas últimas en dirección horizontal y vertical por cada profundidad.

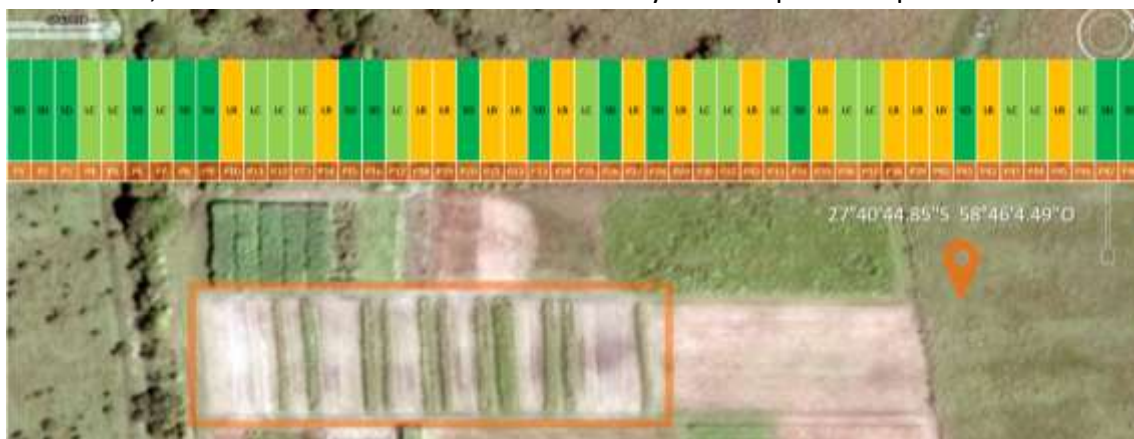


Imagen 2. Imagen satelital, 48 parcelas experimentales Ref.: SD•LC•LR

El suelo representativo del área del ensayo pertenece a la Serie Treviño clasificado como Argiudol ácuico (Escobar et al., 1996).

Horizonte	Profundidad (cm)	Granulometría					pH	Ca	Mg	K	Na	H*	T**	S/T***	PSI****
		MO	Arcilla	Limo	Arena										
					Fina	Gruesa									
		%					Cmol _c Kg ⁻¹					%			
A ₁₁	00 – 17	1,7	11,6	21,5	64,7	2,2	5,6	3,5	2,9	0,1	0,3	1,0	6,8	100	3,8
A ₁₂	17 – 30	1,1	13,7	21,4	63,1	1,8	5,8	5,7	2,4	0,1	0,4	1,0	7,3	100	4,1
BA _t	30 – 39	1,2	20,0	22,3	55,4	2,3	6,0	8,9	2,9	0,1	0,5	2,6	13,9	89	3,3
Bt ₁₁	39 – 66	0,9	32,6	16,1	49,6	1,7	6,3	13,9	3,9	0,2	0,8	3,2	20,2	93	3,6
Bt ₁₂	66 – 87	0,7	32,9	16,6	48,4	2,1	7,0	14,6	4,0	0,3	0,7	1,4	20,8	94	3,3
Bt _k	87 – >>	0,3	30,5	16,6	51,4	1,5	7,4	14,2	4,1	0,3	0,7	1,5	18,6	100	3,3

* H= Acidez intercambiable.

** T= Capacidad de intercambio catiónico, suma de S y H.

*** S/T= porcentaje de saturación de bases, cociente entre bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico x 100. S=bases intercambiables, suma del calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables.

**** PSI=porcentaje de sodio intercambiable, cociente entre el sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico x 100.

Son suelos moderadamente bien drenados, con escurrimiento medio a lento y permeabilidad moderadamente lenta a moderada, encharcables por cortos períodos. Presenta un horizonte superficial mólico de 40 cm de espesor, que incluye un BAT; franco arenoso, color pardo grisáceo muy oscuro y reacción débilmente ácida. El horizonte argílico (Bt), franco arcillo arenoso, fuertemente estructurado es de color negro y reacción neutra. Los moteados y concreciones de hierro-manganeso comienzan a los 17 cm y la profundidad efectiva es de 65 cm. Son suelos moderadamente fértiles, con valores intermedios en bases de cambio, especialmente en el Bt y de materia orgánica en el epipedón, con pobres contenidos en fósforo (Escobar et al., 1996).

El régimen de temperatura de suelos para toda la provincia se clasifica como hipertérmico por poseer una temperatura media anual, medida a 50 cm de profundidad, superior a 22°C y una amplitud térmica anual mayor que 5°C (Escobar et al., 1996). En general, en estos suelos el agua se elimina en forma relativamente lenta, presentando excesos de agua por un tiempo y, como su drenaje es algo impedido, puede presentar limitaciones temporales. Por otra parte, al poseer un horizonte subsuperficial de permeabilidad menor que la del superior y precipitaciones predisponentes (intensidad, duración y frecuencia), son suelos susceptibles a la erosión hídrica.

Para la determinación de la conductividad hidráulica. Experimentalmente, se ha establecido que, generalmente, el flujo de un fluido en un medio poroso, puede describirse por la Ley de Darcy.

A partir de un trabajo sobre el flujo del agua a través de un lecho filtrante de arena, un caso particular del fenómeno, se generalizó posteriormente; sin embargo, las formas más generalizadas aún se conocen como Ley de Darcy.

Como fuera formulada originalmente la ley:

$$Q = k \cdot S \cdot \left(\frac{H + e}{e} \right)$$

Donde:

Q = es el volumen de agua que fluye por unidad de tiempo

S = es el área del material filtrante

e = es el espesor del material filtrante

H = es la altura sobre la parte superior del lecho

k = es el coeficiente que depende de la naturaleza de la arena, cuando trabajamos bajo condiciones de presión atmosférica.

Determinación de la conductividad hidráulica: Método de Henin.



Foto 4. Percolador de vidrio, con base cargada de gravilla.

1. Materiales.

- a. Tubos de vidrio de aproximadamente 32 mm de diámetro y 160 mm de altura, con un reborde en uno de los extremos para la colocación de una malla filtrante de 0,5 mm, aproximadamente.
- b. Vasos de precipitados de 250 ml.
- c. Gravilla cuyo diámetro no sea inferior a 3 mm (este material se considera de permeabilidad infinita).
- d. Probetas graduadas de 500; 100; 50 y 10 ml.

2. Procedimiento.

Tomar 50 g de suelo seco al aire, homogeneizado y tamizado cuidadosamente, de modo que no se destruyan los agregados inferiores a 2 mm.

Para evitar la obstrucción de la malla filtrante, dentro del tubo se coloca 20 mm de gravilla lavada y conservada en agua para asegurarle buena mojabilidad.

Poner los tubos dentro de vasos de precipitado de 250 ml y agregar agua destilada hasta un nivel por encima de 20 mm de la superficie de la gravilla, la cual debe estar enrasada a nivel de aforo.

Introducir progresivamente 10 g bien pesados de la muestra de suelo, de manera que las partículas caigan en medio del tubo. Al finalizar, rotar rápidamente el tubo alrededor de su eje para igualar la superficie de la columna de suelo, estando el tubo sumergido en agua.

Se agregan 20 mm de agua en el tubo por encima de la superficie del suelo y se iguala dicha superficie por una rotación después de mantener puesto el agua en la cavidad al mismo nivel.

Introducir entonces una segunda fracción de 10 g. Repetir la operación hasta que se agote la muestra, de la siguiente manera:

- a. Los gramos de suelo deben caer siempre en un exceso de agua. En casos de suelos muy poco densos (ricos en materia orgánica), es necesario introducir la muestra en más de 5 veces.

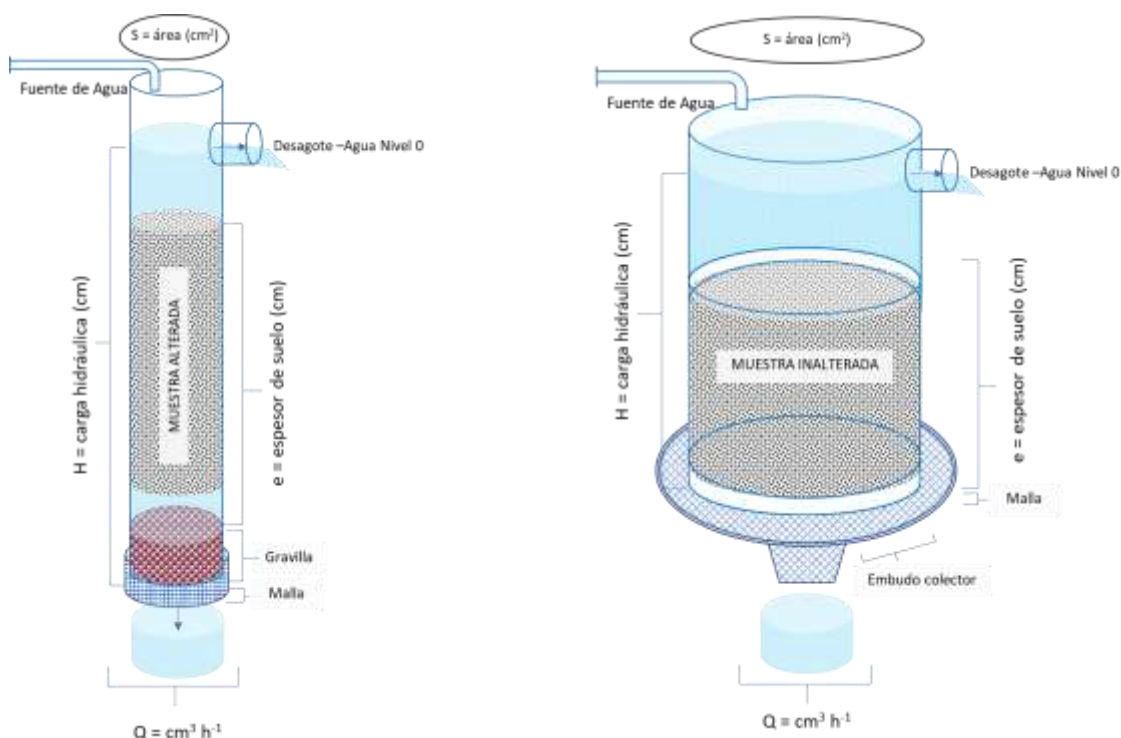
- b. Del mismo modo, ciertos suelos muy orgánicos, a la vez poco densos y poco mojables, tienen tendencia a flotar en la superficie del agua. Se espera entonces un momento y se introduce el suelo muy lentamente y en pequeñas fracciones.
- c. Una vez cargados con suelo, los tubos se montan a un mecanismo de soporte, en cuya parte superior un conducto aportará un flujo de agua al tubo, y en la parte inferior del mecanismo, un vaso de precipitado recolectará el volumen de agua filtrado.
- d. Una vez realizado la sujeción del mecanismo, se procede a abrir la fuente de agua. El agua ingresa en el tubo de la muestra y en un breve tiempo, de acuerdo a la velocidad de ingreso y egreso del tubo; el nivel de agua alcanza una posición estable en la parte superior, es decir se establece la carga hidráulica, correspondiendo al tiempo cero (0). El agua de percolación recogida durante los primeros 5 minutos se elimina, y luego se mide el volumen recogido durante una hora.

3. Resultados.

Para determinar la conductividad hidráulica K (cm h^{-1}) se aplicó la última fórmula a partir de los parámetros establecidos por la ley de Darcy.

$$Q (\text{cm}^3 \text{ h}^{-1}) = k (\text{cm h}^{-1}) \cdot S (\text{cm}^2) \cdot \left(\frac{H (\text{cm}) + e (\text{cm})}{e (\text{cm})} \right) \Rightarrow k (\text{cm h}^{-1}) = \frac{e (\text{cm}) \cdot Q (\text{cm}^3 \text{ h}^{-1})}{H (\text{cm}) \cdot S (\text{cm}^2)}$$

Diagrama de percoladores de carga constante, utilizado en el laboratorio de Manejo y Conservación de Suelos, para las determinaciones.



Donde:

k = se expresa en cm hora^{-1}

e = es la altura, en cm, de la columna de suelo (descontado los 2 cm de gravilla).

Q = (caudal) es el volumen en cm^3 , recogidos durante la hora de percolación.

H = es la altura, en cm, en el tubo entre la malla filtrante (límite inferior de la columna de agua) y la superficie libre del agua.

S = es el área interior del tubo, en cm^2 .



Foto 5. Percoladores para la determinación de Conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras alteradas.



Foto 6. Percoladores para la determinación de Conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras inalteradas.

Tabla 1. Clasificación de la conductividad hidráulica en clases según la velocidad expresada en cm h^{-1} (Porta et al, 2005).

CLASES	Conductividad hidráulica (cm h^{-1})
Rápida	$> 12,5$
Moderadamente rápida	6,25 a 12,5
Moderada	2,0 a 6,25
Moderadamente lenta	0,5 a 2,0
Lenta	0,125 a 0,5
Muy lenta	$< 0,125$

DESCRIPCIÓN DE TAREAS DESARROLLADAS

El ensayo instalado sobre el cual se trabajó, consistió en un diseño y tratamientos en parcelas completamente aleatorizadas (DCA) con cuatro repeticiones y arreglo factorial (3x4). Los factores son: a) Sistemas de labranza, con tres niveles: labranza convencional (LC), labranza reducida (LR) y siembra directa (SD); y b) Rotación de cultivos, con cuatro niveles que corresponden a combinaciones de cultivos tradicionales de pequeños productores.

El tratamiento LC, consiste en la preparación del suelo, preparando el suelo previo a la siembra de los mismos con remoción e incorporación de rastrojos por métodos mecánicos, para ello se utilizó una rastra de disco de tiro excéntrico, realizando de tres o más pasadas del implemento si fue necesario y además una rastra de dientes para la terminación de la preparación de la cama de siembra.

La LR radica en la remoción del suelo con menor número de pasadas de herramientas efectuado una semincorporación de los rastrojos del cultivo antecesor dejando parte en superficie mediante dos labranzas con rastra de discos.

El tratamiento SD consiste en la siembra sobre el suelo sin labrar, dejando los rastrojos del cultivo antecesor en la superficie.

El cultivo de renta considerado fue maíz (*Zea mays*) , y como cultivo de cobertura avena negra (*Avena strigosa*), Caupí (*Vigna unguiculata*), pasto Cambá (*Paspalum atratum*)

Muestreos y determinaciones. Se tomaron en cada parcela, dos muestras compuestas de suelo a dos profundidades: 0-7 y de 7-20 cm en 48 parcelas del ensayo. (Un total de 192 muestras).



Foto 7. Laboratorio de Manejo y Conservación de Suelos. Mesadas de trabajo; Muestras simples; Percoladores de Kw-Alterada.

Tareas de laboratorio. En el laboratorio las muestras de suelo fueron acondicionadas (secadas al aire, molidas y tamizadas) para ser sometidas posteriormente a la determinación de Conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras alteradas correspondiente a dos niveles de profundidad 0-7 y de 7-20 cm según el método de carga hidrostática constante (Klute & Dirksen, 1986).



Foto 8. Percoladores, determinación de Kw Alterada

Además, se tomaron muestras inalteradas de suelos a campo con cilindros en las dos profundidades citadas y en dos posiciones: verticales y horizontales. Para este trabajo laborioso por el tiempo requerido para su extracción, por la profundidad a extraer las muestras y por los cuidados para su transporte al laboratorio, fueron envueltas con un film para tallarlas cuidadosamente en gabinete y determinar la conductividad hidráulica a flujo saturado (Klute & Dirksen, 1986) en dichos cilindros manteniendo las condiciones en que fueron extraídas en el campo.



Foto 9. Muestra inalterada. Densidad aparente, pesaje de muestra.

Una vez finalizada la determinación de conductividad hidráulica, las muestras de suelo se llevaron a estufa a 105°C por 24 hs para determinar la densidad aparente (Pla, 1983).

Estos análisis de conductividad hidráulica a flujo saturado en condiciones inalteradas se realizaron en 104 muestras, para ser comparados con el método de muestras alteradas

Análisis de los resultados. Se realizó un análisis de la varianza para evaluar el efecto de la labranza y la rotación sobre cada una de las variables de conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras alteradas. Para evaluar la comparación de métodos de conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras en condiciones alteradas e inalteradas se aplicó un análisis de "t" de dos muestras independientes.

RESULTADOS

❖ Conductividad Hidráulica En Muestras Alteradas



Foto 10. Equipo de percoladores de vidrio, montados a sus soportes, para la determinación de la Conductividad hidráulica a flujo saturado (K_w) en muestras de suelos alterados.

Se realizó un análisis de la varianza para evaluar el efecto de los factores sistema de labranza y rotación, sobre la variable conductividad hidráulica en muestras alteradas.

Tabla 2. K_w Análisis de la Varianza – Medias por factor

Conductividad hidráulica cm h^{-1} (K_w) – Muestras Alteradas.			
Factor		pA 0-7 cm	pB 7-20 cm
Sistema de Labranza	Labranza Reducida (LR)	5,26	4,43
	Labranza Convencional (LC)	6,13	5,71
	Siembra Directa (SD)	7,27	6,23
	"F"	3,76 *	4,18 *
Coeficiente de variación (Cv)		47,02	46,24
Número de observaciones (n)		96	96
Rotación	Pasto Cambá	5,86	4,93
	Maíz-Descanso	5,71	5,15
	Maíz-Avena-Caupí	5,92	5,46
	Maíz-Avena	7,38	6,28
	"F"	1,78 ns	1,37 ns
Coeficiente de variación (Cv)		47,02	46,24
Número de observaciones (n)		96	96

ns: no significativo. * significativo.

A través del ANOVA se determinó que los factores sistema de labranza en los niveles de profundidad A(0-7 cm) y B(7-20 cm) son causales de una variación en la conductividad hidráulica (K_w) determinada en muestras alteradas. En general los valores determinados se corresponden a rangos de conductividad moderados (Porta et al, 2005).

Considerando los valores medios exhibidos en la tabla 2, se observó que los valores medios determinados para la profundidad 0-7 cm, fueron mayores relativamente a la profundidad de 7-20 cm para todos los niveles de cada factor evaluado.

Entre los sistemas de labranza, se halló valores decrecientes de K_w en el siguiente orden, desde siembra directa, labranza convencional a labranza reducida con un menor

valor ($\neq 38,21\%$), advirtiéndose que entre estos extremos tratamientos (SD y LR) la diferencia de conductividad se mantiene tanto en lo determinado en el nivel de profundidad A (0–7 cm) como en el nivel B (7–20 cm) donde se repitió en proporciones similares el mismo comportamiento decreciente de valores.

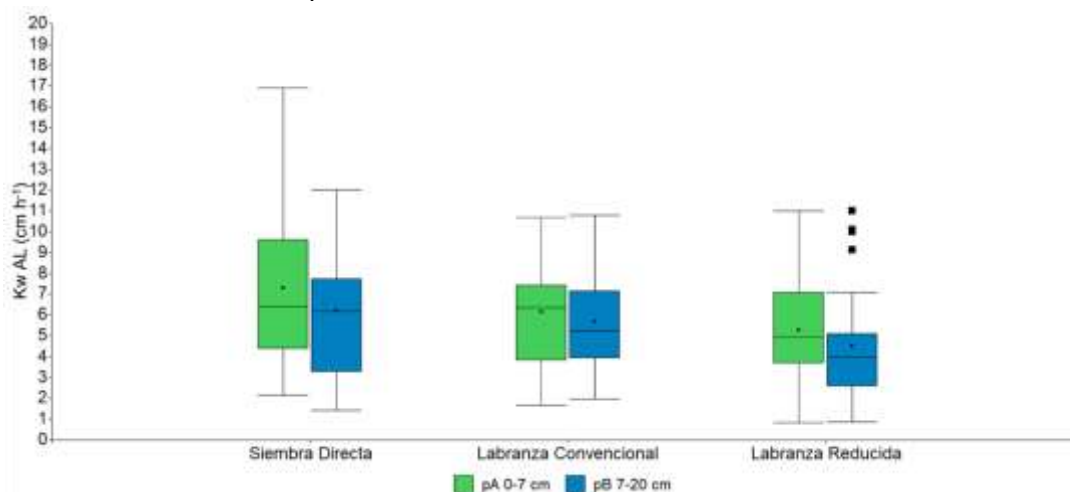


Figura 1. Boxplot. Valores medios de Kw ALT por sistemas de labranza, particionado por profundidad de muestreo.

El mayor valor de conductividad hidráulica del sistema de siembra directa en comparación con el sistema de labranza reducida, podría explicarse en parte por los contenidos de MO significativamente mayores obtenidos en SD (2,27%) con respecto a LR (1,97%) y LC (1,92%), datos no presentados en el presente trabajo. El mayor contenido de materia orgánica debido a la menor perturbación del suelo que recibe este tratamiento conservacionista, se traduce en mayores residuos orgánicos que colaboran a la estabilidad de microagregados de la estructura del suelo.

El factor rotación para ambos niveles de profundidad, mediante los valores medios expuestos en la tabla 2, se observó que presentó mayores valores de conductividad hidráulica en aquellas rotaciones más intensivas con dos y tres cultivos por año.

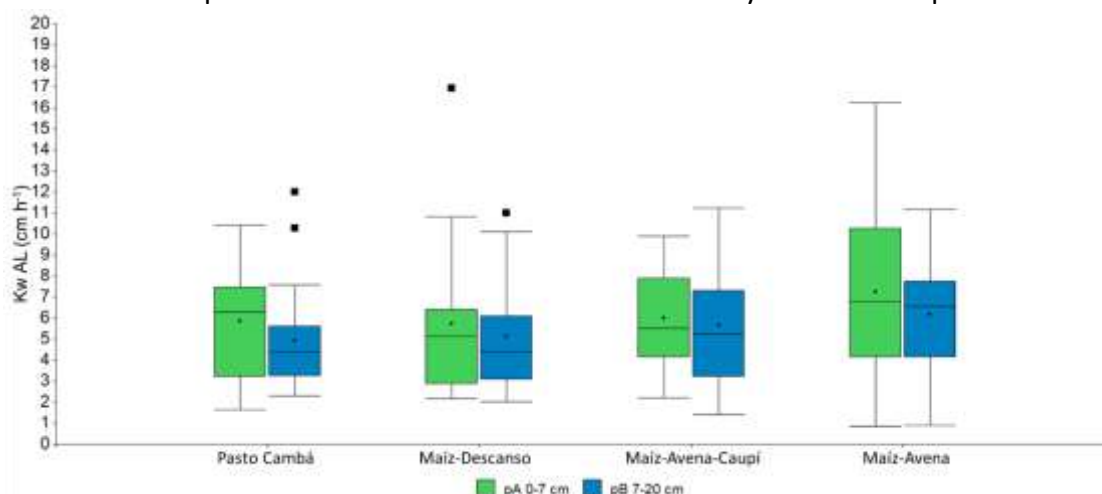


Figura 2. Boxplot. Valores medios de Kw ALT por de rotación, particionado por profundidad de muestreo.

Presentando específicamente valores medios crecientes de conductividad hidráulica las rotaciones en el siguiente orden, desde pasto cambá, maíz-descanso, maíz-avena-caupí, a maíz-avena. Estos últimos con los mayores valores promedios de Kw ALT para ambas profundidades.

❖ Conductividad Hidráulica En Muestras Inalteradas

Se realizó un análisis de la varianza para evaluar el efecto de los factores: sistema de labranza, rotación, profundidad y dirección de muestreo, sobre la variable conductividad hidráulica determinada en muestras inalteradas.

Tabla 3. Análisis de la varianza de la conductividad hidráulica determinada en muestras inalteradas.

Análisis de la varianza	Variable Kw. M.Inalterada	N 104	R2 0,19	R2 Aj 0,13	CV 80,21
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	180,63	7	25,8	3,12	0,0051
Sistema de Labranza	3,23	2	1,61	0,20	0,8228
Rotación	4,95	3	1,65	0,20	0,8964
Profundidad	123,92	1	123,92	15,00	0,0002
Dirección	48,54	1	48,54	5,88	0,0172
Error	792,85	96	8,26		
Total	973,48	103			

El análisis de la varianza arrojó una diferencia significativa para los factores profundidad y dirección de muestreo (Tabla 3). Se estableció una mayor conductividad hidráulica de la profundidad A (0-7 cm) con respecto de la profundidad B (7-20 cm) y una mayor Kw de la dirección de muestreo horizontal sobre la dirección vertical significativa al nivel de 0,0172.

La conductividad hidráulica (KwINA) presentó diferencias significativas entre muestras tomadas a diferentes profundidades ($p < 0,0002$) (tabla 5) lo cual justifica la discriminación entre ambos espesores de suelo y también se lograron diferencias entre las muestras tomadas con los cilindros en sentido vertical con menores valores respecto a los muestreados en sentido horizontal ($p < 0,0172$) (tabla 5) lo cual indica que el mayor flujo de agua en dicha situación señalaría un flujo preferencial en dicho sentido con predominio flujo subsuperficial lateral ante el movimiento vertical y reveló la utilidad de dicho parámetro para discriminar y definir el funcionamiento del suelo.

Tabla 4. Valores medios por factor Conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras inalteradas (KwINA).

Conductividad hidráulica cm h^{-1} (Kw) – Muestras Inalteradas. Media por nivel de factores.			
Factor			
		pA 0-7 cm	pB 7-20 cm
Sistema de Labranza (DH) Dirección de muestra horizontal	Labranza Convencional (LC)	6,12	3,29
	Labranza Reducida (LR)	4,46	3,17
	Siembra Directa (SD)	5,88	2,09
Sistema de Labranza (DV) Dirección de muestra vertical	Labranza Convencional (LC)	4,32	1,40
	Labranza Reducida (LR)	4,18	3,72
	Siembra Directa (SD)	3,10	2,11
Rotación (DH) Dirección de muestra horizontal	Pasto Cambá	7,02	2,65
	Maíz-Descanso	6,65	2,54
	Maíz-Avena-Caupí	4,73	3,35
	Maíz-Avena	5,96	2,91
Rotación (DV) Dirección de muestra vertical	Pasto Cambá	3,90	1,54
	Maíz-Descanso	4,17	2,75
	Maíz-Avena-Caupí	3,19	2,17
	Maíz-Avena	4,34	1,74
Profundidad A: Dirección	Profundidad 0-7 cm	D-Vertical	3,86
		D-Horizontal	5,78
Profundidad B: Dirección	Profundidad 7-20 cm	D-Vertical	2,12
		D-Horizontal	2,93

Tabla 5. Análisis de la Varianza, Kw muestras inalteradas – Medias por factor

Conductividad hidráulica cm h^{-1} (Kw) – ANOVA Muestras Inalteradas. Media por nivel de factores			
Factor			
Profundidad	pA 0-07 cm		4,81
	pB 7-20 cm		2,58
Dirección	Vertical		3,02
	Horizontal		4,34
"F"	Dirección	5,88	*
	Profundidad	15,00	*

Coefficiente de variación (Cv)	80,21
Número de observaciones (n)	104

ns: no significativo. * significativo



Foto 11. Cilindro, muestras inalteradas. Determinación de Kw en muestras Inalteradas

Para determinar el comportamiento de la kw entre los niveles de los factores profundidad y dirección de muestreo se efectuó una prueba bilateral t-student de muestras independientes, a fin de establecer específicamente si existieron diferencias significativas de Kw entre los tipos muestras inalteradas.

Tabla 6. Prueba bilateral, t-Student para muestras independientes

Factor	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media 1	Media 2	Media 1 – Media 2	LI(95)	Límite inferior	LS(95)	Límite superior	Varianza 1	Varianza 2	pHomVar p homogeneidad Var	T	Valor del estadístico T	gl grados de libertad	p-valor
Prof*Dire	Kw	pAH	pAV	22	29	5,78	3,86	1,92	0,0530	3,7902	14,05	8,39	0,2008	2,07	49			0,0441	*
Prof*Dire	Kw	pAH	pBH	22	26	5,78	2,93	2,85	0,9222	4,7820	14,05	8,35	0,2133	2,97	46			0,0047	*
Prof*Dire	Kw	pAV	pBV	29	27	3,86	2,12	1,75	0,5188	2,9727	8,39	2,18	0,0009	2,87	43			0,0064	*
Prof*Dire	Kw	pBH	pBV	26	27	2,93	2,12	0,82	-0,4696	2,1001	8,35	2,18	0,0011	1,29	37			0,2066	ns

ns: no significativo. * significativo

Muestras inalteradas referencia: pAH: profundidad A dirección horizontal – pAV: profundidad A dirección vertical – pBH: profundidad B dirección horizontal – pBV: profundidad B dirección vertical

Como se exhibe en la tabla 6, entre las interacciones, se estableció que son significativamente diferentes las conductividades hidráulicas determinadas entre muestras: de las direcciones horizontales y verticales de la profundidad A (0-7 cm) y de las muestras horizontales y verticales respectivamente entre ambas profundidades.

Luego se deduce también por relación directa, que existirían las mismas diferencias, en aspectos geométricos del sistema poroso, tales como la porosidad total, la distribución, el tamaño, la tortuosidad e interconexión entre poros.

La diferencia entre las direcciones de muestreo horizontales y verticales en la profundidad B (7-20 cm) no resultó significativa, lo cual permite inferir que existe mayor anisotropía de la conductividad hidráulica en la profundidad más superficial del suelo, y especialmente mayores valores de kw en dirección horizontal que en la dirección vertical.

Estas diferencias entre las conductividades hidráulicas de los tipos de muestras en general, se hacen extensivas al discriminarlas según el sistema de labranza y de

rotaciones, que mantienen equivalentemente mayores valores de Kw en la profundidad A (0-7 cm) con respecto de B (7-20 cm) y mayores valores de Kw de la dirección de muestreo horizontal respecto de la vertical.

Considerando los valores medios de todas las muestras tomadas para cada sistema de labranza (tabla 4), se observó una tendencia creciente de la conductividad hidráulica desde siembra directa, labranza reducida a labranza convencional.

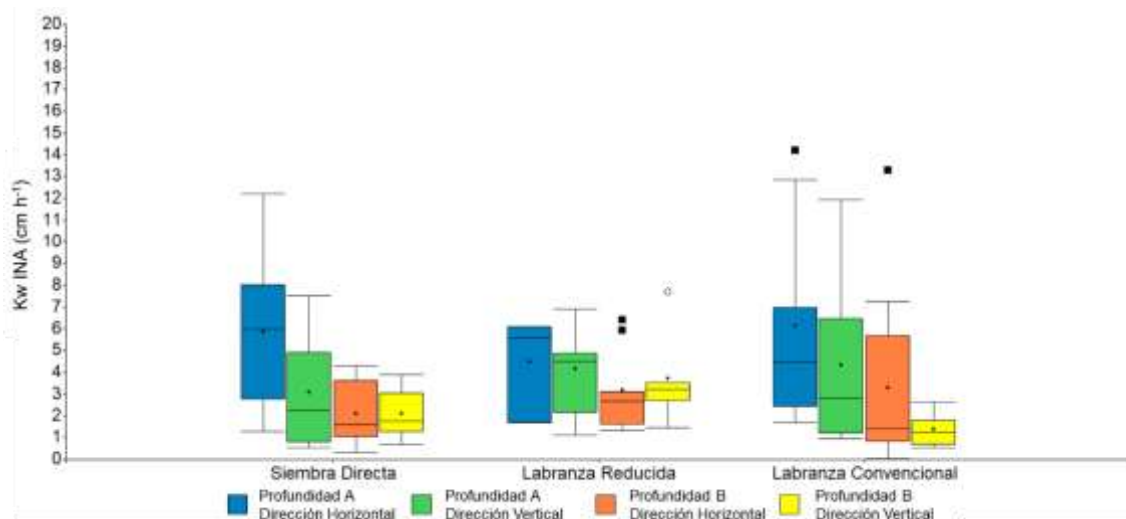


Figura 3. Boxplot, Kw INA, Medias por sistema de labranza particionado por profundidad y dirección de muestreo.

Los valores medios de Kw obtenidos al separarlos por rotaciones (tabla 4) manifestaron el mismo contraste de ser superiores en la primera profundidad evaluada, respecto de la segunda. De igual modo en las muestras superficiales de 0-7 cm la Kw determinada en dirección horizontal presentó mayores valores.

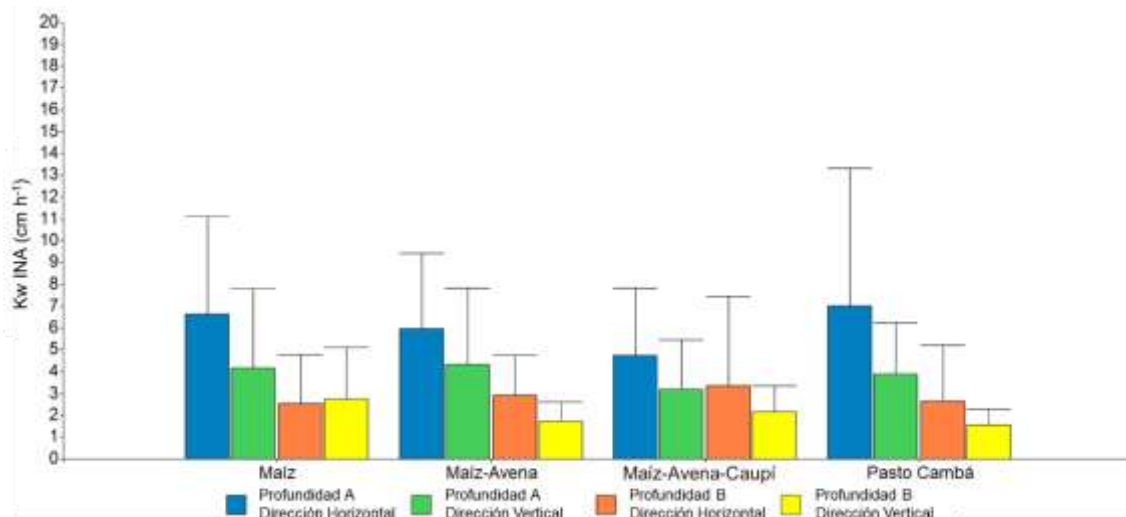


Figura 4. Kw INA, Medias por rotaciones, particionado por profundidad y dirección de muestreo.

Considerando las muestras tomadas para cada rotación, los valores medios generales se acrecentaron desde la rotación maíz-descanso, maíz-avena, maíz-avena-caupí a pasto cambá con el mayor valor promedio de conductividad hidráulica lo cual se estaría relacionado al mayor tiempo en que el suelo estuvo cubierto por un cultivo durante el período de la rotación.

❖ Densificación & Conductividad Hidráulica

Determinaciones de densidad aparente, fueron realizadas post determinación de Kw con las muestras de conductividad hidráulica inalterada, llevando los cilindros a estufa y evaluando finalmente la relación entre la masa del suelo seco a estufa y el volumen del mismo.

Tabla 7. Análisis de la varianza de la densidad aparente.

Densidad aparente $g\ cm^{-3}$ (Da). Valores medios			
Factor			
Sistema de Labranza (DH)	Labranza Convencional (LC)	pA 0-7 cm	pB 7-20 cm
	Labranza Reducida (LR)	1,43	1,57
	Siembra Directa (SD)	1,34	1,52
		1,48	1,64
"F"		2,46 ns	2,58 ns
Coeficiente de variación (Cv)		6,44	5,87
Número de observaciones (n)		23	25
Sistema de Labranza (DV)	Labranza Convencional (LC)	pA 0-7 cm	pB 7-20 cm
	Labranza Reducida (LR)	1,38	1,57
	Siembra Directa (SD)	1,48	1,51
		1,54	1,59
"F"		3,33 ns	0,97 ns
Coeficiente de variación (Cv)		9,39	6,63
Número de observaciones (n)		25	26
Profundidad		1,44	1,57
F			32,69 *
Coeficiente de variación (Cv)			7,22
Número de observaciones (n)			99

ns: no significativo. * significativo.

Los valores de densificación crecen (Tabla 7) en el siguiente orden para los sistemas de labranza, desde labranza reducida, labranza convencional a siembra directa, resultando este último significativamente diferente. La densidad aparente es significativamente menor en la profundidad A (0-7 cm) y aumenta en la profundidad B (7-20 cm).

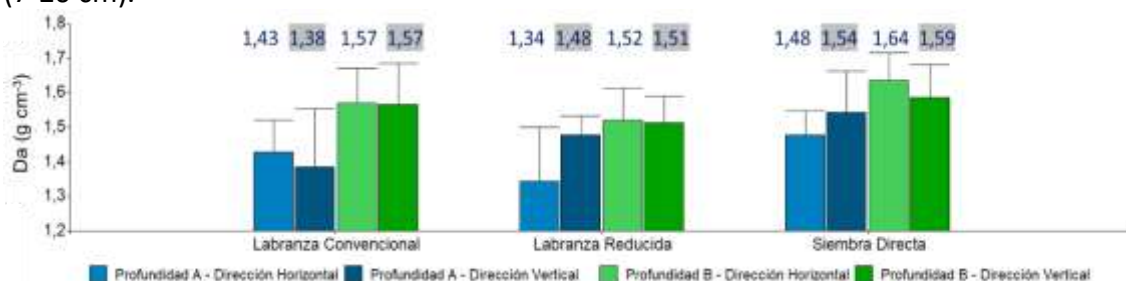


Figura 5. Valores medios de densidad aparente ($g\ cm^{-3}$), para cada profundidad, dirección y sistema de labranza.

Al realizar un gráfico de dispersión se observó que, siendo teóricamente esperable, la densidad aparente y la conductividad hidráulica, manifestaron una relación inversa.

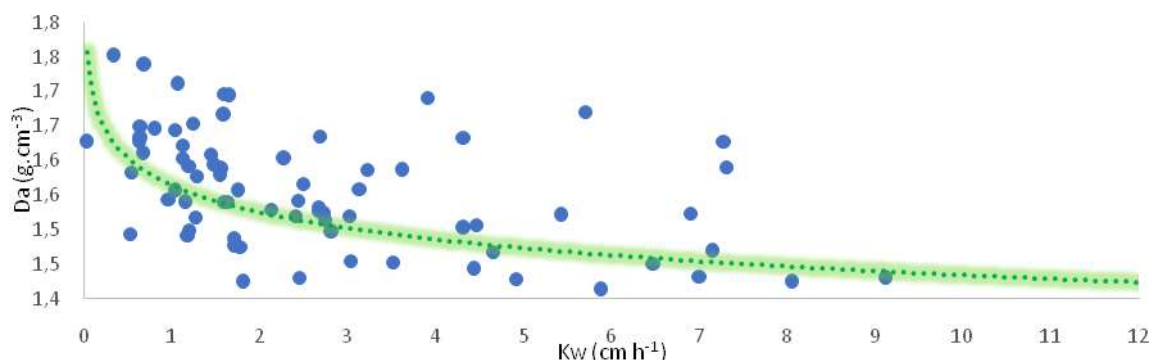


Figura 6. Diagrama de dispersión kw:Da

Esto se explicaría debido a la existencia de mayor contenido de masa de la fracción sólida del suelo para un mismo volumen, lo cual condiciona una menor proporción del

sistema poroso por el cual se transmiten los fluidos y por ende la conductividad hidráulica se verá disminuida.

❖ Análisis Integral de Kw, Muestras Alteradas e Inalteradas

En el presente trabajo se han evaluado dos maneras de determinar la conductividad hidráulica y su relación con la densificación a través de la determinación de la densidad aparente. La conductividad hidráulica en muestras inalteradas, tiene una alta representación de lo que efectivamente ocurre en el suelo ya que conserva el sistema poroso a través del cual fluyen los fluidos (García Sinovas et al.,2002).

Tabla 8. Valores medios de Kw muestras alteradas e inalteradas, segmentados por factores.

Conductividad hidráulica cm h ⁻¹ (Kw) – Muestras Alteradas e Inalteradas, Valores medios por profundidad.			
Factor		pA 0-7 cm	pB 7-20 cm
Siembra Directa	Muestra Inalterada Vertical	3,10	2,11
	Muestra Inalterada Horizontal	5,88	2,09
	Muestra Alterada	7,27	6,23
Labranza Reducida	Muestra Inalterada Vertical	4,18	3,72
	Muestra Inalterada Horizontal	4,46	3,17
	Muestra Alterada	5,28	4,52
Labranza Convencional	Muestra Inalterada Vertical	4,32	1,40
	Muestra Inalterada Horizontal	6,12	3,29
	Muestra Alterada	6,13	5,71
Pasto Cambá	Muestra Inalterada Vertical	3,90	1,54
	Muestra Inalterada Horizontal	7,02	2,65
	Muestra Alterada	5,86	4,93
Maíz-Descanso	Muestra Inalterada Vertical	4,17	2,75
	Muestra Inalterada Horizontal	6,65	2,54
	Muestra Alterada	5,71	5,15
Maíz-Avena	Muestra Inalterada Vertical	4,34	1,74
	Muestra Inalterada Horizontal	5,96	2,91
	Muestra Alterada	7,23	6,18
Maíz-Avena-Caupí	Muestra Inalterada Vertical	3,19	2,17
	Muestra Inalterada Horizontal	4,73	3,35
	Muestra Alterada	6,01	5,64

Se realizó un análisis de la varianza para el conjunto de determinaciones realizadas en muestras alteradas e inalteradas, con el propósito de determinar diferencias significativas entre ambos tipos de muestras, entre las profundidades y direcciones de muestreo.

Tabla 9. Análisis de la varianza Kw muestras alteradas e inalteradas.

Conductividad hidráulica cm h ⁻¹ (Kw) – Muestras Alteradas e Inalteradas, Valores medios por profundidad.			
Factor		0-20 cm	
Sistema de labranza	Labranza Convencional (LC)	4,42	
	Labranza Reducida (LR)	3,77	
	Siembra Directa (SD)	5,01	
Rotación	Pasto Cambá	4,10	
	Maíz-Descanso	4,22	
	Maíz-Avena	5,28	
	Maíz-Avena-Caupí	4,14	
Muestras	INALTERADA – PB 7-20 cm – DIRECCIÓN VERTICAL	1,96	
	INALTERADA – PB 7-20 cm – DIRECCIÓN HORIZONTAL	2,94	
	INALTERADA – PA 0-7 cm – DIRECCIÓN VERTICAL	3,80	
	ALTERADA – PB 7-20 cm	5,47	
	INALTERADA – PA 0-7 cm – DIRECCIÓN HORIZONTAL	5,62	
	ALTERADA – PA 0-7 cm	6,21	
“F”	Sistema de labranza	2,39	ns
	Rotación	1,96	ns
	Muestras	14,14	*
Coeficiente de variación (Cv)		55,45	
Número de observaciones (n)		296	

ns: no significativo. * significativo.

El análisis de la varianza arrojó una diferencia significativa (tabla 9) para el factor muestras, que contempla mencionados niveles de profundidad y dirección de muestreo.

Para realizar la comparación de métodos de conductividad hidráulica a flujo saturado en muestras en condiciones alteradas e inalteradas, con sus respectivos niveles (profundidad y dirección), se efectuó una prueba bilateral t-student de muestras independientes, con la finalidad de establecer específicamente diferencias significativas de Kw entre los tipos muestras.

Tabla 10. Prueba bilateral, t-Student para muestras independientes

Factor	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media 1	Media 2	Media 1 – Media 2	LI(95)	LS(95)	Varianza 1	Varianza 2	pHomVar	T	gl	p-valor
Muestra	Kw	pA	pAH	96	22	6,23	5,78	0,45	-1,04	1,94	9,27	14,05	0,18	0,59	116	0,5548 ns
Muestra	Kw	pA	pAV	96	29	6,23	3,86	2,37	1,10	3,63	9,27	8,39	0,79	3,71	123	0,0003 *
Muestra	Kw	pB	pBH	96	26	5,49	2,93	2,56	1,38	3,73	6,87	8,35	0,49	4,31	120	0,0000 *
Muestra	Kw	pB	pBV	96	27	5,49	2,12	3,37	2,59	4,15	6,87	2,18	0	8,63	79	0,0000 *

ns: no significativo. * significativo.

Muestras alteradas referencia: pA: profundidad A – pB- profundidad B

Muestras inalteradas referencia: pAH: profundidad A dirección horizontal – pAV: profundidad A dirección vertical – pBH profundidad B dirección horizontal – pBV profundidad B dirección vertical

Entre los tipos de muestras, a excepción de las muestras alteradas de la profundidad A (pA) en comparación de las muestras inalteradas horizontales de la profundidad A (pAH) que no resultaron significativamente diferentes. Las demás comparaciones (pA vs pAdV; pB vs pBdH; pB vs pBdV) entre los tipos de muestras alteradas e inalteradas fueron significativamente diferentes, concordando con la diferencia establecida en el ANOVA.

Asimismo, para todos los sistemas de labranza en la profundidad A (0-7 cm) se determinó la particularidad de una mayor Kw determinada en muestras inalteradas horizontales respecto de las inalteradas verticales. La existencia de un flujo mayor en la dimensión horizontal respecto de la vertical se explicaría por la formación de cavidades o conductos en sentido horizontal compatibles con estructuras de tipo laminares, causadas posiblemente por tránsito de maquinarias o agentes biológicos en concordancia con lo hallado por Dörner & Horn (2006) y Reszkowska et al. (2011) que describieron un comportamiento similar asociado a la compactación provocada por un piso de arado y el pisoteo animal, que inducen la formación de estructuras laminares provocando el mayor flujo en la dirección horizontal.

En cuanto al tipo de muestras determinadas, las muestras alteradas manifestaron los mayores valores de conductividad, siempre al igual que las muestras inalteradas conservando en todos los casos el contraste de presentar mayor conductividad en la primera profundidad A (0-7 cm) respecto de la profundidad B (7-20 cm).

Entre las direcciones de muestreo de las muestras inalteradas, los valores medios de conductividad horizontal en ambas profundidades en promedio resultaron superiores las muestras en dirección horizontal respecto de la dirección vertical.

❖ Comentarios generales del trabajo realizado

En esta experiencia se pudo evidenciar que efectivamente la conductividad hidráulica y la densidad aparente son parámetros que cambian ante los distintos factores como los sistemas de labranza y las rotaciones evaluadas, por consiguiente permite definirlos como indicadores de la calidad física del suelo e inferir el estado del sistema de poroso, su evolución ante las distintas prácticas, y calificar como éstas afectan al suelo y de esta manera sopesar las distintas opciones de labranza a realizarse con el propósito de conservar la calidad del recurso suelo.

Para los sistemas de manejo contrastantes se determinó, la relación inversa entre conductividad hidráulica y densificación, evidencia de ello son la correspondencia de valores inferiores de densidad y mayores de conductividad hidráulica para la profundidad de muestreo A (0-7 cm) y lo sucedido en la profundidad B (7-20 cm) donde al incrementarse los valores de densidad aparente se observó que los valores de K_w disminuyeron, lo cual muestra una tendencia inversa entre dichos parámetros.

Haciendo un punto de consideración para el caso de las conductividades hidráulicas determinadas en muestra alteradas, en los sistemas de labranza se ve una disminución de los valores de K_w en el siguiente orden $SD > LC > LR$, siendo significativamente diferente los valores de K_w que sustenta el sistema de labranza de SD con respecto a LR. Esto se relacionó con un mayor porcentaje de materia orgánica que sustenta el sistema SD, el cual podría propiciar y/o mantener estable una mayor proporción de microagregados, consecuentemente relacionado con una mayor estabilidad del sistema de poros del suelo.

En las conductividades hidráulicas determinadas en muestras inalteradas, los valores tienden a ser levemente inferiores en comparación de las determinaciones con muestras alteradas. A su vez mantienen igualmente el contraste de ser mayores en la profundidad A (0-7 cm) respecto de B (7-20 cm).

Las determinaciones en muestras inalteradas se consideran más representativas de las conductividades hidráulicas reales en el suelo, además brindan mayor información con respecto a la dirección preferencial del flujo en las distintas profundidades, develando indirectamente la posible formación de estructuras laminares u otros obstáculos que inducen un desplazamiento preferencial horizontal a flujo saturado. Como ocurre en esta experiencia, el caso de la profundidad A (0-7 cm) en donde para todos los sistemas de labranza la conductividad horizontal presentó valores promedios mayores a la dirección vertical.

COMENTARIOS FINALES

Esta pasantía contribuyó a una experiencia personal en la incipiente formación de mi criterio agronómico, en donde se me permitió integrar teoría y prácticas. Comprender una parte de la gran dimensión que abarca los distintos estudios que conciernen a la ciencia del suelo. La importancia de la estandarización del proceso de trabajo con muestras para obtener datos fiables. El incentivo a la integración de conceptos, la búsqueda académica de las causas que explican el porqué de los fenómenos que ocurren en las ciencias de la agronomía, como el manejo del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amoozegar, A. & A. W. Warrick. 1986. Hydraulic conductivity of saturated soils: field methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5, 735-770.
- Ball, B. C.; M. F. O'Sullivan & R. Hunter. 1988. Gas diffusion, fluid flow and derived pore continuity indices in relation to vehicle traffic and tillage. *J. Soil Sci.* 39: 327-339.
- Bear, J., 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Elsevier, New York, 764 p.
- Bouma, J. 1982. Measuring the hydraulic conductivity of soil horizons with continuous macropores. *Soil Science Society of America Journal*, 46(2), 438-441.
- Cabria F., & J. Culot. 2001. Efecto de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre características físicas y químicas en Udoles del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*. 19 (1): 1-10.
- Crespo L., L. I. Picone; Y. E. Andreoli & F. O. García. 2001. Poblaciones microbianas y contenido de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas de siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo* 19: 30-38.
- Dalurzo, H. C.; F. A. Paredes; T. S. Rey Montoya; C. Fernández López; H. Expucci; D. F. Fernández. Labranzas, rotaciones y la calidad de suelos. Argentina. Corrientes. 2016. Libro. Resumen. Congreso. XXI Reunión Científica del Grupo Argentino de Biometría. Facultad de Ciencias Exactas UNNE y Grupo Argentino de Biometría.
- Díaz-Zorita, M., Barraco M. & C. Alvarez. 2004. Efectos de doce años de labranzas en un Haplustol del Noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo* 22: 11-18.
- Doran, J. W; & T. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quaility. *Soil Science Society of America* 677:3-21
- Dörner, J. & D. Dec. 2007. La permeabilidad del aire y conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 7(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000200001>
- Dörner, J. & R. Horn. 2006. Anisotropy of pore functions in structured Stagnic Luvisols in the Weichselian moraine region in N Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169, 213-220. <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200521844>
- Dörner, J. M. 2005: Anisotropie von Bodenstrukturen und Porenfunktionen in Böden und deren Auswirkungen auf Transportprozesse im gesättigten und ungesättigten Zustand. Tesis Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad Christian Albrechts de Kiel, Nr. 68,182 p. ISBN: 0933-680 X.
- Elissondo E.; J. L. Costa; E. Suero; K. P. Fabrizio & F. Garcia. 2001. Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 19 (1): 11-19.
- Ellies, A.; C. Ramirez; R. Macdonald; H. Figuero & J. Gayoso. 1992. Efecto de la compactación de suelos volcánicos sobre el crecimiento de *Lolium multiflorum* y *Trifolium pratense*. *Agricultura Técnica* 52 (4): 450-455.
- Ellies, A.; R. Grez & C. Ramírez. 1997. La conductividad hidráulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. *Agro Sur* 25(1), 51-56
- Escobar, E. H.; H. D. Ligier; R. Melgar; H. Matteio & O. Vallejos. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. Ediciones INTA. EEA Corrientes. Argentina, 430 pp.

- Fabrizzi K. P.; A. Morón & F. O. García. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded mollisols in Argentina. *Soil Sci Soc Amer J* 67: 1831-1841.
- Fazekas, O. 2005. Bedeutung von Bodenstruktur und Wasserspannung als stabilisierende Kenngrößen gegen intensive mechanische Belastungen in einer Parabraunerde aus Loss unter Pflug- und Mulchsaat. Tesis Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad Christian Albrechts de Kiel, Nr. 67, 170 p. ISBN: 0933-680 X
- Ferraro, D. O.; C. M. Ghera & G. A. Sznaider. 2003. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. 96: 1-18.
- Ferreras L. A.; J. L. Costa; F. O. García & C. Pecorari. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampas" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54:31-39.
- Franzluebbers A.; F. Hons & C. Zuberer. 1995. Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Sci. Soc. Am J.* 59: 1618-1624.
- García-Sinovas, D.; M. A. Andrade-Benítez; C. M. Regalado & J. Álvarez-Benedí. 2002. Variabilidad espacial de la conductividad hidráulica medida con el permeámetro de Philip-Dunne. *J. Dafonte Dafonte, A. Paz González, E. Vidal Vázquez (eds.)*, 53-57.
- Grant C. A. & G.P. Lafond. 1993. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 73:223-232.
- Groenevelt, Ph.; B. D. Kay & Cd. Grant. 1984. Physical assessment of a soil with respect to rooting potential. *Geoderma* 34: 101-114.
- Hartge, K. H. & R. Horn. 1991. Einführung in die Bodenphysik. Ferdinand Enke, Stuttgart (REA) 2 ed. 287 p
- Hartge, K. M. & A. Ellies. 1990. Changes in soil structure as caused by land use after clearing virgin forest. *Z. F. Bodenkunde und Pflanzenernährung.* 153:389-393.
- Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. Academic Press. San Diego, California. US. 771 p.
- Janssen, I.; J. Kruemmelbein; R. Horn & A. Ellies. 2004. Propiedades físicas e hidráulicas de suelos Nádís en el sur de Chile. Comparación entre suelos no labrados y bajo labranza. *Rev. de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 1: 14-28
- Karlen, D.; M. Mausbach; J. Doran; R. Cline; R. Harris & G. Schuman. 1997. Calidad del suelo: un concepto, definición y marco para la evaluación. *Soil Science Society of America Journal*.
- Keller, T. & I. Håkansson. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406
- Klute, A. & H. Dirksen. 1986. Water retention: Laboratory Methods. In A. Klute (Ed.) *Methods of Soils Analysis. Part I Physical and mineralogical methods*. ASA and SSSA. Madison WI.
- Kruger, H. R. 1996. Compactación en Haplustoles del sudoeste bonaerense (Argentina) bajo cuatro sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 14: 104- 106
- Lal, R. 1982. Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agric.*, 59 (2), 133 - 138.
- Paredes, F. A. 2013. Sistemas de labranzas y secuencia de cultivos sobre propiedades físicas de suelos de Corrientes. Tesis de Magister Scientiae. Escuela Para Graduados. Universidad de Buenos Aires. 171 pp.

- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Publ. Rev. Agron. Alcances N°32. Maracay (Venezuela). 90 pág.
- Porta Casanellas, J. & López-Acevedo Reguerín, M. 2005. Agenda de Campo de Suelos. Información de Suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. 543 pp.
- Radcliffe, D. & T. Rasmussen. 1999. Soil Water Movement, in: Sumner, M. (Ed.), Handbook of Soil Science. CRC press, Boca Raton, pp. B-25-B-84
- Reszkowska, A.; J. Krümmelbein; L. Gan; S. Peth & R. Horn. 2011. Influence of grazing on soil water and gas fluxes of two Inner Mongolian steppe ecosystems. Soil & Tillage Research 111, 180-189. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2010.10.003>
- Rey Montoya, T. S.; F. A. Paredes; H. C. Dalurzo; C. Fernández López & R. M. Kersting. Propiedades físicas de un Argiudol Ácuico bajo diferentes sistemas de manejo. Ciencia del Suelo. Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 2017 vol.35 n°1. p 171-180 . ISSN 0326-3169.
- Roldán, M. F.; G. A. Studdert; C. Videla; S. San Martino, & L. Picone. 2014. Distribución de tamaño y estabilidad de agregados en molisoles bajo labranzas contrastantes. Ciencia del suelo, Vol. 32, (2), págs. 247-257.
- Roseberg, Rj. & E.L. McCoy. 1992. Tillage-traffic-induced changes in macroporosity and macropore continuity: Air permeability assessment. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1261-1267.
- Sanchez A. H. & J.R. García. 1998. Efecto del laboreo en algunas propiedades físicas de un Haplustol típico y en el rendimiento de la soja. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Carlos Paz, Córdoba: 267-268.
- Sch, A. E.; R. Grez & C. Ramírez. 1997. La conductividad hidráulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. *Agro sur*, 25(1), 51-56.
- Schjønning, P.; L. Munkholm; P. Moldrup & O. H. Jacobsen. 2002. Modelling soil pore characteristics from measurements of air exchange: the long term effects of fertilization and crop rotation. Eur. J. Soil Sci. 53: 331-339.
- Schmidt, E.S. & N. M. Amioti. 2015. Propiedades edáficas superficiales en sistemas de agricultura de conservación en la región pampeana semiárida sur Ciencia del Suelo 33(1): 79-88.
- Seybold, C.; J. Herrick & J. Brejda. 1999. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. Soil Sci. 164(4): 224-234.
- Taboada, M. A.; F. G. Micucci; D. J. Consentino & R. S. Lavado. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. Soil Till. Res.49:57-63.
- Taboada, M.A. & C. R. Alvarez. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2 da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Tisdall, J. M., & J. M. Oades. 1982. Organic Matter and Water-Stable Aggregates in Soils. European Journal of Soil Science, 33, 141-163.
- Vidal C. M. & J. L. Costa. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. RIA Vol 29. p. 211-212.
- Wildenschild, Dorte. 2015. CT scan tech used to check soil health. Recuperado de <https://www.producer.com/2015/03/ct-scan-tech-used-to-check-soil-health/>

OPINIÓN DEL ASESOR

En el presente trabajo el alumno Marcelo Caminero se dedicó con interés al tema abordado poniendo dedicación, tiempo y muy buena voluntad en las tareas emprendidas.

Durante el desarrollo del trabajo dedicó la mayor parte de su tiempo en poner mucho empeño en buscar y solucionar las problemáticas que se presentan normalmente en las tareas de campaña y en las determinaciones analíticas. Es apropiado aclarar que siempre demostró un muy buen desempeño evidenciado en las tareas diarias durante el desarrollo de la pasantía.

ANEXO

Registro & Cálculo: Kw muestras alteradas

Muestra				CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN MUESTRAS ALTERADAS							
#	Parcela	Muestra	Profundidad	Percolador	Volumen	H	e	Ø	K (cm hr ⁻¹)	Sis-Labranza	Rotación
1	1	1	A	9	84	16,50	9,70	2,70	8,62	SD	M-Av-Ca
2	1	1	B	10	121	15,40	8,60	3,07	9,13	SD	M-Av-Ca
3	1	2	A	11	98	16,20	9,50	3,18	7,24	SD	M-Av-Ca
4	1	2	B	4	65	17,00	10,30	2,64	7,19	SD	M-Av-Ca
5	2	1	A	5	145	16,10	11,00	2,73	16,92	SD	M
6	2	1	B	6	51	17,30	10,10	2,74	5,05	SD	M
7	2	2	A	7	84	16,40	10,20	2,65	9,47	SD	M
8	2	2	B	8	107	15,00	9,60	3,13	8,90	SD	M
9	3	1	A	9	93	16,10	11,30	2,70	11,40	SD	M-Av
10	3	1	B	10	124	15,30	10,20	3,07	11,17	SD	M-Av
11	3	2	A	11	132	16,10	11,30	3,18	11,66	SD	M-Av
12	3	2	B	12	66	16,60	10,80	2,66	7,73	SD	M-Av
13	4	1	A	13	92	15,10	9,20	2,99	7,98	LC	M-Av-Ca
14	4	1	B	14	82	15,20	10,10	3,13	7,08	LC	M-Av-Ca
15	4	2	A	15	81	15,10	9,60	3,16	6,57	LC	M-Av-Ca
16	4	2	B	6	121	16,90	8,90	2,74	10,81	LC	M-Av-Ca
17	5	1	A	17	94	15,70	9,30	3,20	6,92	LC	M
18	5	1	B	1	50	15,20	9,30	3,07	4,13	LC	M
19	5	2	A	12	52	16,70	9,60	2,66	5,38	LC	M
20	5	2	B	3	72	16,60	10,10	2,70	7,65	LC	M
21	6	1	A	4	50	16,70	9,60	2,64	5,25	SD	M-Av-Ca
22	6	1	B	5	79	12,60	10,50	2,73	11,25	SD	M-Av-Ca
23	6	2	A	6	82	17,10	9,70	2,74	7,89	SD	M-Av-Ca
24	6	2	B	7	64	16,50	10,40	2,65	7,31	SD	M-Av-Ca
25	7	1	A	8	87	15,20	9,40	3,13	6,99	LC	M-Av
26	7	1	B	9	72	16,90	10,20	2,70	7,59	LC	M-Av
27	7	2	A	10	84	15,10	9,30	3,07	6,99	LC	M-Av
28	7	2	B	11	72	16,20	10,10	3,18	5,65	LC	M-Av
29	8	1	A	12	123	16,70	9,50	2,66	12,59	SD	M-Av
30	8	1	B	1	96	15,40	9,20	3,07	7,75	SD	M-Av
31	8	2	A	2	82	14,80	8,90	3,09	6,58	SD	M-Av
32	8	2	B	3	91	16,20	9,30	2,70	9,12	SD	M-Av
33	9	1	A	4	89	16,90	10,10	2,64	9,72	SD	Pa
34	9	1	B	5	32	16,70	9,80	2,73	3,21	SD	Pa
35	9	2	A	6	59	17,30	9,70	2,74	5,61	SD	Pa
36	9	2	B	7	59	16,10	9,70	2,65	6,44	SD	Pa
37	10	1	A	8	61	15,40	8,90	3,13	4,58	LR	M
38	10	1	B	9	91	16,20	10,30	2,70	10,11	LR	M
39	10	2	A	10	64	15,10	9,10	3,07	5,21	LR	M
40	10	2	B	11	36	16,10	10,10	3,18	2,84	LR	M
41	11	1	A	1	130	15,40	9,00	3,07	10,26	LC	M-Av
42	11	1	B	2	79	14,80	9,20	3,09	6,55	LC	M-Av
43	11	2	A	3	102	16,90	9,30	2,70	9,80	LC	M-Av
44	11	2	B	4	76	16,60	9,90	2,64	8,28	LC	M-Av
45	12	1	A	7	102	16,40	8,50	2,65	9,59	LC	Pa
46	12	1	B	6	52	17,20	9,80	2,74	5,02	LC	Pa
47	12	2	A	7	64	16,40	10,50	2,65	7,43	LC	Pa
48	12	2	B	8	131	15,40	9,30	3,13	10,28	LC	Pa
49	13	1	A	9	83	16,50	10,80	2,70	9,49	LC	M-Av-Ca
50	13	1	B	10	71	14,90	9,10	3,07	5,86	LC	M-Av-Ca
51	13	2	A	11	64	16,00	10,10	3,18	5,09	LC	M-Av-Ca
52	13	2	B	8	132	15,20	8,10	3,13	9,14	LC	M-Av-Ca
53	14	1	A	1	121	15,30	9,00	3,07	9,62	LR	M-Av-Ca
54	14	1	B	2	42	14,90	8,50	3,09	3,20	LR	M-Av-Ca
55	14	2	A	3	51	16,70	9,30	2,70	4,96	LR	M-Av-Ca
56	14	2	B	4	32	16,50	9,10	2,64	3,22	LR	M-Av-Ca
57	15	1	A	5	98	16,70	9,60	2,73	9,62	SD	M-Av
58	15	1	B	6	69	17,20	11,10	2,74	7,55	SD	M-Av

59	15	2	A	7	31	16,50	9,90	2,65	3,37	SD	M-Av
60	15	2	B	8	30	15,40	9,20	3,13	2,33	SD	M-Av
61	16	1	A	9	43	16,70	9,70	2,70	4,36	SD	M-Av-Ca
62	16	1	B	10	71	15,10	8,90	3,07	5,65	SD	M-Av-Ca
63	16	2	A	11	83	16,00	8,80	3,18	5,75	SD	M-Av-Ca
64	16	2	B	12	46	16,90	9,90	2,66	4,85	SD	M-Av-Ca
65	17	1	A	1	141	15,20	7,90	3,07	9,90	LC	M-Av-Ca
66	17	1	B	2	105	14,60	7,20	3,09	6,90	LC	M-Av-Ca
67	17	2	A	3	69	16,20	9,20	2,70	6,84	LC	M-Av-Ca
68	17	2	B	9	94	16,40	8,60	2,70	8,61	LC	M-Av-Ca
69	18	1	A	1	97	15,30	9,30	3,07	7,97	LR	Pa
70	18	1	B	15	72	14,90	9,10	3,16	5,61	LR	Pa
71	18	2	A	13	82	14,80	9,00	2,99	7,10	LR	Pa
72	18	2	B	4	43	16,20	10,50	2,64	5,09	LR	Pa
73	19	1	A	5	48	16,60	10,10	2,73	4,99	LR	M-Av
74	19	1	B	6	22	16,80	9,80	2,74	2,18	LR	M-Av
75	19	2	A	7	71	16,40	9,10	2,65	7,14	LR	M-Av
76	19	2	B	8	32	15,30	9,40	3,13	2,56	LR	M-Av
77	20	1	A	5	63	16,70	9,70	2,73	6,25	SD	Pa
78	20	1	B	6	112	17,10	10,80	2,74	12,00	SD	Pa
79	20	2	A	10	97	15,80	8,00	3,07	6,63	SD	Pa
80	20	2	B	8	78	15,20	8,60	3,13	5,74	SD	Pa
81	21	1	A	9	75	16,20	9,50	2,70	7,68	LR	M-Av
82	21	1	B	10	74	14,90	9,80	3,07	6,58	LR	M-Av
83	21	2	A	11	69	16,10	9,90	3,18	5,34	LR	M-Av
84	21	2	B	12	96	16,60	9,60	2,66	9,99	LR	M-Av
85	22	1	A	1	54	15,40	8,30	3,07	3,93	LR	M
86	22	1	B	2	64	14,90	8,60	3,09	4,93	LR	M
87	22	2	A	13	106	15,30	8,30	2,99	8,19	LR	M
88	22	2	B	15	153	14,90	8,40	3,16	11,00	LR	M
89	23	1	A	13	60	15,00	7,80	2,99	4,44	SD	M-Av
90	23	1	B	6	59	15,90	9,60	2,74	6,04	SD	M-Av
91	23	2	A	4	180	16,80	8,30	2,64	16,25	SD	M-Av
92	23	2	B	5	80	16,10	10,50	2,73	8,91	SD	M-Av
93	24	1	A	9	28	16,30	10,20	2,70	3,06	LR	Pa
94	24	1	B	10	67	15,10	8,40	3,07	5,04	LR	Pa
95	24	2	A	11	98	16,00	9,70	3,18	7,48	LR	Pa
96	24	2	B	12	50	16,50	10,10	2,66	5,51	LR	Pa
97	25	1	A	1	32	15,20	7,70	3,07	2,19	LC	M-Av-Ca
98	25	1	B	2	26	14,80	8,40	3,09	1,97	LC	M-Av-Ca
99	25	2	A	13	94	15,40	7,60	2,99	6,61	LC	M-Av-Ca
100	25	2	B	4	34	16,50	10,40	2,64	3,91	LC	M-Av-Ca
101	26	1	A	5	32	16,70	10,20	2,73	3,34	SD	Pa
102	26	1	B	6	35	17,00	9,30	2,74	3,25	SD	Pa
103	26	2	A	7	46	16,50	9,20	2,65	4,65	SD	Pa
104	26	2	B	8	106	15,10	8,30	3,13	7,57	SD	Pa
105	27	1	A	9	45	16,60	10,70	2,70	5,07	LR	M-Av
106	27	1	B	10	130	15,20	7,90	3,07	9,13	LR	M-Av
107	27	2	A	11	54	16,10	9,80	3,18	4,14	LR	M-Av
108	27	2	B	12	88	16,50	7,40	2,66	7,10	LR	M-Av
109	28	1	A	1	144	15,10	8,40	3,07	10,82	SD	M
110	28	1	B	2	91	14,70	7,40	3,09	6,11	SD	M
111	28	2	A	13	102	15,10	7,70	2,99	7,41	SD	M
112	28	2	B	4	82	16,60	9,40	2,64	8,48	SD	M
113	29	1	A	5	46	17,00	8,10	2,73	3,74	LR	M-Av
114	29	1	B	6	23	16,90	9,70	2,74	2,24	LR	M-Av
115	29	2	A	7	39	15,20	8,30	2,65	3,86	LR	M-Av
116	29	2	B	8	64	16,60	8,40	3,13	4,21	LR	M-Av
117	30	1	A	9	59	16,50	10,10	2,70	6,31	LC	Pa
118	30	1	B	10	44	15,30	9,10	3,07	3,54	LC	Pa
119	30	2	A	11	23	16,30	9,30	3,18	1,65	LC	Pa
120	30	2	B	12	38	16,60	9,50	2,66	3,91	LC	Pa
121	31	1	A	1	82	15,50	8,80	3,07	6,29	LC	M-Av
122	31	1	B	2	81	14,10	8,40	3,09	6,43	LC	M-Av
123	31	2	A	13	142	15,10	8,00	2,99	10,71	LC	M-Av
124	31	2	B	4	72	16,20	9,10	2,64	7,39	LC	M-Av

125	32	1	A	5	26	17,00	8,60	2,73	2,25	LR	Pa
126	32	1	B	6	29	17,20	8,40	2,74	2,40	LR	Pa
127	32	2	A	7	91	15,10	9,10	2,65	9,94	LR	Pa
128	32	2	B	8	42	16,60	9,30	3,13	3,06	LR	Pa
129	33	1	A	9	51	16,40	9,20	2,70	5,00	LC	Pa
130	33	1	B	10	61	15,00	8,40	3,07	4,61	LC	Pa
131	33	2	A	11	31	16,30	10,20	3,18	2,44	LC	Pa
132	33	2	B	12	32	16,60	10,40	2,66	3,61	LC	Pa
133	34	1	A	1	64	15,40	8,30	3,07	4,66	SD	M-Av-Ca
134	34	1	B	2	22	14,60	7,00	3,09	1,41	SD	M-Av-Ca
135	34	2	A	13	51	15,00	8,20	2,99	3,97	SD	M-Av-Ca
136	34	2	B	4	29	16,30	8,30	2,64	2,70	SD	M-Av-Ca
137	35	1	A	5	62	16,80	9,80	2,73	6,18	LR	M
138	35	1	B	6	25	17,20	10,20	2,74	2,51	LR	M
139	35	2	A	7	29	16,80	9,10	2,65	2,85	LR	M
140	35	2	B	8	26	15,20	9,20	3,13	2,05	LR	M
141	36	1	A	9	39	16,90	9,50	2,70	3,83	LC	M-Av
142	36	1	B	10	44	15,10	10,50	3,07	4,13	LC	M-Av
143	36	2	A	11	43	16,10	10,10	3,18	3,40	LC	M-Av
144	36	2	B	12	50	16,60	9,50	2,66	5,15	LC	M-Av
145	37	1	A	1	43	15,50	8,60	3,07	3,22	LC	Pa
146	37	1	B	2	41	14,60	8,40	3,09	3,15	LC	Pa
147	37	2	A	13	108	14,80	7,90	2,99	8,21	LC	Pa
148	37	2	B	4	22	16,30	9,40	2,64	2,32	LC	Pa
149	38	1	A	5	42	16,90	9,30	2,73	3,95	LR	M-Av-Ca
150	38	1	B	6	51	17,00	9,20	2,74	4,68	LR	M-Av-Ca
151	38	2	A	7	32	16,60	10,50	2,65	3,67	LR	M-Av-Ca
152	38	2	B	8	41	15,10	8,60	3,13	3,03	LR	M-Av-Ca
153	39	1	A	9	65	16,60	9,30	2,70	6,36	LR	Pa
154	39	1	B	10	43	15,10	8,90	3,07	3,42	LR	Pa
155	39	2	A	11	39	16,20	9,20	3,18	2,79	LR	Pa
156	39	2	B	12	38	16,60	10,00	2,66	4,12	LR	Pa
157	40	1	A	1	71	15,20	7,80	3,07	4,92	LR	M
158	40	1	B	2	54	14,50	7,40	3,09	3,67	LR	M
159	40	2	A	13	32	14,90	8,80	2,99	2,69	LR	M
160	40	2	B	4	40	16,20	9,30	2,64	4,19	LR	M
161	41	1	A	5	24	16,60	8,80	2,73	2,17	SD	M
162	41	1	B	6	36	16,90	9,50	2,74	3,43	SD	M
163	41	2	A	7	54	16,50	9,40	2,65	5,58	SD	M
164	41	2	B	8	60	15,00	7,60	3,13	3,95	SD	M
165	42	1	A	9	91	16,60	11,50	2,70	11,01	LR	M-Av
166	42	1	B	10	49	15,10	9,00	3,07	3,95	LR	M-Av
167	42	2	A	11	12	16,40	9,20	3,18	0,85	LR	M-Av
168	42	2	B	12	8	16,50	10,10	2,66	0,88	LR	M-Av
169	43	1	A	1	36	15,40	8,90	3,07	2,81	LC	M
170	43	1	B	15	56	15,00	8,50	3,16	4,05	LC	M
171	43	2	A	13	35	14,90	8,10	2,99	2,71	LC	M
172	43	2	B	4	30	16,30	9,10	2,64	3,06	LC	M
173	44	1	A	5	41	16,70	10,80	2,73	4,53	LC	M
174	44	1	B	6	50	17,00	9,40	2,74	4,69	LC	M
175	44	2	A	7	64	16,50	9,10	2,65	6,40	LC	M
176	44	2	B	8	93	15,20	9,00	3,13	7,16	LC	M
177	45	1	A	9	34	16,60	9,60	2,70	3,43	LR	M-Av-Ca
178	45	1	B	10	54	14,80	8,20	3,07	4,04	LR	M-Av-Ca
179	45	2	A	11	61	16,00	8,60	3,18	4,13	LR	M-Av-Ca
180	45	2	B	12	22	16,30	9,10	2,66	2,21	LR	M-Av-Ca
181	46	1	A	1	62	15,20	9,20	3,07	5,07	LC	M
182	46	1	B	15	57	14,90	9,40	3,16	4,59	LC	M
183	46	2	A	13	65	15,00	9,00	2,99	5,55	LC	M
184	46	2	B	4	49	16,40	9,80	2,64	5,35	LC	M
185	47	1	A	11	152	16,00	8,70	3,18	10,41	SD	Pa
186	47	1	B	6	33	17,10	9,90	2,74	3,24	SD	Pa
187	47	2	A	7	29	16,40	10,40	2,65	3,33	SD	Pa
188	47	2	B	8	74	15,10	9,80	3,13	6,24	SD	Pa
189	48	1	A	9	37	16,40	10,20	2,70	4,02	SD	M
190	48	1	B	10	41	15,20	8,10	3,07	2,95	SD	M

191	48	2	A	11	39	16,40	9,40	3,18	2,81	SD	M
192	48	2	B	12	28	16,60	9,10	2,66	2,76	SD	M

Registro & Cálculo: Kw & Da muestras inalteradas

Muestra					CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN MUESTRAS INALTERADAS										
#	Parcela	Muestra	Profundidad	Posición	Volumen (ml)	H	e	Ø	S+T	Tara	Suelo	Da (g cm ³)	K (cm hr ⁻¹)	Sis-Labranza	Rotación
1	37	1	A	H	181	2,90	4,1	5,5	293,74	147,00	146,74	1,51	4,46	LC	Pa
3	37	1	B	H	35	3,40	4,1	5,5	299,01	138,60	160,41	1,65	0,81	LC	Pa
4	37	1	B	V	68	3,30	4,1	5,5	305,76	143,35	162,41	1,67	1,59	LC	Pa
5	37	2	A	H	120	4,50	4,1	5,5	278,13	130,11	148,02	1,52	2,41	LC	Pa
6	37	2	A	V	140	4,50	4,1	5,5	280,56	134,60	145,96	1,50	2,81	LC	Pa
7	37	2	B	H	1,6	4,40	4,1	5,5	299,07	140,41	158,66	1,63	0,03	LC	Pa
8	37	2	B	V	32	4,10	4,1	5,5	296,49	139,46	157,03	1,61	0,67	LC	Pa
9	36	1	A	H	78	3,80	4,1	5,5	286,42	142,49	143,93	1,48	1,70	LC	M-Av
10	36	1	B	V	42	2,90	4,1	5,5	300,77	149,03	151,74	1,56	1,04	LC	M-Av
11	33	1	B	H	295	2,90	4,1	5,5	293,89	135,36	158,53	1,63	7,27	LC	Pa
12	33	1	A	V	76	3,20	4,1	5,5	293,33	194,42	98,91	1,02	1,80	LC	Pa
13	33	1	B	V	99	2,90	4,1	5,5	294,33	144,13	150,20	1,54	2,44	LC	Pa
14	35	1	B	V	155	3,50	4,1	5,5	282,62	141,10	141,52	1,45	3,52	LR	M
15	38	1	B	H	100	3,50	4,1	5,5	300,42	144,12	156,30	1,60	2,27	LR	M-Av-Ca
16	35	2	B	H	72	3,50	4,1	5,5	299,09	149,11	149,98	1,54	1,63	LR	M
17	35	1	A	V	195	3,70	4,1	5,5	290,54	144,05	146,49	1,50	4,31	LR	M
18	35	1	A	H	265	3,40	4,1	5,5	273,78	141,42	132,36	1,36	6,10	LR	M
19	36	2	B	H	140	3,34	4,1	5,5	278,90	143,54	135,36	1,39	3,25	LC	M-Av
21	40	1	A	V	185	3,10	4,1	5,5	275,51	134,83	140,68	1,44	4,43	LR	M
22	34	2	A	H	290	2,90	4,1	5,5	270,04	126,79	143,25	1,47	7,15	SD	M-Av-Ca
23	33	1	A	H	625	3,50	4,1	5,5	280,38	126,79	153,59	1,58	14,19	LC	Pa
24	34	2	B	V	125	3,00	4,1	5,5	274,79	133,14	141,65	1,45	3,04	SD	M-Av-Ca
25	37	1	A	V	225	2,50	4,1	5,5	283,50	145,76	137,74	1,41	5,88	LC	Pa
26	36	1	B	H	215	2,40	4,1	5,5	298,46	135,80	162,66	1,67	5,71	LC	M-Av
27	39	2	B	H	135	3,34	4,1	5,5	290,38	138,51	151,87	1,56	3,13	LR	Pa
28	34	2	B	H	115	3,34	4,1	5,5	289,65	140,88	148,77	1,53	2,67	SD	M-Av-Ca
30	36	2	A	V	280	3,34	4,1	5,5	268,96	134,72	134,24	1,38	6,49	LC	M
33	40	1	B	V	115	3,34	4,1	5,5	287,39	138,07	149,32	1,53	2,67	LR	M-Av
43	39	1	B	V	70	4,10	4,1	5,5	296,87	141,49	155,38	1,60	1,47	LR	M-Av-Ca
44	39	2	B	H	60	2,40	4,1	5,5	290,30	140,27	150,03	1,54	1,59	LR	M
45	35	1	A	V	50	3,60	4,1	5,5	275,33	139,28	136,05	1,40	1,12	LR	M-Av-Ca
46	35	2	B	V	375	4,30	4,1	5,5	272,97	136,95	136,02	1,40	7,70	LR	M-Av-Ca
47	39	2	A	V	89	3,10	4,1	5,5	290,07	141,18	148,89	1,53	2,13	LR	Pa
48	39	1	A	V	280	2,90	4,1	5,5	290,57	142,23	148,34	1,52	6,90	LR	M-Av-Ca
49	38	1	B	V	155	4,20	4,1	5,5	294,53	139,99	154,54	1,59	3,22	LR	M-Av-Ca
50	36	1	A	V	480	4,30	4,1	5,5	232,64	122,86	109,78	1,13	9,86	LC	M-Av-Ca
51	36	2	B	V	125	4,00	4,1	5,5	279,34	152,37	126,97	1,30	2,66	LC	M-Av-Ca
52	34	2	A	V	150	3,90	4,1	5,5	265,34	139,58	125,76	1,29	3,24	SD	M-Av-Ca
53	38	2	A	H	82	4,20	4,1	5,5	282,40	137,48	144,92	1,49	1,70	LR	M-Av-Ca
54	36	2	A	H	315	4,30	4,1	5,5	285,18	143,91	141,27	1,45	6,47	LC	Pa
55	40	1	B	H	340	5,80	4,1	5,5	286,24	153,89	132,35	1,36	5,93	LR	Pa
56	5	1	A	H	2050	4,50	4,1	5,5	275,76	144,01	131,75	1,35	41,14	LC	M
57	5	1	B	H	49	3,00	4,1	5,5	287,20	132,08	155,12	1,59	1,19	LC	M
58	3	1	A	V	326	3,60	4,1	5,5	285,29	130,37	154,92	1,59	7,31	SD	Pa
59	4	1	A	V	156	4,80	4,1	5,5	293,04	145,03	148,01	1,52	3,02	LC	Pa

60	5	1	B	V	52	3,90	4,1	5,5	281,66	123,68	157,98	1,62	1,12	LC	M-Av-Ca
61	4	1	A	H	87	3,60	4,1	5,5	269,46	135,60	133,86	1,37	1,95	LC	M-Av
62	5	1	A	V	51	3,40	4,1	5,5	278,21	132,86	145,35	1,49	1,17	LC	M-Av
63	4	1	B	V	59	4,10	4,1	5,5	290,83	129,73	161,10	1,65	1,24	LC	M-Av-Ca
65	4	1	B	H	601	3,70	4,1	5,5	295,68	139,06	156,62	1,61	13,30	LC	M-Av-Ca
66	2	1	A	V	28	3,50	4,1	5,5	295,39	136,19	159,20	1,63	0,64	SD	M-Av
67	3	1	A	H	285	3,40	4,1	5,5	268,77	137,40	131,37	1,35	6,56	SD	M
68	3	1	B	V	120	3,60	4,1	5,5	295,70	136,42	159,28	1,64	2,69	SD	M
69	3	1	B	H	70	3,50	4,1	5,5	304,50	139,26	165,24	1,70	1,59	SD	M
70	2	1	A	H	545	3,60	4,1	5,5	280,81	130,43	150,38	1,54	12,21	SD	M-Av
71	2	2	B	H	15	3,60	4,1	5,5	297,84	127,09	170,75	1,75	0,34	SD	M-Av-Ca
72	2	1	B	V	78	3,50	4,1	5,5	272,47	128,78	143,69	1,48	1,77	SD	M
73	1	2	A	H	350	3,40	4,1	5,5	277,15	138,30	138,85	1,43	8,05	SD	M-Av-Ca
74	1	1	A	V	1030	4,00	4,1	5,5	295,75	130,56	165,19	1,70	21,94	SD	M
75	3	2	A	H	220	2,90	4,1	5,5	288,87	140,55	148,32	1,52	5,42	SD	M-Av-Ca
76	2	2	A	H	62	4,20	4,1	5,5	283,40	129,75	153,65	1,58	1,29	SD	M-Av-Ca
77	3	2	B	H	180	3,10	4,1	5,5	292,74	133,64	159,10	1,63	4,31	SD	M
78	1	2	B	V	170	3,40	4,1	5,5	301,61	136,86	164,75	1,69	3,91	SD	M-Av
79	2	2	A	V	211	3,30	4,1	5,5	269,85	130,73	139,12	1,43	4,92	SD	M-Av
80	2	2	B	V	30	3,50	4,1	5,5	305,94	136,43	169,51	1,74	0,68	SD	M-Av
81	4	2	A	H	3105	3,60	4,1	5,5	258,63	133,96	124,67	1,28	69,59	LC	M
82	5	2	A	V	525	3,50	4,1	5,5	257,06	129,76	127,30	1,31	11,92	LC	M
83	4	2	A	V	52	3,40	4,1	5,5	279,45	133,41	146,04	1,50	1,20	LC	M
84	3	2	B	V	110	3,50	4,1	5,5	291,43	138,93	152,50	1,57	2,50	SD	M-Av-Ca
85	5	2	A	H	312	3,60	4,1	5,5	264,53	125,03	139,50	1,43	6,99	LC	M-Av-Ca
86	2	1	B	H	170	4,00	4,1	5,5	288,77	134,16	154,61	1,59	3,62	SD	M-Av
87	1	2	B	H	44	3,00	4,1	5,5	289,67	122,91	166,76	1,71	1,07	SD	M
88	4	2	B	H	30	4,10	4,1	5,5	293,15	134,50	158,65	1,63	0,63	LC	M-Av
89	5	2	B	V	90	4,50	4,1	5,5	266,72	127,84	138,88	1,43	1,81	LC	M-Av-Ca
90	38	1	A	H	230	3,00	4,1	5,5	234,71	119,31	115,40	1,18	5,59	LR	M
91	3	2	A	V	62	2,80	4,1	5,5	287,97	134,04	153,93	1,58	1,55	SD	M
92	4	2	B	V	28	3,50	4,1	5,5	278,31	117,60	160,71	1,65	0,64	LC	M-Av-Ca
93	39	2	B	V	1370	3,50	4,1	5,5	285,91	139,51	146,40	1,50	31,11	LR	M
94	5	2	B	H	3820	3,00	4,1	5,5	281,07	132,39	148,68	1,53	92,85	LC	M-Av-Ca
95	7	1	A	V	68	5,80	5,7	6,7	459,71	149,42	310,29	1,54	0,96	LC	M-Av
96	6	1	A	V	170	4,40	5,7	6,7	450,34	144,02	306,32	1,52	2,72	SD	M
97	7	1	A	H	850	5,00	5,7	6,7	429,06	144,44	284,62	1,42	12,84	LC	M
98	6	1	B	V	82	4,70	5,7	6,7	453,71	148,72	304,99	1,52	1,27	SD	M-Av-Ca
99	6	1	A	H	190	5,50	5,7	6,7	452,02	147,84	304,18	1,51	2,74	SD	M-Av-Ca
100	8	1	A	V	114	4,80	5,7	6,7	493,29	180,23	313,06	1,56	1,76	SD	M
101	7	1	B	V	105	4,60	5,7	6,7	483,32	142,60	340,72	1,70	1,65	LC	M-Av-Ca
102	6	1	B	H	71	5,40	5,7	6,7	475,23	144,76	330,47	1,64	1,03	SD	M-Av
103	7	2	A	V	150	4,20	5,7	6,7	432,94	145,56	287,38	1,43	2,45	LC	M-Av-Ca
104	8	1	B	H	1440	4,70	5,7	6,7	454,80	144,37	310,43	1,54	22,39	SD	Pa
105	8	1	B	V	64	3,50	5,7	6,7	468,51	146,28	322,23	1,60	1,12	SD	M
106	8	1	A	H	285	4,20	5,7	6,7	439,71	144,86	294,85	1,47	4,65	SD	M-Av
107	7	1	B	H	100	5,50	5,7	6,7	464,95	141,64	323,31	1,61	1,44	LC	M-Av-Ca
108	7	2	A	H	255	4,40	5,7	6,7	412,32	147,52	264,80	1,32	4,08	LC	M-Av
109	6	2	B	V	105	5,20	5,7	6,7	463,95	144,54	319,41	1,59	1,56	SD	M-Av-Ca
110	7	2	B	H	74	4,70	5,7	6,7	455,73	146,12	309,61	1,54	1,15	LC	M-Av-Ca
111	6	2	A	H	620	5,30	5,7	6,7	429,68	142,02	287,66	1,43	9,11	SD	M-Av

112	6	2	A	V	35	4,80	5,7	6,7	462,93	144,73	318,20	1,58	0,54	SD	M-Av
113	6	2	B	H	94	4,80	5,7	6,7	462,05	188,56	273,49	1,36	1,45	LC	M-Av-Ca
114	7	2	B	V	32	4,10	5,7	6,7	442,76	142,58	300,18	1,49	0,53	LC	M-Av