

**MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN A CAMPO DEL CONTENIDO  
HÍDRICO DEL SUELO CON EL USO DE MEDIDORES DE HUMEDAD  
DE GRANOS Y HARINAS**

Autores: Mensi Emmanuel, Salvetti Guillermo

Director: Abascal Sergio

Coodirector: Ferrero Carlos

Ingeniería Agronómica

UNLPam, Facultad de Agronomía

2015

Índice de Capítulos	Pág.
1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	6
4. RESULTADOS Y DISCUSION	9
<i>4.1. Contenido de Humedad Real del suelo</i>	9
<i>4.2. Asociación entre métodos</i>	11
<i>4.3. Discusión</i>	13
5. CONCLUSIÓN	14
BIBLIOGRAFÍA	16

## 1. RESUMEN

La cuantificación del contenido de agua del suelo resulta relevante para la toma de decisiones en los sistemas de producción en las regiones semiáridas. La estimación de humedad del perfil del suelo se ve limitada por el complejo acceso a las determinaciones del método gravimétrico, haciendo que se tomen decisiones de manejo sin conocer el contenido hídrico del suelo. Esta problemática busca ser resuelta empleando higrómetros de granos, los cuales se pretende que estimen el contenido hídrico del suelo basándose en sus propiedades dieléctricas. El objetivo de este trabajo es establecer el grado de asociación entre ambos métodos y hallar una ecuación de la recta explicativa. El trabajo se realizó sobre dos suelos característicos de la región semiárida pampeana central: un Haplustol éntico franco grueso y un Haplustol éntico franco grueso petrocálcico. Se utilizaron dos medidores de humedad de granos y harinas en diferentes calibraciones (TCA Modelo 101 calibrado para medir granos de Soja y el equipo Delver modelo HD-1021-J calibrado para granos de colza y alfalfa), tomándose muestras en profundidades de 0 a 20cm y de 20 a 40cm. Mediante un análisis de regresión lineal simple se halló que entre el 82% al 83% de la variabilidad de humedad real del suelo esta explicada por los valores obtenidos con los equipos, según los diferentes suelos y calibraciones. Se determinó una ecuación lineal ( $n: 96; p < 0,0001$ ) que explica la variable humedad para cada tipo de suelo en función de los valores obtenidos por el equipo Delver. Este equipo fue el que mayor ajuste presentó para ambos suelos, calibrado para alfalfa en el suelo Haplustol éntico franco grueso y para colza en el suelo Haplustol éntico franco grueso petrocálcico.

Palabras claves: Calibración – Recta – Higrómetros – Haplustolesénticos.

## 2. INTRODUCCIÓN

La superficie cultivada en la Argentina ocupa un territorio de aproximadamente 34 millones de hectáreas, las cuales se ubican en partes de las zonas agroecológicas Pampa Húmeda y Chaco (Vilella *et al.*, 2012). Las características<sup>1</sup> edafoclimáticas de la ecorregión semiárida pampeana central (Buschiazzo *et al.*, 1996) -principalmente la variabilidad en el comportamiento de sus precipitaciones- determinan menores niveles de producción en relación al resto de la región pampeana. Esta situación trae aparejadas dificultades para la producción extensiva de secano en la medida que no se diseñen y adopten sistemas agropecuarios con tecnologías adaptadas a minimizar el impacto negativo de las condiciones de semiaridez. Así, existe la necesidad de integrar el conocimiento científico y las tecnologías disponibles para adaptarlas a las condiciones de semiaridez y las limitantes edafoclimáticas de los ambientes de esta ecorregión (Torres Carbonell *et al.*, 2012).

La cuantificación estimativa del contenido de agua del suelo resulta relevante para la toma de decisiones en los sistemas de producción en las regiones semiáridas. Conocer las reservas de agua disponible en el suelo en determinado momento presenta una importancia estratégica para optimizar el uso de tecnologías y maximizar beneficios. La estimación de humedad del perfil del suelo se ve limitada cuando es necesario obtener información de muchos lotes y tomar decisiones en el corto plazo (Quiroga y Bono, 2012).

El complejo acceso a la determinación de la humedad por el clásico y preciso método gravimétrico hace que se tomen decisiones de manejo sin conocer el contenido hídrico del suelo. Esta problemática busca ser resuelta generando métodos sencillos de estimación de

---

<sup>1</sup>La región semiárida central se caracteriza por tener un régimen hídrico de entre 630 mm a 660mm con un balance hídrico que presenta un déficit de entre 250mm y 350mm en la época estival y suelos desarrollados sobre material parental Loessico con una profundidad variable desde pocos centímetros hasta varios metros por presencia de una costra calcárea (Buschiazzo *et al.*, 1996)

humedad a campo (Quiroga y Bono, 2012). Algunos de los métodos prácticos que pueden mencionarse son: cálculo de la humedad del suelo por tacto y apariencia (US-NRSC, 1998); método gravimétrico para determinar *in situ* la humedad volumétrica del suelo (Radulovich, 2009); modelo de regresión sencillo para estimar el contenido de agua en todo el perfil usando la humedad superficial (Bono y Álvarez, 2012). No obstante estos métodos siguen teniendo falta de aceptación por parte del productor por lo que no son utilizados de manera masiva a la hora de la toma de decisiones.

Los higrómetros de granos y harinas son dispositivos utilizados para medir el contenido hídrico de estos basándose en sus propiedades dieléctricas. Estos son rápidos, prácticos y se encuentran difundidos en el ámbito de la producción agrícola (Alizaga y Mora, 1982). Al igual que la técnica TDR<sup>2</sup> (la cual estima el volumen de agua edáfica por influencia de la humedad sobre las propiedades dieléctricas del suelo), los higrómetros relacionan la constante dieléctrica de los granos con el porcentaje de humedad que presentan. Las técnicas TDR utilizan la correlación existente entre el tiempo de tránsito de una onda electromagnética introducida en el suelo, la constante dieléctrica de éste, y el contenido volumétrico de humedad (Martínez Fernández y Ceballos, 2001).

Este trabajo se fundamenta ante la dificultad existente en el sector para la determinación de humedad edáfica de manera certera y el potencial uso de los medidores de humedad de granos y harinas para este fin.

Se estima que los valores arrojados por dispositivos de medición de humedad de granos y harinas en el muestreo de suelos presentan un grado de asociación significativo con la humedad real determinada por el método gravimétrico.

---

<sup>2</sup>Siglas en inglés para *Time Domain Reflectometry*

Así, el objetivo general de éste trabajo queda establecido como la búsqueda de un grado de asociación entre ambos métodos y por lo tanto, el objetivo específico será encontrar una ecuación de la recta que en función de los valores de los aparatos se puede determinar una estimación de la humedad del suelo.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó sobre dos tipos de suelos característicos de la región semiárida pampeana central: un Haplustol éntico franco grueso (Moscatelliet *al.*, 1989) propio de la subregión de las planicies medanosas ubicadas entre la ciudad de Catrilo (Prov. L.P.) y Salliqueló (Prov. Bs. As.); y un Haplustol éntico franco grueso petrocálcico (INTA *et al.*, 1980) característico de la subregión de las planicies con tosca situadas en el departamento Capital y Toay (Prov. L. P.)

Para desarrollar el muestreo se delimitó una transecta en cada una de las subregiones, donde se definieron tres áreas por transecta. La Transecta 1 (T<sub>1</sub>) correspondió al suelo Haplustol éntico franco grueso y la Transecta 2 (T<sub>2</sub>) al suelo Haplustol éntico franco grueso petrocálcico. Las coordenadas de cada área se pueden ver en Tabla 1.

**Tabla 1: Coordenadas geográficas (UTM) correspondientes a cada área de muestreo para cada transecta**

	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Área 1	S 36° 24' 39,48"	O 63°29'38,89"	S 36° 24' 37,5"	O 64°37'35,61"
Área 2	S 36° 37' 44,97"	O 63°19'8,22"	S 36° 33' 4,4"	O 64°17'47,64"
Área 3	S 36° 51' 0,34"	O 63°05'20,39"	S 36° 36' 58,73"	O 64°14'14,67"

El diseño experimental se definió como un muestreo al azar en dos transectas discrepantes, según dos suelos de la región. El tamaño muestral fue de 48 determinaciones por cada una de las transectas.

Para la estimación de humedad se utilizaron dos medidores de humedad de granos y harinas diferentes. Uno es el equipo TCA Modelo 101 calibrado para medir humedad de granos de soja, haciéndolo a partir de la medición del potencial dieléctrico del material a analizar. El otro es el equipo Delver modelo HD-1021-J que determina la humedad de la muestra a partir de las pérdidas dieléctricas del material a analizar. Considerando la gama de calibraciones que ofrece este equipo, se realizaron las mediciones con graduaciones de granos significativamente diferentes en su tamaño y homogeneidad, como son los granos de colza y alfalfa, a fin de contrastar posibles diferencias de sensibilidad de los instrumentos.

Las mediciones se realizaron sobre fines del período otoñal, desde el 20 de Junio hasta el 1 de Julio del año 2014.

Las muestras de suelo fueron tomadas mediante pala barreno en profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm y tamizadas a 5 mm con el propósito de homogenizar las muestras antes de ser colocadas en los equipos. Además, cada muestra fue fraccionada y colocada en envases herméticos para ser llevadas a laboratorio en donde se les determinó la humedad por el método gravimétrico secando a 105°C y peso constante para definir así la humedad real (HR) de cada una.

La humedad gravimétrica quedó definida mediante la siguiente expresión:

$$HR(\%) = \frac{(PH - PS)}{(PS - T)} \times 100$$

Donde HR: representa humedad real del suelo (%); PH: peso húmedo del suelo en (g); PS: peso seco del suelo (g); y T: Tara del contenedor de la muestra (g).

A fin de caracterizar cada una de las subregiones (Tabla 2) se procedió a la toma de 3 muestras representativas dentro de cada transecta en las profundidades de 0-20 cm y 3 muestras en las profundidades de 20-40 cm para la determinación de los contenidos de Materia Orgánica, pH, Conductividad Eléctrica y fracciones texturales, según lo establecido

por Schlichting *et al.*, (1995). Para cada tipo de suelo y profundidad se indicaron los valores de constantes hídricas: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

**Tabla 2: Características físico-químicas del suelo de cada área de muestreo, de 0 a 20 y 20 a 40cm de profundidad, para ambas transectas. Arena, limo y arcilla representan las fracciones texturales; CT: corresponde a las clases texturales; MO: materia orgánica; pH: potencial hidrógeno; CE: conductividad eléctrica; CC y PMP: son las constantes hídricas del suelo capacidad de campo y punto de marchitez permanente, respectivamente. \*Valores de CC según Moscatelliet *al.*, (1989); \*\* Valores de PMP según valores de CC aplicando formula de Silva *et al.*, (1998)<sup>3</sup>;\*\*\* Constantes hídricas para suelos de la T<sub>2</sub> según Quiroga y Bono (2012).**

	T <sub>1</sub>				T <sub>2</sub>				
	Área 1	Área 2	Área 3	Promedio	Área 1	Área 2	Área 3	Promedio	
Profundidad 0-20cm	Arena (%)	84,3	80,6	75,5	80,1	66,4	55,8	64,2	62,1
	Limo (%)	8,9	14,8	17,0	13,6	23,8	30,4	23,5	25,9
	Arcilla (%)	6,7	4,6	7,5	6,3	9,8	13,8	12,3	11,9
	CT	Are-Fr	Are-Fr	Are-Fr	Are-Fr	Fr-Are	Fr-Are	Fr-Are	Fr-Are
	MO (%)	0,7	1,9	1,8	1,5	2,0	1,9	1,4	1,8
	pH	7,4	6,5	6,2	6,7	6,8	6,6	6,6	6,7
	CE (dS .m <sup>-1</sup> )	0,4	0,7	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
	CC (%)				16,0*				16,5***
	PMP (%)				6,9**				7,6***
Profundidad 20-40cm	Arena (%)	76,4	80,2	78,6	78,4	68,3	55,9	64,9	63,0
	Limo (%)	19,2	13,3	14,6	15,7	22,7	30,1	24,7	25,9
	Arcilla (%)	4,4	6,5	6,7	5,9	8,9	14,0	10,4	11,1
	CT	Are-Fr	Are-Fr	Are-Fr	Are-Fr	Fr-Are	Fr-Are	Fr-Are	Fr-Are
	MO (%)	1,6	1,6	1,3	1,5	1,2	1,5	1,2	1,3
	pH	7,0	7,1	6,2	6,8	7,2	6,7	6,5	6,8
	CE (dS .m <sup>-1</sup> )	0,5	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
	CC (%)				16,2*				16,3***
	PMP (%)				7,0**				7,8***

Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013) y se utilizaron la totalidad de los datos para cada transecta realizando un análisis independiente según aparato y profundidad de muestreo. De esta manera, mediante un análisis de correlación se buscó el grado de asociación (r) entre los valores obtenidos por los equipos y la HR determinada por el método patrón. En los casos en los que se obtuvieron los mayores grados de asociación, se buscó mediante un análisis de regresión lineal simple la ecuación de la recta

<sup>3</sup>Con esta ecuación se estima PMP a partir del valor del valor de CC:  $PMP (\%) = CC(\%) * 0,74 - 5$



que explicó la variable HR en función de los valores obtenidos por los equipos y su correspondiente coeficiente de determinación ( $R^2$ ). A su vez, se realizó una prueba de comparación de pendientes y ordenadas al origen mediante contrastes de variables Dummy para probar posibles diferencias entre las rectas de regresión debido a las distintas graduaciones y sensibilidad de los equipos.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Contenido de Humedad Real del suelo

Los valores de HR oscilaron entre 9,4 y 14,5% para T<sub>1</sub> y 7,6 hasta 19,9% para la T<sub>2</sub>, todos en la profundidad de 0 - 20cm (Figura 1). Para la profundidad de 20 - 40cm en T<sub>1</sub> fueron de 4,2 a 18,7%, y de 6,2 a 17,1% para la T<sub>2</sub> (Figura 2)

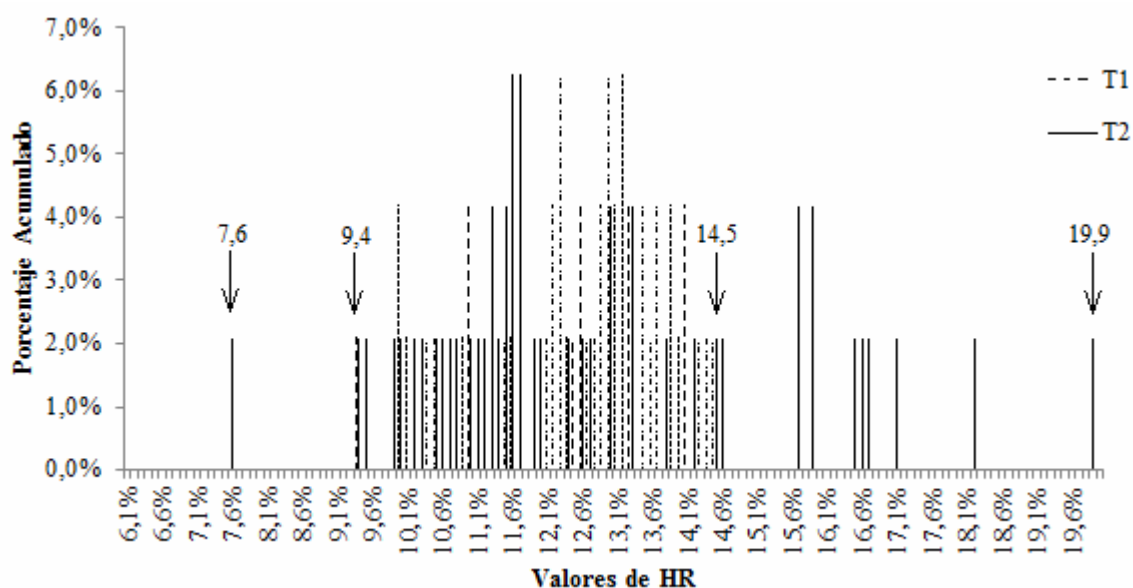
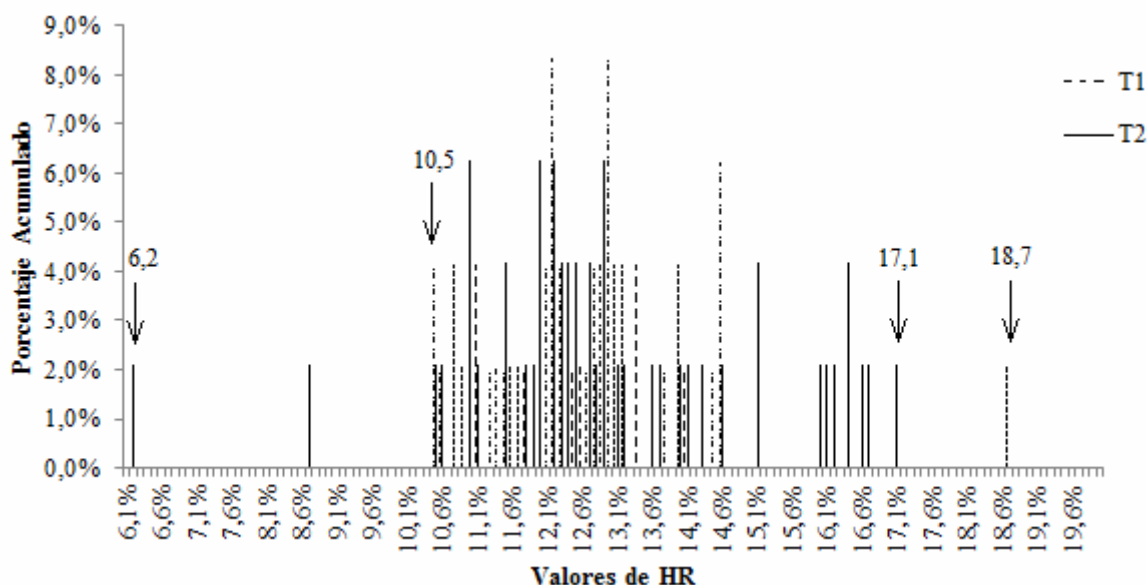


Figura 1: Gráfico de frecuencias relativas para los valores de HR (%) en la profundidad de 0-20cm para ambas transectas. Flechas indican valores de HR (%) mínimos y máximos para cada transecta.



**Figura 2: Gráfico de frecuencias relativas para los valores de HR (%) en la profundidad de 20-40cm, para ambas transectas. Flechas indican valores de HR (%) máximos y mínimos para cada transecta.**

Se observó que el 85% de los valores de HR se hallaron dentro del rango de agua útil (AU) de cada suelo (Tabla 2), el que queda definido por la diferencia entre los valores de las constantes hídricas de cada uno (CC-PMP). Más precisamente, en ambas profundidades de T<sub>1</sub> y en 20 - 40cm de T<sub>2</sub> se obtuvieron más del 75% de los datos por encima del 50% de AU (Tabla 3).

Además, se observó que el 10,4% de los datos en ambas profundidades de T<sub>2</sub> y el 2,1% de los datos en la profundidad de 0 - 20cm de T<sub>1</sub> se encontraron por encima del rango de AU, es decir, constituyó agua gravitacional. Esto se debió a las precipitaciones ocurridas durante el período de estudio, que según INTA (2014) fueron superiores a la media histórica, pudiendo generar excesos hídricos en el perfil edáfico

**Tabla 3: Distribución relativa de los valores de HR (%), respecto de las constantes hídricas de cada suelo y su ubicación en las profundidades (0-20 y 20-40 cm). PMP: punto de marchitez permanente; AU: Agua útil; CC: capacidad de campo**

Profundidad (cm)	Transecta	Menor a PMP	Distribución de los datos		
			Entre PMP - 50% AU	Entre 50% AU - CC	Mayor a CC
0-20	T <sub>1</sub>	0,0	18,8	81,3	0,0
	T <sub>2</sub>	0,0	54,2	35,4	10,4
20-40	T <sub>1</sub>	0,0	22,9	75,0	2,1
	T <sub>2</sub>	2,0	22,9	64,6	10,4

#### 4.2. Asociación entre métodos

Los valores de coeficiente de asociación (r) para los resultados obtenidos por los diferentes higrómetros y la HR oscilaron entre 0,42 y 0,93 (Tabla 4).

**Tabla 4: Coeficientes de asociación (r) obtenidos a partir de la calibración soja para equipo TCA y las calibraciones colza y alfalfa para el equipo Delver y los correspondientes valores de HR, para ambas profundidades (0-20 y 20 -40 cm) en ambas transectas (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>),**

Profundidad	Equipo y Calibración	Valores r	
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
0 – 20cm	TCA – Soja	0.56*	0.42*
	Delver – Colza	0.92*	0.93*
	Delver – Alfalfa	0.93*	0.91*
20 – 40cm	TCA – Soja	0.68*	0.56*
	Delver – Colza	0.91*	0.91*
	Delver – Alfalfa	0.93*	0.87*

\*Correlación significativa entre HR y lectura de equipos ( $p < 0,0001$ )

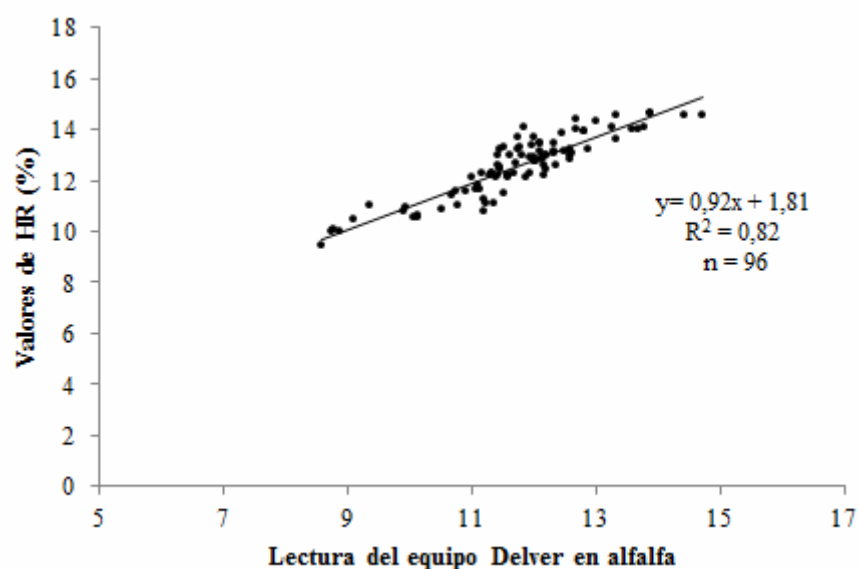
Los análisis de regresión lineal mostraron que el equipo Delver tuvo un mayor grado de explicación ( $R^2$ ) de la HR que TCA siendo las calibraciones colza y alfalfa superiores a 0,75, mientras que en el equipo TCA para la calibración soja no superó un  $R^2$  de 0,46 (Tabla 5).

**Tabla 5: Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) obtenidos a partir de la calibración soja para equipo TCA y las calibraciones colza y alfalfa para el equipo Delver y los correspondientes valores de HR, para ambas profundidades (0-20 y 20 -40 cm) en ambas transectas (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>),**

Profundidad	Equipo y Calibración	Valores $R^2$	
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
0 – 20cm	TCA – Soja	0,34	0,17
	Delver – Colza	0,84	0,86
	Delver – Alfalfa	0,87	0,82
20 – 40cm	TCA – Soja	0,46	0,31
	Delver – Colza	0,83	0,83
	Delver – Alfalfa	0,86	0,75

Los valores de  $R^2$  más altos (0,87 y 0,86) se hallaron en la  $T_1$  a partir del equipo Delver en la calibración alfalfa en profundidades de 0-20 y 20-40cm respectivamente. Para la  $T_2$  los mayores se obtuvieron, con el mismo equipo, en la calibración colza ( $R^2$ : 0,86 y 0,83 en profundidades de 0-20cm y 20-40cm, respectivamente). La comparación de las rectas de cada regresión permitió identificar diferencias o similitudes dentro y entre cada transecta. De esta forma se obtuvo que para la  $T_1$  no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las rectas obtenidas para las profundidades 0-20cm y 20-40cm con el equipo Delver en alfalfa. Lo mismo sucedió para  $T_2$ , donde tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las rectas de ambas profundidades con el equipo Delver para la calibración colza.

El hecho de no presentar diferencias significativas entre las rectas entre profundidades para cada transecta en su mejor calibración permitió realizar un análisis de regresión lineal correspondiente a una profundidad de 0 - 40 cm. Así, la ecuación final para la  $T_1$  presentó un  $R^2$  de 0,82 con el equipo Delver en la calibración alfalfa (Figura 3) y un valor de  $R^2$  de 0,83 para la  $T_2$  en la calibración colza (Figura 4).



**Figura 3:** Análisis de regresión lineal para las variables HR (%) y lectura del equipo Delver calibrado en alfalfa para la  $T_1$  en una profundidad de 0-40cm. Se menciona  $y$ :=ecuación de la recta regresora;  $R^2$ : coeficiente de determinación;  $n$ : tamaño muestral.

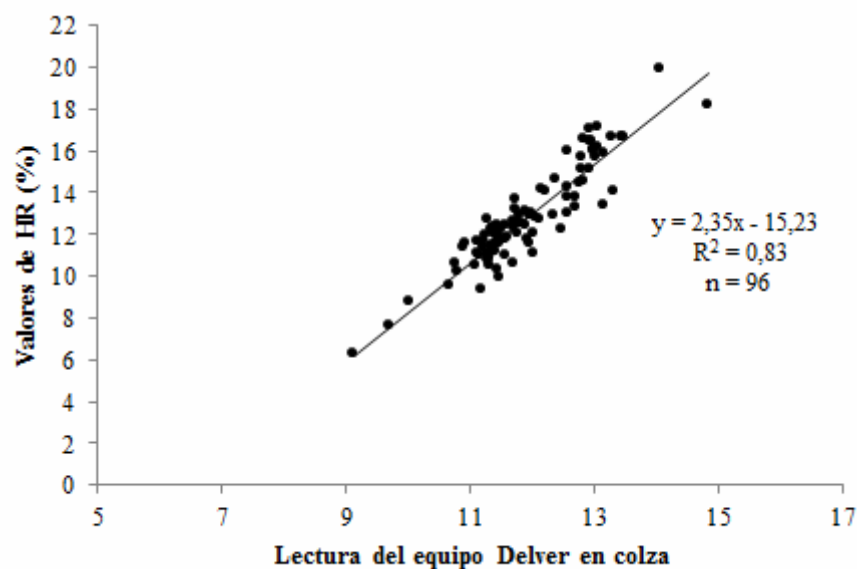


Figura 4: Análisis de regresión lineal para las variables HR (%) y lectura del equipo Delver calibrado en colza para la T<sub>2</sub> en una profundidad de 0-40cm. Se menciona y=:ecuación de la recta regresora; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; n: tamaño muestral.

Se comprobó que hubo diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) en la comparación de rectas entre transectas (Tabla 6). Así, para la T<sub>1</sub> se obtuvo el mayor ajuste ( $R^2$ : 0,82) con el equipo Delver en la calibración alfalfa mientras que para la T<sub>2</sub> el mayor ajuste ( $R^2$ : 0,83) se obtuvo con el equipo Delver en colza.

Tabla 6: Rectas de regresión para cada transecta (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>) y calibración (alfalfa y colza) del equipo Delver, en la profundidad 0 - 40 cm.

Profundidad	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
	<i>Delver alfalfa</i>	<i>Delver colza</i>
0 - 40cm	$y = 0,92x + 1,81^a$	$y = 2,35x - 15,23^b$

Letras distintas presenta diferencias significativas entre rectas ( $p < 0,0001$ )

#### 4.3. Discusión

Los valores de los coeficientes de determinación obtenidos en este trabajo resultan satisfactorios para un método diseñado y calibrado en condiciones de campo (tamaño de muestra representativo,  $n=96$ ). Dicho método, permite estimar el valor de HR que de otra manera se obtendría por el método patrón (gravimétrico). Otros autores (Martínez Fernández *et. al.*, 2001) en trabajos de calibración de técnicas, como sondas TDR, han encontrado valores de coeficiente de determinación más altos ( $R^2$  superior a 0,9), aunque estos fueron

realizados en condiciones controladas sin ser realizadas calibraciones a campo. Por otro lado, un método calibrado a campo como la sonda de capacitancia presenta un  $R^2$  de 0,65, el cual es menor al obtenido en este trabajo y con mayor variabilidad respecto al rango de humedad de cada suelo (Weinzettel y Usunoff, 2003).

Si bien los ajustes en general fueron altamente satisfactorios, se pudo establecer ajustes específicos por cada transecta. Las diferencias en estos ajustes podrían ser explicadas a partir de las diferencias halladas en las fracciones texturales y los contenidos de MO de cada transecta. El suelo de la  $T_1$ , en donde se obtuvo el mayor ajuste a partir de la calibración alfalfa, presentó una clase textural más gruesa y valores de MO más bajos que la  $T_2$  (que arrojó el mayor ajuste en la calibración colza). El suelo de la  $T_1$  tendría mayor probabilidad de formar agregados de menor tamaño que los de la  $T_2$  en función de su textura más gruesa y menor contenido de MO. Así, tiende a asemejarse en mayor medida a granos de alfalfa en coincidencia con la calibración del equipo Delver de mayor ajuste para este tipo de suelo. Por el contrario, la textura más fina de la  $T_2$  junto con sus mayores contenidos de MO podría generar agregados de mayor tamaño que en  $T_1$ . Estos se asemejarían en mayor medida al tamaño de un grano de colza, coincidiendo a la calibración del equipo Delver en este tipo de grano.

## 5. CONCLUSIÓN

Los valores arrojados por el equipo Delver en los muestreos de suelo presentaron un grado de asociación altamente significativo con la HR determinada por el método gravimétrico.

Las profundidades dentro de cada transecta no incidieron en las estimaciones realizadas por el equipo.

Se encontró para cada tipo de suelo una recta regresora que permitió estimar el HR de los suelos en una profundidad de 0 a 40 cm dentro del rango de AU de cada uno.

Las estimaciones de este equipo son aceptables y rápidas. Por el contrario, el equipo TCA presentaría estimaciones menos precisas en las condiciones en que se desarrolló este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alizaga R. y Mora M. (1982). *Medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador motomco 919*. Agronomía Costarricense. 6(1-2). 35-41.
- Bono A. y Álvarez R. (2012). *Use of surface soil moisture to estimate profile water storage by polynomial regression and artificial neural networks*. Agronomy journal 104(4) 934-938.
- Buschiazzo D., Panigatti J. L., Babinec F. J. (1996). *Labranzas en la región semiárida Argentina*. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- INTA, Gobierno de la Provincia de La Pampa, UNLPam. (1980). *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación*. Buenos Aires. 263-272.
- INTA. (2014). *Evolución de las actuales condiciones climáticas. Tendencias a mediano y largo plazo*. Instituto de Clima y Agua. Boletín semanal 273(6) 1-18.
- Martínez Fernández J. y Ceballos A. (2001). *Diseño y validación de una sonda TDR para la medición de la humedad del suelo*. Temas de investigación de zona no saturada. J.J. López y M. Quemada (Eds.). Universidad Pública de Navarra; Gobierno de Navarra; Pamplona; 37-43.
- Moscattelli G., Salazar Lea Plaza J. C., Godagnone R., Grinberg H., Sánchez J., Ferrao R., Cuenca M. (1989). *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000*. INTA CIRN. Instituto de Evaluación de tierras. Proyecto P. N. U. D ARG85/019 Área Edafología Buenos Aires. 253-271.
- Quiroga A. y Bono A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. Publicación Técnica, (71). INTA EEA Anguil. 39-54.
- Radulovich R. (2009). *Método gravimétrico para determinar in situ de la humedad volumétrica del suelo*. Agronomía Costarricense, 33 (1): 121-124.



- Schlichting, E., Blume, H. P. K. Stahr.(1995). *BodenkundlichesPraktikum*; Auflage.Verl. Blackwell Wiss. Berlin, Oxford (ua).
- Silva A., Ponce De León J., García F. y Durán A. (1988). *Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay*. Boletín de Investigación N° 10. Facultad de Agronomía. Universidad de la República.
- Torres Carbonel C., Marinissen A., Lauric A. (2012). *Desarrollo de sistemas de producción para la Ecoregión Semiárida Pampeana Sur*. INTA, EEA Bordenave.
- United States. Natural Resources Conservation Service. (1998). *Estimating Soil Moisture by Feel and Appearance*.USDA, Natural ResourcesConservationService. 1619: 1.68.
- Vilella F., Senesi S., Daziano M., Contreras D. (2012). *Caracterización de la producción Agrícola en Argentina frente al Cambio Climático*. PNUD. Argentina.
- Weinzettel P., y Usunoff E. (2003). *Calibración de una sonda de capacitancia en suelos argiudoles de la zona central de la provincia de Bs. As., Argentina*.Zona no Saturada del Suelo, 6, 165-170.