

# **EFFECTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS DEL SUELO, BAJO SIEMBRA DIRECTA Y TRANSPLANTE EN COMBINACIÓN CON ABONOS VERDES ANTECESORES, SOBRE LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS.**

**Ullé, J.<sup>1</sup>; Faggioli, V.<sup>2</sup>; Serri, D.<sup>2</sup>; Ortega y Villasana, P.<sup>1</sup>; Darder, L.<sup>3</sup>; Dalpiaz, J.<sup>3</sup>; Garcia, L.<sup>3</sup>; Farroni, A.<sup>3</sup>; Rimatori F.<sup>3</sup>; Colombini, F.<sup>3</sup>; Villalba D.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> EEA INTA San Pedro, Ruta nº 9 Km 170 CP B2930ZAA E-mail: [ulle.jorge@inta.gob.ar](mailto:ulle.jorge@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> Suelos Biología EEA INTA Marcos Juárez

<sup>3</sup> Suelos Gestión Ambiental EEA INTA Pergamino

**Trabajo realizado con subsidios del proyecto INTA AERN 296012**

Durante los años 2007-2012 fueron analizados dos tratamientos de sistemas de implantación de cultivos hortícolas; uno siembra directa de semillas (SD) y otro transplante de plantines (TR). Estos se combinaron con cuatro antecesores de manejo de suelos. Los tratamientos antecesores fueron: (H1) barbecho desnudo estival antes del policultivo de lechuga, acelga, remolacha, (H2) moha antes del policultivo de lechuga, acelga, remolacha, (H3) sorgo forrajero antes del cultivo de cebolla de verdeo, (H4) avena antes del cultivo de zapallo. El experimento tuvo diseño factorial con dos sistema de implantación, cuatro antecesores y tres repeticiones. En el período 2007-2009 fueron analizadas las variables, físicas, químicas, biológicas de la matriz del suelo: densidad aparente (DAP), infiltración básica (IB), porosidad total (PT), distribución de macroporos (MP), mesoporos (MSP), microporos (MCP), estabilidad de agregados (IEA), pH, conductividad eléctrica (CE), sulfatos (SO<sub>4</sub>), carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (NT), fósforo extractable (Pe), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), capacidad de intercambio catiónico (CIC), respiración (AB), carbono en la biomasa microbiana (CBM), coeficientes metabólicos (qCO<sub>2</sub>), fluoresceína difosfato (FDA) y fosfatasa ácida (Pasa). También fueron registrados los rendimientos de las hortalizas luego de los antecesores. El análisis estadístico de todas las variables se realizó mediante dos procedimientos, modelos lineales (ANOVA, STEPWISE) y componentes principales (ACP). Existieron interacciones significativas entre sistema de implantación SD y TR y antecesores H1, H2, H3, H4, pero no fueron tan acentuadas, como la separación de tratamientos de SD y TR mediante ACP, lo que explicó el 83,4% de la variación ocurrida. Las variables biológicas y la IB explicaron en mayor medida los resultados obtenidos al favor del TR en los rendimientos de lechuga y acelga. Por el contrario las variables químicas y el IEA explicaron en mayor medida los resultados obtenidos a favor de la SD en el rendimiento de remolacha.

**PALABRAS CLAVES:** sistemas de implantación, coberturas vegetales, matriz del suelo.

## **INTRODUCCION**

La adopción y diseño de sistemas de labranzas conservacionistas en la horticultura a cielo abierto debe ser estudiado en experimentos de mediana a larga duración, en la medida que laboreos, equipos o coberturas vegetales inadecuadas pueden ocasionar atrasos en las fases de desarrollo de los cultivos provocando disminución del rendimiento (Morse, 1999). Johnson & Hoyt (1999) recopilaron gran cantidad de ensayos comparativos de sistemas de labranzas conservacionistas frente a laboreos con remoción de suelos reportando cambios importantes en las propiedades físicas y la acumulación de agua en el perfil del suelo a favor de los sistemas de mínima labranza. En los suelos laboreados convencionalmente existía una mayor porosidad y menor densidad aparente, pero esto finalmente no se traducía en una mayor acumulación de agua en los horizontes superficiales. Por otra parte las labranzas conservacionistas a menudo son combinadas con cultivos de cobertura o abonos verdes, lo que deja gran cantidad de residuos en superficie, esto aún más beneficiaba la acumulación de agua por menor evaporación, pero más difícil hacía la implantación de cultivos sobre coberturas, sin una mecanización acorde a estas nuevas tecnologías (Morse, 1999). En general la mayor repercusión de los sistemas de laboreo conservacionistas sobre las propiedades químicas se observaba en una mayor capacidad de intercambio catiónico. Los sistemas conservacionistas también demostraban mayor acumulación y disponibilidad de fósforo inorgánico en superficie y las posibilidades de aprovechamiento de fuentes de fósforo orgánico a ser utilizado por las plantas. Treonisa et al (2010) encontraron, en los primeros 0-5cm de suelos bajo aplicación de enmiendas orgánicas, efectos superficiales marcados para la mayoría de las variables biológicas, materia orgánica, respiración, nematodos, grupos funcionales de bacterias y hongos, pero los efectos se transferían en profundidad en perfil del suelo, solo cuando había remoción e incorporación por labranzas. En los sistemas agro-ecológicos, los sistemas conservacionistas pueden brindar un subsidio vital a cerca de herramientas que contribuyan a disminuir el uso de insumos externos y generar nuevas tecnologías para el control integrado de malezas y el manejo de fertilización orgánica. Sin embargo muchas dudas existen aún cuanto a la forma más eficaz de implantación de los cultivos hortícolas en sistemas agroecológicos. El objetivo de este trabajo fue conocer en qué medida los sistemas de siembra directa y transplante, combinados con abonos verdes estivales, podían ser una alternativa eficaz en la implantación de hortalizas en sistemas agroecológicos. Por otra parte se buscó conocer la adaptabilidad de diferentes hortalizas de hojas y su comportamiento y producción al sistema de siembra directa (SD) y transplante (TR), combinado con cuatro antecesores de manejo de suelos , barbecho desnudo (H1), moha (H2), sorgo forrajero (H3), avena (H4), estos diferentes cuanto a residuos al momento de la incorporación. Otro objetivo fue comparar valores de los parámetros físicos, químicos, biológicos, para comprender y relacionar el funcionamiento de la matriz del suelo, con los métodos de implantación y rendimiento de los cultivos.

## **MATERIALES Y METODOS**

Un experimento de diseño factorial y tres repeticiones fue implantando desde 2007 a 2012 en la EEA San Pedro sobre un suelo Argiudol Vertico de la serie Ramallo, en la Unidad II , 33° 44,05´ 33´´ S y 59° 47´ 56,22´´ O de latitud. Estos sistemas fueron combinados con diferentes antecesores de manejo de suelos tales como barbecho

desnudo (H1), moha (H2), sorgo forrajero (H3), avena (H4), generando diferentes tipos de residuos previos a la incorporación al suelo. En otoño-invierno luego de los antecesores, H1, H2, fueron implantados lechuga, acelga, remolacha en hileras contiguas de policultivos a 0,70 m entre las mismas, en el antecesor H3 cebolla de verdeo a 0,40m y en primavera en el antecesor H4 zapallo a 1,2 mts, entre hileras. Cada unidad experimental tuvo 7 mt de ancho x 9 mt de largo (63 m<sup>2</sup>) totalizando 24 parcelas experimentales resultantes de 2 sistemas de implantación de cultivos (SD, TR); cuatro antecesores (H1, H2, H3, H4) y tres repeticiones. En el primer ciclo del experimento de larga duración, todas las parcelas fueron tratadas por igual en otoño (abril) con dos aplicaciones año por medio (2007, 2009) de compost, en dosis de 30 Ton / ha, con mínima incorporación al suelo al momento de implantación de los cultivos. Fueron realizados tres muestreos de variables químicas de suelos, antes de cada aplicación de enmienda orgánica y después de la cosecha de los cultivos. Al final del primer ciclo de este ensayo en otoño 2010 se efectuó un muestro de variables físicas de suelos, así como tres muestreos de variables biológicas. Las variables de estudio levantadas se correspondieron con propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, denominadas en conjunto “matriz del suelo” (Tabla A). Cada año en 2007, 2008, 2009, en todos los tratamientos fueron cosechados los cultivos de lechuga, acelga, remolacha, cebolla verdeo, zapallos para determinación del peso medio de planta y rendimiento por m<sup>2</sup>, pesando todas las plantas de la hilera del cultivo. El análisis estadístico para todas las variables fue llevado a cabo por dos procedimientos estadísticos, mediante programa INFOSTAT (Di Rienzo, 2011). Uno mediante análisis de modelos lineales donde fueron analizados por ANOVA, interacciones significativas entre fuentes de variación, comparación de medias y selección de variables regresoras con ajuste del mejor modelo de regresión múltiple. Otro consistió en el análisis multivariado mediante componentes principales (ACP), para explicar la participación y ponderación de cada variable original en la variabilidad total de los datos obtenidos y en su nueva expresión mediante vectores de los componentes principales (CP).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Cuando las variables químicas fueron comparadas en función del tratamiento antecesor de manejo de suelos, el carbono (COT), nitrógeno (NT), fósforo (Pe) difirieron significativamente, a favor de las medias del tratamiento H1 en contraste con H4. Hubo interacciones significativas entre antecesores del manejo de suelos y sistemas de implantación, con valores de magnesio (Mg) superiores en sorgo (TR H3) y transplante de cebolla con relación a la siembra directa (SD H3) y con valores de potasio (K) superiores en moha siembra directa (SD H2 con relación al transplante (TR H2). Cuando se analizan las variables biológicas también se observan diferencias entre tratamientos, siendo los valores CBM superiores en H2 con relación a H4, lo cual podría estar demostrando el efecto más favorable de la cobertura de moha estival (H2) para fracciones lábiles del carbono del suelo con relación a la avena otoño invernal (H4). Dentro de las variables físicas los contrastes entre antecesores verificaron que la Porosidad total y sus componentes de macroporos (rango 300-60) y mesoporos (rango 60-30) fueron superiores con el antecesor Sorgo (H3) que sobre moha (H2) y avena (H4). La infiltración mostró una fuerte interacción significativa entre el tratamiento H1 y el sistema transplante (TR1) donde los valores superaron a todo el resto de los tratamientos, es decir que el barbecho desnudo estival y la remoción favorecieron una

mejor condición para entrada de agua al suelo con relación al resto de las coberturas. Por el contrario el IEA de agregados tuvo una fuerte interacción demostrando que la SD y el antecesor avena (SDH4) superaron al resto de los tratamientos, siendo este escenario más favorable en términos de estructura y agregación de suelos que las coberturas estivales y los barbechos desnudos. Los rendimientos de los cultivos en lechuga, evaluados a través del peso medio de plantas y su diámetro de cabeza demostraron en dos de los tres años (2008, 2009) una fuerte interacción significativa a través de la superioridad del tratamiento transplante de lechuga sobre suelo proveniente de barbecho desnudo (TR H1). Otra tendencia vista, en dos años (2007, 2009) fue en el peso medio de los atados de acelga y su largo de hoja, cuyo valor fue superior en el transplante (TR) con relación a la Siembra Directa (SD), independientemente del antecesor estival H1, H2. En remolacha el peso medio de los tallos, fue generalmente a favor de la SD versus el TR, sin interacción con los antecesores de cobertura, pero los rendimientos a nivel de lote experimental no mostraron diferencias significativas. Por el comportamiento visto la lechuga tuvo una fuerte interacción positiva con el transplante (TR) sobre suelo desnudo (TR H1), la acelga una mejor adaptación ante el transplante (TR) en forma indistinta del antecesor H1 y H2, y la remolacha manifestó un comportamiento promisorio a favor de la siembra directa (SD). A los fines de generar una explicación de los resultados que permitiera visualizar más aún los comportamientos de los antecesores H1, H2 frente a las propiedades de la matriz del suelo, se observa en la **FIG.1** el Biplot en que el CP1 explica el 47,8 % y el CP2 35,6% de la variación ocurrida. A través del eje del CP2 se separaron dos situaciones bien establecidas cuanto a SD y TR; es decir, por un lado hacia arriba de CP2, en la zona de valores positivos se agrupan los tratamientos TRH1, TRH2, junto a la totalidad de las variables biológicas (AB, CBM, qCO<sub>2</sub>, Pasa, FDA) la DAP, IB básica, macroporos (MP>300), mesoporos (MSP 60-30) y los pesos medios de lechuga y acelga. Es de recordar que estas hortalizas, obtuvieron mayores valores de rendimiento siempre en sistemas de implantación mediante TR. Es decir que esta afinidad, con la totalidad de las variables biológicas y la IB básica, estarían demostrando por que las plantas bajo el sistema de TR obtienen mejor resultado bajo esta forma de implantación. Los plantines hortícolas provenientes de sustratos en bandejas y luego transplantados estarían más inducidos y mejor preparados para el aprovechamiento de estas propiedades de los suelos. No se puede olvidar, que en el ensayo en su conjunto se practicó la fertilización orgánica en dos períodos sucesivos, práctica que va generando una condición de calidad de suelos en su conjunto, pero a su vez en el TR hubo una mayor repercusión de la dimensión biológica. Por el contrario los sistemas de SDH1 SDH2 se agruparon opuestamente en los valores negativos del CP2, explicando sus resultados en mayor medida a partir de todas las variables químicas (PH, CE, COT, NT, Pe, Ca, Mg, K, Na, CIC), el IEA, algunas de las fracciones de la PT tales como: MP300-60, MSP 60-30, MCP< 15 y el peso medio de remolacha. Sin duda la fertilización orgánica del experimento en conjunto, también contribuyó a una mayor capacidad buffer (pH, CE) y regulación de las variables químicas en SD. Éstas contribuyeron con una mejor provisión de macronutrientes asociados a la materia orgánica, tales como COT, NT, Pe, S, y cationes Ca, Mg, K, Na, asociados a las cenizas del compost.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a cerca del comportamiento de la matriz del suelo en su conjunto bajo sistemas de SD y TR, así como los rendimientos de los cultivos, dejan planteadas nuevas hipótesis de trabajo para estos suelos arcillosos frecuentes en el cinturones hortícola de la zona norte de BsAs. Estos suelos Argiudoles Verticos, podrían estar ser más receptivos a recibir sistemas de implantación de hortalizas bajo transplante conducidos en programas de manejo y conservación de suelos que incrementen sus propiedades biológicas. Tal vez la gran cantidad de efectos favorables conseguidos con la joven plántula proveniente de sustratos orgánicos y volúmenes de contenedor adecuado, establezcan el “continium” necesario con los suelos a través de las propiedades biológicas y su repercusión en el transplante. Por el contrario la implantación por semillas en los sistemas de SD, necesitaría una fertilidad química más manifiesta en rangos de nutrientes potencialmente más altos. Si bien las variables IB y el IEA, no aparecen correlacionadas negativamente, también separan su comportamiento en uno u otro sistema de implantación, siendo la primera importante en el transplante y la segunda en siembra directa. Estos hechos podrían estar relacionados a la diferente dinámica de las labranzas en cada caso. Si bien existieron interacciones significativas entre sistema de implantación SD y TR y antecesores H1, H2, H3, H4, estas no fueron tan marcadas, como la separación de tratamientos de SD y TR planteados desde el análisis de CP.

**Tabla A. Variables físicas, químicas, biológicas de los suelos y determinaciones de componentes de rendimientos de los cultivos hortícolas.**

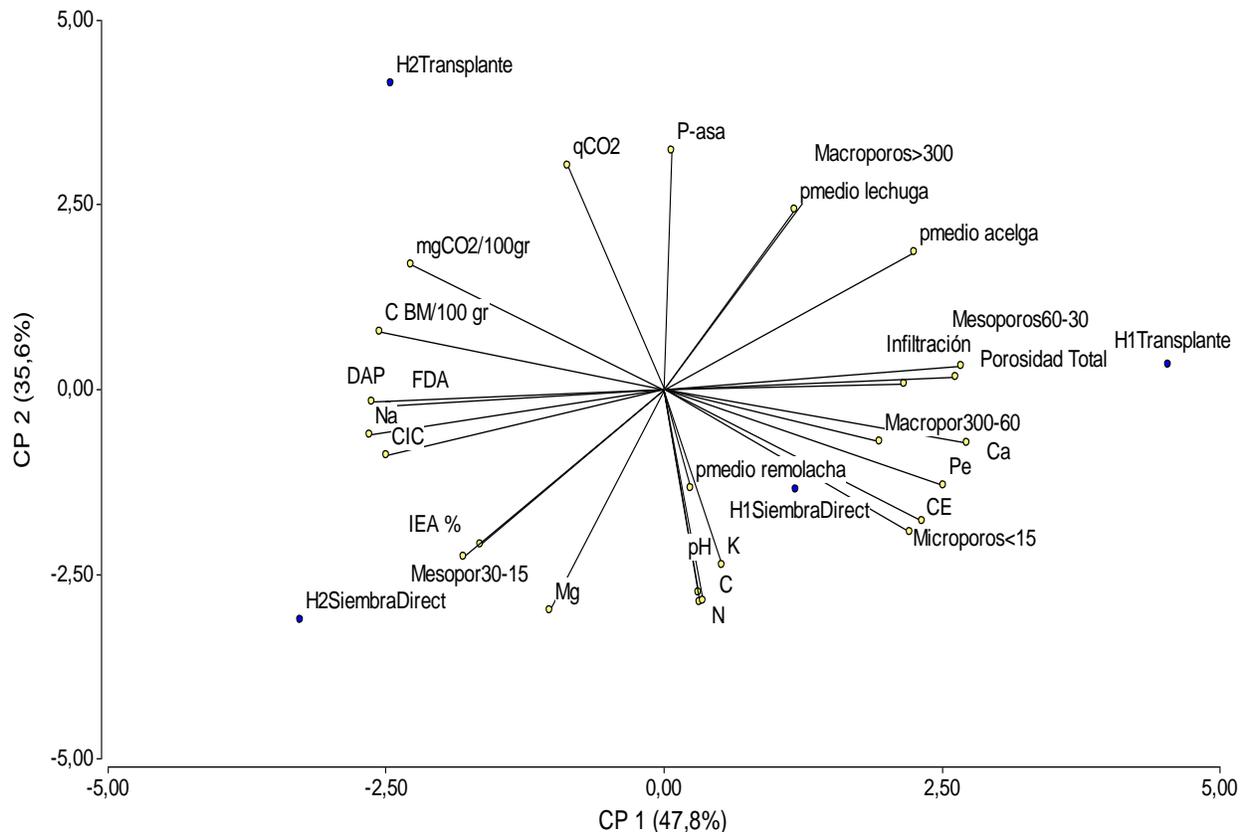
<b>Variables</b>	<b>Métodos</b>
<b>Físicas:</b>	
Densidad aparente (DAP)	Método del cilindro ISO/FDIS 11272 (1998)
Porosidad total (PT)	Distribución de macroporos (MP: rangos 300 > 300-60 micrones), mesoporos (MSP: rangos 60-30 y 30-15 micrones) y microporos (MCP: < 15 micrones)
Capacidad de campo (CC)	Humedad gravimétrica: diferentes potenciales de succión
Coeficiente de marchitez permanente (CMP)	Placa extractora de presión a 15 atm
Estabilidad de agregados (IEA)	Laboratorio CERBAN
Infiltración básica (IB)	Permeámetro de discos Ankeny 1991
<b>Químicas:</b>	
pH	Potenciométrico - Agua 1:2,5
Conductividad eléctrica (CE)	Conductimétrico - Agua 1:2,5
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Turbidímetro
Carbono orgánico total (COT)	Combustión húmeda - Walkley & Black
Nitrógeno total (NT)	Destilación micro-Kjeldahl
Fósforo extractable (Pe)	Colorimétrico pH < 7,6 - Bray & Kurtz 1
Cationes intercambiables calcio (Ca) y magnesio (Mg)	Volumetría complejimétrica - Schollenberger & Simon
Cationes intercambiables potasio (K) y sodio (Na)	Fotometría de llama - Schollenberger & Simon
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación de amonio - Schollenberger & Simon

### **Biológicas:**

Actividad Biológica (AB): Respiración  
Biomasa microbiana (CBM)  
Coeficientes metabólicos ( $qCO_2$ )  
Fosfatasa paranitrofenol (Pasa)  
Hidrólisis de Fluoresceína diacetato (FDA)

Jenkinson & Powlson (1976)  
Jenkinson & Powlson (1976)  
Cociente entre la Respiración y CBM  
Alef & Nannipieri (1995)  
Alef & Nannipieri (1995)

**Figura 1. Biplot de análisis multivariado indicando la relación entre componentes principales y las variables de la matriz físico, químico, biológico del suelo en el experimento de SD y TR y distintos antecesores H1, H2,**



### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Johnson A, M. & G, D. Hoyt, 1999. Changes to the Soil Environment under Conservation Tillage. July–September 9 (3) 380-393

Morse, R, D, 1999. No-till Vegetable Production— Its Time is Now HorTechnology July–September 9 (3) 373-379.

Treonisa, A, M., E, A, Erin., J, S, Buyerb., J,E,Maulb., L,Spicera., I,A,Zasadac. 2010. Effects of organic amendment and tillage on soil microorganisms and microfauna. Applied Soil Ecology (46) 103–110