



## Indicadores de calidad edáfica en cultivos antecesores consociados y monocultivo de batata.

Ullé, J.<sup>1</sup>; Marti, H.<sup>1</sup>; Faggioli, V.<sup>2</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>; Martinez, F.<sup>4</sup>; Ortega y Villasana, P.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA San Pedro; <sup>2</sup> Suelos Biología EEA INTA Marcos Juárez; <sup>3</sup> Suelos Gestión Ambiental EEA INTA Pergamino; <sup>4</sup> IPAF NEA

\* Autor de contacto: [ulle.jorge@inta.gob.ar](mailto:ulle.jorge@inta.gob.ar); EEA INTA San Pedro Ruta nº 9 Km 170 CP B2930ZAA Argentina; +54 3329 424074 int 118. REDAE 1136021

### RESUMEN

Un experimento con batata *cv Arapey*, fue implantado en 2011 en Argiudoles evaluando diferentes tipos de manejo de suelos. Fueron comparados los manejos de mayor adopción como monocultivo y antecesor barbecho desnudo, con otras prácticas de manejo conservacionistas como antecesores de variedades de maíz (*cv. Blanco Duro, cv. Caiano, cv Azteca*), sorgo forrajero (*cv. Talero*), leguminosas subtropicales (*Canavalia ensiformis, Mucuna cinza*) y cultivo de batata (*cv Arapey*) de forma consociada en hileras con estos (*cv Blanco Duro, Cv Caiano, Canavalia ensiformis*). Fueron implementados 12 tratamientos y tres repeticiones, en diseño en bloques aleatorizados (DBCA) en un ensayo con objetivo de larga duración en la EEA San Pedro. Las batatas fueron trasplantadas, en 2011, 2012, 2013, siendo aquí comunicados los resultados de las primeras dos cosechas. En el primer año se cosecharon y registraron los rendimientos (ha) de los tratamientos de batata monocultivo, batata consociada con variedades maíz (*cv Blanco Duro, cv. Caiano*) y batata con leguminosas (*Canavalia ensiformis*). En el segundo año se cosecharon los tratamientos luego de los antecesores, barbecho desnudo, maíz (*cv. Blanco Duro, cv. Caiano, cv Azteca*), sorgo (*cv. Talero*) y leguminosas (*Canavalia ensiformis*). En cada situación fueron levantadas para la determinación las variables edáficas, físicas, químicas, biológicas: densidad aparente (DAP), infiltración básica (IB), porosidad total (PT), distribución de macroporos (MP), mesoporos (MSP), microporos (MCP), estabilidad de agregados (EA), pH, conductividad eléctrica (CE), 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), fosfatasa ácida (Pasa), glomalinas (PROT) e hifas (H) arbusculos (A) y vesículas (V) de micorrizas. El objetivo del trabajo fue conocer en qué medida el conjunto de variables-indicadores, permitían diferenciar las situaciones de manejo. En el análisis ANOVA, en el primer año 2012 los rendimientos de batata no difirieron significativamente, mientras que en el segundo 2013, la batata monocultivo, el antecesor barbecho desnudo, sorgo (*cv. Talero*) y leguminosa (*Canavalia ensiformis*), superaron significativamente a las batatas consociadas en hileras con variedades de maíz (*cv Blanco Duro, Cv Caiano*) y *Canavalia ensiformis*. El análisis de regresión múltiple (stepwise) en el primer año 2012, demostró un alta relación del rendimiento de batata con las variables biológicas, (CBM), (PROT), (qCO<sub>2</sub>) (R<sup>2</sup>= 0.65) y las físicas (MP), (MCP) (R<sup>2</sup>= 0.66). En el segundo año 2013, los rendimientos de batata presentaron una baja relación en sentido negativa con las variables biológicas (FDA) (Pasa), (PROT) (R<sup>2</sup>= 0.40), y las físicas (EA) (MSP) (R<sup>2</sup>= 0.26), pero una alta relación positiva con el Nt (R<sup>2</sup>= 0.85). El análisis de componentes principales separó mediante el CP1 (38,7% de la variación ocurrida), los tratamientos consociados del monocultivo, demostrando los consociados agruparse en un cuadrante junto a los rendimientos de batata 2012, la (FDA), (Pasa), (PROT), (MCP), (EA). Por el contrario, los de monocultivo se agruparon junto a los rendimientos de batata 2013, las variables químicas en su totalidad, las físicas (MP), (MSP) y micorrizas (H), (A), (V) en otro extremo.

**Palabras claves:** propiedades físicas; químicas; biológicas; agroecología.

## INTRODUCCION

El cultivo de batata en la región norte de la Pcia de Bs As abarca un área plantada de aproximadamente 1500 has alrededor del partido de San Pedro. Los suelos de la zona se corresponden con Argiudoles vérticos de texturas arcillosas, y horizontes Bt, donde el cultivo de la batata ha sido conducido por medianos agricultores mediante formas de manejo empíricas. Los métodos de cultivo de batata fueron basados en herramientas de labranzas y maquinarias adaptadas al manejo de suelos de la región, pero excesivos laboreos para favorecer el suelo desnudo en las operaciones de trasplante sobre canteros, disminuyeron sucesivamente las cantidades de las fracciones más lábiles del carbono del suelo. Por otra parte la batata a pesar de ser un cultivo poco exigente en términos de exportación de macronutrientes, sin planificación de antecesores y rotaciones lleva a caídas bruscas de la materia orgánica, en relación a los suelos prístinos. En un experimento anterior con laboreos convencional de arado reja, focalizando intercalar cultivos agrícolas como antecesores estivales e invernales en la rotación con batata, no se encontraron en el largo plazo diferencias significativas en los rendimientos, sin embargo las batatas cultivadas luego de los antecesores estivales presentaban mayor capacidad antioxidante (Gonzalez *et al.*, 2009). Otros sistemas menos predominantes en la región norte de la Pcia es el cultivo de hortalizas de hojas, repollos remolachas, en donde los principales aportes de materia orgánica provienen de la aplicación de estiércoles o enmiendas orgánicas para mantener producción de alto rinde. En un experimento basado en la utilización de diferentes aportes de materia orgánica a un suelo de la serie Ramallo fue determinado, que al menos, 10 Ton/ha/año de carbono, son necesarios para mantener un balance neutro de materia orgánica y un estado favorable cuanto a las propiedades físico-químicas en relación al laboreo y aprovechamiento de nutrientes (Sasal *et al.*, 2000). En este trabajo la densidad aparente y la macro-porosidad fueron más sensibles que la micro-porosidad para detectar diferencias producidas por el manejo del suelo. Las enmiendas orgánicas y el carbono aportado produjeron una disminución directa en los valores de densidad aparente. En otro trabajo (Ullé *et al.*, 2013) comparando cuatro antecesores de policultivos de hortalizas de hojas, tales como barbecho estival, moha, sorgo, avena, en otoño invierno los niveles de fosfatasa ácida y estabilidad de agregados fueron mayores en avena, pero el carbono en la biomasa y la porosidad total fueron mayores en los antecesores estivales. En sistemas agroecológicos la conservación de suelos, su calidad, manejo y la caracterización de propiedades físicas, química y biológicas, de modo integral, es un factor clave para rediseñar y planificar el manejo de los cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un lote de la EEA San Pedro INTA en un suelo correspondiente a la serie Ramallo (Ra), Argiudol vértico, profundo, de textura superficial franco arcillo limoso. El experimento se implantó en el ciclo agrícola 2011/12 con diseño estadístico en bloques al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron 12 según sigue: 3 variedades de maíz (*cv. Blanco Duro*, *cv. Caiano*, *cv. Azteca*), 1 sorgo forrajero (*cv. Talero*), 2 leguminosas subtropicales (*Canavalia ensiformes*, *Mucuna cinza*), 1 barbecho desnudo estival, 1 avena-batata, 1 monocultivo batata, 1 batata-*Canavalia ensiformes*, 1 batata-*cv. Blanco Duro*, 1 batata-*cv. Caiano*. Las labranzas de preparación del sitio para el trasplante, consistieron en triturado de vegetación espontánea, laboreo primario con cincel y dos operaciones de rastra excéntrica dos meses antes del trasplante. En otoño de 2013 las propiedades edáficas estudiadas en el espesor 0-0.12 m fueron las siguientes,

**Tabla A. Variables físicas, químicas, biológicas de los suelos y determinaciones analíticas realizadas durante el experimento**

<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
Coefficiente de marchitez permanente (CMP)	Placa extractora de presión a 15 atm
Estabilidad de agregados (EA)	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 complejométrica - Schollenberger & Simon
Cationes intercambiables potasio (K) y sodio (Na)	Fotometría de llama - Schollenberger & Simon
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación de amonio - Schollenberger & Simon
<b>Biológicas:</b>	
Actividad Biológica (AB): Respiración	Jenkinson & Powlson (1976)
Biomasa microbiana (CBM)	Jenkinson & Powlson (1976)
Coefficientes metabólicos (qCO <sub>2</sub> )	Cociente entre la Respiración y CBM
Fosfatasa paranitrofenol (Pasa)	Alef & Nannipieri (1995)
Hidrólisis de Fluoresceína diacetato (FDA)	Alef & Nannipieri (1995)
Glomalinas PROT/gr	
Micorrizas (H, A, V)	McGonigle et al. (1990)
<b>Análisis estadísticos</b>	
Comparación de medias	Duncan 5%
Regresión lineal múltiple	Modelo Stepwise
Análisis Multivariado	Componentes principales

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se observan los rendimientos correspondientes a él primer ciclo del experimento, donde en el gráfico box-plot se ve la variación ocurrida en cada tratamiento durante el primer año. Por la hipótesis a estudiar en este año solo hubo avena otoñal, pero no hubo antecesores estivales. No existieron diferencias significativas en el test de comparación de medias al 5%, pero en ello incidió la alta variación ocurrida y debida a la pérdida del 20% del stand de plantas trasplantadas a raíz desnuda. Esto también se vio reflejado en el bajo rango de rendimientos por ha obtenidos, no mayor de 5 Ton/ha. En el segundo ciclo (figura 2) se pudieron evaluar los resultados de los antecesores estivales junto a los otros tratamientos, en los que se comprobó que los rendimientos de los tratamientos barbecho desnudo, monocultivo de batata, sorgo, canavalia, difirieron significativamente de los tratamientos de batata consociados con maíz y con canavalia. Debido a ser un ensayo en iniciación no se pudo aún ser conclusivo a respecto a que prácticas

son más beneficiosas en términos de conservación de suelos. El conjunto de variables físicas, química, biológicas, analizadas en el modelo de regresión múltiple stepwise, permitió ver un comportamiento distinto cuanto a las variables regresoras, que explicaron mejor los rendimientos. En 2012 los pesos ha de batata presentaron una moderada a buena relación con la BM, PROT/gr, qCO2 ( $R^2$  0.65), la macro-porosidad  $>300\mu$  y la microporosidad  $<15$  ( $R^2$  0.66) (Tabla 1 y 2). Sin embargo en 2013, cuando se computaron los tratamientos provenientes de los antecesores estivales, la mejor relación ( $R^2$  0.85) fue positivamente con el NT, y negativamente con el pH y Ca (Tabla 3).

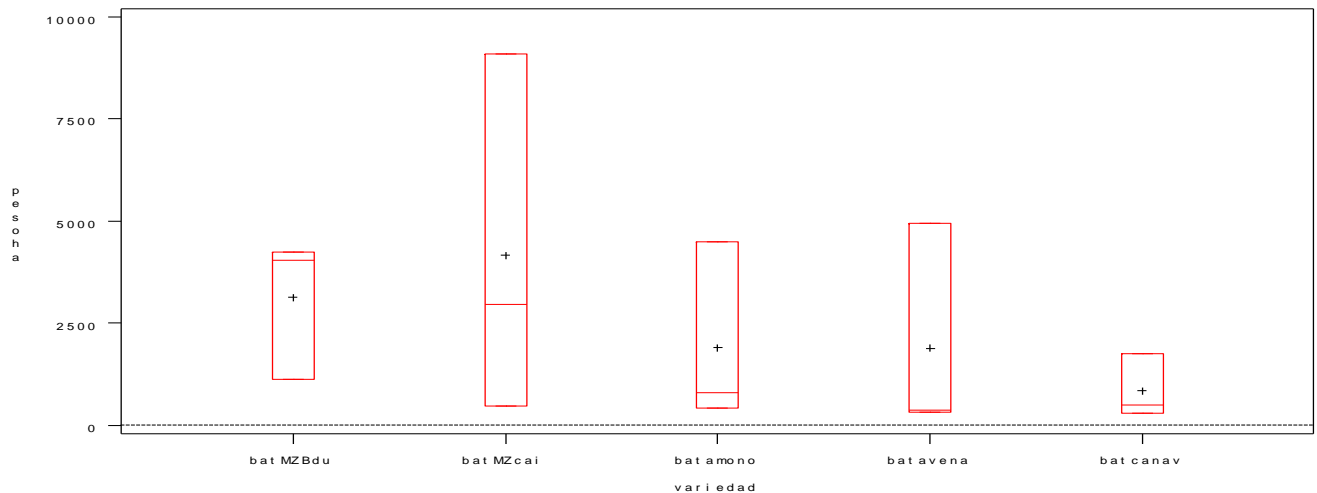


Figura 1. Rendimiento por ha de cinco tratamientos de batata durante el año de iniciación del experimento (2011-2012). Leyendas de tratamientos: consociaciones batata-Maiz Banco Duro (batMZBdu), batata-Maíz Caiano (batMZcai), batata-Canavalia (bat canav), batata-nonocultivo (batmono) batata-avena (batavena)

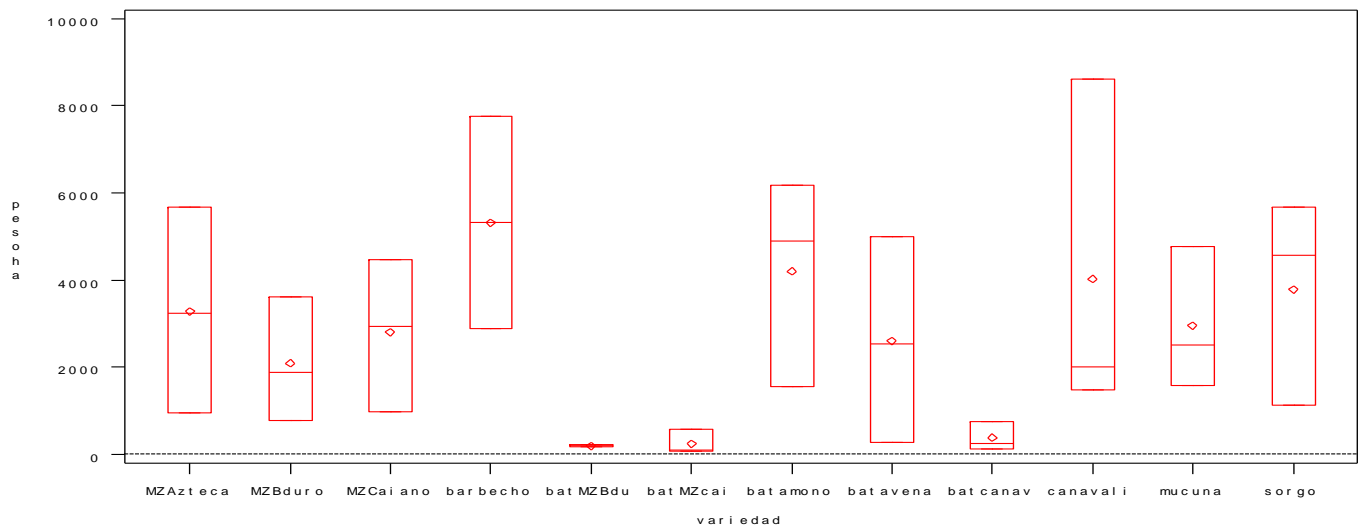


Figura 2. Rendimiento por ha de doce tratamientos de batata durante el segundo año del experimento (2012-2013). Leyendas de tratamientos: antecesores Maíz Azteca (MZAzteca) Maíz Blanco Duro (MZBduro) Maíz Caiano (MZCaiano) Canavalia (canavali) Mucuna cinza (mucuna) sorgo cv talero (sorgo), barbecho desnudo (barbecho) consociaciones batata-Maiz Banco Duro (batMZBdu), batata-Maíz Caiano (batMZcai), batata-Canavalia (bat canav), batata-nonocultivo (batmono) batata-avena (batavena)

**Tabla1 Número de variables biológicas regresoras seleccionadas por el modelo Stepwise, coeficientes de regresión, estadísticos asociados, valores de probabilidad y significancia.**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<b>AÑO 2012 R<sup>2</sup> 0.65</b>							
const	-359.79	127.59	-640.61	-78.97	-2.82	0.0167	
BM	0.55	0.16	0.20	0.90	3.43	0.0056	13.87
PROT/gr	0.90	0.36	0.11	1.69	2.49	0.0299	8.78
qCO2	0.30	0.18	-0.10	0.70	1.66	0.1260	5.60
<b>AÑO 2013 R<sup>2</sup> 0.40</b>							
const	44585,88	10366,42	23414,83	65756,94	4,30	0,0002	
Pasa	-16,74	5,54	-28,06	-5,41	-3,02	0,0051	11,85
FDA	-131,07	49,45	-232,05	-30,09	-2,65	0,0127	9,83
PROT/gr	- 49,59	23,95	98,50	-0,68	-2,07	0,0471	7,18

**Tabla 2 Número de variables físicas regresoras seleccionadas por el modelo Stepwise, coeficientes de regresión, estadísticos asociados, valores de probabilidad y significancia**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<b>AÑO 2012 R<sup>2</sup> 0.66</b>							
const	-312.47	186.83	-723.68	98.74	-1.67	0.1226	
>300	6.46	1.59	2.96	9.96	4.06	0.0019	18.20
300-60	- 9.50	3.48	-17.16	-1.83	-2.73	0.0197	9.90
<15	8.13	4.90	-2.66	18.91	1.66	0.1255	5.60
<b>AÑO 2013 R<sup>2</sup> 0.24</b>							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	7980,10	1664,69	4584,95	11375,26	4,79	0,0001	
EA	-148,17	56,46	-263,32	-33,02	-2,62	0,0134	8,70
60-30	-1193,06	530,13	-2274,27	-111,85	-2,25	0,0317	6,94

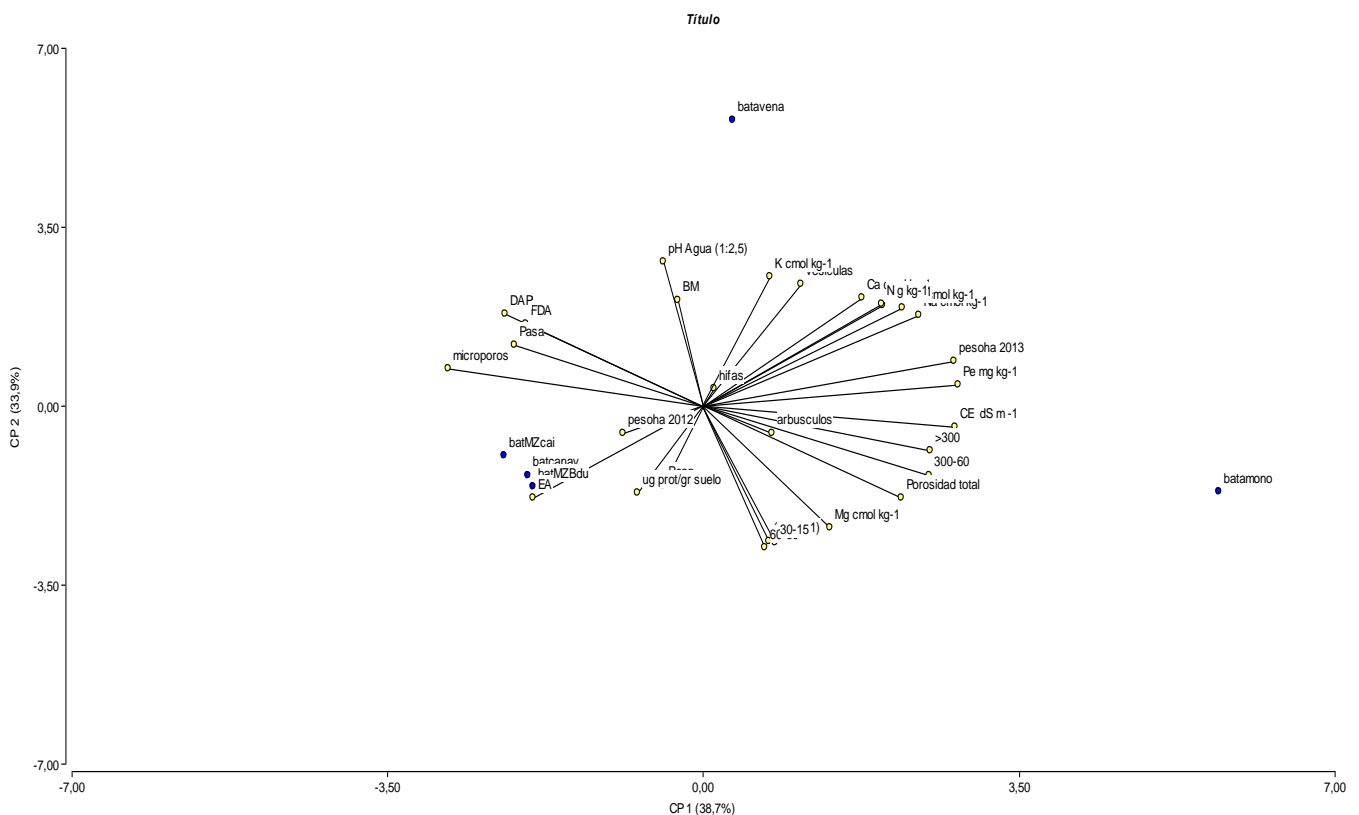
**Tabla 3 Número de variables químicas regresoras seleccionadas por el modelo Stepwise, coeficientes de regresión, estadísticos asociados, valores de probabilidad y significancia**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
<b>AÑO 2013 R<sup>2</sup> 0.85</b>							
const	121755	25672,1	50477,74	193032,39	4,74	0,0090	
pH Agua (1:2,5)	- 19162,89	4148,41	-30680,71	-7645,07	-4,62	0,0099	20,27
N g kg-1	7599,26	2479,34	715,52	14483,00	3,07	0,0375	10,72
Ca cmol kg-1	-646,09	305,77	1495,05	202,87	-2,11	0,1021	6,77

Para tener una mayor certeza cuanto al comportamiento diferencial de las situaciones de manejo de cultivos de batata consociada, o en monocultivo, y también para ver a cerca de la tendencia de los rendimientos de 2012 vs 2013, el análisis de componente principales, mostró que al menos un 38,7% de la variación ocurrida se debió al CP1. Este en el biplot de la figura3, separa nítidamente las formas de cultivo de batata consociada de batata monocultivo y los rendimientos ha de 2012, de los de 2013, ubicando estos tratamientos y rendimientos en cuadrantes distintos. Por otra parte todas las variables químicas a excepción de ph, así como la macro-porosidad se separaron de las enzimas, Pasa, FDA, PROT/gr y la micro-porosidad, en cuadrantes distintos. En otros trabajos (Beraldo Rós *et al.*,2012) sobre sistemas de labranza y trasplante con batata se encontró que la macro-porosidad en el horizonte superficial y la micro-porosidad en el subsuperficial, eran variables sensibles a diferentes cambios provocados por diferentes laboreos diferenciando el crecimiento radical de la batata.

## CONCLUSION

A pesar de lo promisorio del ensayo cuanto a su mediana duración, las variables físicas, químicas, biológicas, tratamientos y diseño experimental elegido, permiten ver tendencias diferentes cuanto a la contribución de prácticas conservacionistas, que brinden subsidios de conocimiento cuanto a una mayor sostenibilidad en el cultivo de batata



**Figura 3 Grafico Biplot representando las componentes principales CP1, CP2 para las variables físicas, químicas, biológicas y los tratamientos de consociación y monocultivo de batata**

### **BIBLIOGRAFIA**

Gonzalez, J; HR Marti; GB Corbino; G Sanchez & A Andriulo. Efecto de cultivos antecesores y abonos verdes sobre los rendimientos, contenido de nutrientes, antocianinas, fenoles, capacidad antioxidante y parámetros edáficos en batata orgánica. Cap. EEA San Pedro pp 93-99. (INTA CERBAN) 2009. Informe técnico 2009. Desarrollo y Difusión de Tecnología para la Producción Ecológica. CERBAN Pergamino 257 pp

Sasal, C; A Andriulo; J Ullé; F Abrego & M Bueno. 2000. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas, en sistemas de producción hortícola del centro norte de la región pampeana. Ciencia del Suelo 18 (2): 95-104

Ullé, J. ; V Faggioli ; D Serri ; P Ortega y Villasana; L Darder; J Dalpiaz; L. Garcia; A. Farroni ; F Rimatori ; F Colombini; & D Villalba. Efecto de las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo, bajo siembra directa y trasplante en combinación con abonos verdes antecesores, sobre la producción de hortalizas en sistemas agroecológicos. SOCLA IV 2013. Libro de Resúmenes. Cap Sistemas de producción agro-ecológicos y manejo de cultivos p 44. Congreso latinoamericano de agroecología, 10-12 setiembre 2013, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 199 p

Beraldo Rós, A; J Tavares Filho & G M de Cesare Barbosa 2012. Propiedades físicas de solo e crescimento de batata-doce em diferentes sistemas de preparo. R. Bras. Ci. Solo, 37:242-250