

EFECTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE MAÍZ Y BATATA CONSOCIADAS O EN MONOCULTIVO.

Ullé, J.¹; Faggioli, V.²; Marti, H.¹; Serri, D.²; Ortega y Villasana, P.¹; Dalpiaz, J.³; Garcia, L.³; Darder, L.³; Farroni, A.³; Rimatori F³.; Colombini, D.³; Villalba F.³

¹ EEA INTA San Pedro, Ruta nº 9 Km 170 CP B2930ZAA

E-mai: ulle.jorge@inta.gob.ar,

² Suelos Biología EEA INTA Marcos Juárez

³ Suelos Gestión Ambiental EEA INTA Pergamino

Trabajo realizado con subsidios del proyecto binacional INTA EMBRAPA

RESUMEN

Durante 2011 y 2012 un experimento de variedades de maíz y otro de batata fueron llevados a cabo en monocultivo o en forma consociada en la EEA INTA San Pedro. Las variedades de maíz utilizadas fueron *Caiano*, *Blanco Duro*, *Azteca*, *Chala Roja*, *Mato Grosso* y la batata *cv Arapey*. En el experimento de maíz los tratamientos fueron en total 12, es decir: 5 variedades de maíz en monocultivo, 2 variedades de maíz consociadas con leguminosas, 2 variedades de leguminosas monocultivo (*Canavalia ensiformis*) (*Mucuna cinereum*), 1 *cv* Sorgo *talero*, 1 barbecho desnudo y 1 campo natural. En el experimento de batata los tratamientos fueron 12: 3 variedades de maíz monocultivo, 2 variedades de maíz consociadas con batata, 1 de batata consociada con leguminosas; 2 variedades de leguminosas monocultivo (*Canavalia ensiformis*) (*Mucuna cinereum*), 1 *cv* Sorgo *talero*; 1 de batata seguida de avena, 1 de batata en monocultivo y 1 barbecho desnudo. Fueron analizadas las variables, físicas, químicas, biológicas de 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 (SO₄), 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 (qCO₂), fluoresceína difosfato (FDA) y fosfatasa ácida (Pasa), Glomalinas (PROT) y la macrofauna del suelos (Edaf). Resultados promisorios indican una alta performance de rendimientos en los tratamientos de M *Caiano* consociado a *Canavalia ensiformis* y M *Caiano* consociado a batata, igualando al monocultivo de ambos. En el experimento de batata fue detectada un R² Aj = 0.66 seleccionando las variables MP, MCP, qCO₂, PROT. En el experimento maíz fue observado R² Aj = 0.38 seleccionando CBM; Pasa, PROT y Edaf.

PALABRAS CLAVES: antecesores estivales, matriz del suelo.

INTRODUCCION

Los grandes cambios que la agricultura experimenta en el mundo, han ocasionado la disminución de la biodiversidad, variabilidad climática, agotamiento de recursos naturales, contaminación del medio ambiente, afectando a la sustentabilidad de los sistemas. Estos efectos colaterales de los sistemas agrícolas en conjunto, pueden ser afrontados desde los principios del manejo agro-ecológico, ya que éstos se basan en prácticas agrícolas que promueven, los procesos biológicos naturales, el bajo uso de insumos externos, el control biológico natural, y la utilización de los residuos locales. Sin embargo muchos pequeños productores no han encontrado aún la forma de independizarse del uso de insumos externos y agroquímicos, encareciendo sus costos de producción. La agricultura familiar presenta productores de bajas superficies, pero es un factor clave a ser tenido en cuenta en el conjunto de las actividades agrícolas de un país y en su seguridad alimentaria. El cultivo de hortalizas se presenta adecuado a los sistemas de producción familiar, sin embargo muchos de esos sistemas hortícolas intensivos y semi-extensivos, aún recurren y son dependientes de fertilizantes de síntesis. El manejo agroecológico surge como una disciplina holística, basada en la gestión integral de los procesos, tales como, ciclado de nutrientes, auto-regulación del control de plagas, supresión de vegetación espontánea, colonización de microorganismos benéficos, disminuyendo los costos de producción e inputs energéticos. Así la sucesión complementaria de cultivos hortícolas con plantas de cobertura de suelo; leguminosas y gramíneas, puede suponer un escenario de estudio y comprobación de gran cantidad de las relaciones multifuncionales enunciadas. Por todo ello, el objetivo principal del trabajo consistió en validar, conocimientos y tecnologías asociadas al cultivo de cobertura de suelo, en analizar las relaciones establecidas entre, dinámica de entomofauna benéfica, comunidad de macrofauna edáfica, hongos micorrízicos arbusculares, propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos y comportamiento agronómico de especies de hortalizas. Es más incipiente la investigación orientada a tecnologías destinadas a plantas y cultivos, que puedan generar grandes impactos, por aportar gran cantidad de biomasa aérea y radicular en pequeñas superficies, establecer relaciones de simbiosis, mutualismo, alelopatía, micorrización, reciclado de nutrientes, antagonismo frente a patógenos de suelo, laboreos biológicos mediante sus raíces, regulación de la amplitud térmica. Según FAO (2009) se ha destacado este enfoque actual del cultivo de cobertura y las ventajas de su adopción e integración en los sistemas productivos de agricultura familiar. Mucha de la investigación acerca de cultivos de cobertura ha sido destinada a cultivos como algodón, soja, maíz, maní, caña de azúcar, pero pocos sistemas toman en consideración la complementación de especies de cobertura antes del cultivo de hortalizas. Sin embargo, las prácticas de fertilización orgánica han quedado más restringidas a la reposición y stock de nutrientes, por lo que es necesario el conocimiento de técnicas multifuncionales, de regulación del agro-ecosistema, capaces de detectar los efectos de las secuencias temporales del cultivo de cobertura de suelo y el cultivo de hortalizas en secuencias complementarias. El presente trabajo presenta como objetivo principal evaluar los sistemas de sucesión de cultivos para la producción de hortalizas, y finalmente los equipos de investigación (INTA-EMBRAPA), establecerán en conjunto los criterios de elaboración a seguir, para el desarrollo de indicadores de impacto de las tecnologías asociadas, al cultivo de cobertura del suelo, en sistemas hortícolas, con manejos agroecológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos de campo con diseño estadístico en bloque comprenden a dos ensayos con diferentes tratamientos de coberturas antecesores; uno antes de los cultivos de hojas, lechuga, remolacha y otro antes del cultivo de batata ubicados, en la EEA San Pedro.

Diseño Experimento n°1 Hortalizas

1. Antecesor Poroto sable (*Canavalia ensiformis*) triturado en vainas y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha
2. Antecesor Poroto sable (*Canavalia ensiformis*) consociado con maíz cv *Blanco Duro* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
3. Antecesor Poroto sable (*Canavalia ensiformis*) consociado con maíz cv *Caiano* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha
4. Antecesor Sorgo cv *Talero*, triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
5. Barbecho desnudo laboreado mecánicamente y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
- 6 Maíz cv *Blanco Duro* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
7. Maíz cv *Caiano* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
8. Maíz cv *Azteca* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.
9. Maíz cv *Matto Grosso* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha
10. Maíz cv *Chala Roja* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha
- 11 Campo natural laboreado mecánicamente y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha
12. Antecesor *Mucuna cinereum* triturado en floración y subsiguiente trasplante de lechuga y remolacha.

Diseño Experimento n°2 Cultivo de batata

13. Cultivo de Maíz cv *Blanco Duro* consociado en hileras al cultivo de batata
14. Cultivo de Maíz cv *Caiano* consociado en hileras al cultivo de batata
15. Cultivo de Poroto sable (*Canavalia ensiformis*) consociado en hileras al cultivo de batata.
16. Antecesor Sorgo cv *Talero*, triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de cultivo de batata.
17. Cultivo Maíz cv *Blanco Duro* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de cultivo de batata.
18. Cultivo Maíz cv *Caiano* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de cultivo de batata.
19. Cultivo Maíz cv *Azteca* triturado luego de cosecha y subsiguiente trasplante de cultivo de batata.

20. Barbecho desnudo laboreado mecánicamente y subsiguiente trasplante de cultivo de batata
21. Monocultivo de batata sobre batata
22. Antecesor *Avena sp.* triturado en floración y subsiguiente transplante de cultivo de batata
23. Antecesor *Mucuna cinereum* triturado en floración y subsiguiente transplante
24. Antecesor Poroto sable (*Canavalia ensiformis*) triturado en vainas y subsiguiente transplante de cultivo de batata

Planta	Bloque I		Bloque II		Bloque III	
	Sistema Hojas	Sistema Batata	Sistema Batata	Sistema Hojas	Sistema Batata	Sistema Hojas
12	Mucuna	Poroto Sable	Batata + Batata	Sorgo Talero	Maíz Azteca	Maíz Blanco Duro
11	C. Natural	Mucuna	Avena + Batata	Poroto Sable	Maíz Caiano	Maíz Caiano
10	Maíz Chala Roja	Avena + Batata	Poroto Sable	Mucuna	Maíz Blanco Duro	Maíz Azteca
9	Maíz Mato Grosso	Batata + Batata	Mucuna	Barbecho	Barbecho	Maíz Mato Grosso
8	Maíz Azteca	Barbecho	Sorgo Talero	Maíz Caiano + Poroto Sable	Maíz Blanco Duro + Batata	Maíz Chala Roja
7	Maíz Caiano	Maíz Azteca	Poroto + Batata	Maíz Blanco Duro + Poroto Sable	Maíz Caiano + Batata	Barbecho
6	Maíz Blanco Duro	Maíz Caiano	Maíz Caiano + Batata	C. Natural	Poroto + Batata	Maíz Blanco Duro + Poroto Sable
5	Barbecho	Maíz Blanco Duro	Maíz Blanco Duro + Batata	Maíz Chala Roja	Sorgo Talero	Maíz Caiano + Poroto Sable
4	Sorgo Talero	Sorgo Talero	Barbecho	Maíz Mato Grosso	Mucuna	C. Natural
3	Maíz Caiano + Poroto Sable	Poroto + Batata	Maíz Azteca	Maíz Azteca	Poroto Sable	Mucuna
2	Maíz Blanco Duro + Poroto Sable	Maíz Caiano + Batata	Maíz Caiano	Maíz Caiano	Avena + Batata	Poroto Sable
1	Poroto Sable	Maíz Blanco Duro + Batata	Maíz Blanco Duro	Maíz Blanco Duro	Batata + Batata	Sorgo Talero

.DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Determinación de propiedades químicas de los suelos a las profundidades 0-10 y 10-20 cm: Materia Orgánica combustión húmeda, WALKLEY BLACK (Allison, L.E, 1965); pH Potenciométrico, Suelo/Agua 1:2,5; Conductividad Potenciométrica, Suelo/Agua 1:2,5 en dS m⁻¹; Nitrógeno total, Destilación micro- KJELDAHL, Fósforo extractable KURTZ BRAY, Calcio Magnesio Potasio Sodio, Capacidad de Intercambio Catiónico.

Determinación de propiedades físicas de los suelos: Infiltración básica a 0 (Ib) y 10 mm (Ib10) de tensión, en mm h⁻¹, por el método tensión infiltro-métrico con Permeámetro de disco (Ankeny, M. D. 1992). Densidad aparente: método de cilindro Mg.m⁻³, Humedad volumétrica a las tensiones 0, 1, 5, 10 y 20 kPa, por el método de la mesa de tensión. Índice de estabilidad de agregados: Agitación agua agregados 1-2 mm. Porosidad Total: a partir de densidad real, de partícula y aparente.

Determinación de los parámetros biológicos de suelos: Actividad Biológica: Respiración por CO₂, Biomasa microbiana: (Jenkinson y Powlson, 1976), Coeficientes metabólicos: cociente entre la respiración microbiana y Cmic (qCO₂). Fosfatasa paranitrofenol: FDA: hidrólisis de Fluoresceína diacetato. (Alef y Nannipieri, 1995) y Glomalinas (PROT).

Determinación y cuantificación del potencial de inóculo micorrízico: Cuantificación del porcentaje de micorrización, arbusculos, hifas y vesículas (Mc Gonigle et al., 1990), Estimación del número de propágulos de hongos formadores de micorrizas

Fauna del ambiente edáfico (macroinvertebrados): Trampas de caída "pit-fall": esta técnica será usada en cada tratamiento a muestrear para determinar el número y la actividad de invertebrados que se mueven en superficie. Se trata de recipientes pequeños o grandes a ras del suelo con un líquido inmovilizador en su interior (Edwards, 1991).

Determinación del rendimiento de los cultivos de maíz y batata, en los diferentes tratamientos en monocultivos o consociados.

Análisis estadísticos: Estadísticamente fueron efectuados, los análisis de datos con modelos lineales y luego los mismos bajo análisis multivariados y otra técnicas no paramétricas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN,

En cuanto a rendimientos, los tratamientos consociados fueron contrastados con el monocultivo para el caso de batata y de maíz. Si bien la consociación de batata con *Canavalia* no parece beneficiar al rendimiento del cultivo, la consociación con maíz en las dos variedades usadas, supuso porcentajes de rendimiento entre un 219% y 165% superior al monocultivo

Tabla 1. Rendimiento (Kg/ha) de cultivo de batata de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Batata+Maíz Blanco Duro	Batata+Maíz Caiano	Batata+Canavalia	Batata Monocultivo
Rendimiento (Kg/ha)	<u>3138</u>	<u>4170</u>	759	1895

Por otra parte, en especial *Cv Maíz Caiano*, en asociación con *Canavalia* demostraron una alta performance, Florentin et al 2010, presentan muchos casos donde es posible observar las ventajas de cultivos de maíz consociados con leguminosas subtropicales, como una tecnología viable en predios de pequeñas superficies.

Tabla 2. Rendimiento (Kg/ha) de cultivo de maíz los diferentes tratamientos

Tratamiento	<u>Caiano+Canavalia</u>	Caiano	Blancoduro+Canavalia	Blanco Duro
Rendimiento (Kg/ha)	<u>4380</u>	3213	2298	2623

Cuando se analizan los rendimientos globales de todo el experimento de batata en conjunto, mediante modelos de regresión múltiple, frente al conjunto de variables analíticas registradas en la matriz del suelo, los mismos presentan un R^2 Aj de 0.66. Esta alta afinidad se debe a importantes variables regresoras tales como las propiedades físicas de los suelos, siendo la macroporosidad en los rangos mayores de 300 micrones, entre 300-60 micrones y los microporos de la fracción menor de 15 micrones, las que explican mejor la respuesta. A su vez también, las variables biológicas coeficientes metabólicos (qCO_2), y glomalin (PROT), también fueron importantes en este comportamiento asociado a los rendimientos del cultivo de batata. En el caso del maíz, el

valor de R^2 $A_j = 0.38$ fue aún menor y las variables biológicas BM, Pasa, PROT y Edaf fueron las variables regresoras de mejor ajuste. En ambos cultivos las fracciones asociadas al carbono del suelo tales como qCO₂ en batata y BM en maíz, y a su vez PROT asociada a la cantidad de micorrizas en ambos cultivos demuestran la importancia de las fracciones biológicas en la matriz del suelo. A su vez en batata hubo una alta interacción con la fracción física de macro y microporos, los cuales participan más activamente en la acumulación de agua en el perfil del suelo afectando en mayor o menor medida, las condiciones del crecimiento radicular.

CONCLUSIONES

Los resultados de este primer ciclo de este ensayo de larga duración, son aún promisorios y demuestran que en un sistema agroecológico, analizando un universo multivariado de factores, las propiedades químicas, en términos de nutrientes no fueron las que explicaron el comportamiento en productividad de los cultivos de maíz y batata. Por el contrario en dicho análisis, en especial en batata, se ve la interacción de propiedades físicas y biológicas como determinantes de los componentes de producción de estos cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALLISON L.E. Organic carbon. In BLACK, C.A. (Ed) Methods of soil análisis. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p 1367-1378

ALEF, K & P NANNIPIERI. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Ac. Press. London.

ANKENY M. D. 1992. Methods and theory for unconfined infiltration measurements. Advances in Measurement in Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice. In: Topp G. C., Reynolds W. Y Green R. D. eds. SSSA Special Publication N° 30

Di Rienzo JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

EDWARDS CA (1991). The assessment of populations of soil-inhabiting invertebrates. Agriculture, Ecosystems and Environment, 34: 145-176

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, OCTUBRE 2009. Glosario de agricultura orgánica. FAO, Roma. Recurso electrónico.

FLORENTI, M.A, PEÑALVA, M., CALEGARI, A., DERPSCH, R. 2010. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. In Integrated Crop Management Vol.12-2010. FAO ROMA

JENKINSON, DS & DS POWLSON. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. Soil Biol. Biochem. 8: 167-177

MC GONIGLE, T.P, EDWARDS, D.G, MILLER, M.H, 1990. Effect of degree of soil disturbance on mycorrhizal colonization and phosphorus absorption by maize in grow chamber and field experiment. The New Phytologist, Oxford, v 116, p 629-639