



SERVICIO TÉCNICO DEL
INSTITUTO DE SUELOS INTA CASTELAR
A EMPRESA SOLBIO

**Informe Final de Resultados de
Ensayos de Biocompost 2008-2010**



Octubre de 2010

**SERVICIO TÉCNICO DEL INSTITUTO DE SUELOS INTA CASTELAR
A EMPRESA SOLBIO**

TÍTULO

Evaluación de un Biocompost (tierra biológica) elaborado por SolBio con estiércol de bovino sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en una rotación soja (*Glycine max L*) - trigo (*Triticum aestivum L*).

Responsables de la Empresa SolBio:

Ec. Ricardo Aguerre

Ing. Cristóbal Raustentrauch

Director del Centro de Investigaciones en Recursos Naturales: *M.Sc.* Ing. Agr. Roberto Casas

Coordinador del Área de Edafología: *M.Sc.* Ing. Agr. Roberto Michelena

Investigadores participantes:

M.Sc. Microbióloga María Sol Rossi

M.Sc. Ing. Agr. Emilia Rivero

M.Sc. Ing. Agr. Maximiliano Eiza

Ing. Agr. Patricia Carfagno

Ing. Agr. Natalia Mórtola

Ing. Agr. Marcelo Beltrán

Colaboración:

SUB UEEA- INTA- SAN ANTONIO DE ARECO

Jefe Agencia INTA- Areco Ing. Agr. Fernando Mousegne

**SERVICIO TÉCNICO DEL INSTITUTO DE SUELOS INTA CASTELAR
A EMPRESA SOLBIO**

Primera Parte
AREA BIOLOGIA DE SUELOS

INFORME FINAL

Períodos: Ciclo Soja 2008/2009 y Ciclo Soja 2009/2010.

TÍTULO	2
INTRODUCCION.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Evaluación de propiedades Biológicas del suelo y del Cultivo	11
Análisis microbiológicos sobre el suelo.	13
Determinación de los grupos taxonómicos	13
Análisis de patrones de utilización de fuentes de carbono a nivel de comunidad (CLPPs)	15
Resultados.....	16
Determinación de Grupos taxonómicos en diciembre 2008.	18
Determinación de Grupos taxonómicos en enero 2009.....	20
Determinación de Grupos taxonómicos en febrero 2009.....	22
Determinación de Grupos taxonómicos en marzo 2009.....	25
Determinación de Grupos taxonómicos en mayo 2009.....	28
Análisis a nivel de comunidades microbianas en siembra y en cosecha.....	30
Análisis sobre el cultivo.....	31
Determinación de Grupos taxonómicos en diciembre 2009.	38
Determinación de Grupos taxonómicos en enero 2010.....	41
Determinación de Grupos taxonómicos en marzo 2010.....	43
Determinación de Grupos taxonómicos en mayo 2010.....	45
Análisis sobre el cultivo.....	46
Consideraciones parciales de la evaluación biológica del suelo y del cultivo.....	47
Referencias.....	48
CONCLUSIÓN GENERAL.....	49

ÍNDICE DE FOTOS, FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Esquema del diseño experimental del ensayo	6
Figura 2. Esquema comparativo del diseño experimental del ensayo	6
Figura 3. Rendimientos promedio de soja (Kg ha ⁻¹) de los tratamientos 2008/2009.	9
Figura 4. Rendimientos promedio de soja (Kg ha ⁻¹) de los tratamientos 2009/2010.	9
Figura 5: Grupos taxonómicos en diciembre 2008	21
Figura 6: Bacterias heterótrofas en diciembre 2008	22
Figura 7: Grupos taxonómicos en enero 2009	24
Figura 8: Bacterias heterótrofas en enero	25
Figura 9: Grupos taxonómicos en febrero 2009	27
Figura 10: Bacterias heterótrofas en febrero 2009	28
Figura 11: Grupo taxonómicos en marzo 2009	31
Figura 12: Bacterias heterótrofas en marzo 2009	32
Figura 13: Grupos taxonómicos en mayo 2009	33
Figura 14: Bacterias heterótrofas en mayo 2009	34
Figura 15: Comunidades microbianas en siembra y cosecha	35
Figura 16: Soja con dosis simple del producto SolBio (DS)	36
Figura 17: Soja con dosis doble del producto SolBio (DD)	37
Figura 18: Soja con dosis triple del producto SolBio (DT)	38
Figura 19: Soja con fertilización química (CQ)	39
Figura 20: Soja sin fertilización (CS)	40
Figura 21: Grupos taxonómicos en diciembre 2009	45
Figura 22: Bacterias heterótrofas en diciembre 2009	47
Figura 23: Grupos taxonómicos en enero 2010	49
Figura 24: Bacterias heterótrofas en enero 2010	50
Figura 25: Grupos taxonómicos en marzo 2010	52
Figura 26: Bacterias heterótrofas en marzo 2010	53
Figura 27: Grupo taxonómicos en marzo 2010	54
Figura 28: Bacterias heterótrofas en marzo 2010	55
Foto 1: Instalación del ensayo	17
Foto 2: Producto biológico	18
Foto 3: Aplicación del producto	19
Foto 4: Campo en diciembre 2008 primer muestreo microbiológico	20

Foto 5: Campo en enero 2009 segundo muestreo microbiológico	23
Foto 6: Campo en febrero 2009 tercer muestreo microbiológico	26
Foto 7: Estadio fenológico del cultivo para el análisis	29
Foto 8. Campo en marzo 2009 cuarto muestreo microbiológico	30
Foto 9: Campo en diciembre 2009 primer muestreo microbiológico	44
Foto 10: Campo en enero 2010 segundo muestreo microbiológico	48
Foto 11: Campo en marzo 2010 tercer muestreo microbiológico	51
Foto 12. Plantas de soja en marzo 2010, testigo, dosis máxima y dosis mínima.	56
Tabla 1: Fuentes carbonadas utilizadas en el análisis de CLPPs	16
Tabla 2: Biomasa seca aérea del cultivo de soja durante llenado de vaina	41

INTRODUCCION

Como características deseables del biocompost como producto biológico, elaborado por SolBio con su procedimiento de compostaje rápido por inoculación de su producto Solbac compost, podrían esperarse cambios a nivel de las comunidades microbianas del suelo y de los grupos taxonómicos más relevantes constitutivos de la microbiota edáfica. Los microorganismos típicos presentes en el biocompost son bacterias y hongos tanto mesófilos como termófilos.

OBJETIVO GENERAL

* Evaluación de un Biocompost sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en un cultivo de soja (*Glycine max L.*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Estudiar el efecto de la aplicación de tierra biológica en sustitución de urea y fosfato diamónico sobre aspectos físicas, químicas, hídricas y microbiológicas del suelo.

* Estudiar el efecto de la aplicación de tierra biológica en sustitución de urea y fosfato diamónico en el rendimiento y calidad de los granos de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en la localidad de de San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires en el mismo sitio que el año anterior para dar continuidad al efecto dosis sobre el suelo. El esquema aplicado durante en el ciclo de soja 2008/2009 se muestra en la Fig. 1. Se aplicó un diseño de tres bloques completos (A, B, C), con las siguientes condiciones: 1) Testigo o control soja, sin fertilización (CS), 2) testigo con fertilización química de urea a razón de 50 kg.ha⁻¹ y PDA (fosfato diamónico simple de 20 kg.ha⁻¹) (CQ), y tres tratamientos con producto biológico: 3) dosis simple (DS); 4) dosis doble (DD) y 5) dosis triple (DT). Cada una de las 15 parcelas contó con un área de 33 m x 15 m. En tanto el ensayo aplicado durante el ciclo de soja 2009/2010 se muestra en la Fig. 2.

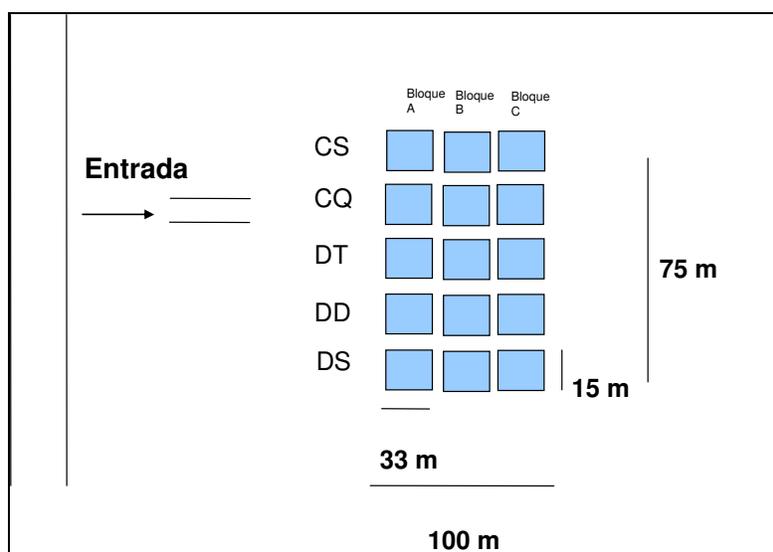
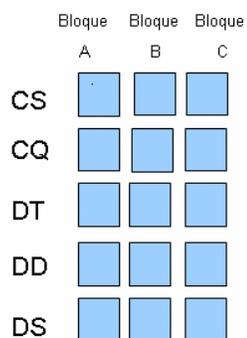


Figura 1: Esquema del diseño experimental del ensayo.

Diseño experimental
ciclo soja 2008/2009



Diseño experimental
ciclo soja 2009/2010

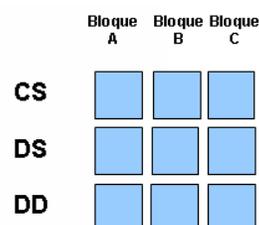


Figura 2: Esquema comparativo del diseño experimental del ensayo

Dosis de uso del producto biológico ciclo 2008/2009:

- 1) 3 m³.ha⁻¹, Dosis simple (DS)
- 2) 6 m³.ha⁻¹, Dosis doble (DD)
- 3) 9 m³.ha⁻¹, Dosis triple (DT)

Para la aplicación manual del producto al boleo, se realizaron los siguientes cálculos:

DOSIS SIMPLE (DS):

Dosis mínima de tierra biológica..... $3\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ----- $0,270\text{ Kg.m}^{-2}$

DOSIS DOBLE (DD):

El doble de dosis de la anterior..... $6\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ----- $0,540\text{ Kg.m}^{-2}$

DOSIS TRIPLE (DT):

La dosis es la suma de las 2 anteriores (D3) $9\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ -- $0,810\text{ Kg.m}^{-2}$

FERTILIZACIÓN QUÍMICA (CQ):

Control o Testigo Químico: Soja con fertilización química y sin fertilización biológica.

CONTROL O TESTIGO SOJA (CS):

Testigo: Soja sin fertilización química o biológica.

Dosis de uso del producto biológico ciclo 2009/2010:

1) $9\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, Dosis simple (DS o DMin)

2) $18\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, Dosis doble (DD o DMax)

Para la aplicación manual del producto al boleo, se realizaron los siguientes cálculos:

DOSIS SIMPLE (DS):

Dosis mínima de tierra biológica..... $9\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ----- $0,810\text{ Kg.m}^{-2}$

DOSIS DOBLE (DD):

El doble de dosis de la anterior..... $18\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ----- $1,620\text{ Kg.m}^{-2}$

CONTROL O TESTIGO SOJA (CS):

Testigo: Soja sin fertilización química o biológica.

Momentos de aplicación del biocompost:

10 días antes de la siembra

Determinación del rendimiento de soja.

Metodología

Las estimaciones de rendimiento fueron hechas en base a la cosecha con cosechadora mecánica y pesaje de los granos en una tolva con balanza. En la Figura 3 se muestran los rendimientos promedio de cada tratamiento, resultante de la primera fase del ensayo. Tal como se observa en la figura 3 no se registraron diferencias significativas de rendimiento de soja en el período 2008/2009 entre los distintos tratamientos. Por el contrario, en la segunda fase del experimento se registraron diferencias significativas, las cuales se muestran en la segunda parte de este informe final.

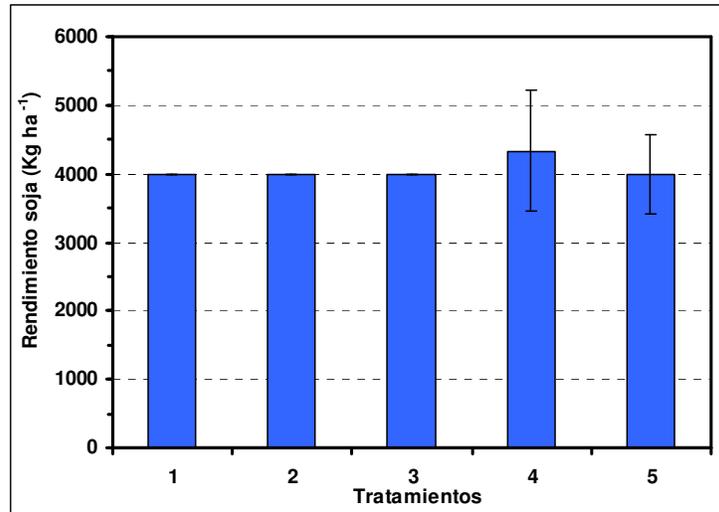


Figura 3. Rendimientos promedio de soja (Kg ha⁻¹) de los tratamientos 2008/2009.

Evaluación de propiedades Biológicas del suelo y del Cultivo

Determinaciones microbiológicas sobre el suelo:

- Enumeración de bacterias mesófilas aerobias cultivables
- Enumeración de actinomicetes mesófilos aerobios cultivables
- Enumeración de hongos y levaduras aerobias cultivables
- Perfiles funcionales de las comunidades microbianas

Determinaciones sobre el cultivo de soja:

- Biomasa seca aérea
- Longitud aérea.
- Longitud de epicótilo
- Longitud de hipocótilo
- Longitud de entrenudos
- Número de ramas
- Número de vainas
- Número de granos por vaina.

Momentos de muestreo microbiológicos ciclo 2008/2009

t0: momento de siembra soja 16/12/08

t1: 30 días postsiembra: 29/01/09

t2: 60 días postsiembra: 26/02/09

t3: 90 días postsiembra: 23/03/09

t4: días postcosecha: 27/05/09

t5: momento de siembra soja 12/09

t6: 30 días postsiembra: 08/01/10

t7: 90 días postsiembra: 04/03/10

t8: días postcosecha: 05/05/10

Momentos de análisis sobre el cultivo

t2: 60 días postsiembra: 26/02/09

t6: 30 días postsiembra: 08/01/10

t7: 90 días postsiembra: 04/03/10

Datos registrados

- Fecha de toma de muestra de suelo
- Fecha de siembra
- Cultivar utilizado: más común utilizado en zona y adecuado a la fecha de siembra.
- Fecha de aplicación del Biocompost
- Fecha de aplicación de los tratamientos químicos (herbicidas, insecticidas y labores culturales).
- Fecha de cosecha

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados estadísticamente.

Duración del trabajo

Inicio: noviembre 2008 - Finalización: mayo 2010

Análisis microbiológicos sobre el suelo.

Determinación de los grupos taxonómicos

Medios de cultivo para el desarrollo de microorganismos

Para lograr el desarrollo microbiano es necesario proveer el ambiente bioquímico y biofísico apropiado. El ambiente bioquímico y nutricional se hace disponible como medio de cultivo, y dependiendo de las necesidades especiales de cada microorganismo particular se ha desarrollado una gran variedad y tipos de medios de cultivo con diferentes propósitos y utilidades. Los medios de cultivo son empleados para el aislamiento y mantenimiento de cultivos puros de bacterias y también son utilizados para la identificación y enumeración de microorganismos de acuerdo a sus propiedades bioquímicas y fisiológicas.

El modo en que los microorganismos son cultivados, y el propósito de los medios de cultivo, varían ampliamente. Los medios líquidos son utilizados para el crecimiento de lotes de cultivos puros mientras que los medios sólidos son ampliamente utilizados para el aislamiento de cultivos puros, para la estimación de poblaciones de bacterias viables, y una variedad de otros propósitos. El agar, agente gelificante más utilizado para medios sólidos o semisólidos, es un hidrocoloide derivado de las algas rojas. El agar es utilizado por sus propiedades físicas únicas (se funde a 100 grados y permanece líquido hasta enfriarse a 40 grados, la temperatura a la que se vuelve gel) y porque no puede ser metabolizado por la mayoría de los microorganismos. Por lo tanto, como un componente del medio es relativamente inerte, simplemente mantiene los nutrientes que se encuentran en la solución acuosa.

Los medios de cultivo pueden ser clasificados en varias categorías dependiendo de su composición o uso. Un *medio químicamente definido (sintético)* es un medio en el que se conoce la exacta composición química. Un *medio complejo (indefinido)* es un medio en el que no se conoce la composición química exacta. Los medios definidos están habitualmente compuestos por bioquímicos puros obtenidos del stock; los medios complejos habitualmente contienen materiales complejos de origen biológico tales como la sangre, la leche, el extracto de levadura o el extracto de carne, cuya composición química exacta es obviamente indeterminada. Un medio definido es un *medio mínimo* si provee sólo los nutrientes exactos (incluyendo algunos factores de crecimiento) necesarios para el crecimiento del organismo. La utilización de medios mínimos definidos requiere del conocimiento acerca de los requerimientos nutricionales exactos de los organismos en cuestión. Los medios definidos químicamente son de valor para el estudio de los requerimientos nutricionales mínimos de los microorganismos, para cultivos enriquecidos, y para una amplia variedad de estudios fisiológicos. Los medios complejos habitualmente proveen la gama completa de factores de crecimiento que pueden ser requeridos por un organismo por lo que pueden ser utilizados

más prácticamente para cultivar bacterias desconocidas o bacterias cuyos requerimientos nutricionales son complejos (por ejemplo, organismos que requieren muchos factores de crecimiento). En el presente trabajo se utilizaron medios complejos como agar Tripteína de Soja (TSA) y agar extracto de suelo para la enumeración de bacterias mesófilas totales. Además el agregado de Cicloheximida convierte a estos medios en selectivos ya que inhibirán el desarrollo fúngico. El agar Caseína-Glicerol (ACG) es también un medio complejo y selectivo para el desarrollo del grupo taxonómico de los actinomicetes. Otro medio que se utilizó para la enumeración de actinomicetes es el agar Rosa de Bengala extracto de malta (RBME), el cual además de ser complejo, selectivo cuenta con el agregado de Rosa de Bengala lo hace diferencial ya que la presencia de este colorante permite diferenciar a este grupo de entre las bacterias restantes presentes en la muestra. Para la enumeración de hongos y levaduras se utilizaron los medios complejos agar Rosa de Bengala (ARB) y agar Papa-Dextrosa-Rosa de Bengala (PDRB) ambos selectivos por el agregado de Sulfato de Estreptomicina.

Enumeración de bacterias mesófilas totales aerobias cultivables

Esta determinación se realizó empleando la técnica de siembra en superficie por extensión con espátula de Drigalsky, mediante diluciones seriadas de las muestras de suelo en dos medios de cultivo diferentes, TSA y Agar extracto de suelo, ambos suplementados con 0.1 g.L^{-1} de Cicloheximida. Las placas se incubaron a $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 h. La enumeración se realizó por triplicado.

Enumeración de actinomicetes mesófilos aerobios cultivables

Esta determinación se realizó empleando la técnica de siembra en superficie por extensión con espátula de Drigalsky, mediante diluciones seriadas de las muestras de suelo en dos medios de cultivo diferentes, Agar Caseína Glicerol (ACG) suplementado con 0.05 g.L^{-1} de Cicloheximida y Agar Rosa de Bengala con extracto de malta (RBME), suplementado con 0.067 g.L^{-1} de Cicloheximida. Las placas se incubaron a $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 14 días. La enumeración se realizó por triplicado.

Enumeración de hongos y levaduras aerobios cultivables

Esta determinación se realizó empleando la técnica de siembra en superficie por extensión con espátula de Drigalsky, mediante diluciones seriadas de las muestras de suelo utilizando el medio de cultivo Agar Rosa de Bengala (ARB; Oxoid) suplementado con 30 mg.L^{-1} de Sulfato de Estreptomicina y el medio PDRB suplementado con Sulfato de Estreptomicina mg.L^{-1}

Las placas se incubaron a $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 14 días. La enumeración se realizó por triplicado.

Análisis de patrones de utilización de fuentes de carbono a nivel de comunidad (CLPPs)

Esta determinación se realizó empleando la técnica de siembra en policubetas de 96 wells conteniendo cada uno una única fuente carbonada. Las fuentes carbonadas utilizadas se listan en la tabla 1. Se obtuvieron diluciones seriadas de las muestras de suelo y se inoculó la dilución 10^{-4} . Las placas se incubaron a 28 °C durante 72 h. Las lecturas de densidad óptica se realizaron cada 24 h. El análisis se realizó por triplicado. La interpretación de los resultados se realizó mediante análisis multivariado en el programa.

Tabla 1. Fuentes carbonadas utilizadas en el análisis de CLPPs.

Número	Fuente carbonada (0.02 g.L ⁻¹)
1	D-Manitol
2	Beta-D-Fructosa
3	Alfa-L-Ramnosa
4	Alfa-Lactosa
5	D-(+)-Celobiosa
6	L-Fenilalanina
7	L-Asparagina
8	L-Alanina
9	D-Histidina
10	L-Prolina
11	Ácido Succínico
12	L (+)-Ácido
13	Ácido Cítrico
14	Sacarosa
15	Rafinosa
16	D-Arabinosa
17	D-Ácido Málico
18	D-Xilosa
19	Glucosa
20	Tween 80
21	D-Galactosa
22	Glicina
23	Tirosina
24	w: H ₂ O destilada

Resultados

Ciclo 2008/2009

El presente informe constituye el resumen de la información obtenida por el área Biología del Instituto de Suelos durante el primer período de investigación, ciclo soja 2008/2009, en el marco del servicio técnico del Instituto a SolBio.

La instalación del ensayo se realizó el día 06/11/08 en el establecimiento La Herrería sobre la ruta 41 a 5 km de la localidad de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires (Foto 1).



Foto 1. Instalación del ensayo.

El miércoles 13 de noviembre de 2008, el producto compostado en turba en la provincia de Catamarca fue transportado hasta San Antonio de Areco y depositado al costado del campo para su aplicación (Foto 2). El jueves 14 de noviembre de 2008 se realizó la aplicación manual del producto, al boleó (Foto 3).



Foto 5. Producto biológico



Foto 3. Aplicación del producto.

La siembra de soja y la fertilización química en la parcela correspondiente al control químico se realizó el día 9 de diciembre de 2009. Las dosis de fertilizante químico fueron: 20 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfato diamónico $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y 50 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de urea.

El día 16 de diciembre se realizó el primer muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones superficiales del suelo en momentos del muestreo se observan en la foto 4.



Foto 4. Campo en diciembre 2008 primer muestreo microbiológico

Determinación de Grupos taxonómicos en diciembre 2008.

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos Hongos y Levaduras, Actinomycetes y Bacterias Heterótrofas totales se muestran en la figura 5.

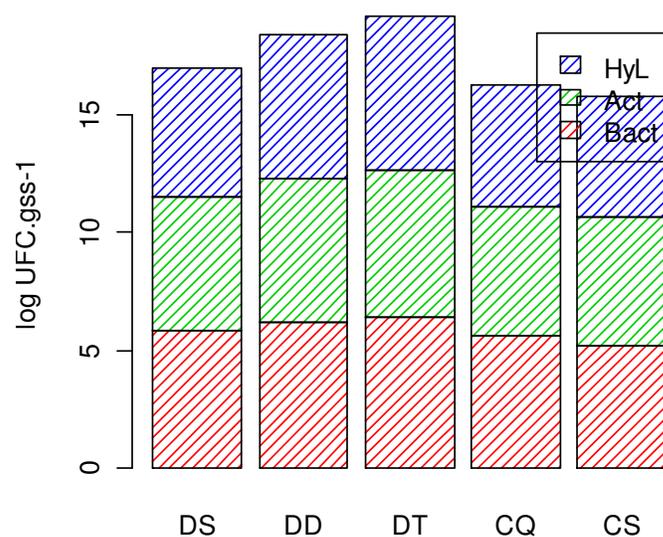


Figura 5. Grupos taxonómicos en diciembre de 2008.

La figura 5 muestra la relación entre la cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables, la cantidad de hongos y levaduras y la cantidad de Actinomicetes, expresada en Unidades Formadoras de Colonia por gramo de suelo (UFC.gss^{-1}) seco vs. Tratamiento.

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 16/12/08, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 6.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 16/12/09.

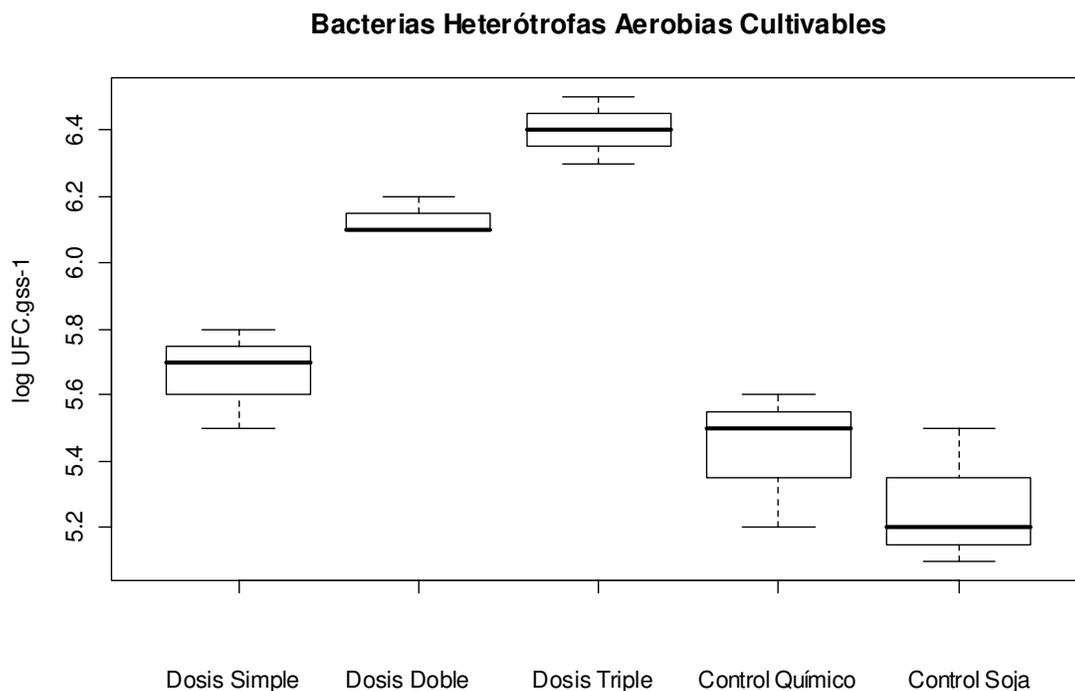


Figura 6. Bacterias heterótrofas en diciembre 2008

La figura 6 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss^{-1} vs. Tratamiento. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis simple y doble ($p < 0.05$), entre dosis doble y triple ($p < 0.05$) y entre fertilización química y control soja ($p < 0.05$). En cambio, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre el control soja y la dosis doble ($p < 0.05$), entre control soja y dosis triple ($p < 0.05$), entre

dosis triple y fertilización química ($p < 0.05$) y entre dosis simple y dosis triple ($p < 0.05$). Por tanto, la dosis simple no tiene efecto biológico en esta etapa. En tanto las dosis doble y triple, reflejan su influencia sobre las bacterias heterótrofas cultivables.

Determinación de Grupos taxonómicos en enero 2009.

El día 29 de enero se realizó el segundo muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones del cultivo en momentos del muestreo se observan en la foto 8. Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 7.



Foto 5. Campo en enero 2009 segundo muestreo microbiológico.

La figura 7 muestra la relación entre la cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables, la cantidad de hongos y levaduras y la cantidad de Actinomicetes, expresada en $\text{UFC} \cdot \text{gss}^{-1}$ vs. Tratamiento.

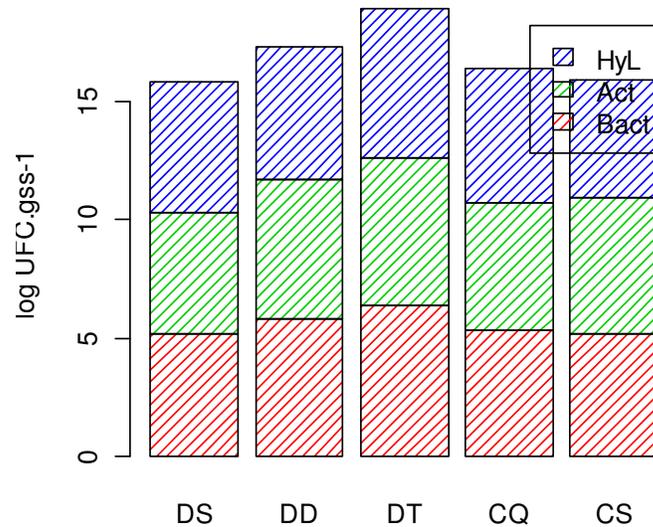


Figura 7. Grupos taxonómicos en enero de 2009.

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 29/01/09, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 8.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 29/01/09.

La figura 8 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de enero de 2009. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre control soja y fertilización química ($p < 0.05$), entre dosis simple y fertilización química ($p < 0.05$) y dosis simple y control soja ($p < 0.05$). En cambio, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre dosis simple y dosis doble ($p < 0.05$), dosis simple y dosis triple ($p < 0.05$), entre dosis doble y triple ($p < 0.05$), dosis doble y fertilización química ($p < 0.05$) y dosis doble y control soja ($p < 0.05$). Por tanto, la dosis simple no tiene efecto biológico en esta etapa. En tanto las dosis doble y triple, reflejan su influencia entre las bacterias heterótrofas cultivables.

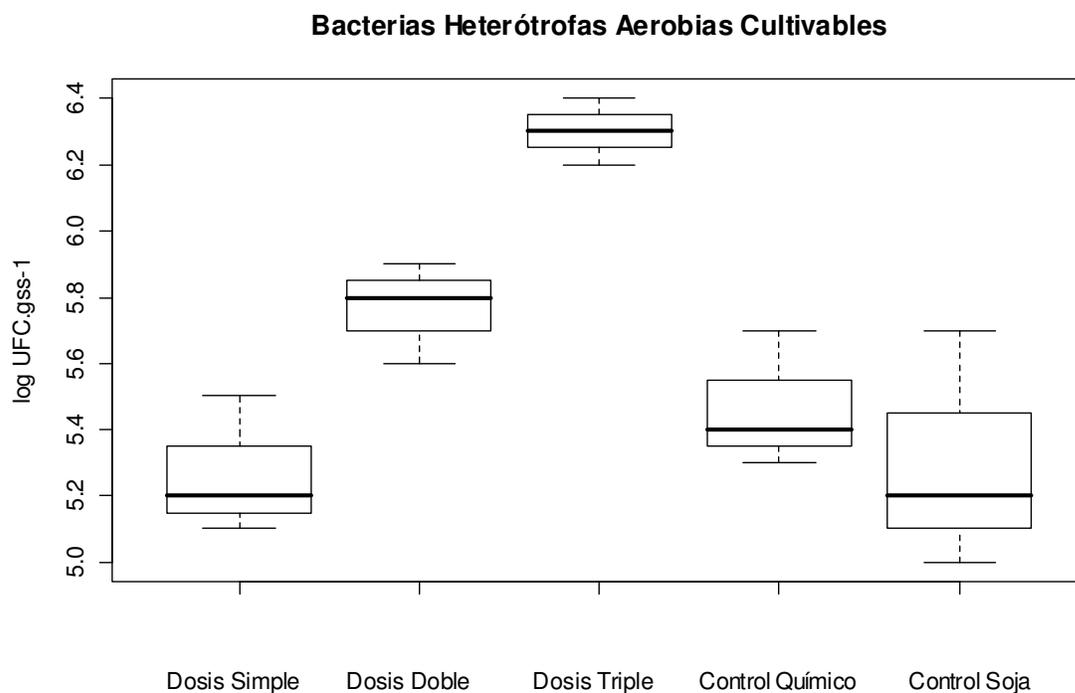


Figura 8. Bacterias heterótrofas en enero 2009.

Determinación de Grupos taxonómicos en febrero 2009.

El día 26 de febrero de 2009 se realizó el tercer muestreo para estudios microbiológicos y el muestreo para estudios sobre el cultivo de soja. Las condiciones del cultivo en momentos del muestreo se observan en la foto 6. Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 9.



Foto 6. Campo en febrero 2009 tercer muestreo microbiológico.

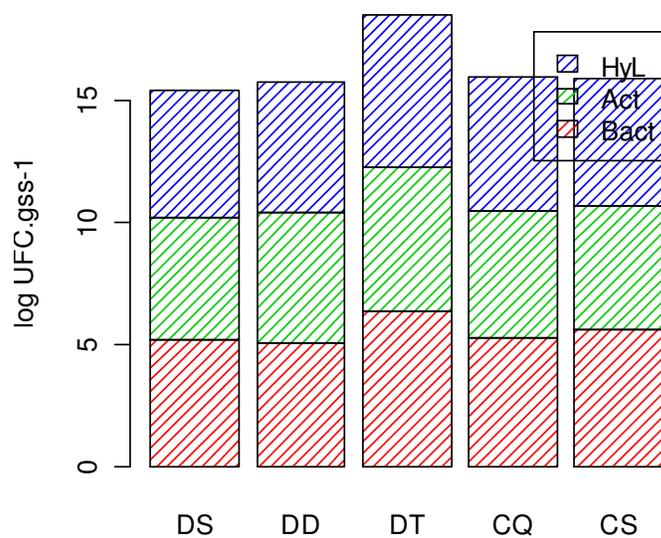


Figura 9. Grupos taxonómicos en febrero de 2009.

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 26/02/09, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 10.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 26/02/09.

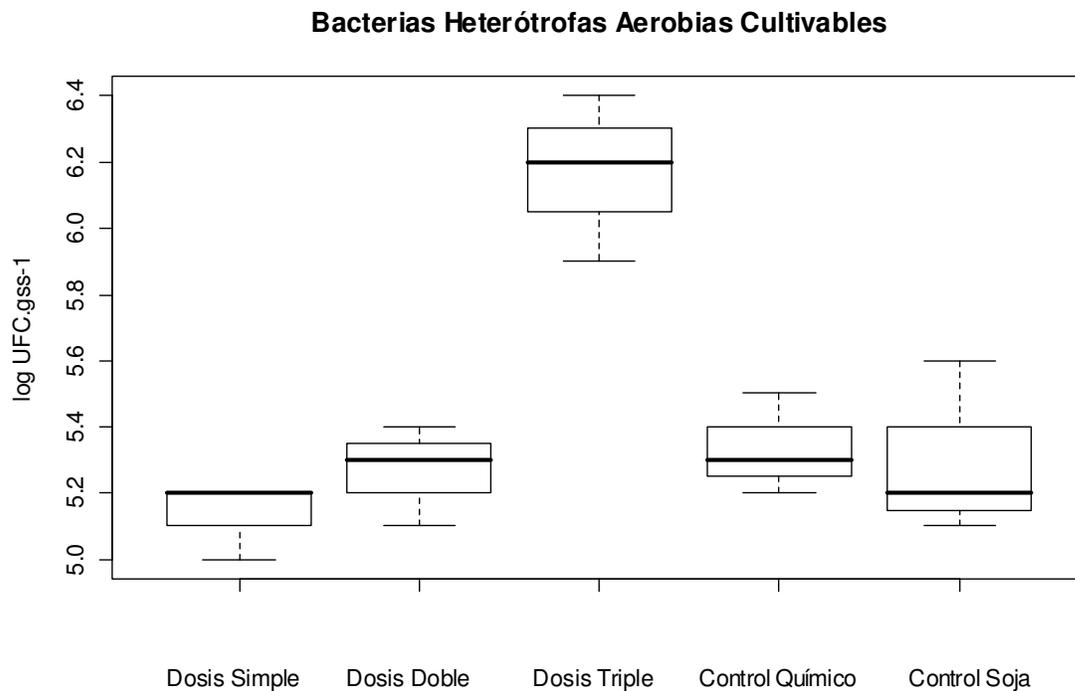


Figura 10. Bacterias heterótrofas en febrero 2009.

La figura 10 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de enero de 2009. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre control soja y fertilización química ($p < 0.05$), entre dosis simple y fertilización química ($p < 0.05$) y dosis simple y control soja ($p < 0.05$), dosis doble y fertilización química ($p < 0.05$), dosis doble y control soja ($p < 0.05$) y entre dosis simple y dosis doble ($p < 0.05$). En cambio, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre dosis simple y dosis triple ($p < 0.05$) y entre dosis doble y dosis triple ($p < 0.05$). Por tanto, las dosis simple y doble no muestran efecto biológico en esta etapa. En tanto la dosis triple refleja su influencia entre las bacterias heterótrofas cultivables. La foto 10 muestra el estadio fenológico del cultivo durante el muestreo.



Foto 7. Estadio fenológico del cultivo para el análisis.

Determinación de Grupos taxonómicos en marzo 2009.

El día 23 de marzo de 2009 se realizó el cuarto muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones del cultivo en momentos del muestreo se observan en la foto 8.



Foto 8. Campo en marzo 2009 cuarto muestreo microbiológico

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 11.

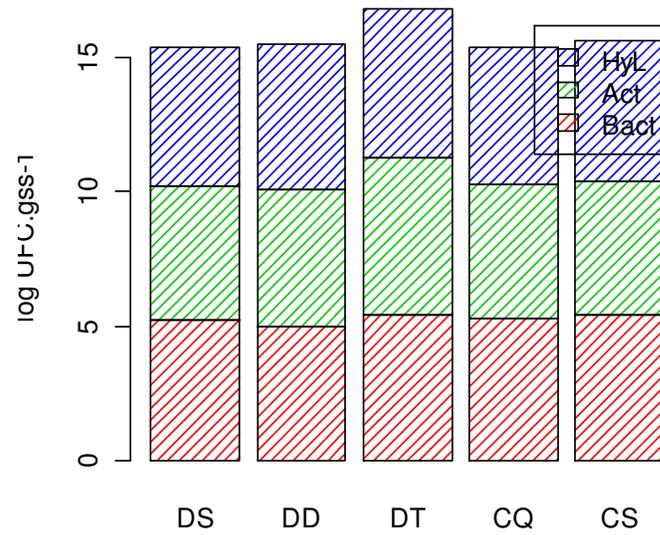


Figura 11. Grupos taxonómicos en marzo de 2009

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 23/03/09, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 12.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 23/03/09.

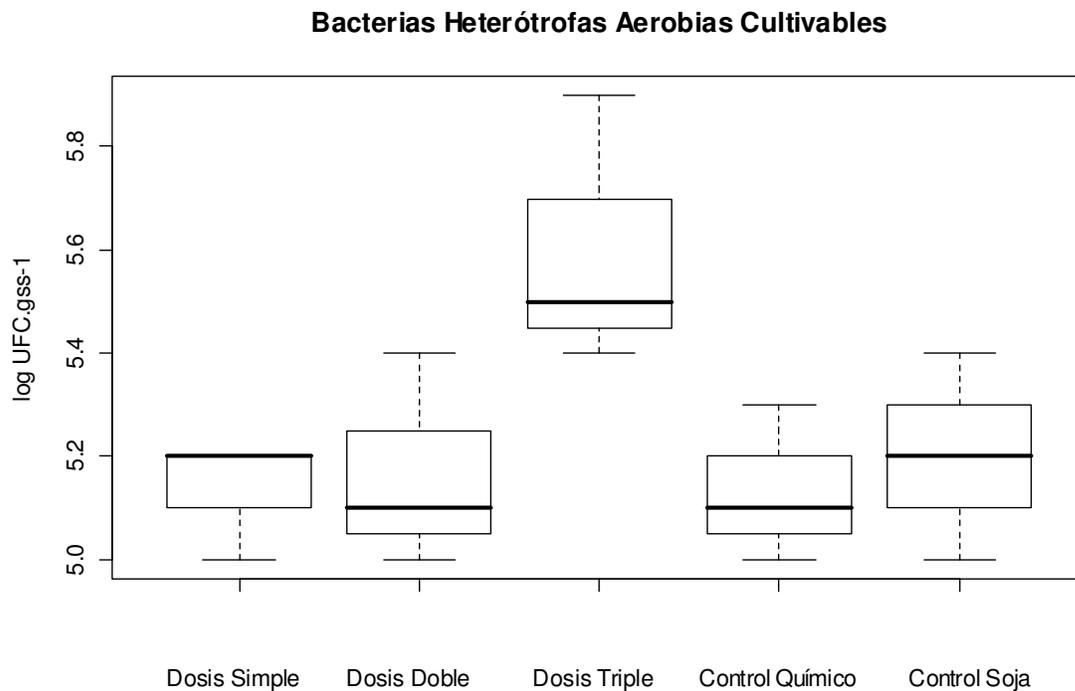


Figura 12. Grupos taxonómicos en marzo de 2009

La figura 12 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de enero de 2009. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre control soja y fertilización química ($p < 0.05$), entre dosis simple y fertilización química ($p < 0.05$) y dosis simple y control soja ($p < 0.05$), dosis doble y fertilización química ($p < 0.05$), dosis doble y control soja ($p < 0.05$) y entre dosis simple y dosis doble ($p < 0.05$). En cambio, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre dosis simple y dosis triple ($p < 0.05$) y entre dosis doble y dosis triple ($p < 0.05$). Por tanto, las dosis simple y doble no muestran efecto biológico en esta etapa. En tanto la dosis triple refleja su influencia entre las bacterias heterótrofas cultivables.

Determinación de Grupos taxonómicos en mayo 2009.

El día 27 de mayo de 2009 se realizó el quinto muestreo para estudios microbiológicos, en postcosecha de soja.

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 13.

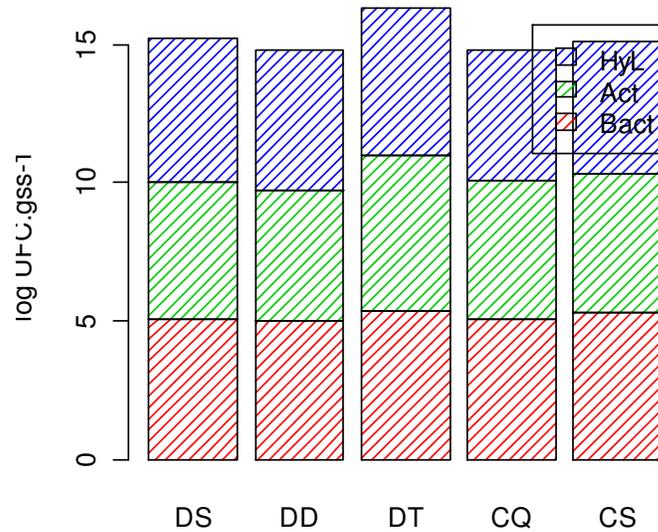


Figura 13. Grupos taxonómicos en mayo 2009

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 27/05/09, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 14.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al 27/05/09.

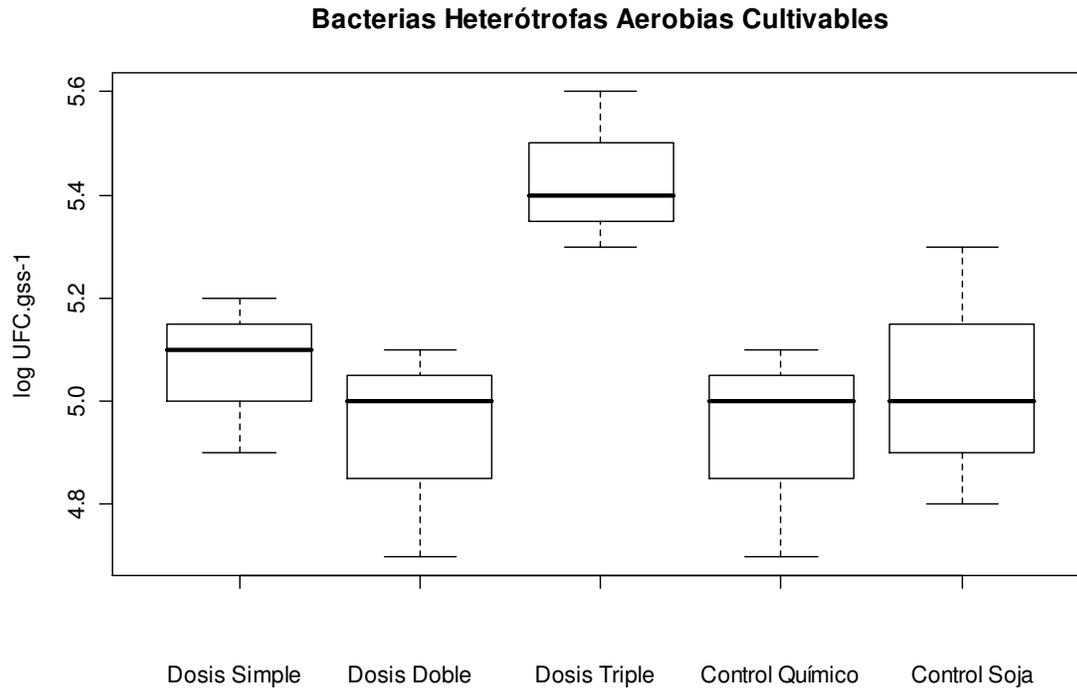
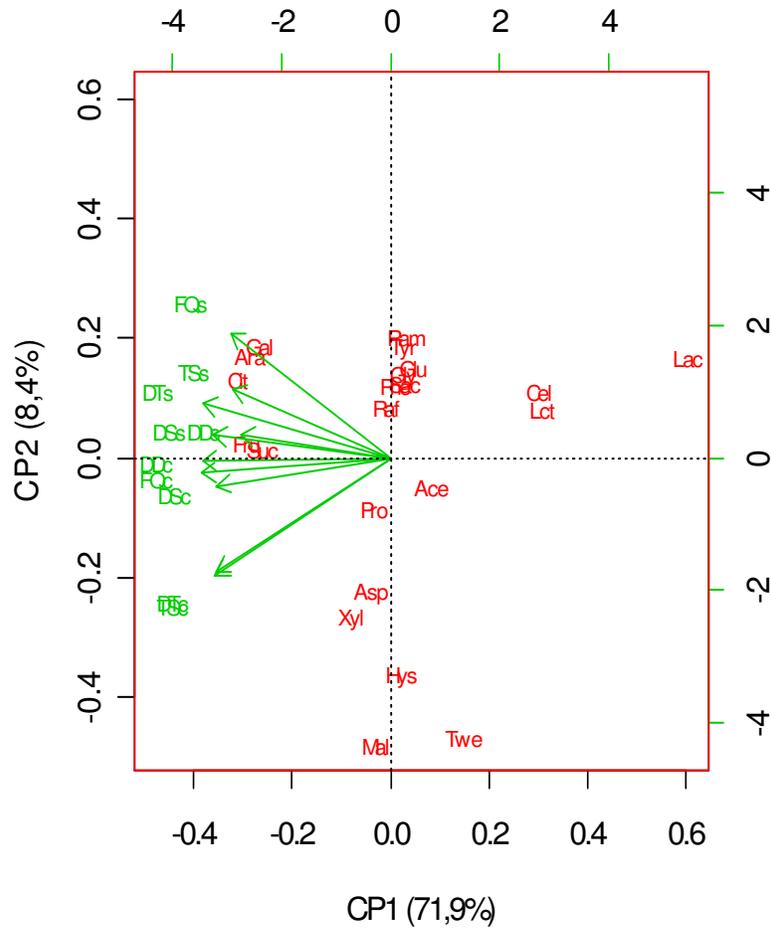


Figura 14. Bacterias heterótrofas en mayo 2009

La figura 14 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de mayo de 2009. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre control soja y fertilización química ($p < 0.05$), entre dosis simple y fertilización química ($p < 0.05$) y dosis simple y control soja ($p < 0.05$), dosis doble y fertilización química ($p < 0.05$), dosis doble y control soja ($p < 0.05$) y entre dosis simple y dosis doble ($p < 0.05$). En cambio, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre dosis simple y dosis triple ($p < 0.05$) y entre dosis doble y dosis triple ($p < 0.05$). Por tanto, las dosis simple y doble no muestran efecto biológico en esta etapa. En tanto la dosis triple refleja su influencia entre las bacterias heterótrofas cultivables.

Análisis a nivel de comunidades microbianas en siembra y en cosecha.

El análisis a nivel de comunidades microbianas del suelo mediante la utilización diferencial de fuentes carbonadas únicas (CLPPs) se observa en la figura 15.



Análisis sobre el cultivo

Las variables analizadas sobre el cultivo fueron: longitud aérea, longitud de epicótilo, longitud de hipocótilo, número de entrenudos, número de ramas, número de vainas y número de granos por vaina. Las medidas de dispersión se muestran en las figuras 16 a 20.

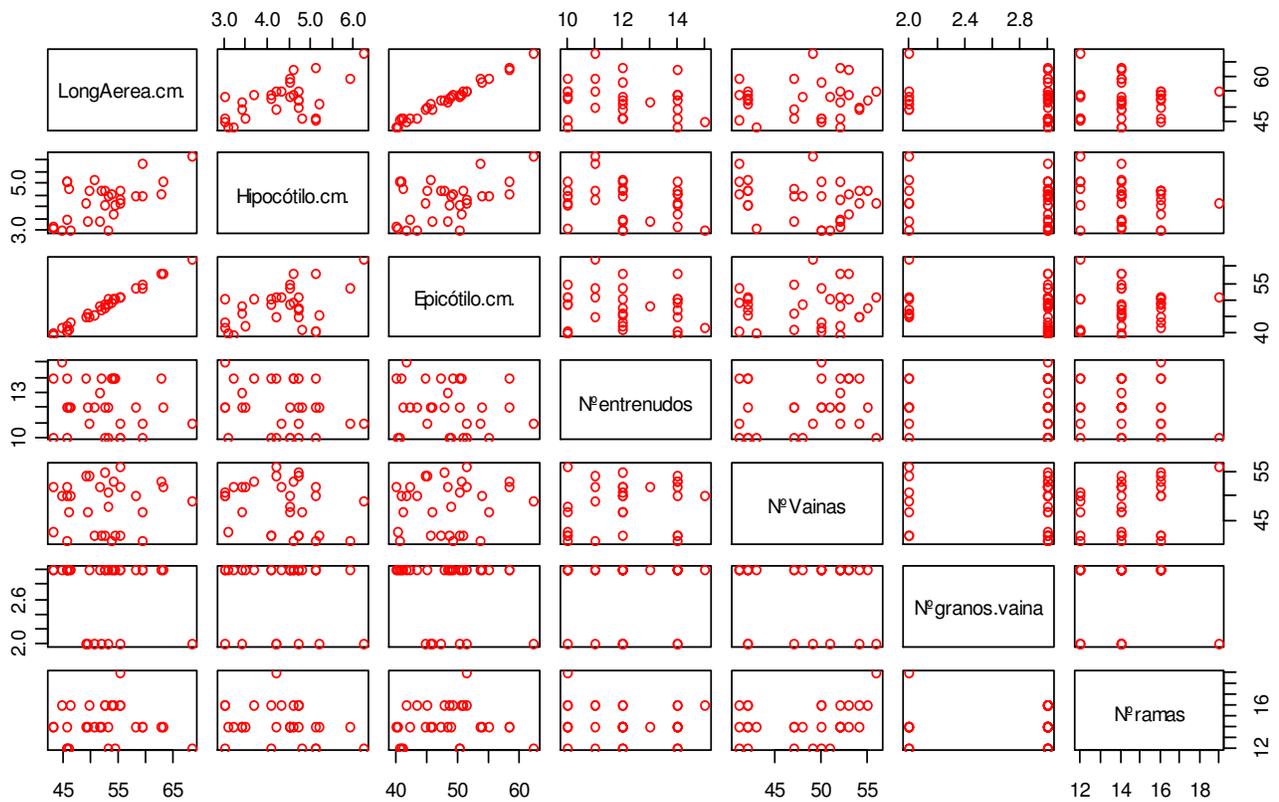


Figura 16. Soja con dosis simple del producto SolBio (DS)

La figura 16 muestra el plot de dispersión múltiple de las variables medidas sobre el cultivo en la dosis simple del producto SolBio. Se observa correlación positiva entre la variable longitud aérea, longitud de hipocótilo y de epicótilo con rango entre 45 y 65 cm de longitud aérea, 3 a 6 cm de longitud de hipocótilo y entre 40 y 60 cm de longitud de epicótilo. El número de entrenudos varió entre 10 y 14, el número de vainas osciló entre 45 y 55, con 2 o 3 granos por vaina. El número de ramas totales osciló entre 12 y 16.

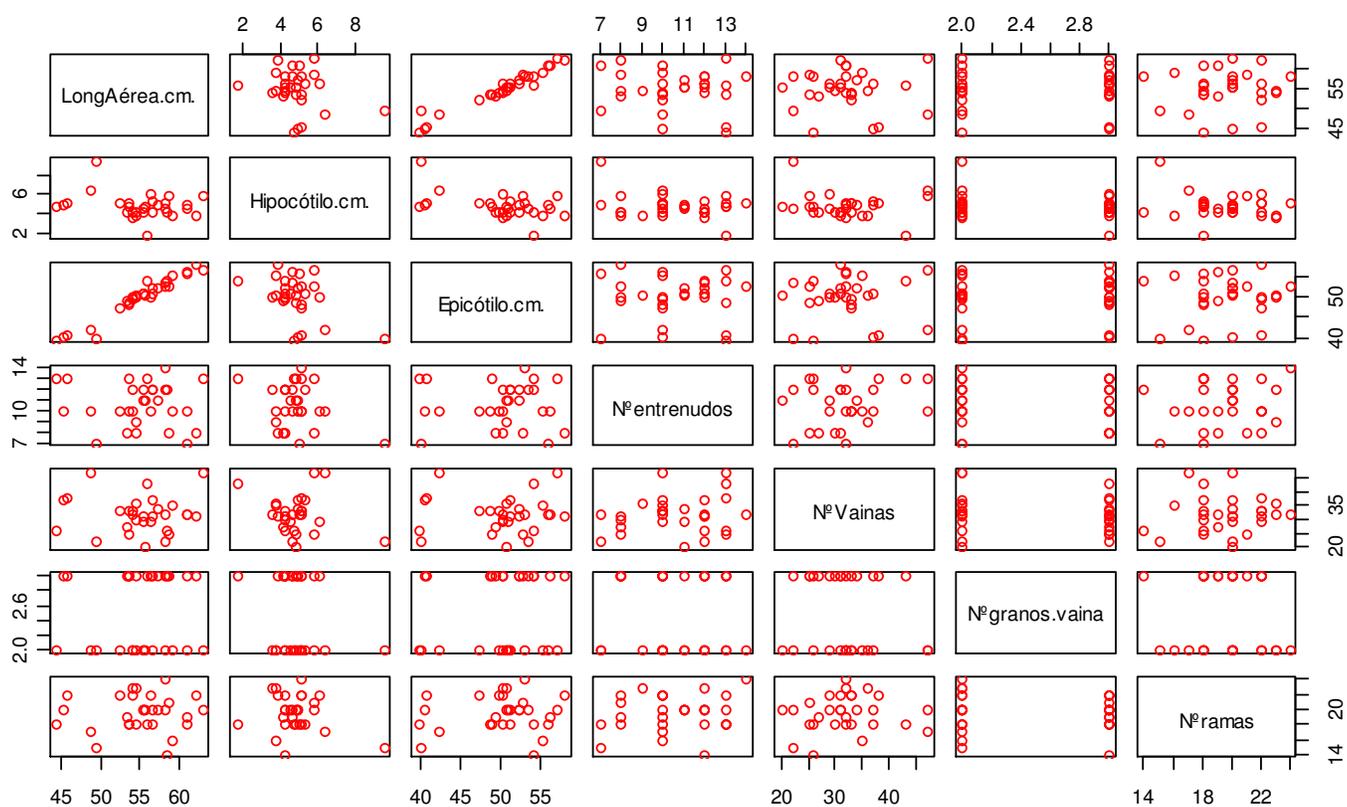


Figura 17. Soja con dosis doble del producto SolBio (DD)

La figura 17 muestra el plot de dispersión múltiple de las variables medidas sobre el cultivo en la dosis doble del producto SolBio. Se observa correlación positiva entre la variable longitud aérea, longitud de hipocótilo y de epicótilo con rango entre 40 y 60 cm de longitud aérea, 4 a 6 cm de longitud de hipocótilo y entre 40 y 55 cm de longitud de epicótilo. El número de entrenudos varió entre 7 y 13, el número de vainas osciló entre 20 y 40, con 2 o 3 granos por vaina. El número de ramas totales osciló entre 14 y 22.

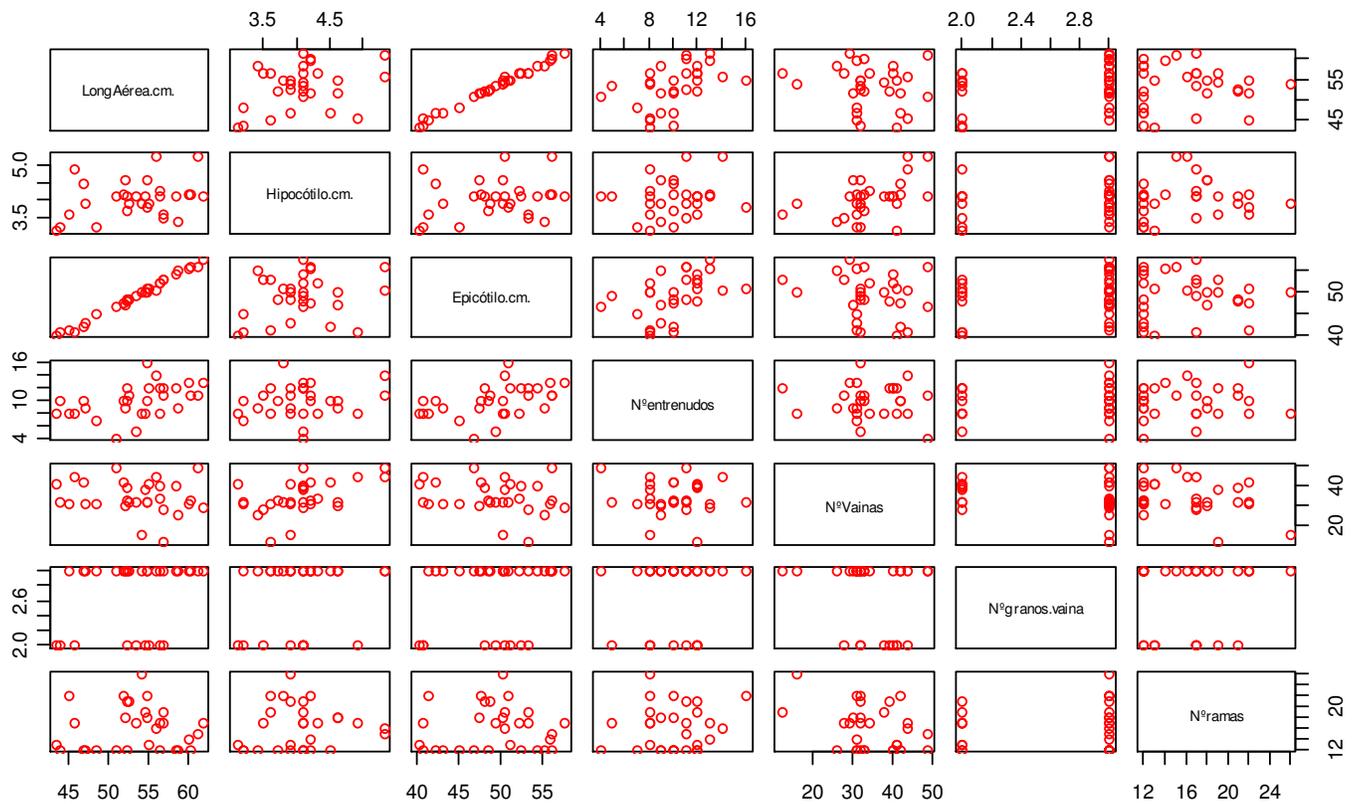


Figura 18. Soja con dosis triple del producto SolBio (DT)

La figura 18 muestra el plot de dispersión múltiple de las variables medidas sobre el cultivo en la dosis triple del producto SolBio. Se observa correlación positiva entre la variable longitud aérea, longitud de hipocótilo y de epicótilo con rango entre 45 y 55 cm de longitud aérea, 3.5 a 5 cm de longitud de hipocótilo y entre 40 y 55 cm de longitud de epicótilo. El número de entrenudos varió entre 4 y 16, el número de vainas osciló entre 30 y 50, con 2 o 3 granos por vaina. El número de ramas totales osciló entre 12 y 24.

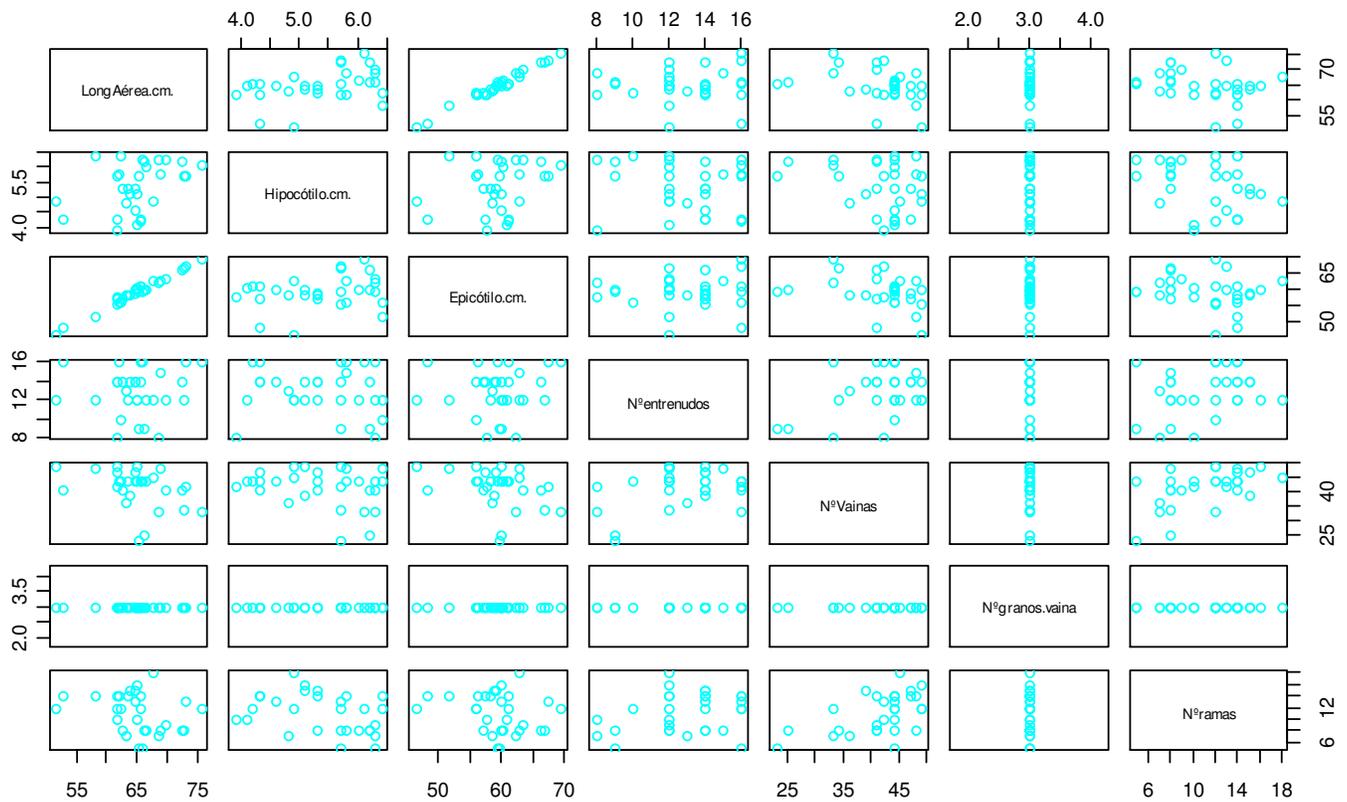


Figura 19. Soja con fertilización química (CQ)

La figura 19 muestra el plot de dispersión múltiple de las variables medidas sobre el cultivo en el testigo de fertilización química. Se observa correlación positiva entre la variable longitud aérea, longitud de hipocótilo y de epicótilo con rango entre 55 y 70 cm de longitud aérea, 4 a 6 cm de longitud de hipocótilo y entre 50 y 70 cm de longitud de epicótilo. El número de entrenudos varió entre 8 y 16, el número de vainas osciló entre 25 y 45, con 3 granos por vaina. El número de ramas totales osciló entre 6 y 18.

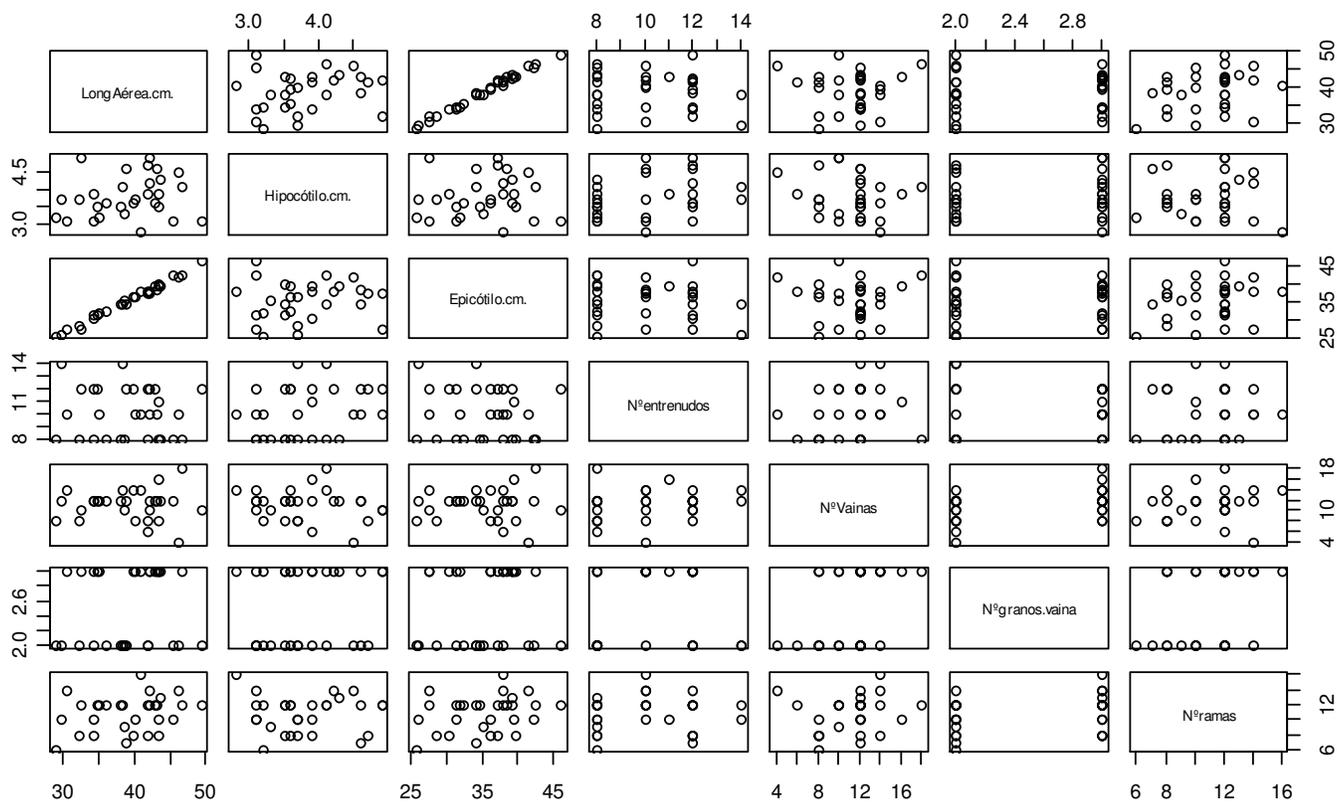


Figura 20. Soja sin fertilización (CS)

La figura 20 muestra el plot de dispersión múltiple de las variables medidas sobre el cultivo en el testigo soja, es decir sin fertilización. Se observa correlación positiva entre la variable longitud aérea, longitud de hipocótilo y de epicótilo con rango entre 30 y 50 cm de longitud aérea, 3 a 4.5 cm de longitud de hipocótilo y entre 25 y 45 cm de longitud de epicótilo. El número de entrenudos varió entre 8 y 14, el número de vainas osciló entre 4 y 16, con 2 o 3 granos por vaina. El número de ramas totales osciló entre 6 y 16.

La tabla 2 muestra la media de la biomasa seca correspondiente al muestreo de soja en estadio fenológico de llenado de vaina. Los valores representan la media de la variable biomasa seca $n = 30$ plantas por cada una de las 15 parcelas, expresada en gramos \pm SE.

Tabla 2. Biomasa seca aérea del cultivo de soja durante llenado de vaina.

Parcela	DSA	DSB	DSC	DDA	DDB	DDC	DTA	DTB	DTC	CQA	CQB	CQC	TSA	TSB	TSC
Media	69.17	62.87	67.69	71.52	57.19	95.77	61.64	63.15	59.02	63.03	58.37	63.89	61.42	60.55	63.92
SE	4.86	7.46	4.33	11.69	12.14	27.63	8.26	22.80	6.33	6.92	10.27	7.68	9.01	7.12	9.75

Referencia: DSA: dosis simple bloque A, DSB: dosis simple bloque B, DSC: dosis simple bloque C, DDA: dosis doble bloque A, DDB: dosis doble bloque B, DDC: dosis doble bloque C, DTA: dosis triple bloque A, DTB: dosis triple bloque B, DTC: dosis triple bloque C, CQA: fertilización química bloque A, CQB: fertilización química bloque B, CQC: fertilización química bloque C, TSA: testigo soja bloque A, TSB: testigo soja bloque B, TSC: testigo soja bloque C. SE: desvío estándar.

Las variables medidas sobre el cultivo no presentaron diferencias estadísticamente significativas con un $p < 0.05$.

Consideraciones parciales de la evaluación biológica del suelo y del cultivo. Ciclo 2008/2009.

En el análisis de grupos taxonómicos en cada uno de los momentos de muestreo pudo observarse que los grupos Actinomycetes y Hongos y Levaduras no presentaron variación estadísticamente significativa ($p < 0.05$). En tanto, el grupo de Bacterias heterótrofas aerobias mostró significativa variación ($p < 0.05$) durante el ensayo. Por esta razón se mostraron los gráficos individuales en cada fecha de muestreo referidos únicamente a Bacterias.

Durante la evolución del ensayo sobre el ciclo de soja fue posible observar la variación del comportamiento de las Bacterias heterótrofas aerobias cultivables. A la siembra se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las dosis triple y doble del producto SolBio en relación con la dosis simple, control de fertilización química y control de soja sin fertilización. Durante el primer mes de cultivo, disminuyó la dosis doble con lo cual solamente la dosis triple mostró efecto biológico sobre la cantidad de bacterias cultivables presentes en el suelo. Este resultado se mantuvo hasta final del ensayo. Con lo cual podría sugerirse que solamente la dosis más elevada del producto biológico logró instalarse en la superficie del suelo.

En el análisis de las comunidades microbianas del suelo en base a la evaluación de los perfiles

fisiológicos utilizando fuentes carbonadas únicas, fue posible observar una variación significativa entre la siembra y la cosecha del cultivo de soja. La primera componente principal fue capaz de explicar el 71,9% de la variabilidad total del sistema, en tanto la segunda componente explico el 8,4% y fue capaz de clasificar dos grupos de perfiles diferenciales de utilización de fuentes carbonadas únicas, a la siembra y al finalizar el ciclo del cultivo. Es decir, se observó el cambio de comunidades microbianas entre la etapa inicial y la etapa final del cultivo de soja.

En cuanto a la evaluación sobre el cultivo fue posible observar que las variables no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

En cuanto a los objetivos específicos planteados, podría decirse que en las condiciones ensayadas se han observado efectos en cuanto a la aplicación de la tierra biológica sobre aspectos microbiológicos del suelo. En tanto no se han observado evidencias de impacto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, con las dosis ensayadas.

Como conclusión parcial durante el ciclo de soja Nov/2008 – May/2009 podría decirse que el impacto de la implementación de tierra biológica como fertilizante alternativo ha podido observarse con la dosis más alta de producto sobre la microbiota del suelo. Esto fue reflejado a través del análisis de las comunidades microbianas del suelo y sobre el análisis del grupo taxonómico de bacterias heterótrofas aerobias cultivables.

Ciclo 2009/2010

El presente informe constituye el resumen de la información obtenida por el área Biología del Instituto de Suelos durante el primer período de investigación, ciclo soja 2009/2010, en el marco del servicio técnico del Instituto a SolBio.

La instalación del ensayo se realizó en el mes de diciembre de 2009 en el establecimiento La Herrería sobre la ruta 41 a 5 km de la localidad de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires. Posteriormente se realizó la aplicación del producto en las dosis señaladas en Materiales y Métodos.

El día 16 de diciembre se realizó el primer muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones superficiales del suelo en momentos del muestreo se observan en la foto 9.



Foto 9. Campo en diciembre 2009 primer muestreo microbiológico

Determinación de Grupos taxonómicos en diciembre 2009.

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos Hongos y Levaduras, Actinomicetes y Bacterias Heterótrofas totales se muestran en la figura 21.

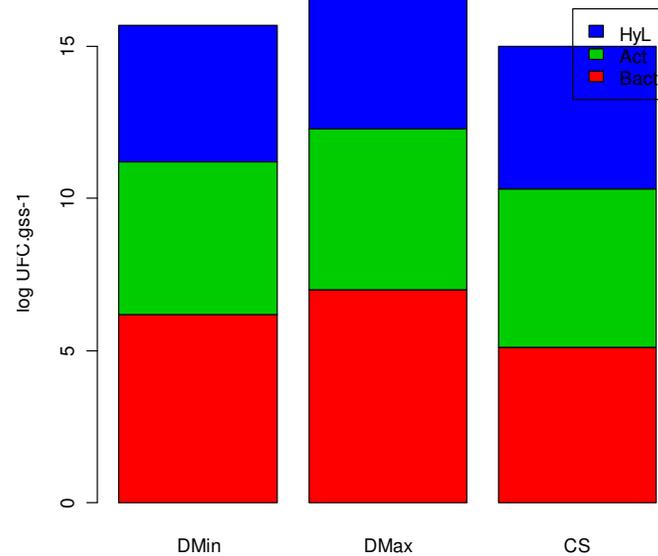


Figura 21. Grupos taxonómicos en diciembre de 2009

La figura 21 muestra la relación entre la cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables, la cantidad de hongos y levaduras y la cantidad de Actinomicetes, expresada en Unidades Formadoras de Colonia por gramo de suelo (UFC.gss⁻¹) seco vs. Tratamiento.

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a diciembre de 2009, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 22.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a diciembre de 2009.

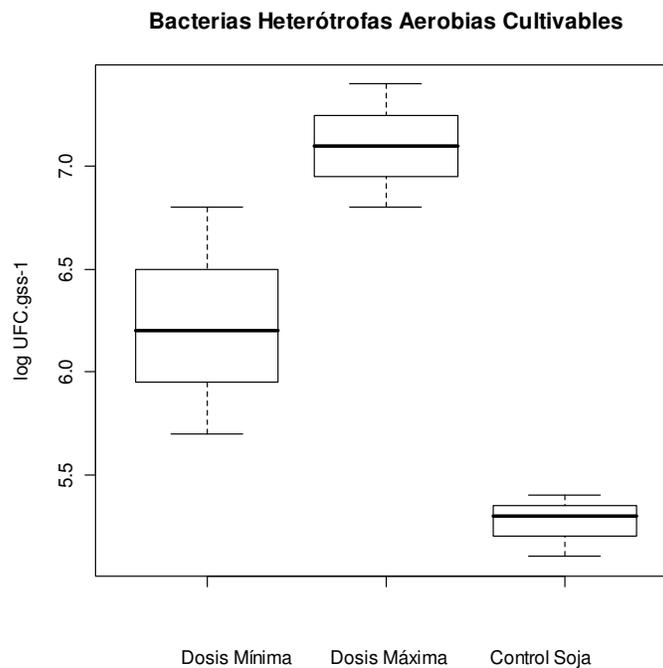


Figura 22. Bacterias heterótrofas en diciembre 2009

La figura 22 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis mínima y máxima ($p < 0.05$), entre dosis mínima y control soja ($p < 0.05$) y entre dosis máxima y testigo soja ($p < 0.05$). Por tanto, podría observarse el efecto de la fertilización biológica sobre el suelo mediante la presencia de mayor cantidad de bacterias en esta etapa. Además tanto la dosis mínima como máxima reflejarían su influencia sobre las bacterias heterótrofas cultivables.

Determinación de Grupos taxonómicos en enero 2010.

En enero de 2010 se realizó el segundo muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones del cultivo en momentos del muestreo se observan en la foto 10. Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 23.



Foto 10. Campo en enero 2010 segundo muestreo microbiológico.

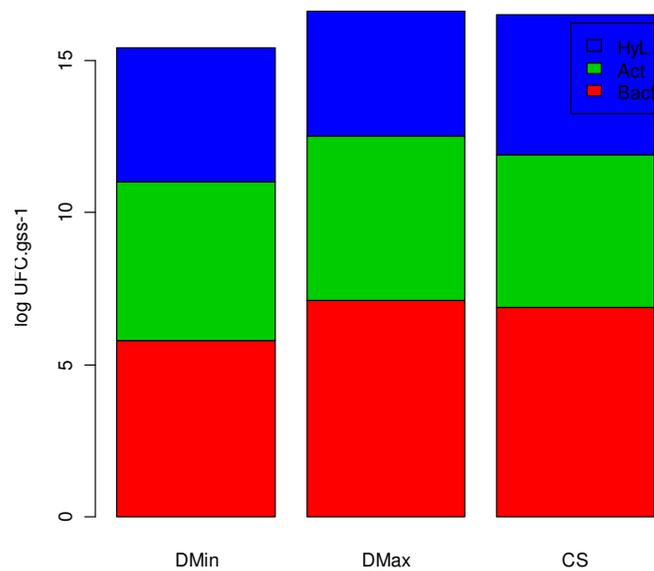


Figura 23. Grupos taxonómicos en enero de 2010

La figura 23 muestra la relación entre la cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables, la cantidad de hongos y levaduras y la cantidad de Actinomycetes, expresada en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento.

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al mes de enero de 2010, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 24.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a enero de 2010.

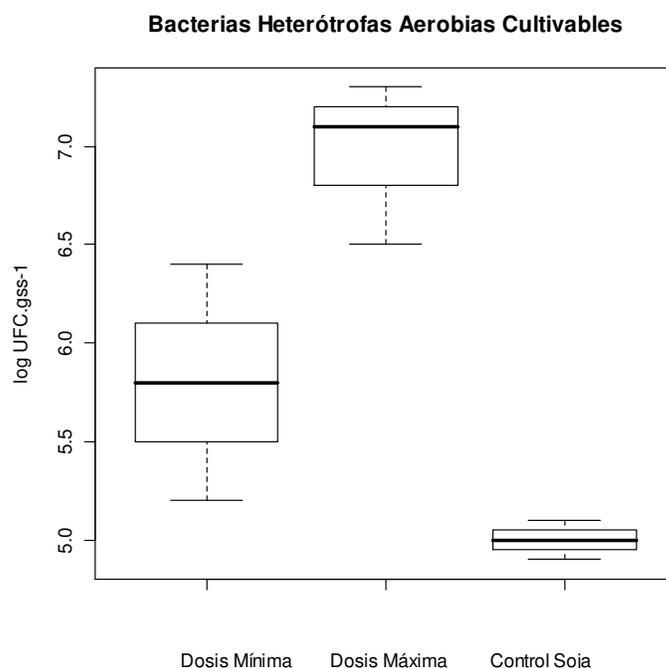


Figura 24. Bacterias heterótrofas en enero 2010

La figura 24 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de enero de 2010. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis mínima y máxima ($p < 0.05$), entre dosis mínima y control soja ($p < 0.05$) y entre dosis máxima y testigo soja ($p < 0.05$). Por tanto, podría observarse el efecto de la fertilización biológica sobre el suelo mediante la presencia de mayor cantidad de bacterias en esta etapa. Además tanto la dosis mínima como máxima reflejarían su influencia sobre las bacterias heterótrofas cultivables.

Determinación de Grupos taxonómicos en marzo 2010.

En marzo de 2010 se realizó el tercer muestreo para estudios microbiológicos. Las condiciones del cultivo en momentos del muestreo se observan en la foto 11.



Foto 11. Campo en marzo 2010 tercer muestreo microbiológico

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 25.

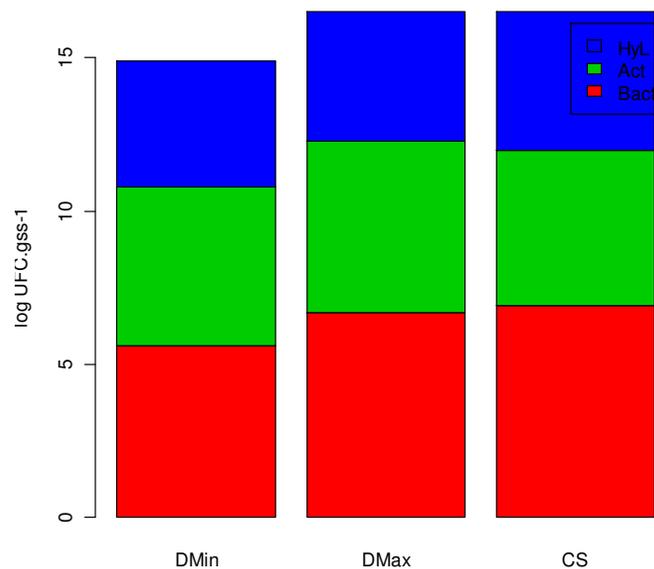


Figura 25. Grupos taxonómicos en marzo de 2010

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente al mes de marzo de 2010, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 26.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a marzo de 2010.

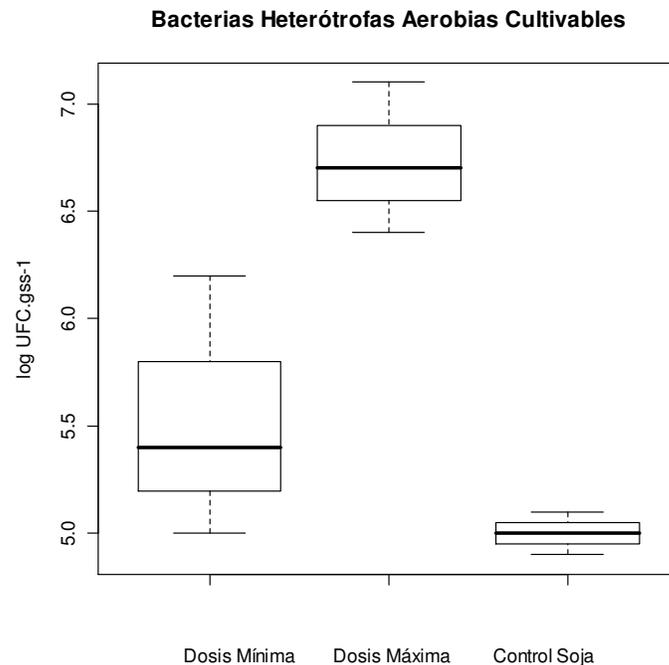


Figura 26. Bacterias heterótrofas en marzo de 2010

La figura 26 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de enero de 2010. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis mínima y máxima ($p < 0.05$) y entre dosis máxima y testigo soja ($p < 0.05$). No obstante, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre dosis mínima y control soja. Por tanto, podría observarse que el efecto de la fertilización biológica sobre el suelo mediante la cantidad de bacterias va disminuyendo en esta etapa. Es decir, en esta etapa sólo la dosis máxima reflejaría su influencia sobre las bacterias heterótrofas cultivables.

Determinación de Grupos taxonómicos en mayo 2010.

En el mes de mayo de 2010 se realizó el cuarto muestreo para estudios microbiológicos, en postcosecha de soja.

Los resultados del recuento de grupos taxonómicos se muestran en la figura 27.

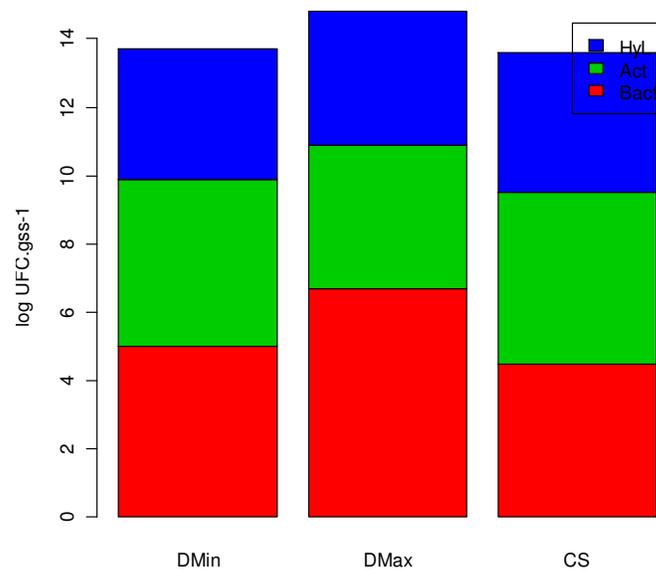


Figura 27. Grupos taxonómicos en mayo 2010

La evaluación de la viabilidad del grupo de bacterias heterótrofas aerobias presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a mayo de 2010, se realizó mediante metodología dependiente de cultivo y se observa en la figura 28.

Evaluación de la viabilidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables presentes en el suelo durante el muestreo correspondiente a mayo de 2010.

La figura 28 muestra el gráfico de cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables expresado en UFC.gss⁻¹ vs. Tratamiento correspondiente a la evaluación del mes de mayo de 2010. Se aplicó el test de diferencia de medias entre cada uno de los tratamientos estudiados. Para la variable cantidad de bacterias heterótrofas aerobias cultivables se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis máxima y testigo soja ($p < 0.05$). No obstante, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre

dosis mínima y control soja. Por tanto, podría observarse que el efecto de la fertilización biológica sobre el suelo mediante la cantidad de bacterias continúa disminuyendo en esta etapa. Es decir, en esta etapa sólo la dosis máxima reflejaría su influencia sobre las bacterias heterótrofas cultivables.

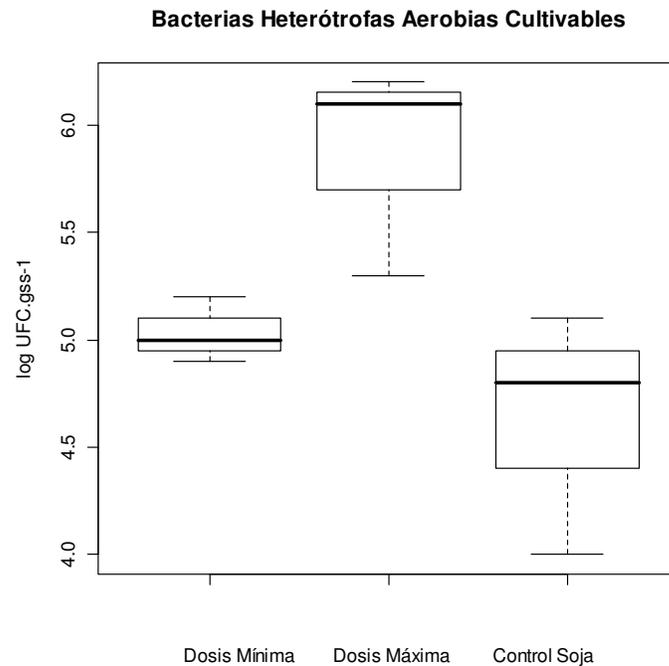


Figura 28. Bacterias heterótrofas en mayo 2010

Análisis sobre el cultivo

Las variables analizadas sobre el cultivo fueron: longitud aérea, longitud de epicótilo, longitud de hipocótilo, número de entrenudos, número de ramas, número de vainas y número de granos por vaina. En el muestreo del 8 de enero la soja se encontraba en inicio de floración. Allí se observaron diferencias notables entre la dosis mayor con respecto al testigo para las variables altura de la planta, biomasa radicular y cantidad de nódulos activos.

En el muestreo del 4 de marzo la soja se encontraba en llenado de vaina. Allí se confirmaron las observaciones mencionadas. La siguiente foto muestra tres plantas tomadas al azar de testigo, dosis máxima y dosis mínima.



Foto 12. Plantas de soja en marzo 2010, testigo, dosis máxima y dosis mínima.

Al analizar la variable número de vainas, se observó que en ambas dosis de producto el número de vainas era menor con respecto al testigo pero en cuanto a la variable tamaño de vainas la soja con producto SolBio presentaba mayor tamaño con respecto al testigo.

Consideraciones parciales de la evaluación biológica del suelo y del cultivo. Ciclo 2009/2010

En el análisis de grupos taxonómicos en cada uno de los momentos de muestreo pudo observarse que los grupos Actinomycetes y Hongos y Levaduras no presentaron variación estadísticamente significativa ($p < 0.05$). En tanto, el grupo de Bacterias heterótrofas aerobias mostró significativa variación ($p < 0.05$) durante el ensayo. Por esta razón se mostraron los gráficos individuales en cada fecha de muestreo referidos únicamente a Bacterias.

Durante la evolución del ensayo sobre el ciclo de soja fue posible observar la variación del comportamiento de las Bacterias heterótrofas aerobias cultivables. A la siembra se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las dosis máxima y mínima del producto SolBio en relación con el control de soja sin fertilización. Durante el primer mes de cultivo, disminuyó la dosis mínima con lo

cual solamente la dosis máxima mostró efecto biológico sobre la cantidad de bacterias presentes en el suelo. Este resultado se mantuvo hasta final del ensayo. Con lo cual podría sugerirse que a través de la dosis más elevada del producto biológico se logró aumentar la población bacteriana de la rizosfera del suelo.

En cuanto a la evaluación sobre el cultivo fue posible observar que el número de vainas en ambas dosis de producto, fue menor con respecto al testigo, pero en cuanto al tamaño de vainas la soja con producto SolBio presentó mayor tamaño con respecto al testigo.

Con respecto a los objetivos específicos planteados, podría decirse que en las condiciones ensayadas se han observado efectos en cuanto a la aplicación de la tierra biológica sobre aspectos microbiológicos del suelo.

Como conclusión parcial durante el ciclo de soja Nov/2009 – May/2010 podría decirse que el impacto de la implementación de tierra biológica como fertilizante alternativo ha podido observarse con la dosis más alta de producto sobre la microbiota del suelo. Esto fue reflejado a través del análisis de las comunidades microbianas del suelo y sobre el análisis del grupo taxonómico de bacterias heterótrofas aerobias cultivables.

Referencias

- Alef, K and Nannipieri P. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, London.
- Brock, T.D.; Madigan, M. T. 1993. *Microbiology*. 6 ed. Prentice Hall.
- Frioni, L. 2001. *Procesos microbianos del suelo I y II*. Ed. UNRC.
- Sommerfeldt, T.G.; and Chang, C. 1985. Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:983–987.

Whalen, J.K.; Chang, C. 2002. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:1637–1647.

CONCLUSIÓN GENERAL

Durante el ciclo de soja 2009/2010 las condiciones meteorológicas fueron satisfactorias para el desarrollo del cultivo en comparación con el ciclo 2008/2009 el cual presentó condiciones meteorológicas adversas caracterizadas por un escaso régimen hídrico.

En términos generales, se observó que los tratamientos con mayores dosis de la tierra biológica de SolBio tendieron a mostrar una mejor condición en varios de los parámetros evaluados.

En cuanto a las propiedades biológicas del suelo durante el primer año, en la enumeración de grupos taxonómicos para cada uno de los momentos de muestreo pudo observarse que los grupos Actinomycetes y Hongos y Levaduras no presentaron variación estadísticamente significativa. En tanto, el grupo de Bacterias heterótrofas aerobias cultivables mostró significativa variación durante el ensayo. A la siembra se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las dosis triple y doble del producto SolBio en relación con la dosis simple, control de fertilización química y control de soja sin fertilización. Durante el primer mes de cultivo, disminuyó la dosis doble con lo cual solamente la dosis triple mostró efecto biológico sobre la cantidad de bacterias presentes en el suelo. Este resultado se mantuvo hasta final del ensayo. Con lo cual podría sugerirse que solamente la dosis más elevada del producto biológico logró instalarse en la superficie del suelo.

En el análisis de las comunidades microbianas del suelo en base a la evaluación de los perfiles fisiológicos utilizando fuentes carbonadas únicas, fue posible observar una variación significativa entre la siembra y la cosecha del cultivo de soja. La primera componente principal fue capaz de explicar el 71,9% de la variabilidad total del sistema, en tanto la segunda componente explicó el 8,4% y fue capaz de clasificar

dos grupos de perfiles diferenciales de utilización de fuentes carbonadas únicas, a la siembra y al finalizar el ciclo del cultivo. Es decir, se observó el cambio de comunidades microbianas entre la etapa inicial y la etapa final del cultivo de soja.

En cuanto a la evaluación sobre el cultivo fue posible observar que las variables no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Con respecto a los objetivos específicos planteados, en las condiciones ensayadas se han observado efectos en cuanto a la aplicación de la tierra biológica de SolBio sobre aspectos microbiológicos del suelo. En tanto no se han observado evidencias de impacto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, con las dosis ensayadas, lo cual puede relacionarse también con las condiciones meteorológicas adversas.

En tanto, durante el ciclo de soja Nov/2009 – May/2010 podría decirse que el impacto de la implementación de tierra biológica como fertilizante alternativo ha podido observarse con la dosis más alta de producto sobre la población de bacterias heterótrofas aerobias cultivables. Este fenómeno se observó mediante cuantificación en medio sólido. Con respecto al ciclo de soja Nov/2008-May/2009 se obtuvo el mismo resultado para los parámetros estimados.

**SERVICIO TÉCNICO DEL INSTITUTO DE SUELOS INTA CASTELAR
A EMPRESA SOLBIO**

Segunda Parte
AREAS CALIDAD, SALUD Y TECNOLOGÍA DE
SUELOS Y FERTILIDAD DE SUELOS

INFORME FINAL

Periodos: Ciclo Soja 2009/2010.

Informe Final de Resultados de Ensayo 2009-2010

Evaluación de Propiedades Físicas del Suelo

Determinación de Densidad Aparente

Es una determinación realizada frecuentemente en estudios de compactación. Relaciona el peso del suelo (incluyendo el espacio poroso), con una unidad de volumen (Ec. 1). Se expresa generalmente como g cm^{-3} .

$$\text{Densidad Aparente} = \text{Peso suelo seco} / \text{volumen} \quad (\text{Ec. 1})$$

A su vez, es posible obtener un valor del volumen total de poros en el suelo a través de la medición de la densidad aparente (DA) (Ec. 2).

$$\text{Porosidad Total (\%)} = [1 - (\text{DA}/\text{DP})]*100 \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

DA: densidad aparente (g/cm^3)

DP: densidad real o de partículas (convencionalmente $2,65 \text{ g}/\text{cm}^3$).

La DA condiciona una serie importante de propiedades del suelo, especialmente la circulación de aire y agua regulando así la mayoría de los procesos relacionados con la nutrición vegetal. Al afectar la cantidad y tamaño de poros, también influye sobre la penetración de raíces en el suelo.

Metodología Utilizada

Existe una variedad de técnicas para la determinación de la DA. La mas frecuentemente utilizada es la del cilindro, donde cilindros de volumen conocido se introducen en el suelo, pesando luego el suelo recolectado (previamente secado en estufa a 105°C). En el presente trabajo se utilizaron cilindros de 750 cm^3 , introducidos en el suelo hasta 10 cm de profundidad, mediante un equipo sacamuestra (Foto1). En la Figura 1 se presentan los valores de DA en todos los tratamientos al inicio y final del ensayo.



Foto 1. Sacamuestras de densidad aparente.

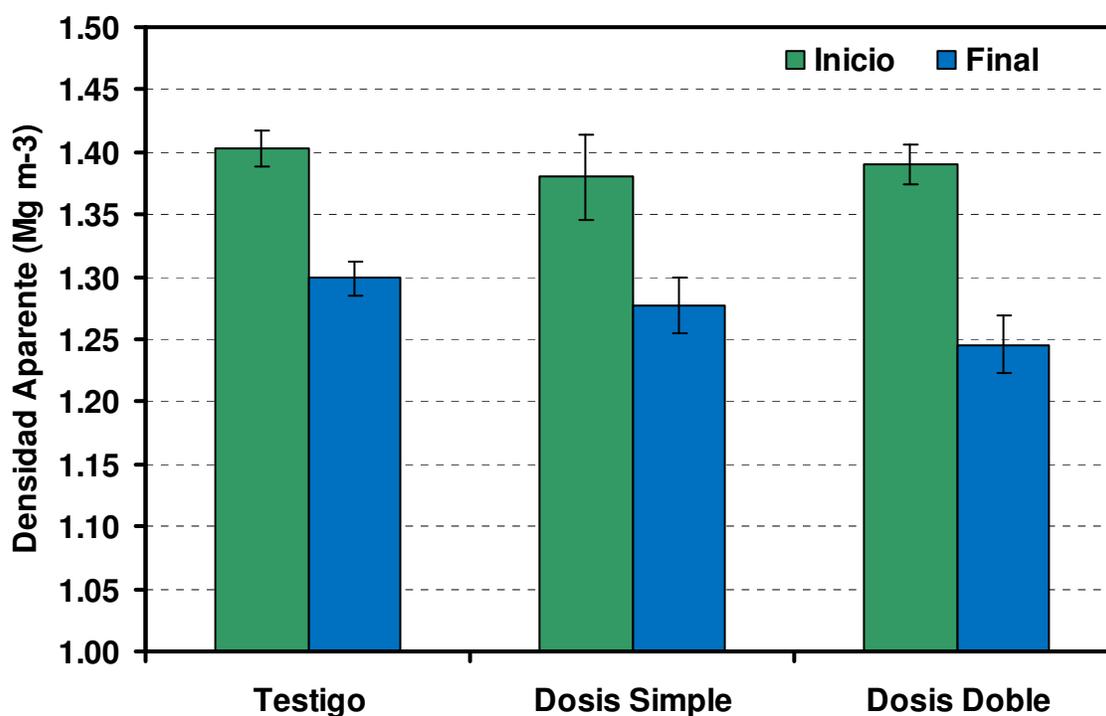


Figura 1. Densidad aparente promedio del inicio y del final en todos los tratamientos del ensayo. Las líneas verticales representan el error estándar de la media.

Los valores encontrados de DA muestran una tendencia a disminuir con el agregado del biocompost proporcionado por la empresa SOLBIO (Figura 1). En este sentido, la dosis doble de producto mostró al final del ensayo el valor promedio más bajo (1.25 g cm^{-3}). Por el contrario las parcelas testigos tuvieron el valor más alto (1.30 g cm^{-3}), lo que demuestra una mejora en esta propiedad física.

Determinación de la Infiltración del suelo con infiltrómetro de anillo simple

Metodología

La tasa o velocidad con que el agua entra en el suelo es una característica de cada suelo que puede ser alterada por el uso. Es un parámetro de alta variabilidad espacial. El equipo de infiltrómetros de anillo simple consta de un frasco de Mariotte graduado en mm para suministrar el agua al suelo y un anillo de 21 cm de diámetro y 12 cm de alto. El anillo se clava 6 cm en el suelo y el resto queda en la superficie. El frasco alimentador de agua tiene un pico vertedor que deja una carga de agua constante de 1 cm sobre el nivel del suelo.

La velocidad de infiltración en un suelo insaturado es máxima al inicio y luego decrece hasta alcanzar un valor constante mínimo, llamado infiltración básica. En la Figura 2 se muestran las tasas de Infiltración Instantánea (mm h^{-1}) al inicio y al final del ensayo en todos los tratamientos (4 repeticiones).



Foto 2. Vista de los infiltrómetros de anillo simple en todos los tratamientos del ensayo.

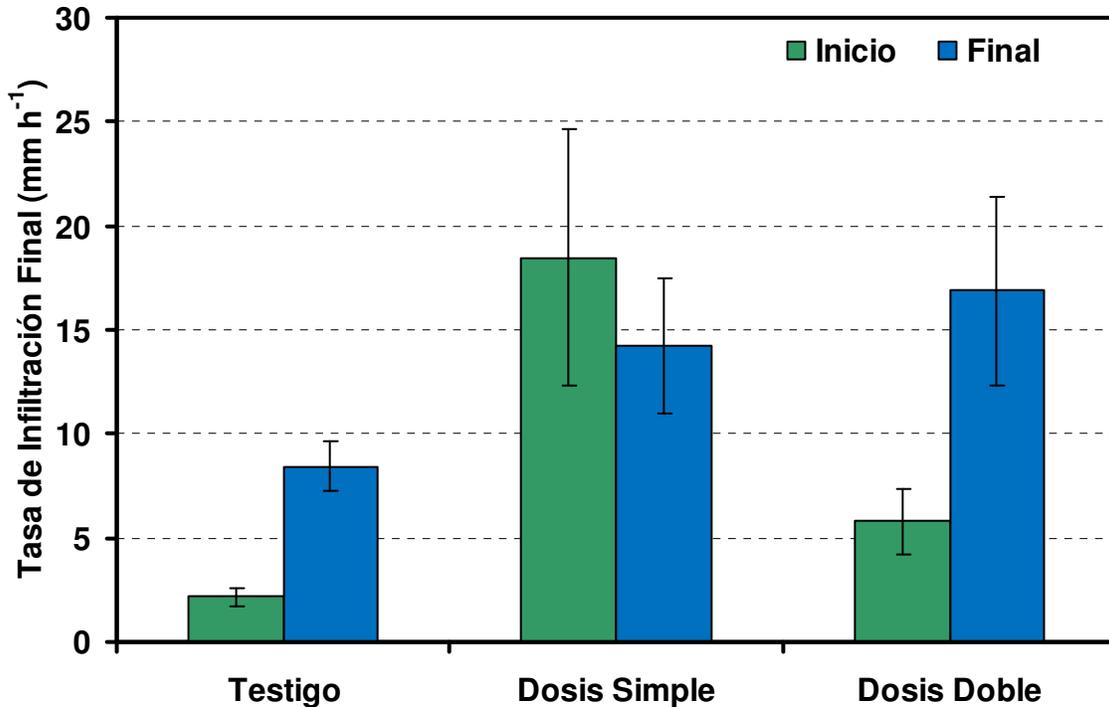


Figura 2. Infiltración instantánea básica (mm h⁻¹) al inicio y al final del ensayo en todos los tratamientos. Las líneas verticales representan el error estándar de la media.

Al igual que todas las determinaciones de naturaleza física, la determinación de la infiltración mostró una alta variabilidad en todos los tratamientos (Figura 2). Al final del experimento, luego de la cosecha de soja, el suelo con el agregado de biocompost mostró una mayor tasa de infiltración que el resto de los tratamientos (Figura 2), lo que se encuentra relacionado con los resultados de DA.

Determinación de humedad del suelo

Metodología

El término humedad edáfica es una forma de indicar la cantidad de agua presente en el perfil del suelo, a una profundidad dada, estrato u horizonte, en un momento determinado. Ha sido expresada como:

Humedad Gravimétrica (esto es en relación a la masa).

Es la relación entre la masa de la fracción líquida (agua o solución) y la masa de la fracción sólida.

$$Hg (\%) = [m - ms] / ms \quad (\text{g/g ; tn/tn}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

m: masa total.

ms: masa de sólido.

ma: masa de agua.

En la Figura 3 se muestran los valores de humedad gravimétrica (%) promedio en todos los tratamientos al inicio y al final del ensayo. Se observó que no existen diferencias entre tratamientos en los contenidos de humedad ni al inicio ni al final del ensayo.

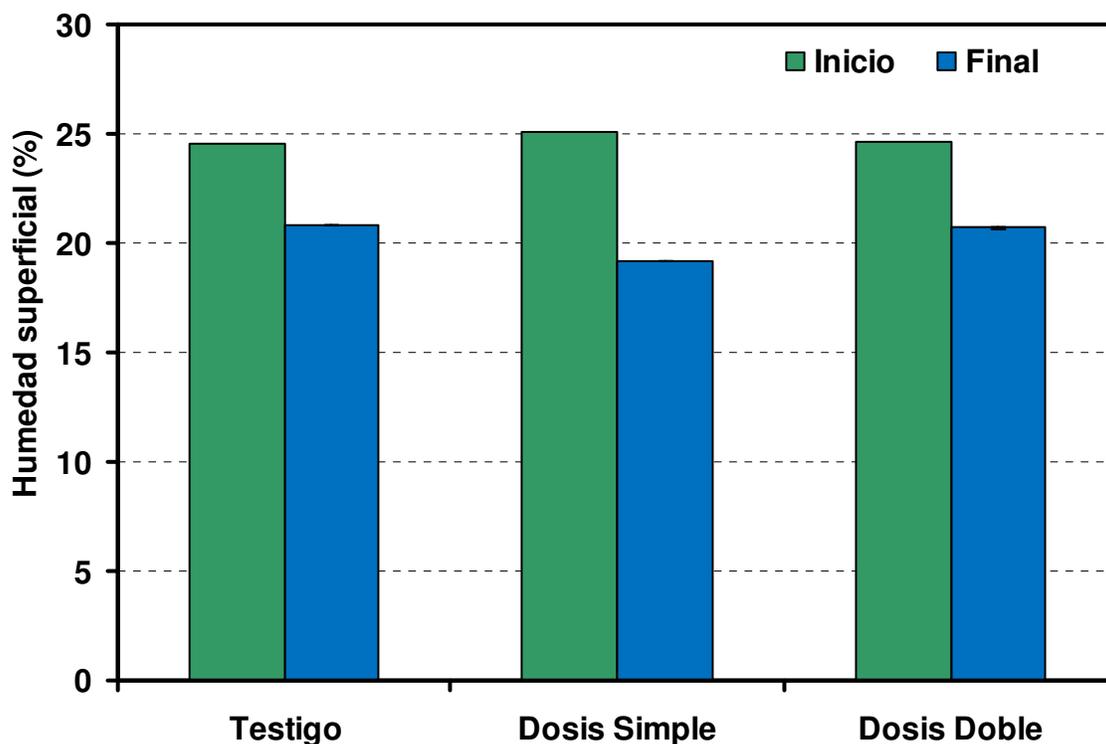


Figura 3. Humedad gravimétrica promedio de la capa de suelo de 0-10 cm al inicio y al final del ensayo.

Determinación de la resistencia a la penetración.

La resistencia del suelo limita el desarrollo radicular, afectando en forma directa al rendimiento del cultivo. Esta impedancia reduce el espesor del suelo explorable por el sistema radicular, de allí la importancia de su determinación.

Los niveles de resistencia dentro de un mismo lote son variables, aun en pequeñas distancias. Esta determinación es afectada por el tipo de suelo, el manejo y su contenido de humedad; en la medida que la humedad edáfica aumenta la resistencia a la penetración disminuye.

Metodología

En el presente trabajo se utilizó para esta determinación un penetrómetro de golpes. Se coloca el penetrómetro en posición vertical en el punto a determinar la resistencia. Se cuenta el número de golpes necesarios para que el penetrómetro se introduzca 5 cm en el suelo hasta la profundidad deseada.

$$R = k * N^{\circ} \text{ de impactos} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

R: resistencia a la penetración cada 5 cm de espesor del suelo

K: constante del penetrómetro

En la medida que el nivel de R cada 5 cm de espesor del suelo sea superior a 2 MPa la producción de los principales cultivos se verá disminuida. En la Figura 4 se muestran las curvas de resistencia mecánica a la penetración en todos los tratamientos al inicio y al final del ensayo.



Foto 3. Vista del penetrómetro de golpes.

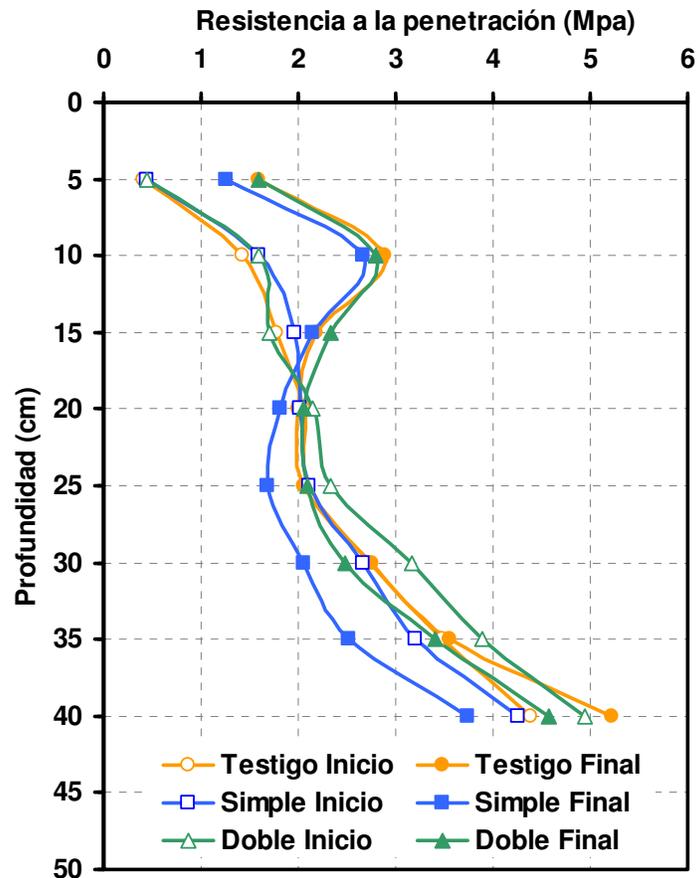


Figura 4. Resistencia mecánica a la penetración en todos los tratamientos al inicio y al final del experimento.

No fueron observadas diferencias entre tratamientos en resistencia mecánica a la penetración. Al igual que todas las variables de naturaleza física, el cambio en esta variable es lento y requiere de un período mayor de tiempo para comenzar a detectar efectos por las diferentes prácticas

Determinación de la estabilidad estructural.

La estructura se define como la forma en que se agrupan las partículas elementales que contiene el suelo, es decir arena, limo y arcilla. Esta característica de agrupación de las partículas, reviste especial importancia. Junto a la capacidad de agrupación de las partículas, la estructura considera otro factor, la estabilidad estructural, que es la propiedad que tienen los agregados, de conservar su forma cuando se humedecen o son sometidos a una acción física.

La estructura influye en la capacidad de retención de agua, en la aireación, en el intercambio gaseoso, en el desarrollo de las raíces y en la susceptibilidad a la erosión. Por otra parte, una estructura deficiente, se traduce en la formación de capas cementadas o toscas con alta compactación que en el cultivo producen disminución del vigor y de la productividad, deficiencias nutricionales, crecimiento de las raíces restringido

y superficial, baja infiltración, anoxia del suelo, escasa lixiviación de solutos, y patologías en las raíces. Además, la pérdida de estructura de los suelos, favorece la erosión hídrica y eólica de los suelos.

Metodología

El suelo es tamizado en seco y se lo clasifica por tamaños de agregado. Luego, lentamente es humedecido por capilaridad durante treinta minutos y se traslada a un juego de tamices sumergidos en agua. Se han ideado aparatos para levantar y bajar los tamices. El conjunto de tamices es alzado y bajado una distancia de 32 mm a razón de treinta oscilaciones por minuto durante treinta minutos. Luego se determina el peso del suelo que ha quedado sobre cada tamiz. El tamiz del fondo de la columna tiene una abertura de malla de 0,25 mm.

Para obtener la expresión de índice de estabilidad estructural se determina el diámetro de peso medio (DPM, mm) de los agregados para cada tamizado (seco y en agua) y por diferencia entre ambos se determina el cambio de diámetro de peso medio (mm) o índice de estabilidad estructural. El DPM se calculó según:

$$DPM = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad \text{(Ecuación 5),}$$

Donde:

I: es cada fracción de agregados

n: es el número total de fracciones de agregados incluyendo la que pasa a través del tamiz más fino

x_i : es el diámetro promedio de cada fracción i (mm), calculado como la media aritmética de la apertura de malla de dos tamices consecutivos

w_i : es la proporción del peso de cada fracción i respecto de la muestra total tamizada (g g⁻¹).

Se deduce que los valores más bajos de índice de estabilidad son los que representan un mejor comportamiento estructural, ya que son los que menos se afectan ante un disturbio de tamizado en húmedo. En la Figura 5 se presenta el índice de estabilidad estructural en los tratamientos del ensayo al final del mismo.

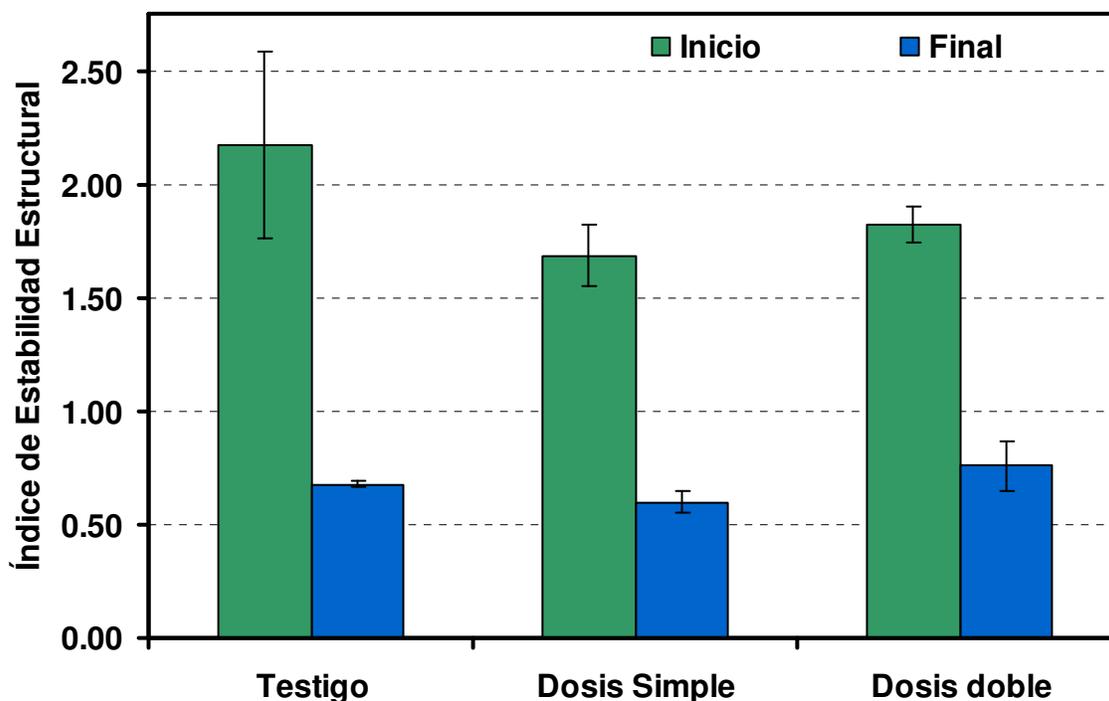


Figura 5. Índice de estabilidad estructural en los tratamientos al final del ensayo.

Los resultados hallados no permiten visualizar un mejoramiento por el agregado de biocompost, necesiéndose mayor tiempo para detectar cambios (Figura 5).

Evaluación de Propiedades Químicas del Suelo

A continuación se presentan los resultados de los distintos parámetros de suelo evaluados a nivel superficial (0-5 cm) y subsuperficial (5-20 cm).

a) Nivel superficial (0-5 cm)

Determinación de Conductividad eléctrica (CE)

Al inicio del ensayo se presentó un aumento de la CE en el tratamiento con la aplicación de dosis doble. Al final del mismo los valores disminuyeron en todos los casos manteniéndose la tendencia de mayor CE con la mayor dosis aplicada. Los valores de CE fueron muy bajos ($CE < 2,0 \text{ mS cm}^{-1}$) en todos los tratamientos evaluados sin presentarse inconvenientes para el desarrollo del cultivo (Figura 7, Tabla 1).

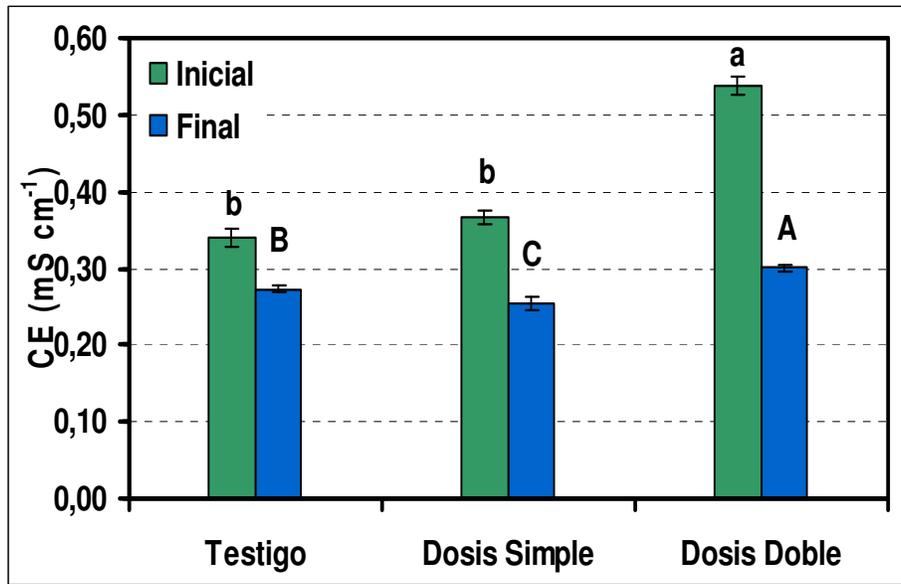


Figura 7. Conductividad eléctrica (mS cm⁻¹) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 1. Valores de referencia para CE.

	Muy Baja	Baja	Media	Alta
CE mS cm ⁻¹	< 2,0	2,0-4,0	4,0-8,0	> 8,0

Determinación de pH en H₂O y pH en CIK

La aplicación de la dosis doble produjo un aumento significativo de los pH tanto en H₂O (Figura 8) como en CIK (Figura 9) al inicio del ensayo. Al final del mismo los valores fueron menores que al inicio para los dos tipos de pH evaluados sin diferencias significativas entre tratamientos (Figuras 8 y 9, Tabla 2).

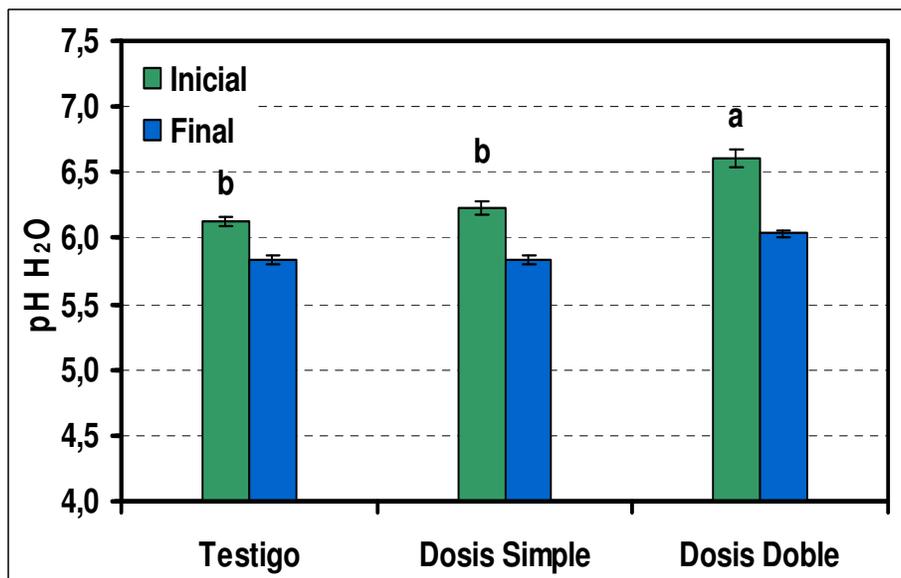


Figura 8. pH en agua a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 2. Valores de referencia para pH en agua.

	Muy ácido	Lig ácido	Neutro	Alcalino
pH agua	< 5,0	5,5-6,5	6,5-7	> 7

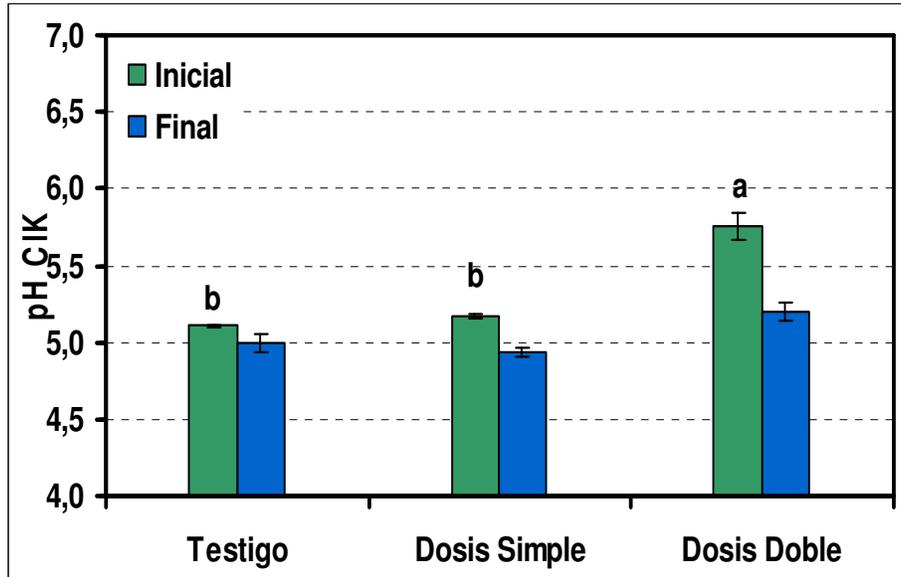


Figura 9. pH en CIK a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Materia orgánica (MO)

Al inicio del ensayo la concentración de MO fue mayor en el tratamiento con dosis doble, mientras que al final no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia a presentar mayores contenidos de MO con el aumento de la dosis de biocompost aplicado (Figura 10). Los valores observados tanto al inicio como al final del ensayo estuvieron dentro del rango óptimo (Tabla 3).

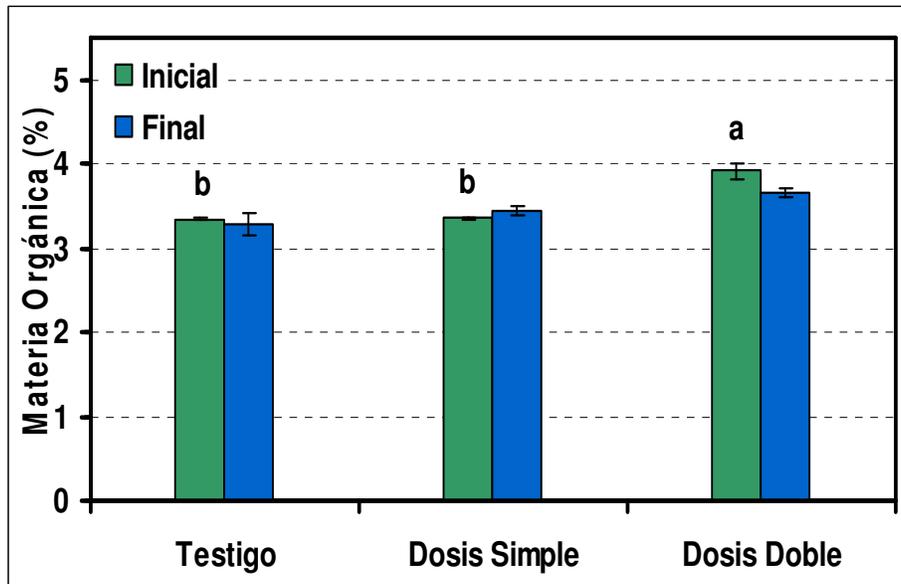


Figura 10. Porcentaje de MO (%) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 3. Valores de referencia para MO.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
Materia Orgánica %	< 1,5	1,5-3,0	3,0-5,0	> 5,0

Determinación de Nitrógeno orgánico (NO)

Los contenidos de NO estuvieron por debajo o en el límite inferior del rango considerado óptimo (Tabla 4). Al inicio del ensayo la aplicación de la dosis doble aumentó el valor de NO, sin embargo al final del mismo no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 11).

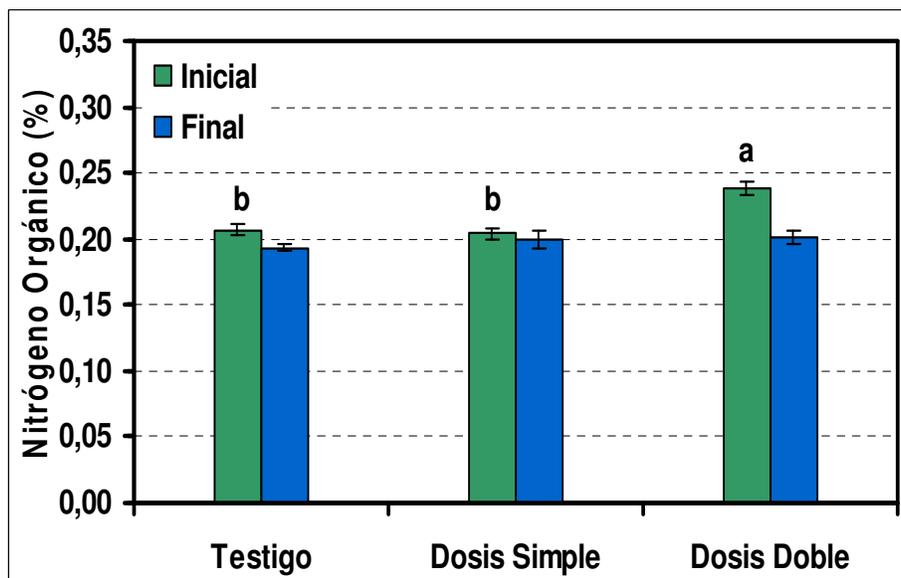


Figura 11. Porcentaje de NO (%) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 4. Valores de referencia para NO.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
NO %	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	> 0,3

Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La relación C/N no presentó diferencias significativas entre tratamientos al inicio ni al final del ensayo. Sin embargo al final del mismo se observó un aumento de C/N en todos los tratamientos respecto al inicio y una tendencia al aumento de C/N con el incremento de la dosis de aplicación (Figura 12).

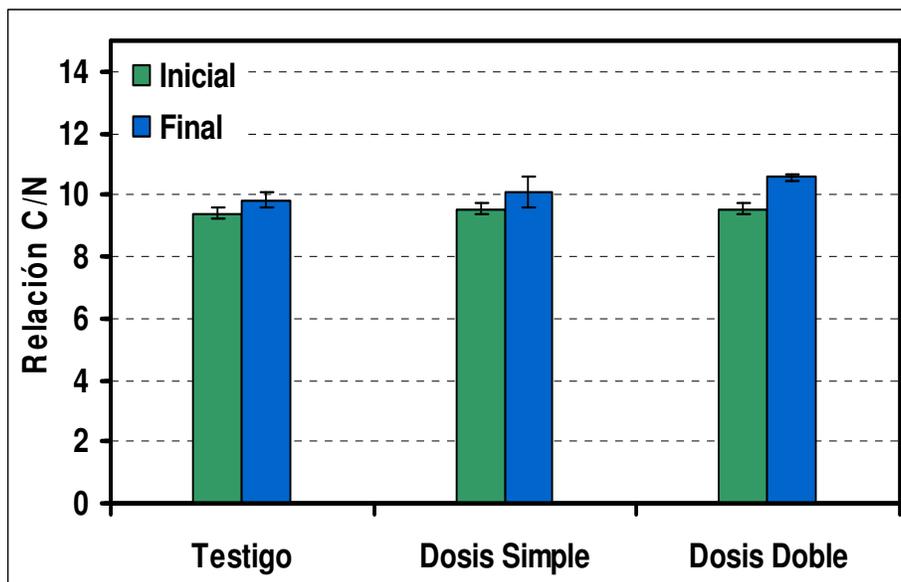


Figura 12. Relación C/N a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Fósforo disponible (P)

Al inicio el P disponible no presentó diferencias significativas entre tratamientos a pesar de las diferencias entre valores absolutos observadas (Γ = 17,1 ppm P; DS= 18,5 ppm P; DD= 32,3 ppm P). Esta falta de significación estadística se debió a la alta variabilidad presentada para este parámetro estudiado.

Al final del mismo las concentraciones de P disminuyeron respecto del inicio, presentando el tratamiento con aplicación de dosis doble una concentración de P disponible significativamente mayor a los demás tratamientos evaluados (Figura 13, Tabla 5).

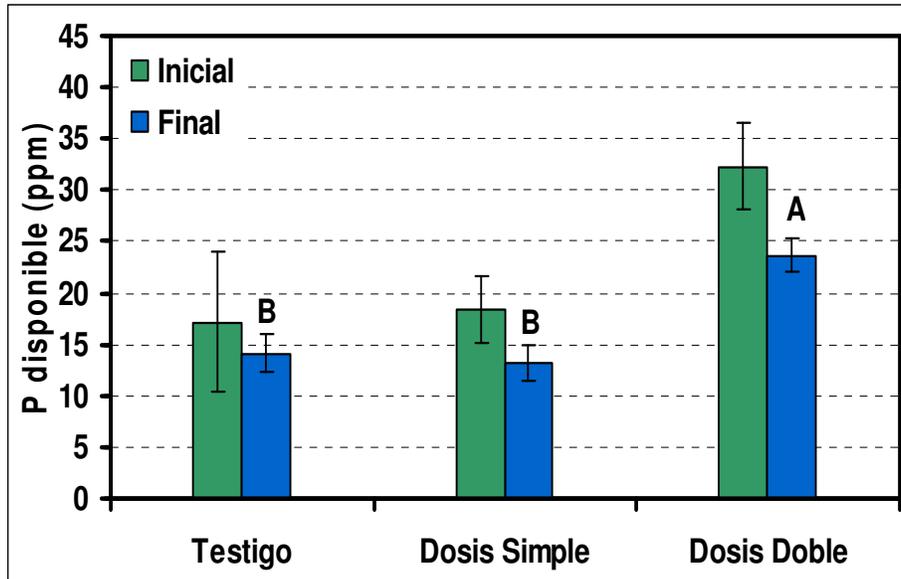


Figura 13. Fósforo asimilable (ppm) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 5. Valores de referencia para P asimilable.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
P ppm	< 5,0	5,0-15,0	15,0-30,0	> 30,0

Determinación de Calcio (Ca)

A nivel superficial el Ca no presentó diferencias significativas entre tratamientos al inicio ni al final de aplicados los mismos. Se observó un aumento de la concentración de dicho elemento al final del ensayo en todos los dos tratamientos evaluados y en el testigo (Figura 14).

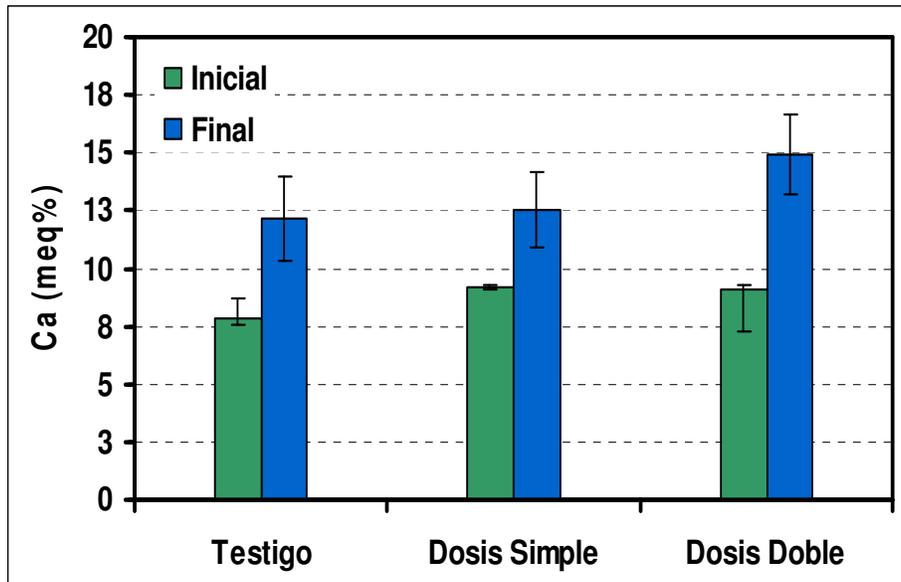


Figura 14. Calcio (meq %) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Magnesio (Mg)

En la Figura 15 se muestran los contenidos de Mg a nivel superficial. Se observó un aumento significativo de su concentración al inicio del ensayo con el incremento de la dosis aplicada. Al final del mismo los niveles de Mg no presentaron diferencias significativas, siendo los mismos mayores a los observados al inicio.

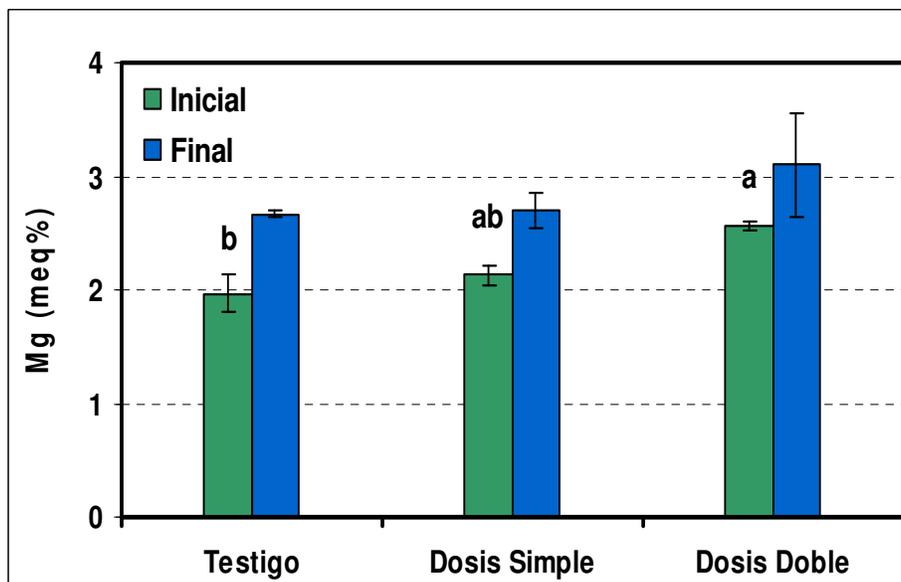


Figura 15. Magnesio (meq %) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Sodio (Na)

No se observaron diferencias significativas en la concentración de Na al inicio ni al final del ensayo (Figura 16).

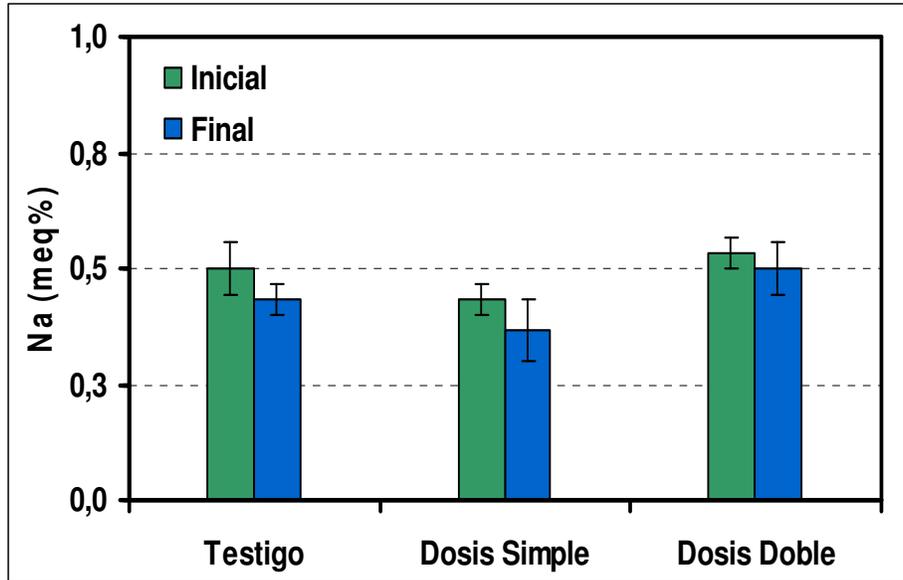


Figura 16. Sodio (meq%) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Potasio (K)

La concentración de K a nivel superficial al inicio del ensayo no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Al final del mismo se observó un aumento significativo de K con el incremento de la dosis de aplicación del biocompost (Figura 17).

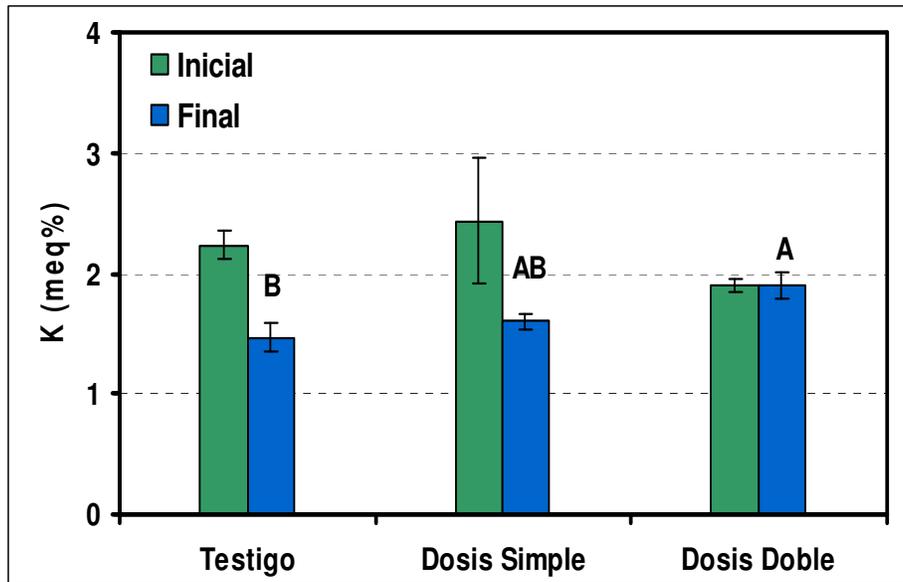


Figura 17. Potasio (meq%) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de la Suma de cationes (meq%)

No se presentaron diferencias significativas para la suma de cationes al inicio ni al final del ensayo (Figura 18). Se observó un aumento de este parámetro evaluado al final del ensayo en todos los dos tratamientos evaluados y en el testigo (Figura 18).

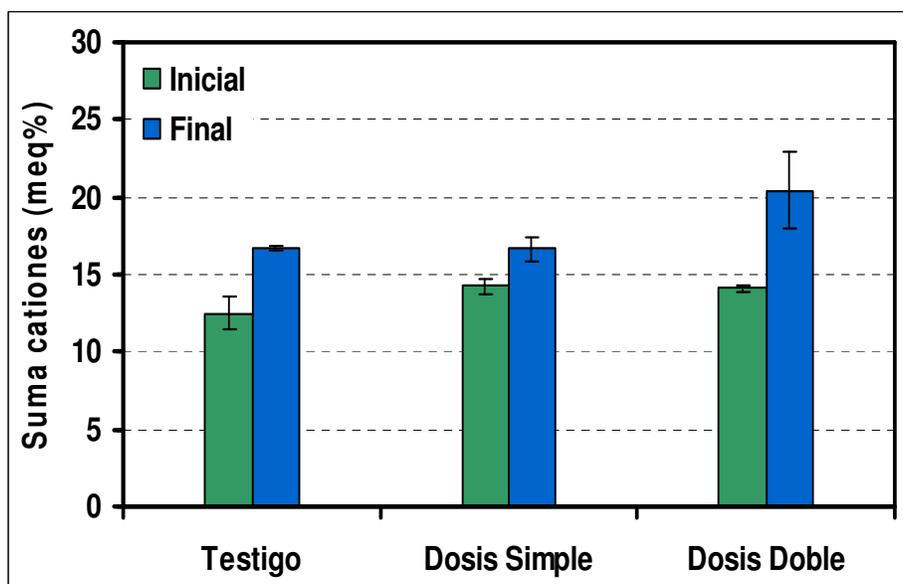


Figura 18. Suma de cationes (meq %) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de la Capacidad de intercambio catiónica (CIC) (meq%) superficial

No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para la CIC en ninguno de los dos momentos evaluados. Al final de ensayo se un aumento de la CIC en los dos tratamientos probados y en el testigo (Figura 19).

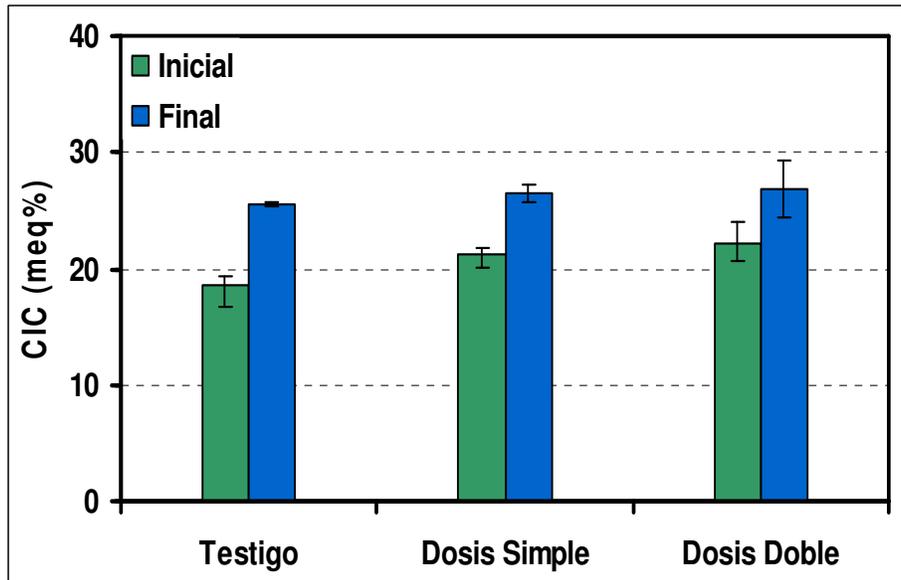


Figura 19. Capacidad de intercambio catiónico (meq %) a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación del Porcentaje de saturación de bases (% Saturación bases)

No se observaron diferencias significativas en el % de saturación de bases en ninguno de los dos momentos evaluados (Figura 20).

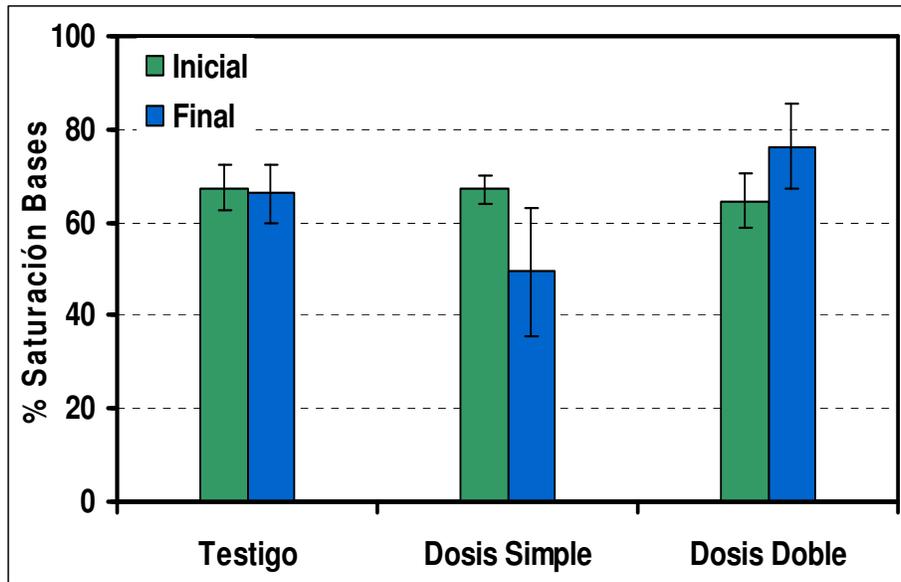


Figura 20. Porcentaje de saturación de bases a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación del Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

A nivel superficial el PSI no presentó diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los dos momentos evaluados. Los valores de PSI fueron mayores al inicio del ensayo, inmediatamente después de aplicado el biocompost (Figura 21).

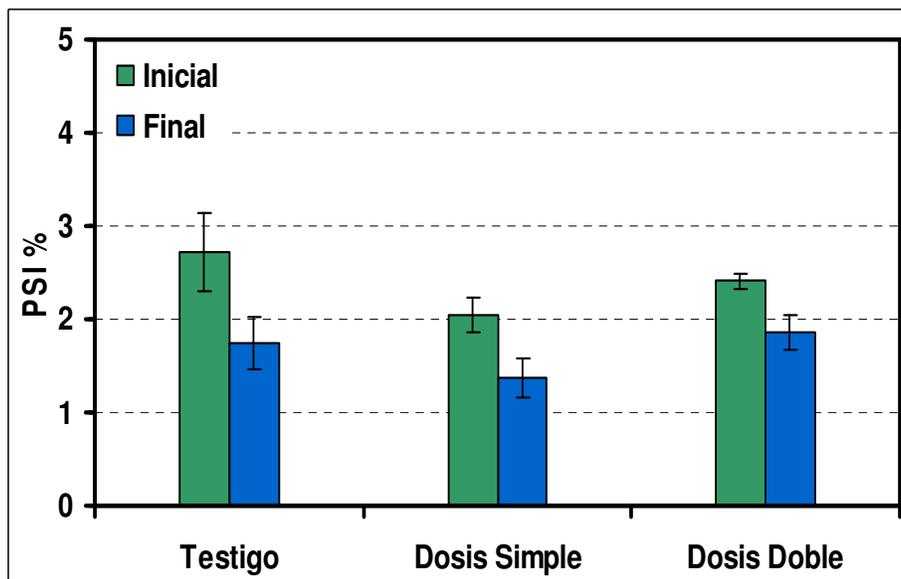


Figura 21. Porcentaje de sodio intercambiable a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

b) Nivel subsuperficial (5-20 cm)

Determinación de Conductividad eléctrica (CE)

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos al inicio ni al final del ensayo (Figura 22). Los valores observados al final del ensayo fueron menores a los observados al inicio. Todos los tratamientos evaluados presentaron valores de CE considerados como muy bajos ($CE < 2,0$ mS/cm) (Tabla 6).

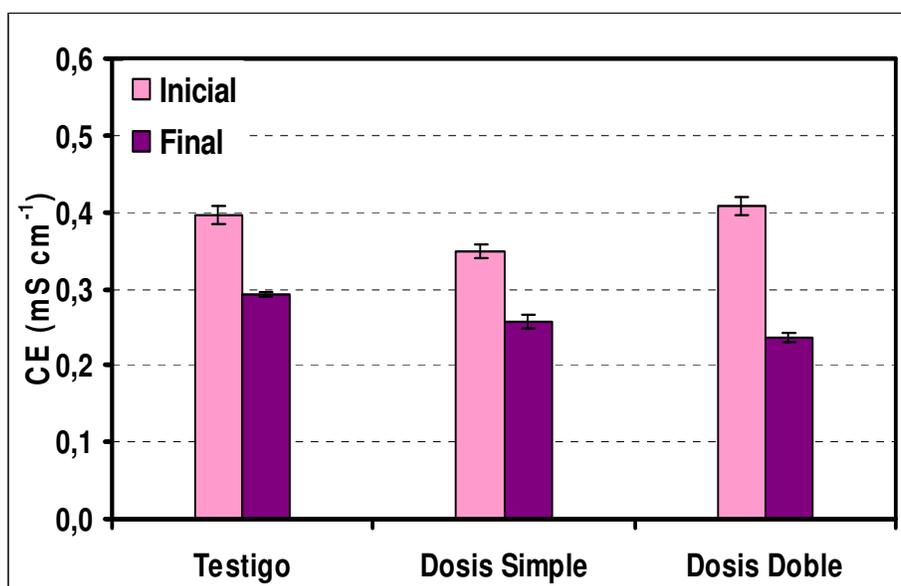


Figura 22. Conductividad eléctrica (mS cm⁻¹) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 6. Valores de referencia para CE.

	Muy Baja	Baja	Media	Alta
CE mS cm ⁻¹	< 2,0	2,0-4,0	4,0-8,0	> 8,0

Determinación de pH en H₂O y pH en ClK

El pH en H₂O no presentó diferencias significativas entre tratamientos a nivel subsuperficial al inicio ni al final del ensayo (Figura 23). Los pH en H₂O observados fueron considerados según la escala como ligeramente ácidos (Tabla 7).

El pH en ClK al inicio fue mayor en el tratamiento con aplicación de dosis doble. Sin embargo, dichas diferencias no fueron observadas al final del cultivo (Figura 24).

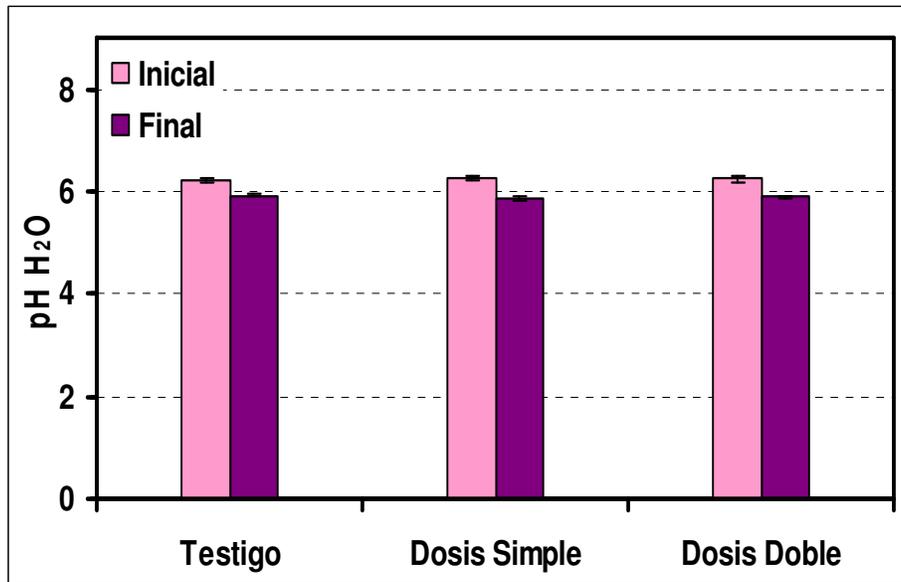


Figura 23. pH en agua a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 7. Valores de referencia para pH en agua.

	Muy ácido	Lig ácido	Neutro	Alcalino
pH agua	< 5,0	5,5-6,5	6,5-7	> 7

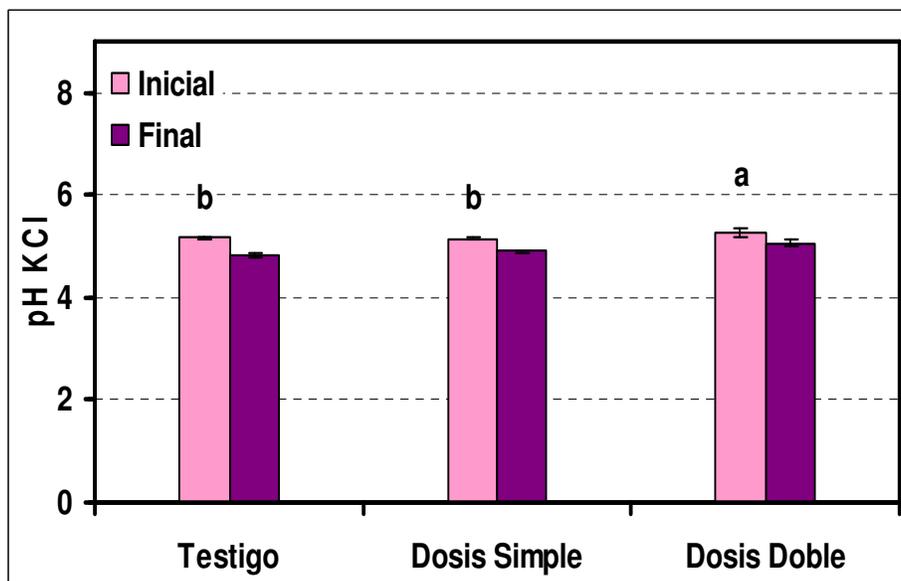


Figura 24. pH en CLK a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Materia orgánica (MO)

Para la MO no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos a nivel subsuperficial en ninguno de los momentos evaluados (Figura 25). Los valores observados fueron considerados bajos según la escala de referencia (Tabla 8).

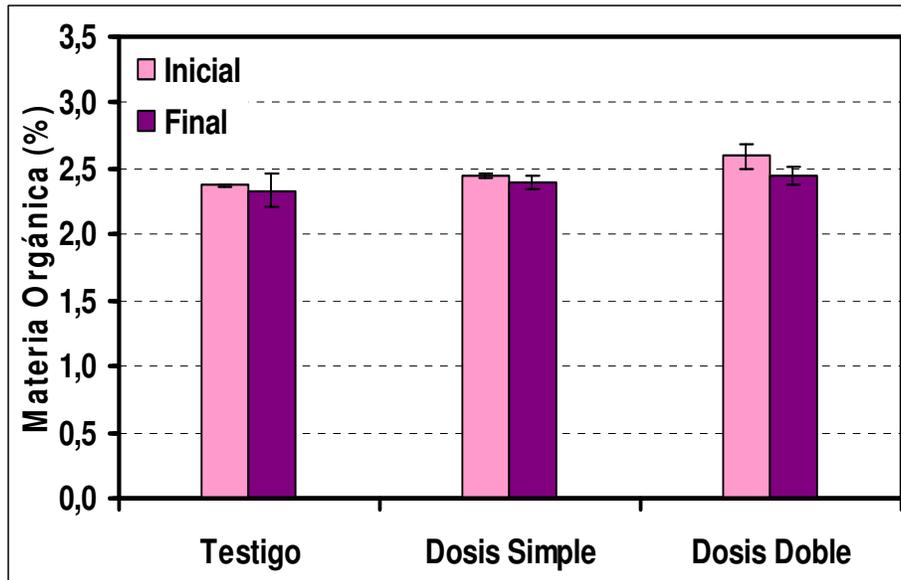


Figura 25. Porcentaje de MO (%) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 8. Valores de referencia para MO.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
Materia Orgánica %	< 1,5	1,5-3,0	3,0-5,0	> 5,0

Determinación de Nitrógeno orgánico (NO)

Para el NO no se presentaron diferencias significativas al inicio ni al final del ensayo (Figura 26). Los valores de NO observados estuvieron dentro del rango considerado como bajos (Tabla 9).

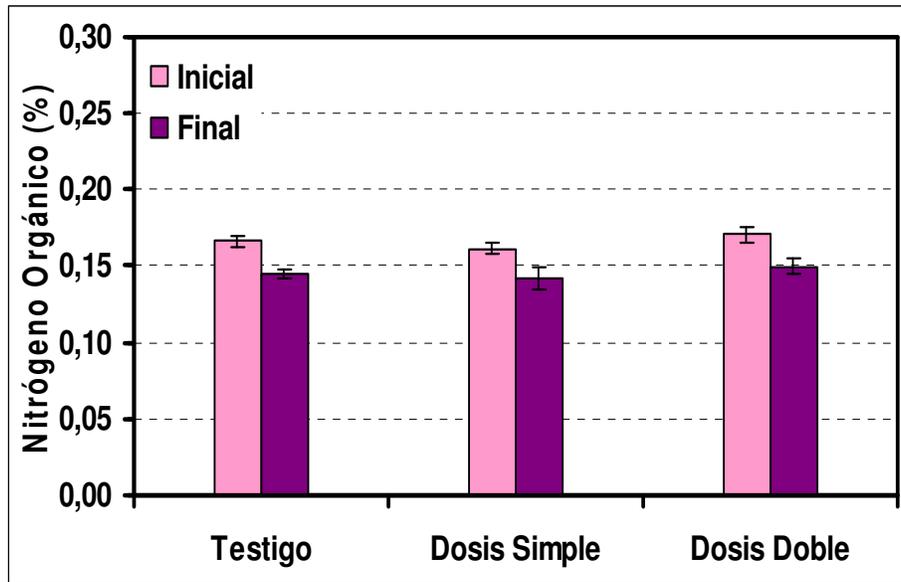


Figura 26. Porcentaje de NO (%) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 9. Valores de referencia para NO.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
NO %	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	> 0,3

Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La relación C/N no presentó diferencias significativas a nivel subsuperficial al inicio ni al final del ensayo (Figura 27).

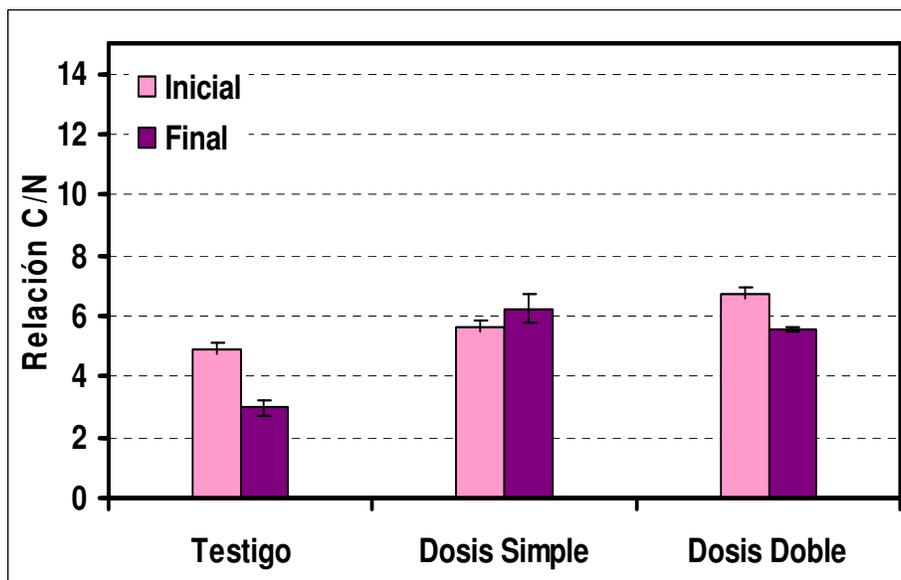


Figura 27. Relación C/N a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Fósforo disponible (P)

A nivel subsuperficial el P disponible no presentó diferencias significativas entre tratamientos al inicio ni al final del ensayo (Figura 28).

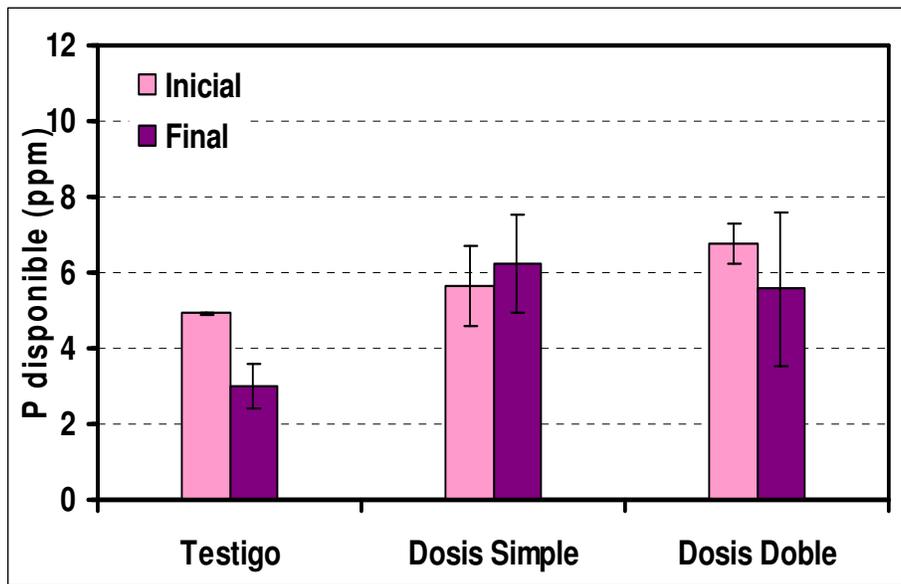


Figura 28. Fósforo asimilable (ppm) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Tabla 10. Valores de referencia para P asimilable.

	Déficit	Bajo	Optimo	Alto
P ppm	< 5,0	5,0-15,0	15,0-30,0	> 30,0

Determinación de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)

A nivel subsuperficial los niveles de Ca y Mg no presentaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos evaluados. Las concentraciones de estos elementos al final del ensayo fueron mayores que al inicio del mismo (Figura 29 y 30).

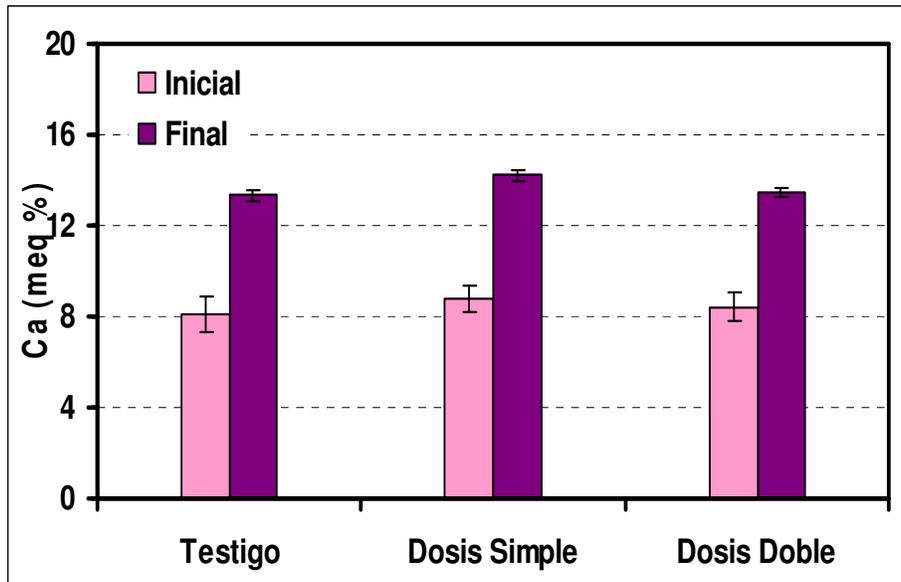


Figura 29. Calcio (meq %) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

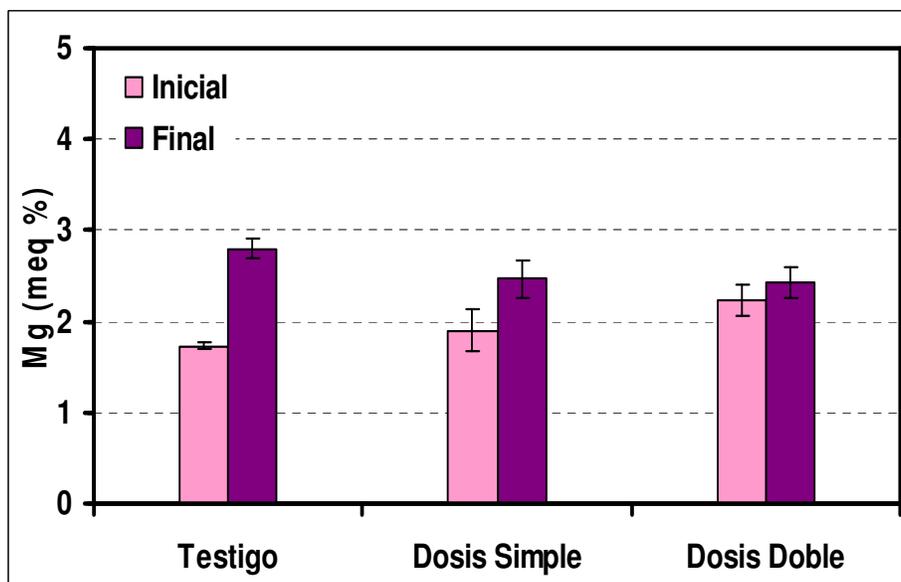


Figura 30. Magnesio (meq %) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Sodio (Na)

Al inicio del ensayo la concentración de Na fue mayor en el tratamiento con dosis doble. Al final del mismo los niveles de este elemento no fueron significativamente distintos entre los diferentes tratamientos evaluados (Figura 31).

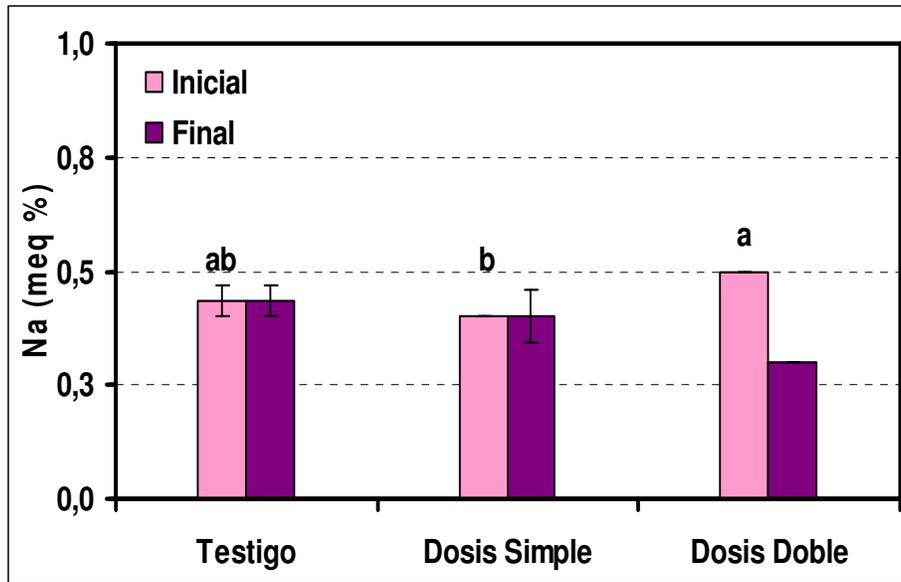


Figura 31. Sodio (meq%) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de Potasio (K)

Para el K no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al inicio ni al final del ensayo (Figura 32).

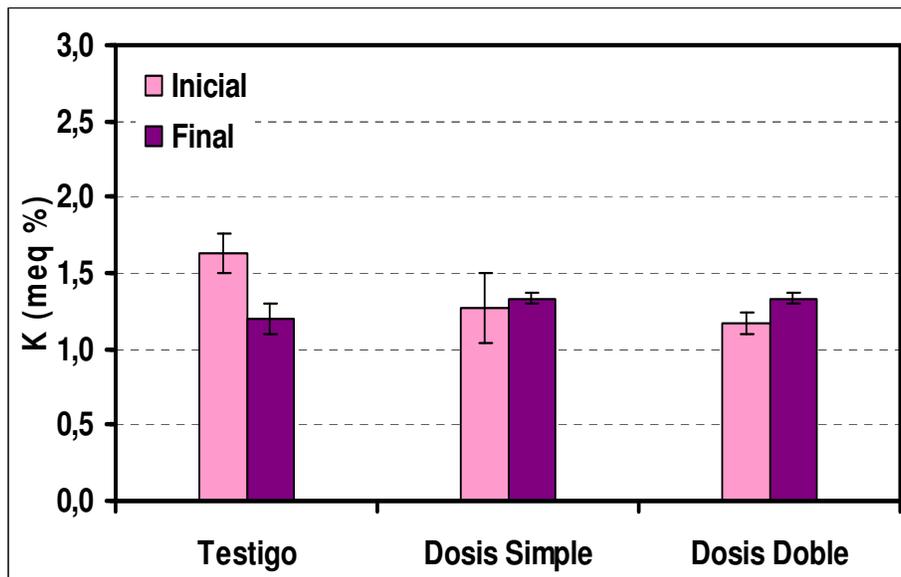


Figura 32. Potasio (meq%) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación de la Suma de cationes (meq%)

La suma de cationes, el % de saturación de bases y la CIC no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos evaluados. Según se observa en las Figuras 33, 34 Y 35 los niveles de dichos parámetros fueron superiores al final del ensayo para todos los tratamientos evaluados.

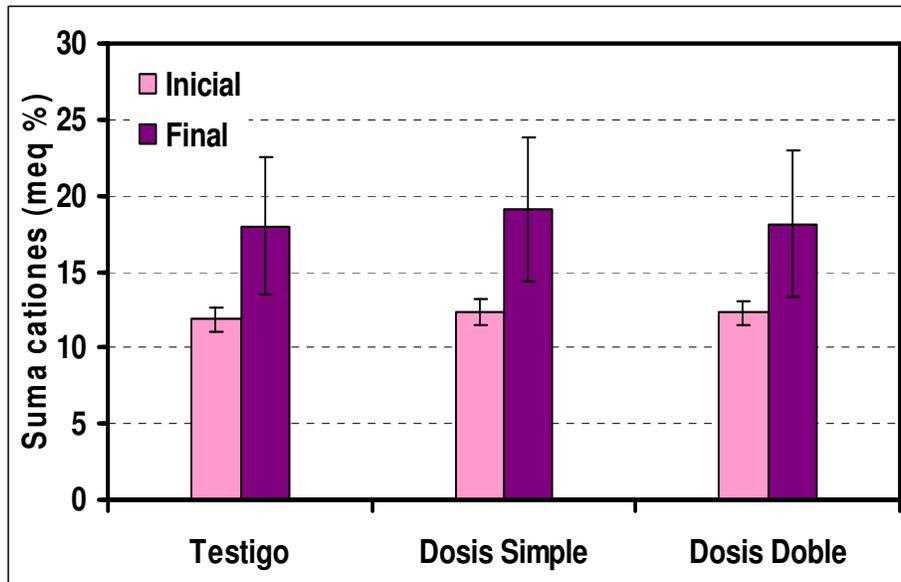


Figura 33. Suma de cationes (meq %) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

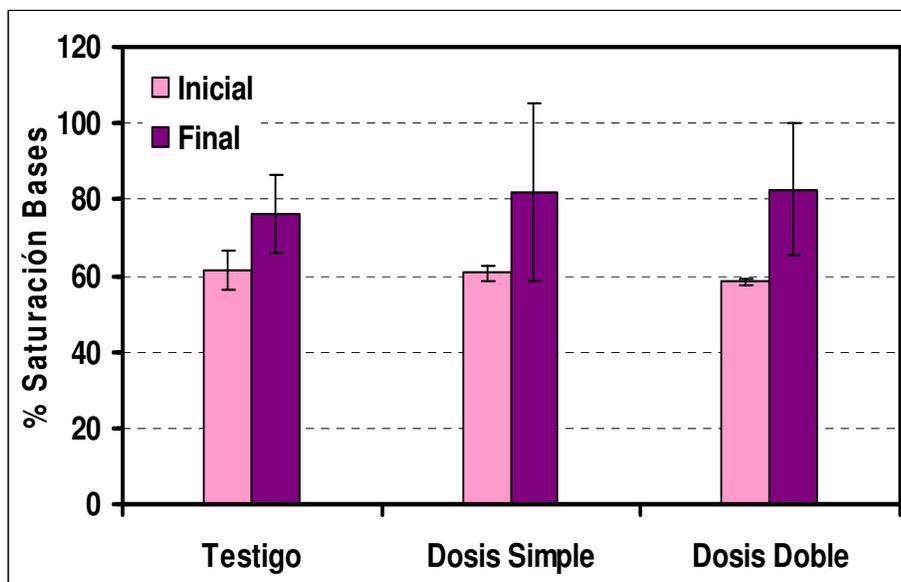


Figura 34. Porcentaje de saturación de bases a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

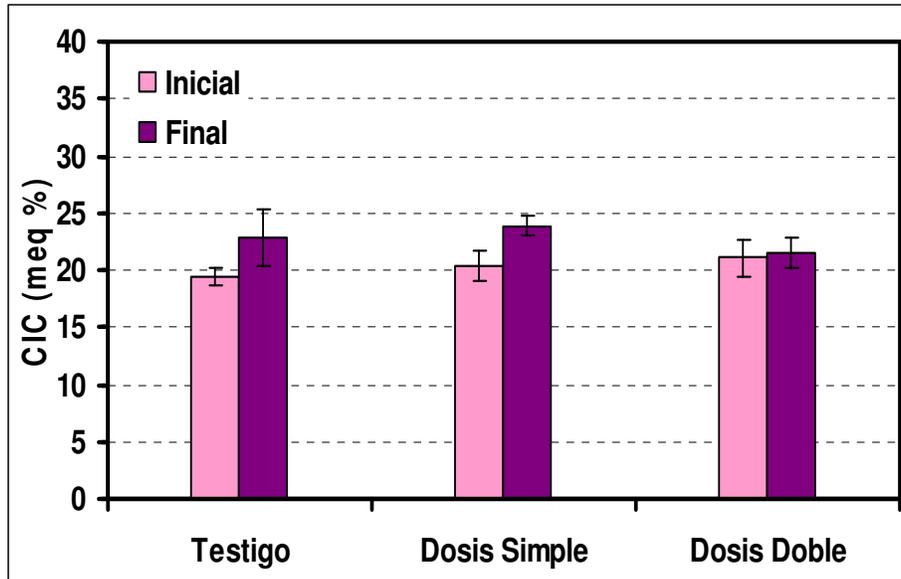


Figura 35. Capacidad de intercambio cationico (meq %) a nivel subsuperficial, al inicio y al final del ensayo.

Determinación del Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

El PSI no presento diferencias significativas entre tratamientos al inicio ni al final del ensayo. Los valores de este parámetro evaluado fueron menores al final del estudio (Figura 36).

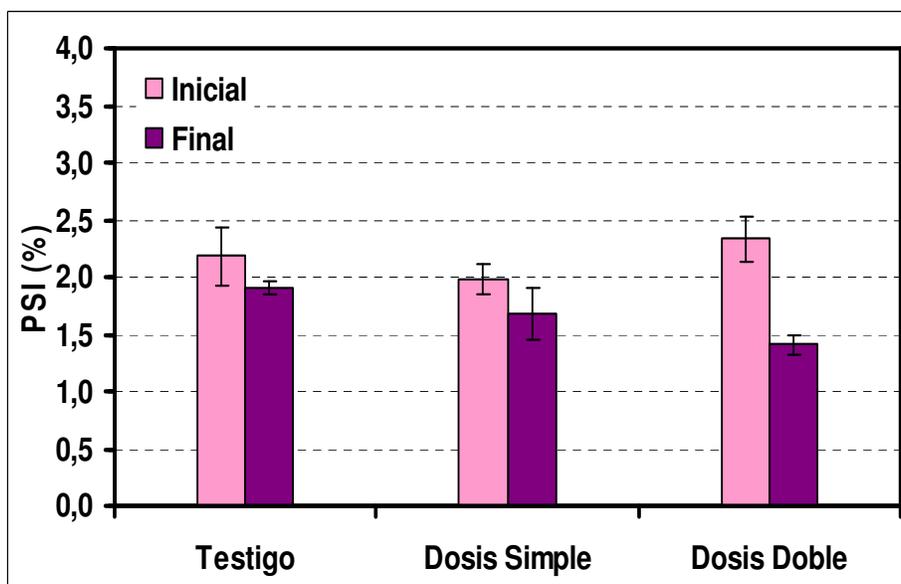


Figura 36. Porcentaje de sodio intercambiable a nivel superficial, al inicio y al final del ensayo.

Consideraciones finales sobre los parámetros físicos

A diferencia del primer año de ensayo, se comenzaron a observar algunos efectos por el agregado de biocompost de SOLBIO sobre las propiedades físicas evaluadas. Dichos efectos fueron más claros en las variables densidad aparente e infiltración.

Consideraciones finales sobre los parámetros químicos

Nivel superficial

A nivel superficial inmediatamente después de incorporado el biocompost los parámetros químicos CE, pH H₂O, pH ClK, MO, NO y Mg presentaron valores significativamente mayores en el tratamiento con aplicación de dosis doble del producto evaluado.

Al final del ensayo los parámetros CE, P disponible, y K presentaron niveles significativamente mayores en el tratamiento con mayor dosis de aplicación. En tanto que, pH H₂O, pH ClK, MO, C/N, Ca, Mg, Na, suma de cationes, CIC, % de saturación de bases y PSI no presentaron diferencias estadísticamente significativas, mostrando una tendencia hacia mayores valores en los tratamientos con la aplicación de dosis doble.

Nivel subsuperficial

Al inicio del ensayo y a nivel subsuperficial el pH ClK y el Na presentaron valores significativamente mayores en el tratamiento con mayor dosis de aplicación del biocompost.

Al final del ensayo para esta profundidad ninguno de los parámetros químicos evaluados presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos estudiados.

Determinación del rendimiento de soja.

Metodología

Las estimaciones de rendimiento fueron hechas en base a la cosecha con cosechadora mecánica y pesaje de los granos en una tolva con balanza. En la Figura 6 se muestran los rendimientos promedio de cada tratamiento.

Se observó una clara respuesta al agregado de biocompost, registrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos testigo y dosis sobre. La respuesta registrada fue de 536 kg ha⁻¹ de soja con el agregado de 9 m³ ha de biocompost y de 1429 kg ha⁻¹ de soja con el agregado de 18 m³ de biocompost.

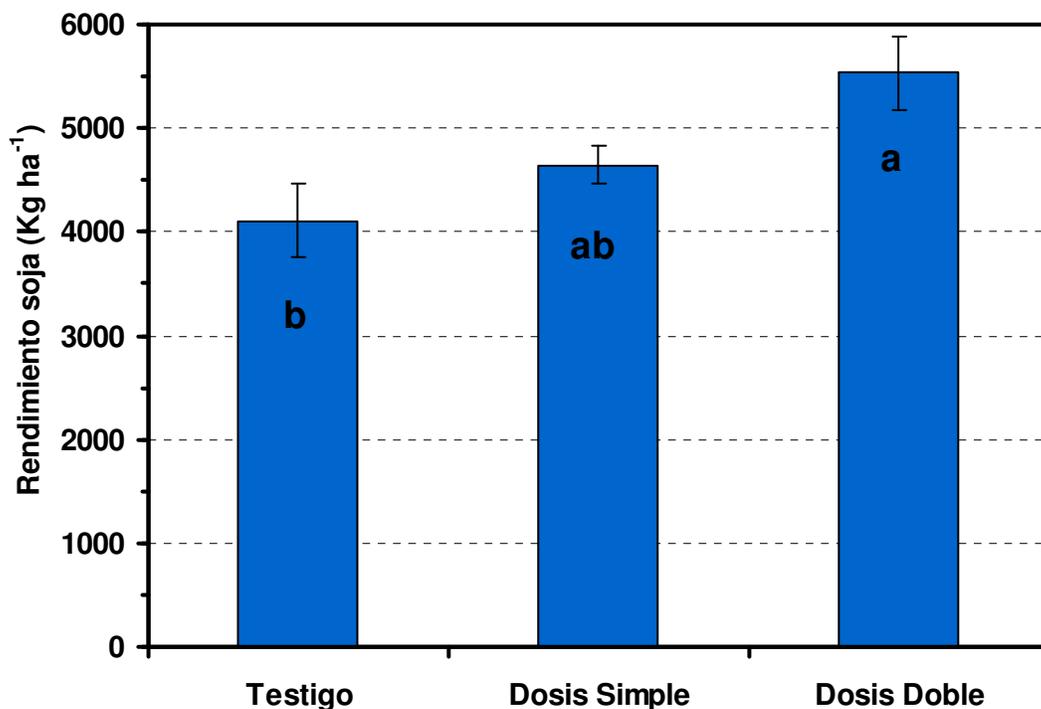


Figura 6. Rendimientos promedio de soja (Kg ha⁻¹) para cada tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.