INFORME TÉCNICO

EVALUACIÓN DEL BIOESTABILIZADO COMO FUENTE DE FERTILIZACIÓN EN DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVOS, CLIMAS Y SUELOS

TEMPORADA 2010-2011

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION QUILAMAPU
Avenida Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán
Fono 42-209700 / Fax 42-209720 / www.inia.cl

INFORME FINAL CONVENIO DE INVESTIGACIÓN
INIA – SERVICIOS PUCALÁN LTDA
"EVALUACIÓN DEL BIOESTABILIZADO COMO FUENTE DE FERTILIZACIÓN EN DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVOS, CLIMAS Y SUELOS"

Para evaluar el uso de Bioestabilizado como fuente nutricional alternativa al uso de fertilizantes convencionales, durante la temporada 2010-2011 se llevaron a cabo una serie de experimentos de campo y en condiciones controladas, tanto en las dependencias de INIA Quilamapu como en campos experimentales de INIA en la provincia de Ñuble (campo Santa Rosa de INIA, camino a Cato), predio de la empresa SEMAMERIS en la ciudad de Talca, y predio comercial de Nogales en la comuna de Longaví. El detalle de experimentos fue el siguiente:

Experimento 1:
Evolución de la disponibilidad de nutrientes en condiciones controladas de laboratorio.

Utilizando la técnica de incubación de suelos a temperatura y humedad controlada (masa y tipo de suelo conocido y caracterizado química-físicamente) se determinó la tasa, dinámica y se cuantificó la disponibilidad de nutrientes. El suelo empleado fue colectado desde el valle central regado (textura franco arcillo limoso) de la sexta región (estación experimental INIA Rayentué), por tratarse de un suelo con alta concentración de cobre para los intereses de este experimento.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Control sin fertilización.
2. Tratamiento NPK fuentes conocidas en dosis iguales al aporte del Bioestabilizado y dosis de N igual al Estabilizado de Pavo (100 ppm de N).
3. Tratamiento con Bioestabilizado en dosis de N de 100 ppm.
4. Tratamiento con Estabilizado de Pavo en dosis de N de 100 ppm.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, con 4 repeticiones por tratamiento. La parcela principal correspondió al Tiempo de Incubación (0, 1, 2, 4, 8 y 16 semanas) y la Subparcela al Tratamiento de Fertilización. El número de unidades experimentales fue de 96 (6 tiempos de incubación * 4 tratamientos * 4 repeticiones).

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- pH
- Conductividad eléctrica, CE
- Nitrógeno (N) disponible, $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_3^-$
- Fósforo (P) disponible
- Potasio (K) disponible
- Zinc (Zn) disponible
- Cobre (Cu) disponible
- Hierro (Fe) disponible
- Manganeso (Mn) disponible
- Boro (B) disponible

Las características químicas del Bioestabilizado y de la enmienda orgánica alternativa evaluada (Guano de Pavo) usados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas del Bioestabilizado y Guano de Pavo usado en los experimentos de incubación de suelos.

Parámetro determinado	Bioestabilizado	Guano de Pavo
Humedad (%)	46,9	34,1
pH	8,9	9,0
CE (dS m^{-1})	9,4	13,4
MO (%)	49,7	53,4
Relación C/N	6,7	11,5
C total (%)	28,8	31
N total (%)	4,3	2,7
N amoniacal (ppm)	4.689	3.024
N nítrico (ppm)	0,47	98
P total (%)	2,71	1,87
K total (%)	1,77	2,31
Ca total (%)	3,29	3,34
Mg total (%)	1,53	0,84
Na total (%)	0,65	0,48
Fe total (ppm)	1.326	260
Mn total (ppm)	557	606
Cu total (ppm)	5.970	7.306
Zn total (ppm)	2.736	312
B total (ppm)	Nd	Nd

Nd = no determinado.

Experimento 2: Producción de Materia Seca y Extracción de nutrientes de un indicador Biológico (Ballicas en Macetas).

Utilizando la técnica de siembra densa y corte consecutivo de plantas en maceta (se procede a cortar a 5 cm sobre el suelo cuando la planta alcanza 20 cm de altura), se determinó el efecto del producto aplicado sobre; la producción de materia seca, tasa de entrega de nitrógeno, y la actividad biológica del suelo, como también su efecto sobre las propiedades químicas del suelo. El suelo empleado fue colectado desde el valle central regado (textura franco arcillo limoso) de la sexta región (estación experimental INIA Rayentué), por tratarse de un suelo con alta concentración de cobre para los intereses de este experimento.

Los Tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Control sin fertilización.
2. Tratamiento NPK fuentes conocidas (urea, superfosfato triple, muriato de potasio) en dosis iguales al aporte del Bioestabilizado en dosis de N de 100 ppm.
3. Tratamiento con Bioestabilizado en dosis de N de 100 ppm.
4. Tratamiento con Bioestabilizado en dosis de N de 200 ppm.
5. Tratamiento con Bioestabilizado en dosis de N de 400 ppm.

Las características químicas del Bioestabilizado empleado en este experimento se presentan en el Cuadro 1.

El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con 4 repeticiones por tratamiento. La parcela principal correspondió al Momento de Corte (4 momentos) y la Subparcela al Tratamiento de Fertilización, consiguiendo un total de 20 unidades experimentales y 80 muestras de tejido para análisis.

Las Evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- Producción parcial, secuencial y acumulativa de Materia Seca.
- Concentración parcial de N, Cu y Zn.
- Extracción parcial, secuencial y acumulativa de N, Cu y Zn.
- Actividad Ureasa del suelo en 4 momentos de evaluación (posterior a cada corte).
- Fertilidad química residual (pH, CE, N, P, K, Cu, Zn, Fe, Mn, B).

Experimento 3: En condiciones de campo y en 2 localidades se evaluó la productividad de plantas de maíz y extracción de macro y micronutrientes usando Bioestabilizado en diferentes dosis crecientes.

Utilizando el cultivo de maíz para grano se determinó efectos en el rendimiento y calidad nutricional de la planta (planta entera y grano), en las localidades de Chillán (campo experimental Santa Rosa de INIA, camino a Cato) y Talca (estación experimental SEMAMERIS).

Los Tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Control sin fertilización
2. Tratamiento NPK fuentes conocidas (urea, superfosfato triple, muriato de potasio) en dosis iguales al aporte del Bioestabilizado para una dosis equivalente de 350 kg de N/ha.
3. Tratamiento Bioestabilizado en dosis de N equivalente a 350 kg/ha (15,33 ton/ha).
4. Tratamiento Bioestabilizado en dosis de N equivalente a 700 kg/ha (30,65 ton/ha).
5. 5. Tratamiento Bioestabilizado en dosis de N equivalente a 1.400 kg/ha (61,31 ton/ha).

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 4 repeticiones, con lo cual se obtuvo un total de 20 unidades experimentales.

Las características químicas del Bioestabilizado empleado en este experimento se presentan en el Cuadro 1.

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- Producción de Materia Seca total
- Concentración de Nutrientes en planta entera (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B)
- Extracción total de Nutrientes en planta entera (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B)
- Rendimiento de grano.
- Concentración de Nutrientes en el grano (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B)
- Extracción total de Nutrientes en el grano (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B)
- Fertilidad química residual 0-20 (pH, CE, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B)
- Fertilidad química residual 20-40 (pH, CE, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, B)

Experimento 4: Evaluación de Uso de Bioestabilizado en una plantación de Nogales de primer año.

Para una plantación nueva de nogales variedad Chandler, plantados en marco de 5 * 3 en un suelo arenoso de Longaví, con riego por goteo (1 línea inicialmente) y fertirrigación se evaluó el uso de Bioestabilizado como fertilización complementaria al aporte de nutrientes realizado por fertirrigación, y sus efectos como mejorador de crecimiento de plantas y de las propiedades químicas del suelo, experimento que se realiza por un periodo de 3 años.

Los Tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Control con fertilización convencional (programa de fertirrigación del campo) (FC).
2. Bioestabilizado en dosis de 7,5 kg/planta (equivalente a 5 ton/ha) + FC (B+FC).

El Bioestabilizado a utilizado se caracteriza químicamente en forma anual, para registrar los aportes nutricionales. El análisis del Bioestabilizado utilizado en este experimento se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características químicas del Bioestabilizado utilizado.

Parámetro determinado	Valor obtenido
Humedad (%)	36
pH	8,3
CE (dS m^{-1})	9,7
MO (%)	42,8
Relación C/N	5,5
C total (%)	24,8
N total (%)	4,5
N amoniacal (ppm)	4.788
N nítrico (ppm)	0,03
P total (%)	4,28
K total (%)	1,72
Ca total (%)	4,26
Mg total (%)	2,47
Na total (%)	0,52
Fe total (ppm)	2.148
Mn total (ppm)	840
Cu total (ppm)	4.690
Zn total (ppm)	4.064
B total (ppm)	130

Las características químicas del suelo empleado se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características químicas del suelo empleado en el experimento de nogales, temporada 2010-2011.

Parámetro de suelo	Valor
pH (al agua)	5,85
CE (dS m^{-1})	0,03
Materia Orgánica (%)	4,31
N disponible (mg kg^{-1})	11,0
P disponible Olsen (mg kg^{-1})	7,6
K disponible (mg kg^{-1})	137,7
Ca intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	1,24
Mg intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,08
Na intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,04
Suma de Bases ($cmol_+$ kg^{-1})	1,7
Al intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,03
Capacidad de Intercambio Catiónico ($cmol_+$ kg^{-1})	13,0
S disponible (mg kg^{-1})	23,3
Fe disponible (mg kg^{-1})	22,9
Mn disponible (mg kg^{-1})	1,14
Cu disponible (mg kg^{-1})	0,16
Zn disponible (mg kg^{-1})	0,06
B disponible (mg kg^{-1})	0,22

Nota: en color Rojo se señalan los factores químicos y nutricionales limitantes.

Cada tratamiento contó con 20 repeticiones (20 plantas) dispuestas en hileras completas, para lo cual hubo una hilera completa manejada con FC y otra hilera completa (20 plantas) manejada con B+FC.

La aplicación de Bioestabilizado se realizó en un marco rectangular de 3 metros de largo * 1,3 metro de ancho (3,6 m^2) en relación al patrón de humedecimiento del riego por goteo (sobre la hilera). De esta forma la dosis de Bioestabilizado aplicada por unidad de superficie efectiva correspondió a 2,083 kg/m^2.

En cada planta se marcarán 2 ramas opuestas en la primavera de 2011 (plantas ya podadas) que serán registradas y posteriormente se medirá su evolución para los diferentes parámetros a evaluar.

Las evaluaciones a realizadas se detallan a continuación:

Medición	Observación
Grosor de tronco a 30 cm de altura en primavera.	Caracterización del punto de partida
Concentración de nutrientes en hojas del tercio medio de las ramas no marcadas a mediados de verano (30 enero).	Variaciones nutricionales comparativas.
Largo final de brotes en otoño (ramas madres).	Punto inicial Ganancia de crecimiento de brotes.
Grosor de tronco a 30 cm de altura en otoño.	Ganancia de crecimiento de tronco
Análisis de fertilidad de suelos desde 0-30 cm (análisis completo) colectada a 20 cm del gotero (abril).	Variaciones de fertilidad comparativas.

RESULTADOS

1. Experimento de Incubación de suelos.

Los resultados del análisis estadístico de los valores obtenidos durante el experimento de incubación de suelos se presentan en el cuadro 4. Del mismo modo, la evolución del pH, CE, N-amoniacal, N-Nítrico, N disponible, P disponible, K disponible, Zn disponible, Cu disponible, Fe disponible, Mn disponible y B disponible se presentan en las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 , 8, 9, 10, 11 y 12 respectivamente. La separación de medias para los tiempos de incubación empleados se presenta en el cuadro 5. La separación de medias para los tratamientos de fertilización empleados se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 4. Significancia del análisis estadístico para las fuentes de variación en el experimento de incubación de suelos.

Parámetro medido	Fuentes de Variación		
	Tiempo de incubación (T)	Tratamiento de fertilización (F)	Interacción (T * F)
pH	**	**	**
CE (dS m^{-1})	**	**	**
N-NH_4^+ (ppm)	**	**	**
N-NO_3^- (ppm)	**	**	**
N disponible (ppm)	**	**	**
P disponible (ppm)	**	**	*
K disponible (ppm)	**	**	*
Zn disponible (ppm)	ns	**	ns
Cu disponible (ppm)	**	**	**
Fe disponible (ppm)	**	**	*
Mn disponible (ppm)	**	ns	**
B disponible (ppm)	**	**	**

ns, no significativo.
*significativo ($p<0,05$)
**altamente significativo ($p<0,01$)

El análisis estadístico indica que la evolución de concentración de todas las variables evaluadas, excepto la concentración de zinc y manganeso, fueron afectadas por ambas fuentes de variación y por la interacción entre dichas fuentes (tiempo de incubación y tratamientos de fertilización). Por su parte, la evolución del zinc disponible sólo fue afectada por el tratamiento de fertilización, en tanto que la evolución en el manganeso disponible no fue afectada por el tratamiento de fertilización.

Dado que hubieron interacciones, la evolución en la concentración de nutrientes y de los valores de pH y CE son influenciados de manera conjunta por el tiempo de incubación y el tratamiento de fertilización empleado, lo cual indica que las diferencias entre tratamientos de fertilización pueden variar durante el tiempo de incubación, por tanto los valores medios del periodo de incubación sugerirán el mayor o menor efecto de cada tratamiento sobre los parámetros evaluados.

Cuadro 5. Separación de medias para los tiempos de incubación empleados en el experimento de incubación de suelos.

Parámetro medido	Tiempo de incubación (semanas)					
	0	1	2	4	8	16
pH	6,91 a	6,71 b	6,63 c	6,50 d	6,37 e	6,29 f
CE (dS m^{-1})	0,13 e	0,18 d	0,19 d	0,22 c	0,26 b	0,29 a
$N\text{-}NH_4^+$ (ppm)	16,9 b	19,8 a	19,0 a	9,6 c	3,7 d	3,7 d
$N\text{-}NO_3^-$ (ppm)	18,9 e	45,5 d	51,8 d	78,4 c	96,3 b	109 a
N disponible (ppm)	36,0 e	65,0 d	71,0 d	88,0 c	100 b	112 a
P disponible (ppm)	49,9 a	46,6 b	45,5 b	50,6 a	33,8 d	38,0 c
K disponible (ppm)	195 a	192 a	180 a	178 a	174 b	151 c
Zn disponible (ppm)	7,2 a	7,4 a	7,1 a	7,3 a	7,1 a	7,1 a
Cu disponible (ppm)	44,8 b	44,7 b	41,8 c	41,5 c	40,6 c	48,1 a
Fe disponible (ppm)	289,0 bc	297 ab	274 d	284 bcd	282 cd	305 a
Mn disponible (ppm)	13,9 a	7,1 d	5,3 f	6,3 e	8,3 c	10,1 b
B disponible (ppm)	0,67 b	0,66 b	0,64 b	0,68 b	1,25 a	0,66 b

Letras distintas en una misma fila indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Cuadro 6. Separación de medias para los tratamientos de fertilización empleados en el experimento de incubación de suelos.

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización			
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado	Guano de Pavo
pH	6,65 a	6,39 c	6,57 b	6,66 a
CE (dS m^{-1})	0,14 d	0,27 a	0,21 c	0,22 b
$N\text{-}NH_4^+$ (ppm)	6,4 c	23,0 a	12,4 b	6,7 c
$N\text{-}NO_3^-$ (ppm)	46,1 c	96,2 a	64,1 b	60,6 b
N disponible (ppm)	52,6 d	119 a	76,6 b	67,2 c
P disponible (ppm)	27,8 b	48,4 a	50,4 a	50,4 a
K disponible (ppm)	146 d	173 c	186 b	212 a
Zn disponible (ppm)	5,8 c	6,6 b	9,8 a	6,6 b
Cu disponible (ppm)	43,4 bc	44,7 a	43,6 b	42,5 c
Fe disponible (ppm)	282 b	297 a	289 ab	286 b
Mn disponible (ppm)	8,6 a	8,4 a	8,2 a	8,8 a
B disponible (ppm)	0,69 b	0,75 b	0,86 a	0,75 b

Letras distintas en una misma fila indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

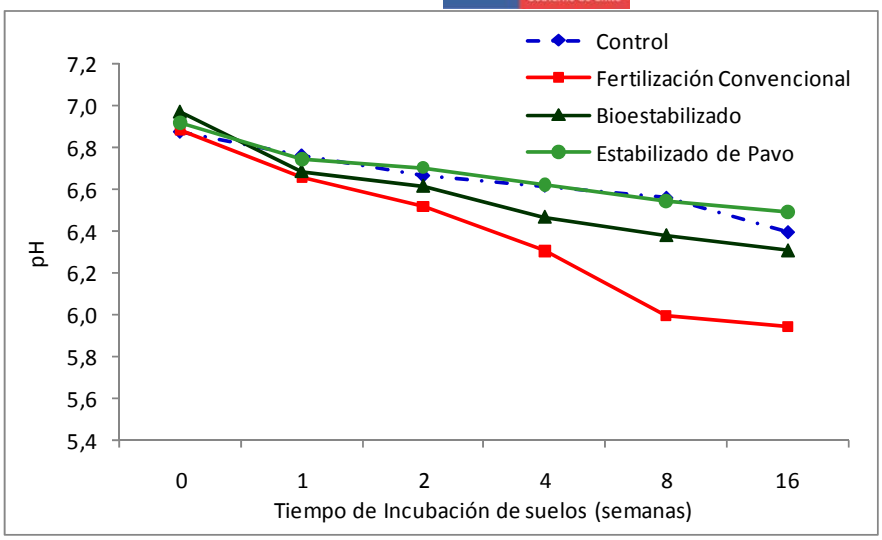

Figura 1. Evolución del pH durante el experimento de incubación de suelos.

El pH del suelo presenta una disminución paulatina en función del tiempo (figura 1 y cuadro 5), y el tratamiento que presenta la mayor disminución de pH fue el uso de fertilización convencional (cuadro 6). El uso de Estabilizado de Pavo como fuente de fertilización no afectó el pH respecto del control son fertilización, en tanto que el uso de Bioestabilizado generó una mayor reducción del pH que el control pero de todas formas inferior a lo obtenido con la fertilización convencional (cuadro 6), asociado al aporte de nutrientes de reacción básica y de radicales de naturaleza orgánica que contrarestan los compuestos acidificantes.

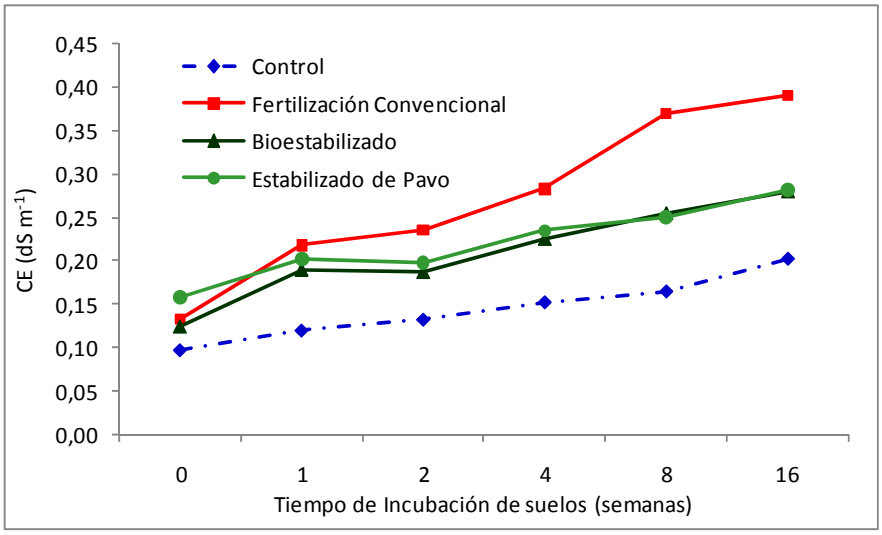

Figura 2. Evolución de la Conductividad eléctrica durante el experimento de incubación de suelos.

La CE del suelo presentó un comportamiento contrario al presentado por el pH en función del tiempo (figura 2 y cuadro 5), y el tratamiento que presenta el mayor aumento de CE fue el uso de fertilización convencional (cuadro 6). Por su parte, el uso de Bioestabilizado generó un aumento de CE mayor al Estabilizado de Pavo, y ambos a su vez mayor al control sin fertilización (cuadro 6), asociado al aporte nutricional.

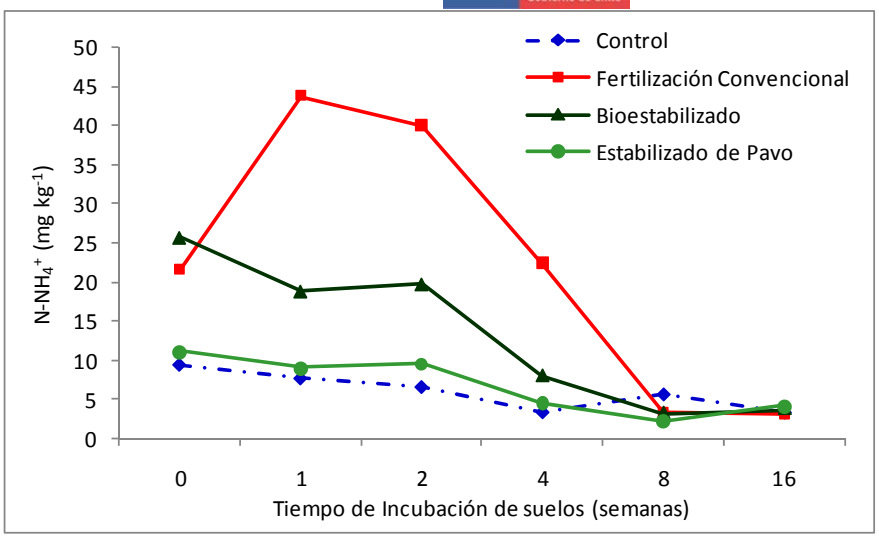

Figura 3. Evolución del N amoniacal durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución de N amoniacal presentó diferencias de comportamiento en el tiempo entre los tratamientos evaluados (figura 3), corroborando el efecto de interacción obtenido (cuadro 4). El tratamiento control y el uso de Estabilizado de Pavo y Bioestabilizado presentaron un comportamiento similar en el tiempo (figura 3). La mayor concentración de N amoniacal promedio fue obtenida con la fertilización convencional, seguido del uso de Bioestabilizado, en tanto que con el uso de Estabilizado de pavo se logró la misma concentración que el control (cuadro 6).

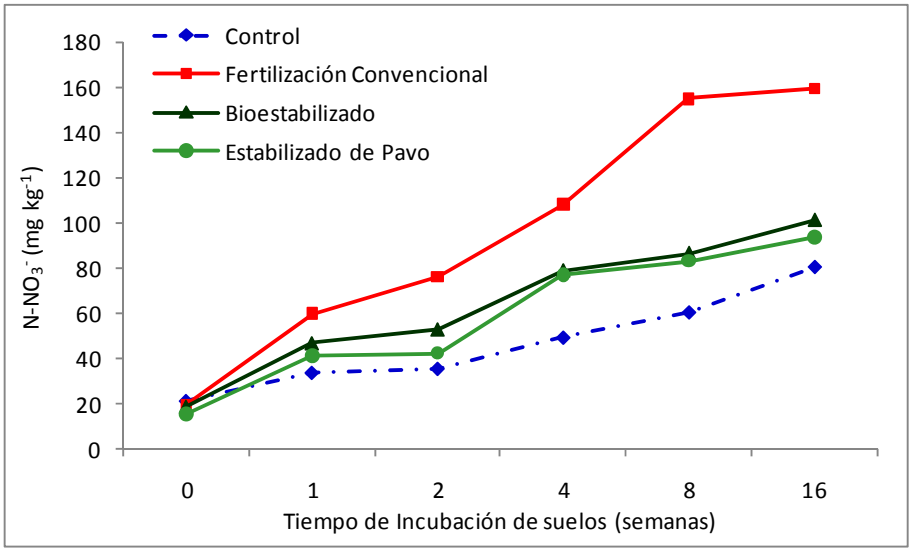

Figura 4. Evolución del N nítrico durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del N nítrico presentó en general un comportamiento creciente en el tiempo en todos los tratamientos (figura 4 y cuadro 5). La mayor concentración promedio de N nítrico fue obtenida con la fertilización convencional, seguida del uso de Bioestabilizado y Estabilizado de pavo, que superaron al control (cuadro 6).

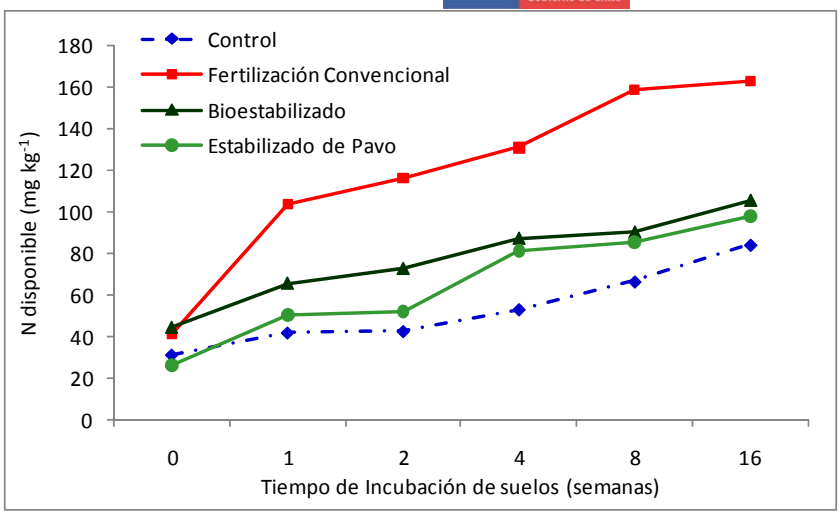

Figura 5. Evolución del N disponible (amonio + nitrato) durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del N disponible presentó en general un comportamiento creciente en el tiempo en todos los tratamientos (figura 5 y cuadro 5). La mayor concentración promedio de N disponible fue obtenida con la fertilización convencional, seguido del uso de Bioestabilizado, posteriormente del Estabilizado de pavo, que superaron al control (cuadro 6). En función de estos resultados, la disponibilidad promedio de N en el suelo evaluado fue de 67% con la fertilización convencional, 24% con el uso de Bioestabilizado, y 15% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadro 6).

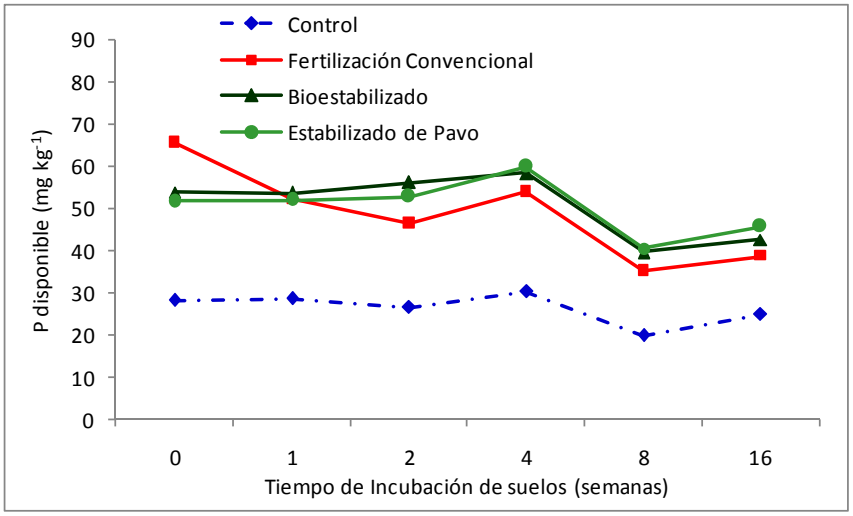

Figura 6. Evolución del P disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del P disponible presentó un comportamiento variable en el tiempo entre tratamientos (figura 6 y cuadro 5), corroborando la interacción detectada (cuadro 4). En relación a las concentraciones promedio de P disponible, no hubo diferencias entre los tratamientos que recibieron P, los cuales superaron al control (cuadro 6). En función de estos resultados, la fijación de P en este suelo fue de 67% con la fertilización convencional, 64% con el uso de Bioestabilizado, y 60% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

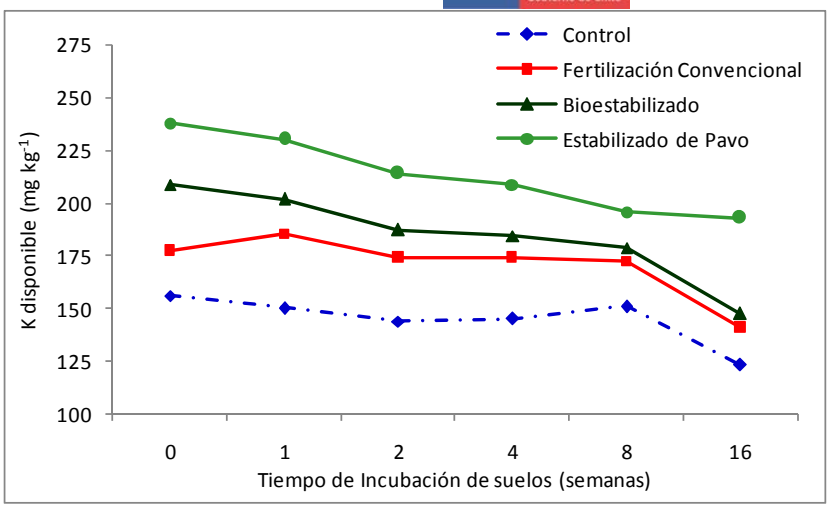

Figura 7. Evolución del K disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del K disponible presentó un comportamiento con tendencia a una disminución de concentración, pero con variaciones entre tratamientos (figura 7 y cuadro 5), corroborando la interacción detectada (cuadro 4). En relación a las concentraciones promedio de K disponible, la mayor concentración se obtuvo con el Estabilizado de pavo, seguido del Bioestabilizado y luego por la fertilización convencional, los cuales superaron al control (cuadro 6). En función de estos resultados, la fijación de K en este suelo fue de 34% con la fertilización convencional, 4% con el uso de Bioestabilizado, y 23% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

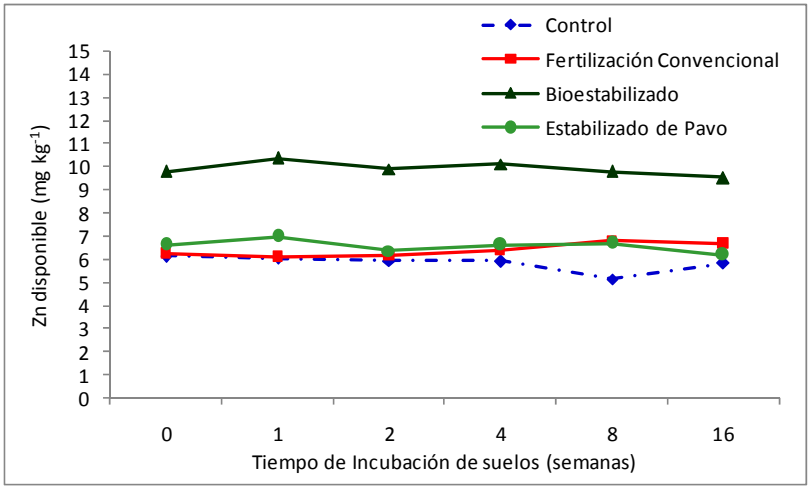

Figura 8. Evolución del Zn disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del zinc disponible presentó pocas variaciones en el tiempo para cada tratamiento (figura 8 y cuadro 5). La mayor concentración se logró con el uso de Bioestabilizado, asociado a la mayor concentración de Zn aplicada con este tratamiento (cuadro 1). Por su parte, con el uso de Estabilizado de pavo se logró la misma concentración de zinc que con el uso de fertilización convencional, y ambos tratamientos superaron al control sin fertilización (cuadro 6). En función de estos resultados, la fijación de Zn en este suelo fue de 37% con el uso de Bioestabilizado, y 31% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

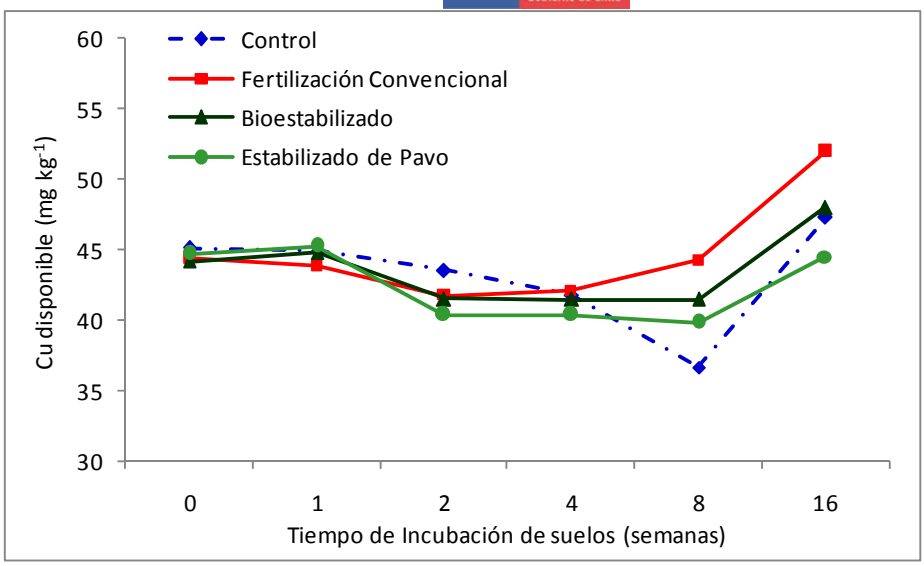

Figura 9. Evolución del Cu disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del cobre disponible presentó variaciones similares entre tratamientos para cada tiempo evaluado (figura 9 y cuadro 5). La mayor concentración de Cu se logró con el uso de fertilización convencional, asociado a la mayor disminución de pH generada con este tratamiento (aumento de poder reductor y disponibilidad de cobre) (cuadro 1). Por su parte, con el uso de Bioestabilizado se logró una concentración de cobre mayor a la obtenida con el uso de Estabilizado de Pavo, y a su vez ambas fueron similares al control (cuadro 6). En función de estos resultados, la fijación de Cu en este suelo fue de 99% con el uso de Bioestabilizado, y 100% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

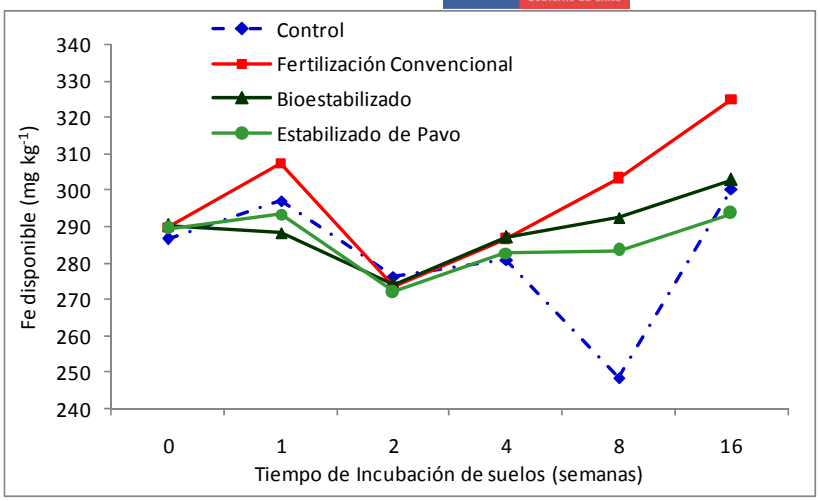

Figura 10. Evolución del Fe disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del hierro disponible presentó variaciones erráticas en el tiempo y entre tratamientos, asociados a los cambios de pH y de los potenciales de óxido-reducción generados con los cambios de pH (figura 10 y cuadro 5). La mayor concentración de Fe se logró con el uso de fertilización convencional, asociado a la mayor disminución de pH generada con este tratamiento (aumento de poder reductor y disponibilidad de hierro) (cuadro 1). Por su parte, con el uso de Estabilizado de pavo se logró una concentración de hierro similar a la obtenida con el uso de Estabilizado de pavo, y mayor al control (cuadro 6). En función de estos resultados, no hubo fijación de Fe con el uso de Bioestabilizado o Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

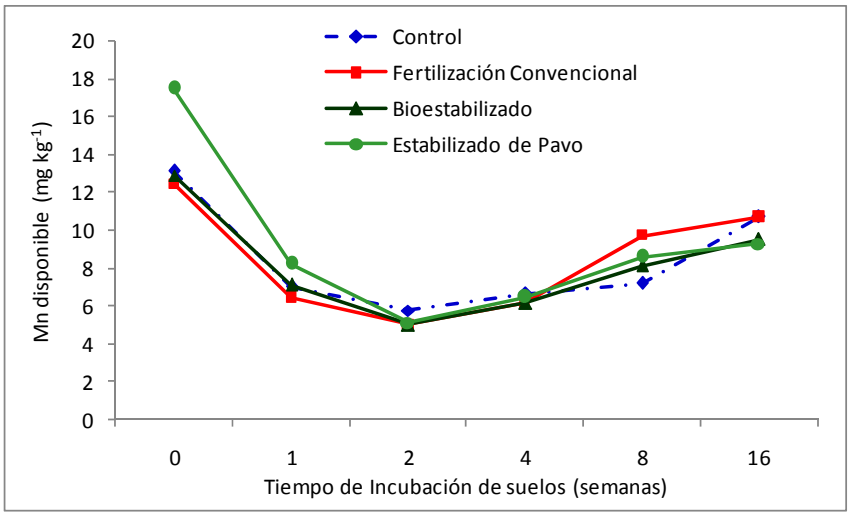

Figura 11. Evolución del Mn disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del manganeso disponible presentó variaciones en el tiempo similares entre tratamientos (figura 11 y cuadro 5). En relación a las concentraciones promedio de Mn, no hubo diferencias entre tratamientos (cuadro 6). En función de estos resultados, la fijación de Mn en este suelo fue de 100% con el uso de Bioestabilizado, y 91% con el uso de Estabilizado de Pavo, respecto del control (cuadros 1 y 6).

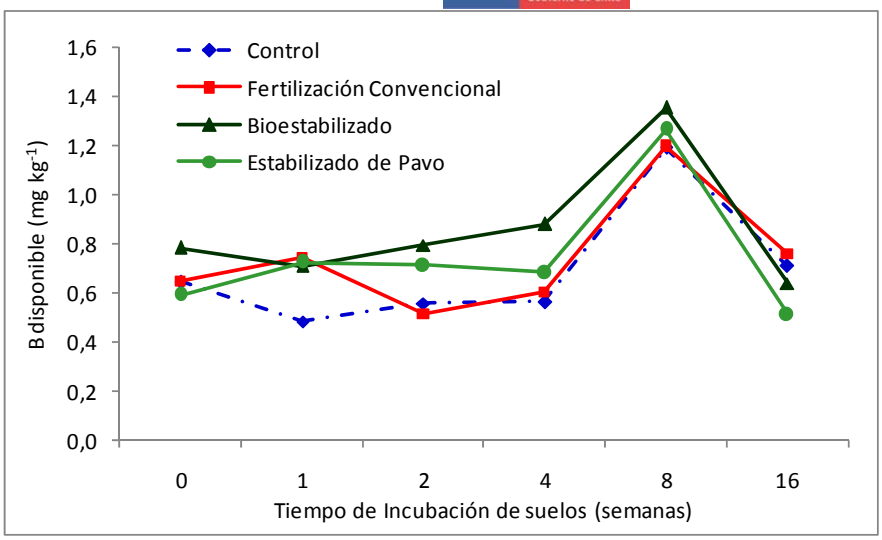

Figura 12. Evolución del B disponible durante el experimento de incubación de suelos.

La evolución del boro disponible presentó variaciones en el tiempo, que presentaron diferencias entre tratamientos (cuadro 5 y figura 12), corroborando la significancia obtenida en la interacción (cuadro 4). En relación a las concentraciones promedio de B (cuadro 6), la mayor concentración fue obtenida con el uso de Bioestabilizado, atribuida a la concentración de este elemento en esta enmienda (no determinada en este estudio), que superó a los demás tratamientos de fertilización, sin evidenciarse diferencias entre ellos (cuadro 6).

En general, este experimento de incubación de suelos con el uso de Bioestabilizado y Estabilizado de Pavo, indicó que estas enmiendas orgánicas generan una disponibilidad de N inferior al uso de fertilización convencional (urea), y que el valor fertilizante nitrogenado es de 36% con el uso de Bioestabilizado y 22% con el uso de Estabilizado de pavo. El valor fertilizante fosforado es de 109% con el uso de Bioestabilizado y 121% con el uso de Estabilizado de pavo. El valor fertilizante potásico es de 145% con el uso de Bioestabilizado y 117% con el uso de Estabilizado de pavo. El Zinc y Cobre aportados con el Bioestabilizado son fijados en un 37 y 99%, respectivamente, en tanto que el Zinc y Cobre aportados con el Estabilizado de Pavo son fijados en un 31 y 100%, respectivamente. Finalmente, el uso de estas enmiendas orgánicas generó un efecto positivo sobre el pH y la conductividad eléctrica, respecto del uso de fertilización convencional (urea, superfosfato triple y muriato de potasio).

Experimento 2: Producción de Materia Seca y Extracción de nutrientes de un indicador Biológico (Ballicas en Macetas).

Los niveles de significancia del análisis estadístico para las variables evaluadas en el experimento en macetas se presentan en el Cuadro 7.

La producción parcial, secuencial y acumulativa de Materia seca se presenta en la Figura 13. La concentración parcial de N, Cu y Zn se presenta en los cuadros 8, 9 y 10, respectivamente. La extracción parcial, secuencial y acumulativa de N, Cu y Zn se presenta en las figuras 14, 15 y 16, respectivamente. La actividad Ureasa se presenta en la figura 17. La fertilidad química residual se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 7. Significancia del análisis estadístico de las variables evaluadas en el experimento en macetas.

Parámetro medido	Fuentes de Variación		
	Tiempo de corte (T)	Tratamiento de fertilización (F)	Interacción (T * F)
Materia seca (gr)	**	ns	**
Concentración de N (%)	**	**	**
Concentración de Cu (mg kg^{-1})	**	ns	ns
Concentración de Zn (mg kg^{-1})	**	**	*
Extracción de N (mg $maceta^{-1}$)	**	**	**
Extracción de Cu (mg $maceta^{-1}$)	**	ns	*
Extracción de Zn (mg $maceta^{-1}$)	**	**	ns
Actividad Ureasa (µg NH_4^+ suelo $seco^{-1}$ hr^{-1})	**	ns	ns

ns, no significativo.
* significativo (p<0,05)
**altamente significativo (p<0,01)

Los resultados del análisis estadístico indican que, para la mayoría de las variables evaluadas los tratamientos aplicados presentaron un efecto altamente significativo, y además una interacción significativa, por lo cual el efecto en las variables evaluadas es diferente para cada tratamiento, en función de los momentos de corte de las plantas (cuadro 7). Los parámetros concentración de cobre y actividad ureasa, sólo fueron afectados por el tiempo de corte (cuadro 7). Los parámetros materia seca y extracción de cobre no fueron afectados por el tratamiento de fertilización, pero si por la interacción de esta fuente de variación con el tiempo de corte. La extracción de zinc fue afectada por el tiempo de corte y el tratamiento de fertilización, pero no por la interacción, por tanto hubo un momento de corte en el cual se logró una mayor extracción de zinc en todos los tratamientos y a su vez un tratamiento que generó una mayor extracción de zinc (cuadro 7).

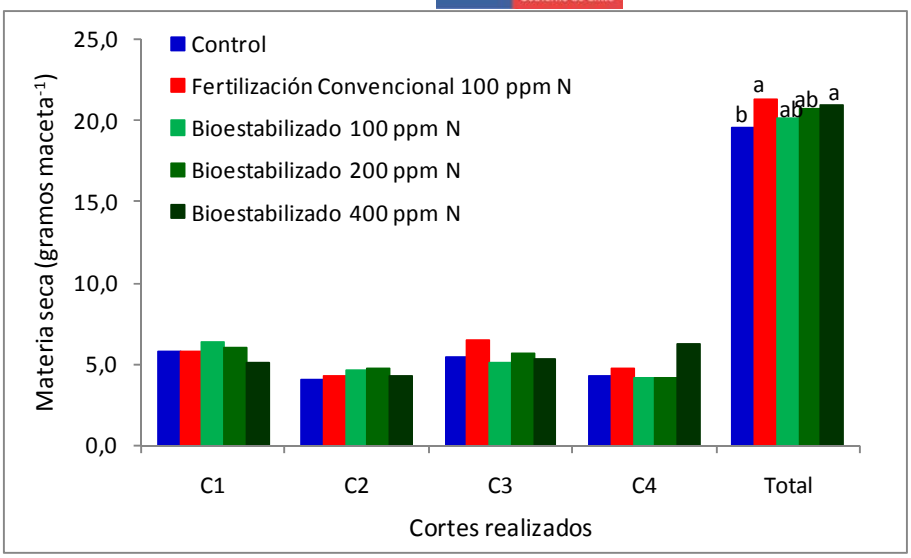

Figura 13. Producción parcial, secuencial y acumulativa de Materia Seca.
Letras distintas sobre las columnas en el total indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Si bien la producción de materia seca no fue afectada estadísticamente por los tratamientos de fertilización, la acumulación total de materia seca fue mayor con el uso de fertilización convencional (100 ppm de N) y Bioestabilizado en su mayor dosis (400 ppm de N), que sólo superaron al control sin fertilización, de acuerdo al test de medias empleado para el promedio del estudio (figura 13).

Cuadro 8. Concentración de Nitrógeno en ballicas.

Momento de Corte	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 1 (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 2 (200 ppm N)	Bioestabilizado dosis 3 (400 ppm N)
1	3,96	4,66	4,49	4,81	5,08
2	3,42	4,67	3,18	4,23	4,87
3	1,87	2,31	1,89	1,75	4,07
4	1,35	1,37	1,39	1,41	1,56
Media	2,65 d	3,25 b	2,74 cd	3,05 bc	3,90 a

Letras distintas en la media del periodo indican diferencia estadística entre tratamientos según test de DMS ($p<0,05$).

La concentración promedio de N (cuadro 8) fue superior con el uso de Bioestabilizado en su mayor dosis (400 ppm de N), seguido por la fertilización convencional (100 ppm de N) y el uso de Bioestabilizado en doble dosis (200 ppm N), que a su vez superaron estadísticamente al uso de Bioestabilizado en sus menor dosis (100 ppm de N) y al control sin fertilización.

Cuadro 9. Concentración de Cobre.

Momento de Corte	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 1 (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 2 (200 ppm N)	Bioestabilizado dosis 3 (400 ppm N)
1	44,4	88,8	87,7	91,9	38,2
2	25,2	29,9	27,1	27,0	31,3
3	26,7	23,0	15,5	11,8	28,9
4	10,7	11,5	14,0	13,2	9,1
Media	26,8 a	38,3 a	36,1 a	36,0 a	26,9 a

Letras distintas en la media del periodo indican diferencia estadística entre tratamientos según test de DMS ($p<0,05$).

La concentración promedio de cobre fue similar entre tratamientos de fertilización (cuadro 9), lo cual indica que el uso de Bioestabilizado incluso en alta dosis (4 veces superior al uso de N en forma convencional) no afecta la concentración de este elemento en las plantas.

Cuadro 10. Concentración de Zinc.

Momento de Corte	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 1 (100 ppm N)	Bioestabilizado dosis 2 (200 ppm N)	Bioestabilizado dosis 3 (400 ppm N)
1	112,9	121,9	122,4	180,9	205,9
2	112,2	111,1	108,4	125,3	178,5
3	95,7	68,8	83,0	79,7	149,3
4	97,0	86,1	112,9	124,6	98,0
Media	104,5 bc	97,0 c	106,7 bc	127,6 b	157,9 a

Letras distintas en la media del periodo indican diferencia estadística entre tratamientos según test de DMS ($p<0,05$).

La concentración promedio de zinc (cuadro 10) fue superior con el uso de Bioestabilizado en su mayor dosis (400 ppm de N), seguido por el uso de Bioestabilizado en doble dosis (200 ppm de N), que a su vez sólo superó a la fertilización convencional (100 ppm de N). La mayor concentración de zinc obtenida con las mayores dosis de Bioestabilizado (400 y 200 ppm de N) responde a las mayores dosis de zinc asociadas a estos tratamientos.

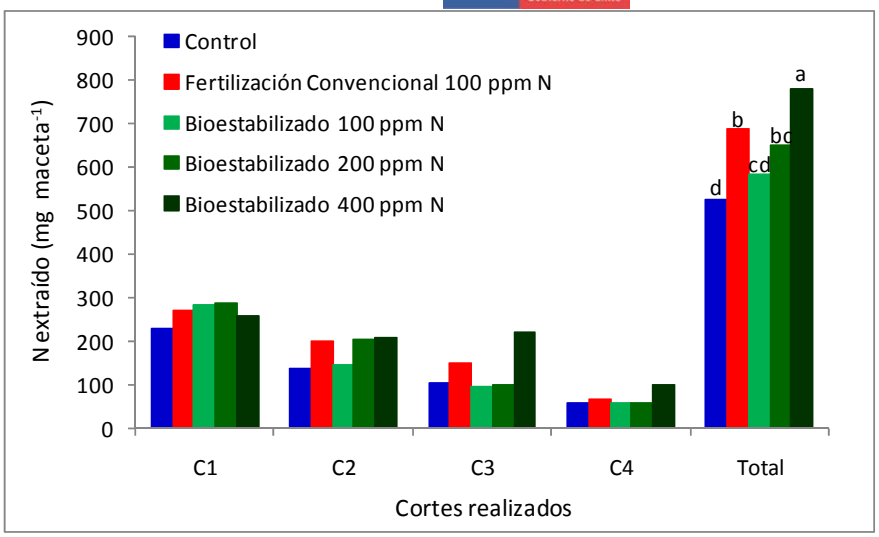

Figura 14. Extracción parcial, secuencial y acumulativa de Nitrógeno.
Letras distintas sobre las columnas en el total indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Si bien la extracción de nitrógeno fue afectada estadísticamente por los tratamientos de fertilización, el tiempo de corte y la interacción de ambas fuentes de variación, la acumulación total de este elemento fue mayor con el uso de Bioestabilizado en alta dosis (400 ppm de N), asociado a la dosis de N aplicada con este tratamiento (figura 14), seguido del uso de fertilización convencional (100 ppm de N) y Bioestabilizado en su doble dosis (200 ppm de N), superando al control sin fertilización. Para todos los tratamientos la mayor extracción se logró en el primer corte, asociado a la mayor concentración de N en este corte (cuadro 8). La extracción secuencial de N con el uso de fertilización convencional fue de 40, 29, 22 y 10% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Para el uso de Bioestabilizado, en promedio la extracción secuencial de N fue de 42, 28, 20 y 11% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

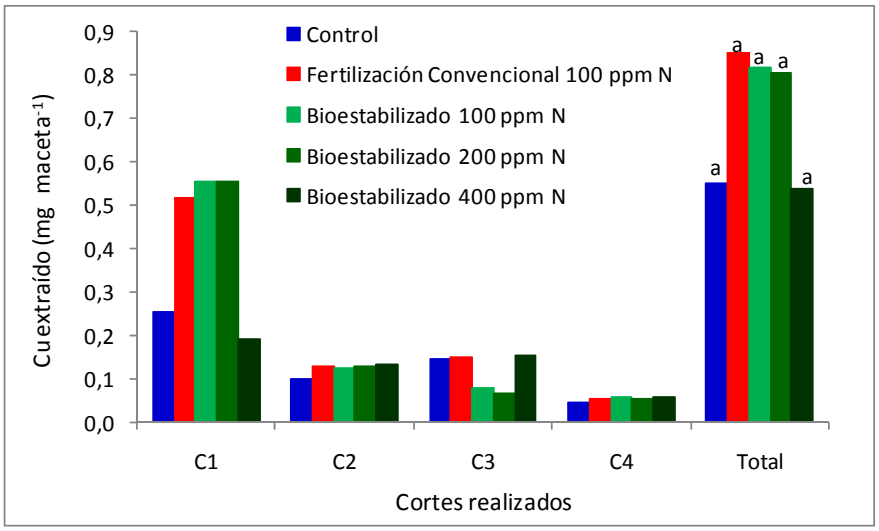

Figura 15. Extracción parcial, secuencial y acumulativa de Cobre.
Letras distintas sobre las columnas en el total indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Si bien la extracción de cobre fue afectada estadísticamente por el tiempo de corte y la interacción de ambas fuentes de variación, la acumulación total de este elemento no presentó diferencias significativas entre tratamientos (figura 15). Para todos los tratamientos la mayor extracción se logró en el primer corte, asociado a la mayor concentración de Cu en este corte (cuadro 9). La extracción secuencial de Cu con el uso de fertilización convencional fue de 61, 15, 17 y 7% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Para el uso de Bioestabilizado, en promedio la extracción secuencial de Cu fue de 59, 19, 16 y 8% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

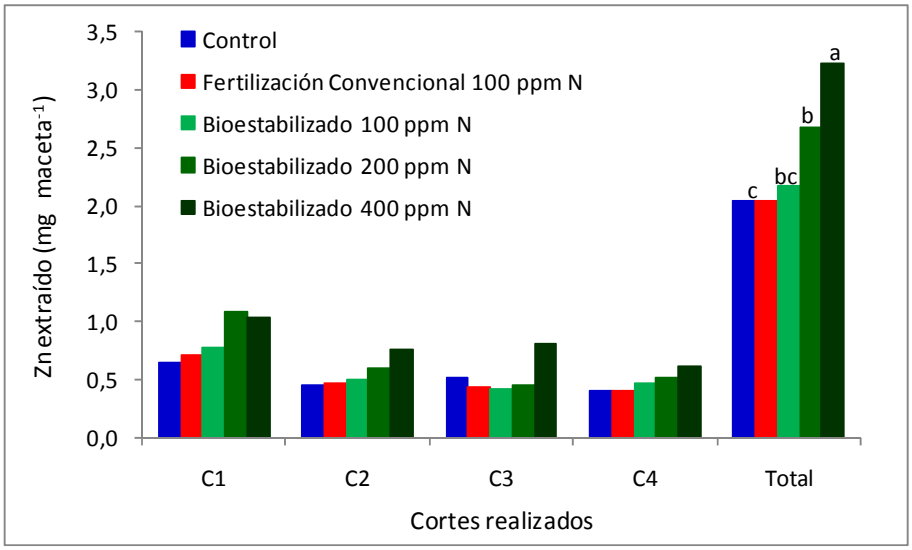

Figura 16. Extracción parcial, secuencial y acumulativa de Zinc.
Letras distintas sobre las columnas en el total indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Si bien la extracción de zinc fue afectada estadísticamente por el tiempo de corte y el tratamiento de fertilización (no por la interacción de ambas fuentes de variación), la acumulación total de este elemento fue mayor con la mayor dosis de Bioestabilizado (400 ppm N), seguido de la dosis doble de Bioestabilizado (200 ppm de N) y luego por el uso de Bioestabilizado y fertilización convencional en igual dosis de N (100 ppm de N) (figura 16). Para todos los tratamientos la mayor extracción se logró en el primer corte, asociado a la mayor concentración de Zn en este corte (cuadro 10). La extracción secuencial de Zn con el uso de fertilización convencional fue de 35, 23, 22 y 20% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Para el uso de Bioestabilizado, en promedio la extracción secuencial de Zn fue de 36, 23, 21 y 20% para el corte 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

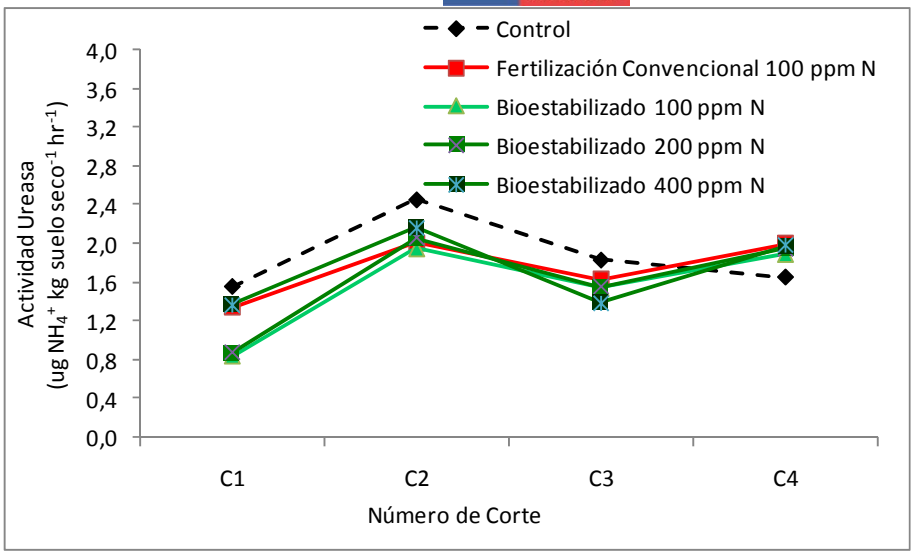

Figura 17. Actividad Ureasa del suelo en 4 momentos de evaluación.
Nota: el análisis estadístico no indicó diferencias entre tratamientos para cada tiempo de corte.

La actividad ureasa presentó variaciones durante el periodo de evaluación (figura 17), asociados a los tiempos de corte, y sólo fue afectada por el momento de corte (cuadro 7). En términos cuantitativos la mayor actividad ureasa promedio del periodo fue obtenida con el control sin fertilización (1,9 µg NH_4^+ por kg de suelo seco por hora), estimulada por una menor disponibilidad de N, ya que no hubo fertilización, y por la presencia de plantas (la planta estimula una mayor actividad de biomasa del suelo a través de la exudación de compuestos carbonados solubles), sin embargo el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 7).

El análisis de fertilidad química residual del experimento (cuadro 11) indicó que los parámetros CE, N disponible, P disponible, K disponible, Zn disponible, Cu disponible y B disponible fueron afectados por los tratamientos de fertilización evaluados. El uso de Bioestabilizado en alta dosis (400 ppm de N) generó la mayor CE y concentraciones de N, P, K, Zn y B disponible, asociado a alta dosis de estos nutrientes aplicada. Las concentraciones de P, K, Zn y B disponible presentaron una relación directamente proporcional con las dosis de estos nutrientes aplicadas a través de los tratamientos de fertilización. Por su parte, la concentración de Cu presentó un efecto inversamente proporcional con la dosis de este elemento aplicada a través de los tratamientos de fertilización, corroborando la alta fijación de este elemento en el suelo.

En general, los resultados de este experimento indican que el uso de Bioestabilizado en igual dosis de N que la fertilización convencional generó igual producción de materia seca y concentraciones de cobre y zinc en la planta, aunque menor concentración de N, con iguales niveles de actividad ureasa y concentración de nutrientes en el suelo, excepto por una mayor concentración de Zn. Por su parte, el uso de altas dosis de Bioestabilizado (4 veces mayor a la fertilización convencional) no tuvo efecto negativo sobre la producción de materia seca y aumentó la concentración de N y Zn en la planta, sin afectar la concentración de Cu, y en el suelo generó igual nivel de actividad ureasa y concentración de N, Fe, Mn y B, con mayor CE y concentración de P, K y Zn, respecto de la fertilización convencional. La concentración de Cu en el suelo fue menor con el uso de Bioestabilizado en alta dosis.

Cuadro 11. Fertilidad química residual (pH, CE, N, P, K, Cu, Zn, Fe, Mn, B).

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
pH	7,28 a	7,23 a	7,23 a	7,23 a	7,16 a
CE ($dS\ m^{-1}$)	0,043 b	0,038 b	0,045 ab	0,060 ab	0,068 a
N disponible (ppm)	1,45 ab	1,43 ab	1,05 b	1,60 ab	2,53 a
P disponible (ppm)	18,9 d	28,9 c	34,4 c	51,4 b	82,4 a
K disponible (ppm)	122 c	120 c	141 c	185 b	238 a
Zn disponible (ppm)	4,9 d	5,1 d	7,8 c	9,8 b	15,5 a
Cu disponible (ppm)	7,1 a	6,4 a	6,1 ab	5,4 ab	4,1 b
Fe disponible (ppm)	39 a	42 a	41 a	40 a	41 a
Mn disponible (ppm)	309 a	322 a	302 a	286 a	291 a
B disponible (ppm)	0,38 b	0,45 ab	0,48 ab	0,58 ab	0,70 a

Letras distintas indican diferencia estadística según test de DMS ($p<0,05$).

Experimento 3: Productividad de plantas de maíz y extracción de macro y micronutrientes usando Bioestabilizado en diferentes dosis crecientes.

Para la localidad de Chillán, la producción de materia seca (MS) y concentración de nutrientes se presentan en el cuadro 12. La extracción de nutrientes en planta entera se presenta en el cuadro 13. El rendimiento de grano y la concentración de nutrientes en el grano se presentan en el cuadro 14. La extracción de nutrientes en el grano se presenta en el cuadro 15. La fertilidad química residual en la estrata de 0 a 20 cm se presenta en el cuadro 16, y para la estrata de 20 a 40 cm en el cuadro 17.

Para la localidad de Talca, la producción de MS y concentración de nutrientes se presentan en el cuadro 18. La extracción de nutrientes en planta entera se presenta en el cuadro 19. El rendimiento de grano y la concentración de nutrientes en el grano se presentan en el cuadro 20. La extracción de nutrientes en el grano se presenta en el cuadro 21. La fertilidad química residual en la estrata de 0 a 20 cm se presenta en el cuadro 22, y para la estrata de 20 a 40 cm en el cuadro 23.

Cuadro 12. Producción de Materia Seca total y Concentración de Nutrientes en planta entera. Chillán 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
Materia seca (ton ha^{-1})	18,5 c	25,3 abc	20,9 bc	27,5 ab	30,5 a
N (%)	0,72 b	1,14 a	0,98 ab	0,97 ab	0,98 ab
P (%)	0,13 b	0,17 ab	0,16 ab	0,18 a	0,19 a
K (%)	0,68 c	0,76 bc	0,97 ab	1,03 ab	1,12 a
Ca (%)	0,13 a	0,16 a	0,11 a	0,12 a	0,12 a
Mg (%)	0,13 a	0,13 a	0,12 a	0,12 a	0,12 a
S (%)	0,078 a	0,098 a	0,088 a	0,093 a	0,090 a
Fe (ppm)	360 a	416 a	448 a	310 a	218 a
Mn (ppm)	23,2 a	34,5 a	28,4 a	27,8 a	30,3 a
Zn (ppm)	42,1 a	50,9 a	76,1 a	67,1 a	41,4 a
Cu (ppm)	2,40 a	3,38 a	3,18 a	2,42 a	2,38 a
B (ppm)	4,77 a	5,40 ab	6,13 a	5,78 ab	6,13 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).
Población a cosecha: 96.446 pl ha^{-1}.

En la localidad de Chillán, la mayor producción de MS se obtuvo con la fertilización convencional (350 kg N ha^{-1}) y el uso de Bioestabilizado en dosis 2 (700 kg N ha^{-1}) y dosis 3 (1.400 kg N ha^{-1}) (cuadro 12). Esto indica que el uso de Bioestabilizado en alta dosis no produce efecto negativo en el cultivo de maíz. Los tratamientos de fertilización evaluados sólo afectaron las concentraciones de N, P y K ($p<0,05$). La mayor concentración de N se obtuvo con la fertilización convencional, que sólo superó al control sin fertilización. La mayor concentración de P se obtuvo con el uso de Bioestabilizado en dosis 2 y dosis 3, que sólo superó al control sin fertilización. La mayor concentración de K se obtuvo con el uso de Bioestabilizado en sus 3 dosis, sin embargo sólo la dosis 3 (1.400 kg N ha^{-1}) superó a la fertilización convencional y al control sin fertilización, asociado a la alta dosis de K empleada con este tratamiento.

Cuadro 13. Extracción total de Nutrientes en planta entera. Chillán 2010-2011.

Nutriente (kg ha^{-1})	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
N	134 b	289 a	200 ab	268 a	299 a
P	24,4 c	41,7 abc	32,5 bc	48,5 ab	59,1 a
K	125 c	195 bc	200 bc	281 ab	343 a
Ca	25 b	41 a	23 b	32 ab	34 ab
Mg	23 b	33 ab	23 b	32 ab	36 a
S	14,5 c	24,5 ab	18,2 bc	25,2 ab	27,3 a
Fe	7,1 a	10,2 a	9,8 a	8,4 a	6,7 a
Mn	0,42 b	0,88 a	0,59 ab	0,77 ab	0,92 a
Zn	0,72 a	1,28 a	1,60 a	1,87 a	1,25 a
Cu	0,044 b	0,087 a	0,067 ab	0,065 ab	0,072 ab
B	0,089 c	0,136 abc	0,129 bc	0,160 ab	0,186 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

Los tratamientos de fertilización evaluados afectaron las extracciones de todos los elementos, excepto el hierro y zinc (cuadro 13). En general las mayores extracciones de todos los elementos se obtuvo con el uso de Bioestabilizado en dosis 2 y dosis 3, asociado a la alta dosis de nutrientes empleadas en estos tratamientos. Las extracciones de Cu, Zn y B con el uso de Bioestabilizado en sus diferentes dosis fueron iguales a lo obtenido con la fertilización convencional ($p>0,05$), lo cual indica que el uso de este producto en alta dosis no genera una mayor absorción de estos elementos.

Cuadro 14. Rendimiento de grano y concentración de nutrientes en el grano. Chillán 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
Rendimiento de grano (qq ha^{-1})	136 b	181 ab	160 ab	174 ab	197 a
N (%)	1,06 a	1,39 a	1,08 a	1,19 a	1,34 a
P (%)	0,29 b	0,34 ab	0,30 b	0,34 ab	0,39 a
K (%)	0,39 b	0,42 b	0,38 b	0,43 b	0,53 a
Ca (%)	0,007 a	0,007 a	0,006 b	0,006 b	0,007 a
Mg (%)	0,11 b	0,12 b	0,10 b	0,12 b	0,14 a
S (%)	0,07 a	0,08 a	0,07 a	0,08 a	0,09 a
Fe (ppm)	58,3 a	33,5 a	33,1 a	37,5 a	29,8 a
Mn (ppm)	4,25 bc	4,90 ab	3,95 c	4,48 abc	5,30 a
Zn (ppm)	42,0 a	26,2 a	23,7 a	42,3 a	24,2 a
Cu (ppm)	1,83 b	2,08 ab	1,95 b	2,13 ab	2,40 a
B (ppm)	2,58 a	2,40 a	3,58 a	3,45 a	2,18 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).
El rendimiento de grano está indicado considerando un 15% de humedad.
Población a cosecha: 96.446 pl ha^{-1}.

El rendimiento de grano fue similar entre los tratamientos que recibieron fertilización, y sólo el uso de Bioestabilizado en alta dosis superó al control sin fertilización (cuadro 14). Esto indica que el uso de Bioestabilizado en alta dosis no produce efecto negativo en el cultivo de maíz. Los tratamientos de fertilización evaluados afectaron la concentración de la mayoría de los nutrientes evaluados, excepto N, S, Fe, Zn y B (cuadro 14). Las concentraciones de P y K presentaron una relación directamente proporcional con la dosis de Bioestabilizado aplicada, asociado a la alta dosis de P y K empleada con este tratamiento.

Cuadro 15. Extracción total de Nutrientes en el grano. Chillán 2010-2011.

Nutriente (kg ha^{-1})	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
N	123 b	214 ab	150 ab	179 ab	224 a
P	33,6 b	52,0 ab	40,2 b	50,9 ab	64,8 a
K	44,4 b	64,5 ab	52,4 b	63,5 b	89,0 a
Ca	0,85 b	1,05 ab	0,85 b	0,85 b	1,28 a
Mg	12,4 b	18,6 ab	13,7 b	17,5 ab	23,8 a
S	8,38 b	12,7 ab	9,9 ab	12,4 ab	14,2 a
Fe	0,65 a	0,51 a	0,44 a	0,53 a	0,49 a
Mn	0,049 b	0,075 ab	0,055 b	0,067 ab	0,089 a
Zn	0,50 a	0,41 a	0,32 a	0,59 a	0,40 a
Cu	0,021 b	0,032 ab	0,017 ab	0,032 ab	0,040 a
B	0,029 a	0,036 a	0,049 a	0,051 a	0,036 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

Los tratamientos de fertilización evaluados afectaron las extracciones de la mayoría de los elementos evaluados, excepto el hierro, zinc y boro (cuadro 15). En general las mayores extracciones de todos los elementos se obtuvo con el uso de Bioestabilizado en dosis 3, asociado a la alta dosis de nutrientes empleada en este tratamiento. Las extracciones de Cu, Zn y B con el uso de Bioestabilizado en sus diferentes dosis fueron iguales a lo obtenido con la fertilización convencional ($p>0,05$), lo cual indica que el uso de este producto en alta dosis no genera una mayor absorción de estos elementos.

El análisis de fertilidad del suelo en la primera estrata (0-20 cm) indicó que los tratamientos de fertilización afectaron el pH, materia orgánica, P disponible, K disponible, Mg y Na intercambiable, Cu y Zn disponible (cuadro 16). Los mayores niveles de cada parámetro evaluado fueron obtenidos con el uso de Bioestabilizado en dosis 2 y 3. En general, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de P, K, Mg, Na, Cu y Zn presentaron una relación directamente proporcional a la dosis usada de Bioestabilizado, asociado al mayor aporte de estos elementos con cada dosis empleada. Respecto de la fertilización convencional, el uso de Bioestabilizado en dosis crecientes permitió mejorar el pH, contenido de materia orgánica y concentraciones de K, Mg, Na, Zn y Cu, de la primera estrata de suelo evaluada.

Cuadro 16. Fertilidad química residual 0-20 cm. Chillán 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
pH	6,21 ab	5,93 b	6,08 ab	6,13 ab	6,29 a
MO (%)	8,46 b	8,50 b	8,56 b	10,11 ab	11,06 a
CE (dS m^{-1})	0,05 a	0,15 a	0,11 a	0,16 a	0,14 a
N disponible (ppm)	17,9 a	45,1 a	34,0 a	55,1 a	37,1 a
P disponible (ppm)	15,3 b	19,2 ab	22,6 ab	34,8 ab	42,4 a
K disponible (ppm)	44,2 b	56,7 b	81,2 ab	133,5 ab	190,7 a
Ca intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	5,28 a	5,27 a	4,84 a	4,96 a	5,72 a
Mg intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,75 b	0,70 b	1,04 ab	1,61 ab	2,07 a
Na intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,16 b	0,17 b	0,26 ab	0,38 ab	0,50 a
Zn disponible (ppm)	0,26 b	0,25 b	3,61 ab	10,55 ab	16,18 a
Cu disponible (ppm)	1,4 b	1,4 b	2,1 ab	3,4 ab	4,4 a
Fe disponible (ppm)	53,0 a	53,7 a	53,2 a	52,7 a	50,4 a
Mn disponible (ppm)	8,6 a	9,0 a	8,9 a	11,1 a	11,2 a
B disponible (ppm)	0,13 a	0,16 a	0,22 a	0,31 a	0,30 a
S disponible (ppm)	22,3 a	19,6 a	24,0 a	25,4 a	32,5 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

El análisis de fertilidad del suelo en la segunda estrata (20-40 cm) indicó que los tratamientos de fertilización afectaron la materia orgánica, P disponible, K disponible, Mg y Na intercambiable, Cu y Zn disponible (cuadro 17). Los mayores niveles de cada parámetro evaluado fueron obtenidos con el uso de Bioestabilizado en dosis 2 y 3, al igual que para la primera estrata de suelo (0 – 20 cm). En general, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de P, K, Mg, Na, Cu y Zn presentaron una relación directamente proporcional a la dosis usada de Bioestabilizado, asociado al mayor aporte de estos elementos con cada dosis empleada. Respecto de la fertilización convencional, el uso de Bioestabilizado en dosis altas permitió mejorar el contenido de materia orgánica y concentraciones de P, K, Mg, Na, Zn y Cu, de la segunda estrata de suelo evaluada.

Cuadro 17. Fertilidad química residual 20-40 cm. Chillán 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
pH	6,29 a	6,20 a	6,23 a	6,29 a	6,33 a
MO (%)	7,52 b	7,12 b	7,69 b	8,74 ab	10,43 a
CE (dS m^{-1})	0,05 a	0,07 a	0,07 a	0,08 a	0,07 a
N disponible (ppm)	12,6 a	21,6 a	20,2 a	26,8 a	17,4 a
P disponible (ppm)	11,5 b	11,3 b	16,6 ab	21,5 ab	28,2 a
K disponible (ppm)	49,0 ab	31,9 b	51,9 ab	76,8 ab	101,7 a
Ca intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	4,67 a	4,13 a	4,32 a	4,30 a	5,19 a
Mg intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,70 b	0,54 b	0,84 ab	1,19 ab	1,46 a
Na intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,17 ab	0,15 b	0,19 ab	0,24 ab	0,27 a
Zn disponible (ppm)	0,29 b	0,22 b	2,25 ab	6,46 ab	8,20 a
Cu disponible (ppm)	1,3 b	1,1 b	1,7 ab	2,4 ab	2,9 a
Fe disponible (ppm)	47,8 a	42,4 a	51,2 a	46,6 a	49,2 a
Mn disponible (ppm)	7,5 a	5,9 a	8,3 a	7,8 a	9,4 a
B disponible (ppm)	0,09 a	0,09 a	0,13 a	0,12 a	0,21 a
S disponible (ppm)	23,1 a	21,5 a	22,8 a	23,3 a	26,5 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

Para la localidad de Talca (cuadro 18), los tratamientos de fertilización no afectaron la producción de MS, lo cual responde al adecuado nivel de fertilidad del suelo y al manejo de fertilización de los cultivos anteriores, que contemplaron la aplicación de guano broiler y posteriormente Bioestabilizado, lo cual genera efecto residual que se traduce en mayor productividad de los cultivos posteriores, incluso en ausencia de fertilización. Estos resultados indican además que el uso de Bioestabilizado en alta dosis no produce efecto negativo en el cultivo de maíz. Los tratamientos de fertilización evaluados afectaron las concentraciones de N, K, Ca, Mn, Zn y Cu ($p<0,05$). La mayor concentración de N se obtuvo con la fertilización convencional, y Bioestabilizado en dosis 2, que sólo superaron al control sin fertilización ($p<0,05$). Las concentraciones de K, Ca, Mn y Zn presentaron un efecto errático respecto de las dosis crecientes de nutrientes aplicadas con los distintos tratamientos. Por su parte, la concentración de Cu presentó un efecto inversamente proporcional a la dosis de este nutriente aplicada a través del Bioestabilizado. En general, el tratamiento que generó las mayores concentraciones nutricionales en la planta de maíz fue el uso de Bioestabilizado en dosis 1, equivalente a los aportes de N, P y K de la fertilización convencional.

Cuadro 18. Producción de Materia Seca total y Concentración de Nutrientes en planta entera. Talca 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
Materia seca (ton ha^{-1})	32,3 a	38,9 a	37,3 a	36,1 a	35,3 a
N (%)	0,83 b	1,20 a	1,09 ab	1,18 a	1,12 ab
P (%)	0,18 a	0,20 a	0,19 a	0,21 a	0,19 a
K (%)	1,00 b	1,08 b	1,10 ab	1,38 a	1,22 ab
Ca (%)	0,21 a	0,22 a	0,18 ab	0,20 a	0,15 b
Mg (%)	0,18 a	0,19 a	0,17 a	0,18 a	0,17 a
S (%)	0,085 a	0,088 a	0,093 a	0,098 a	0,085 a
Fe (ppm)	188 a	164 a	189 a	182 a	109 a
Mn (ppm)	19,6 b	26,1 ab	22,4 ab	29,2 a	24,4 ab
Zn (ppm)	21,2 a	14,7 b	17,2 ab	16,6 ab	13,5 b
Cu (ppm)	3,00 b	4,53 a	3,28 b	1,05 c	0,60 c
B (ppm)	7,3 a	6,7 a	6,8 a	7,9 a	6,7 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).
Población a cosecha: 104.283 pl ha^{-1}.

Para la extracción de nutrientes en planta entera en la localidad de Talca (cuadro 19), los tratamientos de fertilización evaluados afectaron las extracciones de N, K, Ca, Mn y Cu, sin embargo hubo un efecto errático entre las dosis de nutrientes aplicadas con cada tratamiento y la extracción del nutriente, excepto para el cobre, que presentó un efecto inversamente proporcional a la dosis de Bioestabilizado empleada. En general la mayor extracción de todos los elementos se obtuvo con el uso de fertilización convencional. Las extracciones de Zn y B con el uso de Bioestabilizado en sus diferentes dosis fueron iguales a lo obtenido con la fertilización convencional ($p>0,05$), y la extracción de Cu fue menor, lo cual indica que el uso de este producto en alta dosis no genera una mayor absorción de estos elementos.

Cuadro 19. Extracción total de Nutrientes en planta entera. Talca 2010-2011.

Nutriente (kg ha^{-1})	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
N	268 b	464 a	406 ab	429 ab	394 ab
P	59 a	76 a	71 a	78 a	68 a
K	322 b	421 ab	406 ab	500 a	432 ab
Ca	65 ab	85 a	67 ab	71 ab	53 b
Mg	56 a	73 a	60 a	65 a	58 a
S	28 a	34 a	35 a	34 a	30 a
Fe	5,9 a	6,3 a	6,9 a	6,6 a	3,8 a
Mn	0,62 c	1,01 ab	0,83 bc	1,05 a	0,86 ab
Zn	0,69 a	0,57 a	0,64 a	0,61 a	0,48 a
Cu	0,10 b	0,18 a	0,12 b	0,04 c	0,02 c
B	0,23 a	0,26 a	0,26 a	0,29 a	0,24 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

Cuadro 20. Rendimiento de grano y concentración de nutrientes en el grano. Talca 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
Rendimiento de grano (qq ha^{-1})	203 b	237 a	204 b	202 b	204 b
N (%)	1,25 b	1,65 ab	1,70 a	1,68 ab	1,73 a
P (%)	0,35 a	0,40 a	0,44 a	0,42 a	0,42 a
K (%)	0,50 a	0,54 a	0,55 a	0,56 a	0,52 a
Ca (%)	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a
Mg (%)	0,13 a	0,15 a	0,15 a	0,14 a	0,14 a
S (%)	0,085 a	0,083 a	0,098 a	0,095 a	0,098 a
Fe (ppm)	24,0 b	30,7 ab	37,2 a	29,4 ab	27,9 ab
Mn (ppm)	4,1 b	5,3 ab	5,1 ab	5,4 ab	5,8 a
Zn (ppm)	26,2 a	29,6 a	32,6 a	33,8 a	30,6 a
Cu (ppm)	2,2 a	2,4 a	2,5 a	2,6 a	2,9 a
B (ppm)	2,8 a	2,2 ab	0,7 c	1,0 bc	2,4 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).
El rendimiento de grano está indicado considerando un 15% de humedad.
Población a cosecha: 104.283 pl ha^{-1}.

Para el rendimiento de grano en la localidad de Talca (cuadro 20), la mayor producción se obtuvo con el uso de fertilización convencional, asociado a la mayor disponibilidad de N durante los estados tempranos de desarrollo del maíz (estados vegetativos), que contribuye a potenciar el rendimiento. Con el uso de Bioestabilizado en diferentes dosis crecientes se logró el mismo rendimiento del control sin fertilización, asociado al adecuado nivel de fertilidad del suelo y al manejo de fertilización de los cultivos anteriores, como ya se mencionó anteriormente. Estos resultados indican además que el uso de Bioestabilizado en alta dosis no produce efecto negativo en el cultivo de maíz. Los tratamientos de fertilización evaluados afectaron las concentraciones de N, Fe, Mn y B en el grano ($p<0,05$) (cuadro 20), sin embargo hubo un efecto errático entre las dosis aplicadas de estos nutrientes y la concentración obtenida, excepto para el Mn y B, donde se presenta una relación directamente proporcional con la dosis de Bioestabilizado empleada. En general, el tratamiento que generó las mayores concentraciones nutricionales en el grano de maíz fue el uso de fertilización convencional y Bioestabilizado en dosis 3.

Para la extracción de nutrientes en el grano en la localidad de Talca (cuadro 21), los tratamientos de fertilización afectaron las extracciones de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B, sin embargo hubo un efecto errático entre las dosis aplicadas de estos nutrientes y la concentración obtenida, excepto para el Mn y B, donde se presenta una relación directamente proporcional con la dosis de Bioestabilizado empleada. En general, el tratamiento que generó la mayor extracción en el grano de maíz fue el uso de fertilización convencional. El uso de Bioestabilizado en altas dosis no afectó la extracción de Cu, Zn y B respecto de la fertilización convencional.

Cuadro 21. Extracción total de Nutrientes en el grano. Talca 2010-2011.

Nutriente (kg ha^{-1})	Tratamiento				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
N	217 b	333 a	291 a	288 a	302 a
P	61 b	81 a	76 ab	71 ab	73 ab
K	86 b	109 a	96 ab	96 ab	90 b
Ca	1,55 a	1,63 a	1,33 ab	1,15 b	1,10 b
Mg	23 b	30 a	26 b	25 b	25 b
S	15 a	17 a	17 a	16 a	17 a
Fe	0,42 b	0,62 a	0,64 a	0,50 ab	0,48 ab
Mn	0,070 b	0,106 a	0,088 ab	0,092 ab	0,100 a
Zn	0,45 a	0,59 a	0,56 a	0,58 a	0,53 a
Cu	0,038 a	0,049 a	0,043 a	0,044 a	0,049 a
B	0,049 a	0,045 a	0,011 c	0,017 bc	0,042 ab

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de Tukey ($p<0,05$).

El análisis de fertilidad del suelo en la primera estrata (0-20 cm) indicó que los tratamientos de fertilización afectaron el pH, CE, N disponible, P disponible, Mg y Na intercambiable, Mn y B disponible (cuadro 22). Para las dosis crecientes de bioestabilizado hubo relación directa con la CE y concentraciones de P, Mg y Na. Las concentraciones de Cu y Zn no fueron afectadas por la aplicación de bioestabilizado en sus diferentes dosis. El tratamiento que generó los mejores valores de los parámetros de fertilidad analizados fue Bioestabilizado en dosis 2 (700 kg de N ha^{-1}). Respecto del uso de fertilización convencional, al usar bioestabilizado en dosis crecientes se mejoró la concentración de Mg y Na. El pH también fue mejorado pero sólo con las dosis de bioestabilizado 1 y 2, dado que la mayor dosis de bioestabilizado (1.400 kg de N ha^{-1}) genera una mayor disponibilidad de N y este una mayor acidificación.

El análisis de fertilidad en la segunda estrata de suelo (20-40 cm) indicó que los tratamientos de fertilización afectaron la CE, y las concentraciones de N, P, Na y Zn (cuadro 23). En esta estrata no se observó una relación directa entre las dosis crecientes de bioestabilizado y los valores de los parámetros afectados por los tratamientos. Respecto al tratamiento de fertilización convencional, sólo se presentó diferencia en la concentración de Zn disponible, y el tratamiento de Bioestabilizado en dosis 3 (1.400 kg de N ha^{-1}) superó al tratamiento de fertilización convencional.

Cuadro 22. Fertilidad química residual 0-20 cm. Talca 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
pH	6,62 a	6,12 c	6,48 ab	6,41 ab	6,26 bc
MO (%)	3,10 a	3,46 a	3,58 a	3,72 a	4,06 a
CE (dS m^{-1})	0,06 c	0,17 ab	0,11 bc	0,15 ab	0,21 a
N disponible (ppm)	21,4 b	75,9 a	38,3 ab	46,3 ab	61,7 ab
P disponible (ppm)	22,1 b	79,1 ab	60,3 ab	85,1 ab	105,2 a
K disponible (ppm)	155,8 a	256,8 a	272,3 a	257,0 a	258,8 a
Ca intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	10,6 a	10,6 a	10,4 a	10,9 a	11,0 a
Mg intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	4,3 b	4,2 b	4,7 ab	5,5 a	5,6 a
Na intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,33 bc	0,31 c	0,37 bc	0,45 ab	0,56 a
Zn disponible (ppm)	1,72 a	2,75 a	9,72 a	15,40 a	15,62 a
Cu disponible (ppm)	3,1 a	3,7 a	5,0 a	5,9 a	5,8 a
Fe disponible (ppm)	97,8 a	105,5 a	99,6 a	97,5 a	85,3 a
Mn disponible (ppm)	20,3 ab	24,8 a	19,8 b	21,5 ab	21,4 ab
B disponible (ppm)	0,33 b	0,41 ab	0,56 ab	0,64 a	0,58 ab
S disponible (ppm)	15,5 a	20,6 a	20,2 a	25,7 a	22,9 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de tukey ($p<0,05$).

Nota; el CV de Zn fue 85%, con alta variabilidad entre las repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro 23. Fertilidad química residual 20-40 cm. Talca 2010-2011.

Parámetro medido	Tratamientos de Fertilización				
	Control	Fertilización Convencional	Bioestabilizado dosis 1	Bioestabilizado dosis 2	Bioestabilizado dosis 3
pH	6,88 a	6,81 a	6,77 a	6,74 a	6,69 a
MO (%)	2,02 a	2,03 a	2,10 a	2,06 a	2,10 a
CE (dS m^{-1})	0,04 b	0,07 ab	0,06 ab	0,06 ab	0,09 a
N disponible (ppm)	13,6 b	28,4 a	19,2 ab	17,7 ab	24,4 ab
P disponible (ppm)	9,7 b	19,7 ab	19,4 ab	18,0 ab	33,6 a
K disponible (ppm)	157,3 a	186,6 a	204,0 a	165,8 a	170,2 a
Ca intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	13,3 a	13,3 a	13,2 a	13,7 a	14,7 a
Mg intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	6,1 a	6,2 a	6,2 a	6,4 a	7,0 a
Na intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,46 b	0,48 ab	0,47 ab	0,48 ab	0,57 a
Zn disponible (ppm)	0,66 b	0,66 b	2,08 ab	2,03 ab	3,99 a
Cu disponible (ppm)	2,9 a	2,9 a	3,4 a	3,1 a	3,3 a
Fe disponible (ppm)	66,9 a	61,7 a	71,1 a	62,9 a	56,7 a
Mn disponible (ppm)	20,0 a	20,7 a	21,6 a	20,0 a	23,9 a
B disponible (ppm)	0,27 a	0,31 a	0,27 a	0,22 a	0,30 a
S disponible (ppm)	10,8 a	13,8 a	15,5 a	12,3 a	12,7 a

Letras distintas para una misma fila indican diferencia estadística según test de tukey ($p<0,05$).

Nota; el CV de Zn fue 68%, con alta variabilidad entre las repeticiones de cada tratamiento.

Experimento 4: Evaluación de Uso de Bioestabilizado en una plantación de Nogales de primer año.

La distribución de plantas dentro de las diferentes categorías de aumento porcentual de diámetro de tronco se presenta en la figura 18. Los valores de diámetro de tronco y ganancia porcentual de crecimiento de diámetro de tronco se presentan en la figura 19. La concentración de nutrientes en hojas para el análisis foliar de rutina se presenta en el cuadro 24 y la fertilidad química residual del suelo al término de la temporada de crecimiento se presenta en el cuadro 25.

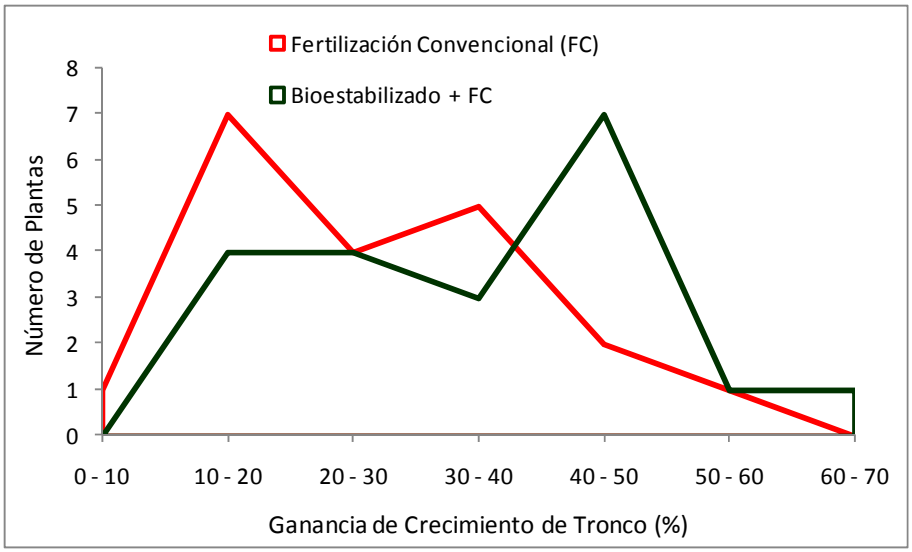

Figura 18. Distribución de plantas dentro de diferentes rangos de crecimiento porcentual de tronco durante la temporada 2010-2011 (plantación de primer año) (n = 20 plantas por tratamiento).

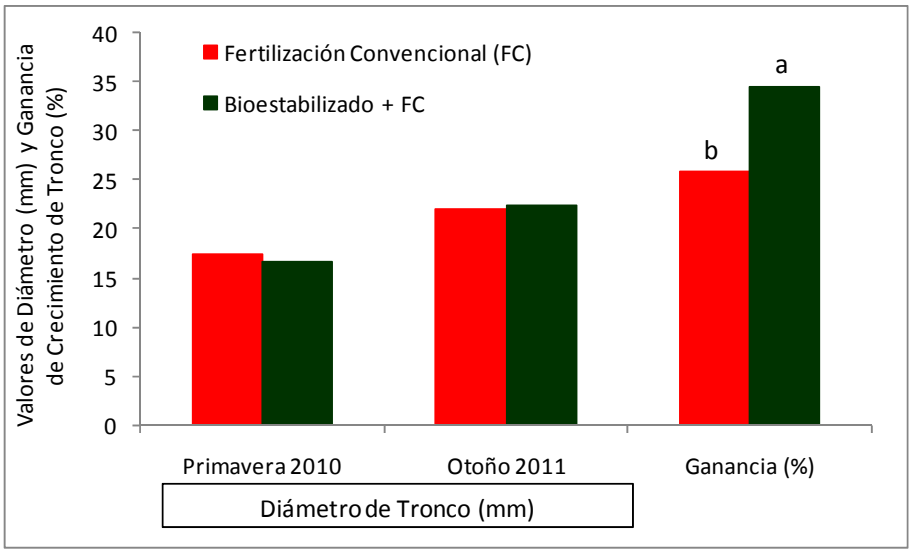

Figura 19. Ganancia de Crecimiento de Grosor de Tronco durante la temporada 2010-2011 (primer año de plantación) (n = 20 plantas por tratamiento).
Letras distintas sobre las columnas indican diferencia estadística entre tratamientos según test DMS ($p<0,05$).

Cuadro 24. Concentración de nutrientes en hojas de Nogal (enero de 2011).

Nutriente	Fertilización Convencional (FC)	Bioestabilizado + FC	Referencia nutricional*
Nitrógeno (%)	3,52	4,03	2,2 – 3,2
Fósforo (%)	0,24	0,22	0,1 – 0,2
Potasio (%)	1,47	1,75	1,2- 1,8
Calcio (%)	0,67	0,66	1,0 – 2,0
Magnesio (%)	0,39	0,39	0,3 – 0,6
Sodio (%)	0,015	0,009	--
Azufre (%)	0,24	0,23	--
Hierro (ppm)	92	91	50 – 150
Manganeso (ppm)	214	295	30 – 100
Cobre (ppm)	8,7	8,1	4 – 20
Zinc (ppm)	232	172	18 – 60
Boro (ppm)	121	96	30 – 150

*La referencia nutricional señalada corresponde a huertos en plena producción.

Cuadro 25. Características químicas del suelo al término de la temporada 2010-2011 (0 a 30 cm de profundidad).

Parámetro de suelo	Valor inicial	Fertilización Convencional (FC)	Bioestabilizado + FC
pH (al agua)	5,85	4,57	5,69
CE (dS m^{-1})	0,03	0,28	0,43
Nitrógeno disponible (mg kg^{-1})	11,0	81	84
Fósforo disponible (Olsen) (mg kg^{-1})	7,6	20	150
Potasio disponible (mg kg^{-1})	137,7	236	427
Calcio intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	1,24	0,89	2,72
Magnesio intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,08	0,31	3,05
Sodio intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,04	0,08	0,24
Suma de Bases ($cmol_+$ kg^{-1})	1,7	1,88	7,11
Aluminio intercambiable ($cmol_+$ kg^{-1})	0,03	1,03	0,04
Saturación de Aluminio (%)	--	35,4	0,51
Azufre disponible (mg kg^{-1})	23,3	204	194
Hierro disponible (mg kg^{-1})	22,9	30	24
Manganeso disponible (mg kg^{-1})	1,14	4,7	11,6
Cobre disponible (mg kg^{-1})	0,16	0,41	8,6
Zinc disponible (mg kg^{-1})	0,06	0,14	34
Boro disponible (mg kg^{-1})	0,22	0,75	1,24

Nota: en color Rojo se señalan los factores químicos y nutricionales limitantes.

Los resultados indican que el uso de Bioestabilizado como fuente de fertilización complementaria al programa de fertirrigación del huerto permitió generar un mayor crecimiento porcentual de diámetro de tronco en las plantas de nogales, con mayor número de plantas localizadas en los rangos superiores de crecimiento porcentual (figura 18), y un crecimiento porcentual promedio estadísticamente superior al control con fertilización convencional ($p<0,05$) (Figura 19).

El análisis de tejidos (cuadro 24) indicó que el uso de Bioestabilizado como fuente nutricional complementaria al programa de fertirrigación del huerto permitió mejorar la concentración de nitrógeno y potasio, aunque todos los nutrientes en ambos tratamientos presentaron una concentración dentro del rango adecuado usado como referencia (para huertos en producción). Cabe destacar que el mayor crecimiento de plantas obtenido con el uso de Bioestabilizado, determinado a través del crecimiento porcentual del diámetro de tronco, asociada a concentraciones similares de nutrientes respecto del control, indica que las plantas que recibieron Bioestabilizado presentaron una mayor extracción de nutrientes. Se debe destacar además la mayor concentración de nitrógeno obtenida en las plantas que recibieron Bioestabilizado, lo cual se asocia a mayor tasa de crecimiento y mayor acumulación de reservas para el crecimiento de la temporada siguiente. Por otra parte, si bien el Bioestabilizado es una enmienda con alta concentración de metales como el Cobre y Zinc, y de nutrientes como el Boro, la concentración foliar en las plantas tratadas con esta enmienda fue inferior a la obtenida en el control, lo cual indica que gran parte de estos nutrientes presentan una baja disponibilidad en el suelo, como ya ha sido indicado en estudios anteriores. Por lo tanto, las concentraciones de estos nutrientes sugeridas como preocupantes por algunas referencias de clasificación de compost, no causan efecto negativo en esta especie, lo cual indica que estas concentraciones se encuentran dentro de un rango adecuado y que las referencias de clasificación de concentraciones deben ser ajustadas utilizando estudios como este.

El análisis químico del suelo al término de la temporada (cuadro 25) indicó que el uso de Bioestabilizado como fuente nutricional complementaria al programa de fertirrigación permitió mejorar la disponibilidad de fósforo, potasio, calcio, magnesio, suma de bases, manganeso, cobre, zinc y boro. A su vez, permitió reducir la disponibilidad de aluminio y el porcentaje de saturación de aluminio, cuyo valor crítico es 5% (indicador de limitante al crecimiento y normal desarrollo de las plantas). Si bien el uso de Bioestabilizado permitió mejorar la concentración de calcio, aún no se consigue el mínimo adecuado para huertos frutales (especialmente en nogales), asociado a la baja dosis de calcio aplicada a través del Bioestabilizado y del programa de fertirrigación. De igual forma, el pH del suelo fue mejorado con el uso de Bioestabilizado respecto del control con fertilización convencional, sin embargo aún se debe corregir el nivel de este parámetro químico, que está directamente relacionado a la disponibilidad de calcio en estos suelos.

En consecuencia, el uso de Bioestabilizado como fuente de fertilización complementaria a la fertilización convencional empleada en este huerto de nogales de primer año, permitió aumentar el crecimiento de plantas (diámetro de tronco), mejorar la concentración de nitrógeno en los tejidos, y mejorar las propiedades químicas del suelo.

CONCLUSIONES

La amplitud de este estudio permite en términos específicos concluir lo siguiente:

Experimento de incubación de suelos con el uso de 2 enmiendas orgánicas y fertilización convencional (urea, superfosfato triple y muriato de potasio) en igual dosis de Nitrógeno (100 ppm de N);

- ✓ El uso de Bioestabilizado y Estabilizado de Pavo generan una disponibilidad de Nitrógeno inferior al uso de fertilización convencional, y el valor fertilizante nitrogenado es de 36% con el uso de Bioestabilizado y 22% con el uso de Estabilizado de pavo.
- ✓ El valor fertilizante fosforado es de 109% con el uso de Bioestabilizado y 121% con el uso de Estabilizado de pavo.
- ✓ El valor fertilizante potásico es de 145% con el uso de Bioestabilizado y 117% con el uso de Estabilizado de pavo.
- ✓ El Zinc y Cobre aportados con el Bioestabilizado son fijados en el suelo en un 37 y 99%, respectivamente, en tanto que el Zinc y Cobre aportados con el Estabilizado de Pavo son fijados en el suelo en un 31 y 100%, respectivamente.
- ✓ El uso de estas enmiendas orgánicas generó un aumento del pH y una disminución de la conductividad eléctrica, respecto del uso de fertilización convencional.

Experimento con ballicas en macetas con el uso de Bioestabilizado en dosis crecientes (100, 200 y 400 ppm de N) y fertilización convencional (100 ppm de N);

- ✓ El uso de Bioestabilizado en igual dosis de Nitrógeno que la fertilización convencional generó igual producción de materia seca y concentraciones de cobre y zinc en la planta, aunque menor concentración de Nitrógeno.
- ✓ El uso de Bioestabilizado en igual dosis de Nitrógeno que la fertilización convencional generó igual nivel de actividad ureasa y concentración de nutrientes en el suelo, excepto por una mayor concentración de Zinc.
- ✓ El uso de altas dosis de Bioestabilizado (4 veces mayor a la fertilización convencional) no tuvo efecto negativo sobre la producción de materia seca y concentración de cobre, y aumentó la concentración de Nitrógeno y Zinc en la planta.
- ✓ El uso de altas dosis de Bioestabilizado (4 veces mayor a la fertilización convencional) generó igual nivel de actividad ureasa y concentración de Nitrógeno, Hierro, Manganeso y Boro en el suelo, con mayor CE y concentración de Fósforo, Potasio y Zinc, respecto de la fertilización convencional. La concentración de Cobre en el suelo fue menor con el uso de Bioestabilizado en alta dosis.

Experimentos de campo con maíces fertilizados con dosis crecientes de Bioestabilizado (350, 700 y 1.400 kg de N ha^{-1}) y fertilización convencional (350 kg de N ha^{-1});

- ✓ El uso de Bioestabilizado en dosis crecientes no produce efecto negativo en la producción de materia seca el cultivo de maíz para ensilaje.
- ✓ El uso de Bioestabilizado en dosis crecientes no afectó la producción de grano en el cultivo de maíz para una de las localidades estudiadas, en tanto que en la otra hubo una menor producción que no tiene relación con el aporte de Cobre, Zinc y Boro del Bioestabilizado.
- ✓ El uso de Bioestabilizado en dosis crecientes no afecta las concentraciones de Cobre, Zinc y Boro en la planta entera de maíz o en el grano, respecto del uso de fertilización convencional.

- ✓ En el suelo volcánico, el uso de Bioestabilizado en dosis crecientes generó incrementos de pH, Materia orgánica, Fósforo disponible, Potasio disponible, Magnesio intercambiable, Sodio intercambiable, Zinc disponible y Cobre disponible en la primera estrata del suelo, respecto de la fertilización convencional. A su vez, generó incrementos de Materia orgánica, Fósforo disponible, Potasio disponible, Magnesio intercambiable, Sodio intercambiable, Zinc disponible y Cobre disponible en la segunda estrata del mismo suelo, respecto del uso de fertilización convencional.
- ✓ En el suelo franco arcilloso, el uso de Bioestabilizado en dosis crecientes generó incrementos de Magnesio intercambiable y Sodio intercambiable, respecto de la fertilización convencional. A su vez, generó incrementos de Zinc disponible en la segunda estrata del mismo suelo, respecto del uso de fertilización convencional.
- ✓ En consecuencia, las concentraciones de Cobre, Zinc y Boro del Bioestabilizado usado en diferentes dosis crecientes que superan las necesidades de macronutrientes del cultivo no afectan negativamente la producción de maíz para ensilaje o grano, y en función del tipo de suelo generan incrementos en la concentración de Zinc y Cobre del suelo.

Experimento de campo con el uso de Bioestabilizado como enmienda de suelo y fertilización complementaria en una plantación de nogales;

- ✓ El uso de Bioestabilizado como fuente de fertilización complementaria a la fertilización convencional empleada en este huerto de nogales de primer año, permitió aumentar el crecimiento de plantas (diámetro de tronco), mejorar la concentración de nitrógeno en los tejidos, y mejorar las propiedades químicas del suelo.

Conclusiones generales:

1. El uso de Bioestabilizado como fuente alternativa de fertilización en diversas dosis crecientes no afecta la concentración de Cobre en las plantas indicadoras evaluadas.
2. El uso de Bioestabilizado como fuente alternativa de fertilización en diversas dosis crecientes puede incrementar la concentración de Zinc en las plantas indicadoras evaluadas (efecto benéfico en la nutrición de las plantas).
3. El uso de Bioestabilizado como fuente alternativa de fertilización en diversas dosis crecientes no afecta la concentración de Zinc en la primera estrata de suelo, en tanto que la concentración de cobre presenta un efecto errático en función de la concentración de cobre inicial del suelo (a mayor concentración de cobre es menor la concentración de cobre que se logra con el uso de Bioestabilizado respecto del uso de fertilizantes convencionales y viceversa). En la segunda estrata de suelo se observó un aumento en la concentración de Zinc (efecto nutricionalmente deseado).
4. El Bioestabilizado es una adecuada fuente de fertilización alternativa al uso de fertilizantes convencionales.

Atentamente;

Juan Hirzel Campos
Ingeniero Agrónomo M.Sc. Dr.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias