Efecto de la dosis y del distanciamiento de aplicación localizada a la siembra de fosfato diamónico sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de soja

Trabajo Final presentado como requisito para la obtención del título de la carrera de

INGENIERÍA AGRONÓMICA

A cargo del alumno **Carlos Cristian Franco**

Legajo 2253/0

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Junín

12/06/2012

Efecto de la dosis y del distanciamiento de aplicación localizada a la siembra de fosfato diamónico sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de soja.

Autor: **Carlos Cristian Franco**

Legajo 2253/0

Director del Trabajo: Ing. Agr. **Omar Bazzigalupi**

Co-Director del Trabajo: Ing. Agr. **Alvaro Llera**

Carrera: **INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Junín

12/06/2012

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a todas las personas del área Semillas de la EEA INTA Pergamino, lugar donde se desarrolló la experiencia, en especial al Ingeniero Agrónomo Omar Bazzigalupi por su total colaboración y solidaridad; a la Profesora Catalina Amendola por su predisposición y colaboración en las estadísticas. También a la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires y a cada uno de los profesores que me han formado profesionalmente en todos estos años de carrera. Finalmente a mi familia, mis compañeros y amigos por el apoyo brindado y en especial a mi novia Victoria.

ÍNDICE

Resumen……1

Introducción…….....2

Hipótesis y Objetivo……..12

Materiales y métodos……....13

Diseño experimental y análisis de los datos……..17

Resultados y discusión……18

Ensayo 1……..18

Ensayo 2……..21

Conclusiones……24

Bibliografía……..…26

Resumen

Con la presentación de problemas en la implantación del cultivo de soja cuando se usan maquinas sembradoras de tipo grano fino, las cuales ponen el fertilizante junto a la semilla, surge este planteo; cual es la real interferencia del fertilizante entre un nacimiento optimo y uno no optimo.

Por este motivo se evaluó el efecto de la fertilización localizada a la siembra sobre la germinación y el crecimiento de plántulas para contribuir al desarrollo de sistemas de siembra que mejoren la eficiencia de implantación del cultivo de soja.

Los objetivos fueron, por un lado evaluar el efecto de tres dosis de fosfato diamónico (0, 43.5 y 87 kg DAP/ha) y dos distanciamientos fertilizante-semilla (0 y 2 cm), aplicados a la par, sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de soja de dos lotes diferentes de la misma variedad; y por el otro evaluar el efecto de dos distancias (1 y 2 cm) y dos posiciones verticales de fosfato diamónico (superior e inferior), sobre la germinación y crecimiento de plántulas de soja.

Como resultado del trabajo se logra entender sobre las relaciones entre la semilla y el fertilizante. Cuando este se utiliza junto a la semilla le impide que pueda germinar y desarrollar una plántula normal. La distancia y la posición de la semillas en relación al fertilizante afectan la germinación y el crecimiento de las plántulas. La ubicación de la semilla debajo del fertilizante o a la par, a distancias de 2 o más cm no presentaron efectos negativos. Los resultados de este trabajo contribuyen con información útil para el diseño de sembradoras de soja que aplican el fertilizante en forma simultánea con la semilla.

Introducción

La soja (*Glycine max*) es el principal cultivo de la Argentina tanto por su volumen de producción como de exportación, lo cual genera uno de los más importantes ingresos de divisas al país.

La producción de soja en Argentina cubre una superficie que va desde Salta hasta La Pampa, pasando por diferentes tipos de suelos. La principal zona sojera de la Argentina es la que componen el sur de la provincia de Córdoba, el sur de Santa Fe y el norte de Buenos Aires.

El cultivo de esta especie presenta grandes requerimientos nutricionales, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). Una adecuada fertilización con P permite una satisfactoria nodulación, generando efectos variados sobre la producción final de granos. Estos se explican por la variación en los niveles nativos de P en el suelo en interacción con los modos de aplicación del fertilizante fosforado (Scheider y col, 1996).

En los últimos años se ha registrado un notable incremento en el uso de fertilizantes fosforados en el cultivo de soja. Esta tendencia posiblemente se fundamente en la obtención de respuestas económicamente positivas debido a la marcada disminución de la dotación de P de los suelos. Por otra parte, hay una mayor conciencia acerca de los efectos perjudiciales, en el mediano plazo, de sostener un balance negativo de nutrientes en los suelos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la soja es un cultivo proclive a sufrir efectos fitotóxicos por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra. Vivas y

Seffino (1997), Ferraris et al., (2004) y Ventimiglia et al, (2006) entre otros autores, han informado reducciones significativas en el número de plantas emergidas como resultado de la aplicación de dosis moderadas de fertilizantes en la cercanía de la semilla. (*Ojuez C. y col.)*

Varios factores inciden en la magnitud que pueden alcanzar estas pérdidas, a saber:

1. Posición del fertilizante: Vivas y Seffino (1999) determinaron pérdidas de hasta 67 % en el stand de plantas por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra, pero Ferraris et al. (2001) no observaron efectos fitotóxicos cuando los fertilizantes, aplicados con una doble cuchilla en posición recta, eran separados muy levemente de las semillas por la remoción que provocaba el doble disco plantador.
2. Humedad del suelo: Si la humedad del suelo es adecuada u ocurre una lluvia entre la siembra y la emergencia del cultivo disminuyen notablemente el efecto salino y/o la difusión de amoníaco de los fertilizantes, que son los procesos responsables de la muerte de plántulas. Por el contrario, condiciones de suelo seco favorecen la ocurrencia de estos fenómenos y la expresión de fitotoxicidad.
3. Propiedades del suelo: La textura y la capacidad buffer del suelo son otros factores influyentes: Cuando los fertilizantes incluyen al nitrógeno en su composición, los suelos arenosos, de baja capacidad de intercambio catiónico y provistos de macroporos que posibilitan una elevada difusión gaseosa están más expuestos a presentar efectos fitotóxicos
4. Distanciamiento entre hileras de siembra: la dosis de fertilizante que puede ser aplicada en forma segura en el surco de siembra decrece al incrementarse el

distanciamiento entre surcos y, por lo tanto, decrece el índice de utilización de la cama de siembra (IUCS).

IUCS: (Ancho del surco de siembra*100)/Espaciamiento entre hileras

5. Fuente fertilizante utilizada: Los fertilizantes varían en su potencial fitotóxico, de acuerdo con su índice salino, contenido y forma química de Nitrógeno y su capacidad para modificar el pH del suelo.
6. Vigor de la semilla: Semillas de bajo vigor, que inician lentamente el proceso de germinación, permanecen más tiempo en cercanías de los gránulos de fertilizante, donde la salinidad y la concentración de a amoníaco es más elevada.
7. Tolerancia del cultivo a implantar.

Pero los dos factores más importantes que inciden en el proceso de interferencia del fertilizante con la emergencia y desarrollo de las plántulas son:

I) El efecto salino que deriva en un stress hídrico debido a la competencia por el agua del suelo entre el fertilizante y la semilla.

II) En el caso de los fertilizantes amoniacales, la liberación de amoniaco a niveles tóxicos. Altos niveles de amoniaco disipan los gradientes de protones en las membranas celulares, alterando el metabolismo general de la planta.

Con respecto al efecto salino, el perjuicio del fertilizante puede deberse a una elevada concentración de sales en contacto con las semillas en germinación o con las raíces durante el crecimiento de la plántula. Esto puede provocar daños a las plántulas, produciéndose retrasos o fallos en la emergencia del cultivo.

El fertilizante salino se disocia al entrar en contacto con la solución del suelo. Todas las sales solubles, producen una disminución del potencial osmótico y, por consiguiente del potencial agua del suelo. Esto produce una restricción en la disponibilidad de agua para la plántula, que genera una deshidratación de sus tejidos (plasmólisis) y consecuente muerte. La capacidad para disminuir el potencial osmótico difiere entre los fertilizantes y es cuantificado mediante el ´´ índice salino´´. Los fertilizantes con menor índice salino producen menores daños a las plántulas en emergencia. En la tabla 1 se encuentran caracterizados los principales fertilizantes en relación al índice salino.

Tabla 1. Índice salino de los principales fertilizantes utilizados en el cultivo de soja

Fertilizante	**Índice salino**
Fertilizantes Nitrogenados	
Nitrato de amonio	105
Urea	75
UAN	74
Fertilizantes Fosforados	
Fosfato diamónico	34
Fosfato monoamónico	30
Superfosfato triple	10

Los fertilizantes y el cultivo de soja

En el mercado de fertilizantes es posible encontrar una gran diversidad de posible utilización en soja. Estas varían en cuanto a concentración de nutrientes y precio, pero también en su eficiencia y potencialidad para incrementar los rendimientos del cultivo. Un concepto que podría utilizarse a la hora de definir un fertilizante para soja, es contemplar la relación Fósforo (P)- Azufre (S) que este cultivo presenta en sus granos. De este modo, si la fertilización se realiza con un criterio de reposición, la aplicación de una dosis apropiada podría restituir de manera equivalente la extracción realizada para estos

nutrientes. Dicha relación, alcanza para la soja un rango de 2,7-3: 1 (kg de P_2O_5 : kg S) o 1,2-1,3:1 (kg de P : kg S).

La generación de una mayor rentabilidad en la producción de cultivos se basa en el aumento de los rendimientos que permiten incrementar los márgenes de ganancia y reducir los costos por tonelada de grano producida. En el caso de la soja, los rendimientos potenciales para las distintas zonas de producción y, por ende, a nivel país aún no han sido alcanzados. Si bien las técnicas de manejo han mejorado en los últimos años (variedades, fechas de siembra, control de malezas, cosecha, etc.), el uso de fertilizantes en este cultivo ha sido muy escaso, limitándose a aplicaciones de fertilizantes de arranque en el mejor de los casos.

Por otra parte, la expansión de la soja y la reducida aplicación de fertilizantes en el cultivo han generado balances negativos para los nutrientes del suelo. Estos desbalances nutricionales resultan en la degradación de la fertilidad de los suelos. Un ejemplo evidente lo constituye la zona centro-sur de Santa Fe donde el fuerte desarrollo del cultivo de soja, sumado a los efectos de la erosión, redujo drásticamente los contenidos de materia orgánica y fósforo disponible en los suelos. La degradación, resultante de la descapitalización de nutrientes en los suelos, afecta la productividad de la soja y de otros cultivos. En el corto plazo afectaría zonas con historia agrícola más prolongada, y en el mediano plazo las áreas de menor “agriculturización” y “sojización”. La fertilización en soja se plantea a partir de la necesidad de mejorar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, y los balances de nutrientes en los suelos para mantener y/o mejorar su capacidad de producción.

Una limitante en la utilización de fertilizantes en los sistemas productivos actuales es la modalidad de producción mediante contratos accidentales de corta duración. El 55 % de la superficie sembrada se desarrolla bajo esta modalidad y el 80% de esta superficie se siembra con soja.

En numerosos trabajos nacionales e internacionales se ha demostrado que los suelos van perdiendo sus características originales en la medida que son usados para la producción agropecuaria (Stevenson 1986; Campbell, 1991y 1996). En términos generales se ve, en diferentes ambientes templados productores de granos del mundo, que 80-100 años de uso agrícola con sistemas de laboreo convencional deterioraron cerca del 40-50% de las características químicas favorables de los suelos, medidas a través del más explicativo de sus componentes: La Materia Orgánica (MO).

La disminución de 35% de C, 43% de N, 40% de P extractable, y 42% de Azufre como sulfatos, reportados en 1996 y 1998 por Andriulo y Cordone en suelos representativos de explotaciones agropecuarias del área de Pergamino son índice de una situación que se repite con similar intensidad en toda la región pampeana. Este proceso se vio intensificado notablemente en el último cuarto de siglo junto a la intensificación de la producción agrícola y al desplazamiento de la ganadería a zonas marginales. (Galarza Carlos y Col, 2003)

El criterio de fertilización usado habitualmente, es el de maximizar los retornos económicos, pero no se consideraron los balances de nutrientes.

Desde el punto de vista económico la fertilización presenta altas eficiencias de conversión en grano cosechado.

En épocas de adecuadas relaciones de precios como la que está atravesando nuestra región debería pensarse en invertir en bienes perdurables como la fertilidad potencial de nuestros suelos. Hay que recordar que aproximadamente 10 kg de P/ha pueden elevar 1ppm los niveles de P extractable. Este es un nutriente no disponible en el país por lo que debe ser importado en su totalidad.

El fosfato diamónico y monoamónico explican entre el 60 y el 70 por ciento del uso de fosfatos.

Tabla 2: Producción y comercio de fertilizantes (miles de toneladas de productos) en el período 1998 a 2002 en Argentina.

	Ítem	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Importaciones	Urea	437	565	553	138	113
	DAP/MAP	569	740	631	574	522
	Otros	188	331	401	398	293
Producción	Urea, perlada	120	165	188	177	180
	Urea, granulada	-	-	-	534	925
	UAN	15	23	32	33	36
Exportaciones	Urea	1	1	2	249	507

En la Tabla 3 se indican los requerimientos nutricionales promedio para producir una tonelada de grano de soja, el índice de cosecha de los distintos nutrientes y, a modo de ejemplo, las necesidades totales y extracción en grano para un rendimiento de 4000 kg/ha. Los valores indicados en esta tabla son orientativos ya que se observa una marcada variabilidad en la información de las distintas referencias.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales e índice de cosecha de nutrientes en soja.

Nutriente	Requerimiento kg/ton grano	Índice de cosecha del nutriente	Rendimiento de 4000 kg/ha	
			Necesidad kg/ha	Extracción kg/ha
Nitrógeno	80	0.75	320	240
Fósforo	8	0.84	32	27
Potasio	33	0.59	132	78
Calcio	16	0.19	64	12
Magnesio	9	0.30	36	11
Azufre	7	0.67	28	19
	g/ton grano		g/ha	g/ha
Boro	25	0.31	100	31
Cloro	237	0.47	948	446
Cobre	25	0.53	100	053
Hierro	300	0.25	1200	300
Manganeso	150	0.33	600	198
Molibdeno	5	0.85	20	17
Zinc	60	0.70	240	168

En general, el cultivo de soja presenta requerimientos nutricionales por kg de grano producido e índices de cosecha de nutrientes mayores que los cereales. Por ejemplo, la soja exporta 80-85% y 55-60% del P y K que absorbe, mientras que trigo y maíz exportan 70-75% y 20-25% del K absorbido.

En cuanto a los nutrientes secundarios, la soja presenta requerimientos de S superiores a los de trigo y maíz, y para una eficiente fijación biológica de nitrógeno (FBN) requiere de micronutrientes tales como molibdeno (Mo), cobalto (Co), níquel (Ni), boro (B), hierro (Fe) y manganeso (Mn).

Las respuestas

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo, se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH; mientras que entre los del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento. El diagnostico de la fertilización fosfatada se basa en el análisis de muestras de suelo del horizonte superficial utilizando un extractante adaptado a los suelos del área en evaluación. En Argentina, en general, el extractante utilizado es Bray 1.

Por debajo de ciertos niveles críticos la soja responde significativamente a la fertilización con fósforo. Estos umbrales son menores respecto a otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. Esta diferencia ha sido atribuida, entre otras causas, a cambios generados en el ambiente rizosférico del cultivo y al alto costo energético de los granos de soja (aceite + proteína).

Melgar et al. (1997) encontraron un 70% de probabilidad de obtener respuestas de 300 kg/ha o superiores en suelos con menos de 9 ppm de P Bray y una probabilidad del 40% de obtener respuestas de 200 kg/ha o superiores en suelos con 9 a 14 ppm de P Bray. Los mayores rendimientos obtenidos en los últimos años han resultado en una mayor demanda de P con respuestas en rendimiento en suelos de mayor nivel de P disponible (10-12 ppm P Bray 1) (Parra, 1997; Avellaneda et al., 1999; Melgar y Lavandera, 1999; Sánchez y Lizondo, 1999; Scheiner et al., 1999; Vivas, 1999; Barbagelata et al., 2002; Díaz Zorita et al., 2002). La tabla 4 muestra la eficiencia de uso del P aplicado como

fertilizante en la región pampeana según el contenido de P Bray en el suelo.

Considerando una eficiencia de indiferencia de 11 kg de soja por kg de P aplicado, los suelos con niveles de P Bray menor de 12-13 ppm presentarían respuestas rentables a la fertilización fosfatada.

Tabla 4. Recomendaciones de fertilización con fósforo para el cultivo de soja según el contenido de P (Bray) en el suelo y el rendimiento esperado (Echeverría y Garcia, 1998).

Rendimiento	**Concentración de P Bray en el suelo (mg/kg)**				
	Menos 4	**4-6**	**6-8**	**8-11**	**11-16**
ton/ha	----------	----------	**kg P/ha**	----------	----------
2	19	14	12	10	
2.5	21	17	15	13	
3	24	20	17	16	11
3.5	27	22	20	18	14
4	29	25	23	21	16
4.5	32	28	25	24	19

Las fuentes de P solubles (fosfatos di y monoamónico, superfosfatos triple y simple y mezclas físicas o químicas) presentan similar proceder cuando son aplicados a dosis equivalentes de P. Las fuentes de P de baja solubilidad, como la roca fosfórica, requieren ser aplicadas con anticipación para permitir la liberación del P y son recomendadas para suelos de pH menor de 6.

En cuanto a la forma de aplicación de fertilizantes, se recomienda evitar la aplicación junto con la semilla dada la susceptibilidad de la soja y, en particular, de las bacterias de los inoculantes aplicados sobre la semilla a los efectos fitotóxicos generados por la disolución de los fertilizantes (salinidad, pH, amoníaco). Los fertilizantes deberían colocarse a unos 3-5 cm de la línea de siembra. Experiencias realizadas en los últimos años en Iowa (EE.UU.) y por el INTA Paraná en Entre Ríos, indican que la aplicación de fertilizantes fosfatados al voleo bajo siembra directa con una anticipación de al 60-80 días a la

siembra de la soja, puede resultar en respuestas similares a las obtenidas con aplicaciones en línea a la siembra. Para los suelos y condiciones de producción locales no se dispone de información consistente para definir la mejor manera de aplicar fertilización a la siembra.

Objetivos

General

"Evaluar el efecto de la fertilización localizada a la siembra sobre la germinación y el crecimiento de plántulas para contribuir al desarrollo de sistemas de siembra que mejoren la eficiencia de implantación del cultivo de soja."

Específicos

1. Evaluar el efecto de tres dosis de fosfato diamónico (0, 43.5 y 87 kg DAP/ha) y dos distanciamientos fertilizante-semilla (0 y 2 cm), aplicados a la par, sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de soja de dos lotes diferentes de la misma variedad
2. Evaluar el efecto de dos distancias (1 y 2 cm) y dos posiciones verticales de fosfato diamónico (superior e inferior), sobre la germinación y crecimiento de plántulas de soja.

Métodos y materiales

Fueron realizados dos ensayos en el Laboratorio de Semillas de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Pergamino, (norte de la Provincia de Bs. As., Argentina) (33º 34´ S y 60º 34´ O, y 66 metros sobre el nivel del mar).

Los experimentos se condujeron en condiciones de laboratorio. Las siembras de las semillas se efectuaron en bandejas de pvc y luego fueron incubadas en cámaras de temperatura y luz controladas.

Como sustrato se empleó suelo brunizen argiudol típico de la serie Pergamino, de un lote de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Pergamino.

El muestreo para la caracterización inicial de las propiedades físico-químicas del suelo se realizó un mes antes del inicio del experimento. Las evaluaciones fueron realizadas en el Laboratorio Regional de la EEA Pergamino. Se tomo una muestra a la cual se le determinó: carbono orgánico (C), pH actual, conductividad eléctrica (CE), nitrógeno total (N), fósforo extractable (Pe), azufre (S), sodio (Na) y capacidad de intercambio catiónico (CIC).(con los métodos indicados en el tabla 5b).

Tabla 5: Propiedades químicas del suelo, serie Pergamino, utilizado como sustrato en los ensayos de germinación y crecimiento de plántulas.

Propiedad	Valor	Interpretación
pH	5,76	Moderadamente ácido
CE	0,126	Baja
C	18,1	Moderadamente provisto
N	1,56	Moderadamente provisto
Pe	21,7	Bien provisto
S-SO4	1	Bajo
Na	0,1	
CIC	14,9	Moderada

Tabla 5b. Métodos empleados para realizar los análisis químicos del suelo utilizado en los ensayos.

Propiedad	Denominación	Método
pH	pH actual	Potenciométrico, Suelo/Agua 1:2,5
CE	Conductividad eléctrica del suelo	Potenciométrico, Suelo/Agua 1:2,5
C	Carbono orgánico	Combustión húmeda
N	Nitrógeno orgánico total	Cálculo
Pe	P extractable	pH< 7 Bray y Kurtz Nº1 pH > 7 Olsen
S-SO4	S de sulfatos	Turbidimétrico
T (CIC)	Capacidad intercambio catiónico	Saturación de amonio
Ca, Mg, Na, K	bases de cambio	Saturación de amonio

Las propiedades químicas del suelo lo describen como moderadamente acido, moderadamente provisto de carbono y nitrógeno; bien provisto de fosforo y con bajo contenido de azufre, sin sales (baja conductividad eléctrica), sin sodio y con una moderada capacidad de intercambio catiónico.

De las propiedades físicas del suelo se evaluaron la textura (tamaño de partícula por sedimentación, por el método de Robinson); la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento permanente (PMP), estas últimas mediante placa extractora de presión de 0,3 y 15 atmósferas respectivamente.

El suelo se puede caracterizar como franco limoso; (arena, limo, arcilla con 16,9; 59,1 y 24,0%). Con PMP y CC en 14,3 y 29,1 % de humedad de suelo respectivamente.

Ensayo 1

La variedad de soja utilizada en el ensayo fue Nidera 4613, con dos calidades diferentes, caracterizadas mediante pruebas de germinación y vigor por el método de conductividad

eléctrica. Éste método esta aprobado por ISTA (2007) para la especie arveja y aceptado para evaluar calidad de semillas de soja.

Tabla 6. Planilla de evaluación correspondiente al Test de conductividad eléctrica empleado para caracterizar el vigor de los lotes de semillas de soja, Nidera 4613, empleados en los ensayos.

Muestra	***Repetición***	***Peso*** ***g***	***Peso final*** **g**	***Cond solución*** ***µS.cm^{-1}***	***Cond Agua*** ***µS.cm^{-1}***	***Cond: Sol-Agua*** ***µS.cm^{-1}***	***Conductividad*** ***µS.cm^{-1}.g^{-1}***
Lote 1							
	1	7,010	7,010	234	1,5	232,5	33,17
	2	7,013	7,013	235	1,5	233,5	33,30
	3	6,980	6,980	236	1,5	234,5	33,60
	4	7,021	7,021	235	1,5	233,5	33,26
							33,33
Lote 2							
	1	7,470	7,470	196	1,4	194,6	26,05
	2	7,678	7,678	186	1,5	184,5	24,03
	3	7,550	7,550	176	1,4	174,6	23,13
	4	7,861	7,861	193	1,5	191,5	24,36
							24,39

µS.cm^{-1}.g^{-1}

< 25	Semilla apta para siembra temprana y condiciones desfavorables
25-29	Puede usarse para siembra temprana, pero presenta algún riesgo para condiciones adversas
30-43	No apta para siembras tempranas, especialmente en condiciones adversas
>43	No apta para siembras.

El lote de alto vigor (lote 1) presentó valores de conductividad de 24.39 *µS.cm^{-1}.g^{-1}* y 97% de poder germinativo, mientras que el lote de vigor medio, identificado como lote 2, tuvo una conductividad de 33,3 *µS.cm^{-1}.g^{-1}* y un poder germinativo de 89% (Tabla 6).

Las semillas de ambos lotes de la misma variedad, fueron contadas en número de diez por unidad experimental y pesadas antes de la siembra. Los pesos promedios de diez semillas fueron ±1445.89 y ±1472.68 mg para los lotes 1 y 2 respectivamente

El fertilizante utilizado fue fosfato diamónico (DAP) (18-46-00). Las dosis utilizadas fueron de 0, 9 y 18 mg/semilla, que representan dosis de 0,0 43,5 y 87,0 kg DAP/ha Respectivamente.

En cada bandeja se colocó 1400 gramos del sustrato, de los cuales se utilizaron 2/3 partes en el inferior de la bandeja y el restante 1/3 para realizar el tapado de la semilla con un contenido de humedad de 29%. Luego se ubicaron las semillas de manera equidistante, diez por cada bandeja. A continuación se colocó el fertilizante, al costado de las semillas, en las dosis y distancias correspondientes a cada tratamiento. Finalmente se las cubrió con el mismo sustrato hasta completar los 1400 gramos, y cada bandeja se introdujo en una bolsa transparente de polipropileno y se las llevo a cámara de condiciones controladas de temperatura (25°C) y luz (10 horas por día) (ISTA, 2007).
Cada día se sembró una repetición de cada tratamiento totalizando cinco días de siembra y cinco días de evaluación para el ensayo 1.

Luego de 7 días desde la siembra se evaluó y registró la cantidad de plántulas normales, anormales y muertas. A las plántulas normales se las separó en sus partes: raíz, hipocótilo, epicótilo y cotiledones y se evaluó el peso de la materia fresca (MF) y de la materia seca (MS). Esta última mediante secado en estufa a 70ºC, durante 24 horas y pesada posterior.

Ensayo 2

En el segundo ensayo se utilizó el lote de alto vigor del cultivar Nidera 4613, empleado en el ensayo anterior. La metodología y materiales de siembra y evaluación fueron las

mismas del ensayo 1. Sólo difirió la humedad del sustrato, que en este caso fue de 25% sobre base seca. Los tratamientos de este ensayo fueron las posiciones y las distancias, por ello la siembra se adaptó a esos requerimientos. El fertilizante se ubicó sobre y debajo de las semillas, a una distancia de 1 y 2 cm, según tratamiento, como se indica en el esquema que sigue (Figura N° 1).

En cada bandeja se utilizo 1400 gramos de sustrato dispuestos según el diseño de la figura Nº1.

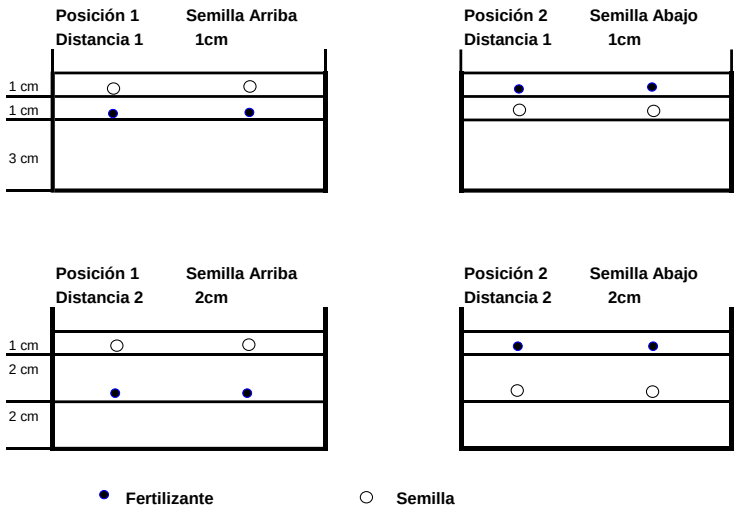

Figura N° 1: Esquema representativo de la ubicación de semilla y fertilizante en el sustrato de las bandejas correspondientes a cada tratamiento.

Diseño experimental y análisis de los datos

En ambos experimentos el diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados, con arreglo factorial de los tratamientos.

En el primer ensayo los factores probados fueron; por un lado el fertilizante (DAP), con tres niveles y por el otro las distancias entre semillas y fertilizante, con dos niveles; con un total de seis combinaciones de tratamientos. Se realizaron cinco repeticiones de 10 semillas por tratamiento.

En el segundo ensayo, los factores probados fueron dos; distancia y posición del fertilizante respecto a la semilla, ambos con dos niveles; con un total de cuatro combinaciones de tratamientos.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico INFOSTAT, con un nivel de probabilidad del 5% en todos los casos las medias de los distintos factores se compararon a través de la prueba de Tukey.

Resultados y discusiones

Ensayo 1.

Efecto del fertilizante sobre la germinación de las semillas y el crecimiento de plántulas.

En cuanto a la germinación de las semillas, se encontraron diferencias significativas, entre las distancias de 0 y 2 cm, en el número de plántulas normales, anormales y de semillas muertas (Tabla 7)

Tabla 7- Número de plántulas normales (N), anormales (A) y semillas muertas (M) para las distancias de 2 cm y 0 cm, evaluadas a los 7 días de la siembra. Los valores son promedio de 20 repeticiones de 10 semillas.

Distancia	**N**		**A**		**M**	
0 cm	1,97	a	2,6	a	5,37	a
2 cm	6,23	b	3,73	b	0,03	b
X	4,1		3,17		2,70	
C.V. %	*56,63*		*61,79*		*108,43*	

Dentro de cada columna, letras distintas representan diferencia significativa (tukey, $p<0.05$)

Tabla N°8 : Plántulas N (normales), A (anormales) y M (muertas) para el lote 1 y el lote 2 en la distancia de 2 cm. y las dosis de 0, 43.5 y 87 kg/ha. Media, coeficiente de variación y probabilidad de la interacción de lote por dosis. Los valores son promedio de 15 repeticiones para los lotes y de 10 repeticiones para las dosis

	N	A	M
Lote (L)			
Lote 1	5,40 b	4,53 a	0,07
Lote 2	7,07 a	2,93 b	0,00
Dosis (D)			
0 kg/ha	6,10 a	3,80 a	0,10
43,5 kg/ha	6,50 a	3,50 a	0,00
87 kg/ha	6,10 a	3,90 a	0,00
P (Int. D*L)	0,49	0,57	Xx
X	5,77	3,54	Xx
CV %	18,4	25,4	Xx

Dentro de columnas, letras diferentes significan diferencia significativa (P< 0.05).

Considerando la diferencia de calidad de los lotes de soja, se observa que el fertilizante DAP tuvo un efecto mayor sobre el lote 1 (menor calidad), reduciendo el número de plántulas normales y aumentando significativamente el número de plántulas anormales. No se hallo diferencia significativa para las diferentes dosis sobre las distintas calidades de semillas.

Esto puede deberse a que el fertilizante esta a una distancia prudente de la semilla y el aumento de su concentración no influye en el número de plántulas normales. Aunque se comienza a observar que si se sigue aumentando la dosis se podría reducir el stand de plántulas, como lo hallo Ventimiglia L. y Carta H. (2006). Tampoco se encontró una interacción significativa entre lote por dosis, lo cual indica que ambos factores se comportan de manera independiente.

Tabla 9. Materia fresca (MF) y Materia Seca (MS) de epicotilo, hipocótilo, raiz y cotiledon correspondientes a las plántulas normales, para los lotes de alto (2) y medio (1) vigor y las dosis de 0, 43.5 y 87 kg de DAP. Valores de media, coeficiente de variación y probabilidad de interacción dosis por lote.

	Epicotilo		Hipocotilo		Raíz		Cotiledón		Eje	
	MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF	MS	MF	MS
Lote										
Lote 1	71,12 a	5,42 b	424,04 a	25,49 a	324,72 a	18,38 a	582,07 a	55,19 a	819.88 b	49.29 b
Lote 2	68,96 a	8,54 a	421,52 a	25,79 a	348,08 a	19,29 a	579,95 a	50,98 b	838.56 a	53.62 a
Dosis (kg/ha)										
0	74,27 a	8,04 a	436,95 a	25,15 a	344,28 a	18,68 a	576,41 a	51,59 a	855.50a	51.87 a
43.5	69,80 a	8,77 a	417,54 a	26,38 a	325,95 a	18,79 a	582,79 a	53,74 a	813.29a	53.94 a
87	66,05 a	8,64 a	413,90a	25,40 a	338,98 a	19,03 a	583,84 a	53,92 a	818.93a	53.07 a
Int. L*D	0,91	0,70	0,62	0,39	0,69	0,54	0,70	0,64	0.45	0.43
Media	70,04	7,88	422,79	25,64	336,40	18,83	581,01	52,68	849.23	52.36
C.V. %	18,47	16,96	6,55	6,86	9,13	9,57	6,81	7,57	25.98	25.95

Dentro de columnas, letras diferentes significan diferencia significativa ($P < 0.05$).

La materia seca de los cotiledones muestra que cuando se utiliza un lote de semillas de mejor calidad (lote 2) se produce una mayor e importante movilización desde la estructura de almacenaje de la semilla como son los cotiledones, de esta manera la planta se convierte más rápidamente en autótrofa.

Otro factor que se observa es que las plántulas provenientes de semillas de mejor calidad al momento de la evaluación mostraban una mayor acumulación de MS y MF del Eje, esto hace referencia a que las plántulas se desarrollaran más rápido y el conjunto de sus estructuras lograran un mayor tamaño, que las de semillas de baja calidad.

Esto lleva a que cuando se utiliza semilla de buena calidad sus estructuras están en mejores condiciones para su desarrollo.

En la tabla 9 también se observa que las diferentes dosis no muestran diferencia significativa en la acumulación de materia de las estructuras de las plántulas ni en la movilización de las reservas desde los cotiledones según la dosis.

Se observan diferencias entre lotes pero la interacción lote*dosis es no significativa. La fertilización aplicada a la siembra no modificó el desarrollo de plántulas de soja cuando la distancia fue de 2 cm.

Ensayo 2

Germinación de las semillas

Las respuestas a la fertilización evaluadas por el número de plántulas normales y anormales presentaron interacción significativa entre los factores distancia y posición (Tabla 10).

Por esa razón se abrió la interacción y se analizaron para cada posición, las respuestas en las distancias de 1 y 2 cm (Tabla 11).

Tabla Nº 10. Plántulas Normales y Anormales según posición (posición 1:semilla arriba y posición 2 semilla abajo); y distancia (1 y 2 cm). Media, coeficiente de variación y probabilidad de la interacción de posición por distancia. Los valores son promedio de 20 repeticiones.

	Plántulas	
	Normales	**Anormales**
Posición 1	7.2 a	2.5 a
Posición 2	9.4 b	0.4 b
Distancia 1	7.1 b	2.5 a
Distancia 2	9.5 a	0.4 b
Posición*Distancia	*0.02*	*0.03*
Media	*83,5*	*14,5*
CV %	*13.47*	*88.59*

Tabla 11 .Plántulas normales y anormales para la posición arriba y abajo de la semilla en función de la distancia de 1cm y 2 cm y su coeficiente de variación.

	Plántulas	
	Normales	**Anormales**
Posición 1 Semilla arriba		
Distancia 1 cm	54 a	42 b
Distancia 2 cm	90 b	8 a
Posición 2 Semilla abajo		
Distancia 1 cm	88 a	8 a
Distancia 2 cm	100 a	0 a
CV %	13.47	88.59

La combinación más favorable para la siembra de soja queda demostrada en este ensayo que es la semilla debajo del fertilizante y a una distancia prudencial de 2 cm; queda en evidencia que bajo dicha ubicación la germinación es total y exitosa ya que se logran la mayor cantidad de plántulas normales, lo que nos estaría dando un buen comienzo para el desarrollo de un buen cultivo de soja. La semilla de soja bajo cualquier otra combinación de siembra de las ensayadas haría que la plántula se viera desfavorecida por la acción del fertilizante, que siempre sería de utilización en estadios más avanzados del crecimiento de la plántula (Tablas 11 y 12).

Tabla 12: Materia fresca (MF: mg) y Materia Seca (MS: mg) de epicotilo, hipocótilo, raiz, cotiledón y eje correspondientes a las plántulas normales, para las posiciones arriba y abajo de la semilla y para las distancias de 1 cm y 2 cm.. Valores de media, coeficiente de variación y probabilidad de interacción dosis/lote.

	Epicotilo		**Hipocotilo**		**Raíz**		**Cotiledón**		**Eje**		**MS**
	MF	**MS**	**MF**	**MS**	**MF**	**MS**	**MF**	**MS**	**MF**	**MS**	**Cot %**
Posición semilla											
Arriba 1	50 b	5.8 b	303 b	21.3 b	284 b	14.4 b	443 b	54 a	637 b	41.5 b	12.2 a
Abajo 2	79 a	8.7 a	405 a	24.3 a	388 a	18.2 a	508 a	44 b	872 a	51.2 a	8.8 b
Distancia (cm)											
1	56 b	5.8 b	341 a	21.0 b	319 b	14.0 b	470 a	51 a	716 b	40.8 b	11.0 a
2	73 a	8.8 a	368 a	24.0 a	353 a	19.0 a	481 a	48 a	794 a	51.8 a	10.0 a
Prob.interac.	*0.11*	*0.17*	*0.26*	*0.94*	*0.06*	*0.15*	*0.08*	*0.90*	*0,08*	*0,33*	*0,37*
C.V.%	*18*	*14*	*10*	*11*	*9.4*	*10*	*5.9*	*7.5*	*8.7*	*8.3*	*10*
Media	*64*	*7.3*	*354*	*22.7*	*336*	*16*	*475*	*49*	*747.2*	*46.3*	*10.5*

La semilla en la posición debajo del fertilizante ve favorecido el desarrollo de plántulas normales, como también un aumento en el peso de sus estructuras sea en MF o en MS (Tablas 11 y 12).

Esto evidenciaría un mayor número de plántulas normales y un mayor desarrollo de las estructuras de las plántulas; esta diferencia en la posición puede deberse a que la semilla estando sobre el fertilizante al crecer su radícula, está toma contacto con la zona donde se ubican las partículas de fertilizante hidrolizado, que generan un aumento del Ph y de salinidad generando daños que influyen a nivel de la plántula, reduciendo su desarrollo o afectando su germinación.

En cambio cuando la semilla esta debajo del fertilizante su germinación puede no tener efecto fitotoxico; ya que el aumento del Ph y salinidad se ve reducido por la acción diluyente del agua, ya que sin la intervención de ésta, la semilla no llegaría a ponerse en contacto con el fertilizante.

Se demuestra que cuando la semilla se encuentra debajo del fertilizante cualquiera sea su distancia a la semilla, la plántula logra un mayor desarrollo; se observa en el mayor peso en MF y MS de las estructuras de las plántulas.

Teniendo en cuenta la distancia a la semilla también se observa un incremento en el desarrollo de las estructuras de las plántulas cuando la distancia de la semilla y el fertilizante es de 2 cm sin importar la posición de la semilla; esto puede deberse a afección del fertilizante sobre la plántula de manera negativa, generando fitotoxicidad, por lo tanto reduciendo la actividad de multiplicación celular, o a un efecto osmótico , ya que el fertilizante absorbe agua para generar su hidrólisis y de esta manera retener la misma impidiendo que la semilla pueda embeberse y comenzar la germinación,

como lo demuestra Ventimiglia L, y col. (2006) o de manera positiva aumentado la multiplicación celular debido a un justo uso de de los componentes del fertilizante por la plántula.

La germinación de las semillas esta perjudicada cuando el fertilizante se encuentra a la distancia de un cm. Sin importar la posición de ésta respecto del fertilizante, generando una reducción en el Nº de plántulas normales, esta reducción se debe al efecto que produce la hidrólisis del fertilizante.

Conclusiones

Los principales resultados obtenidos con los materiales y los métodos empleados en este trabajo son:

- Cuando se aplica junto a la semilla (distancia 0 cm), la fertilización con DAP perjudica notablemente la germinación y se hace inviable.
- Cuando el fertilizante se aplica al costado o por arriba de la semilla, a 2 cm o más de distancia, no favorece la germinación ni la perjudica de manera significativa.
- Cuando el fertilizante se aplica a 1 cm o menos de la semilla, cualquiera sea su posición, se afectan de manera negativa la germinación, como también la acumulación de materia seca en el eje epicotilo-hipocótilo-raiz de la plántula en crecimiento.
- Las plántulas originadas de semillas ubicadas por debajo del fertilizante tienen un mayor incremento de peso y desarrollo en sus estructuras que cuando se ubican sobre el fertilizante.

Estos resultados inducen a concluir que, cuando el fosfato diamónico se aplica en la siembra junto a la semilla, este se debe ubicar al costado o por encima de la semilla, a distancias superiores a los dos centímetros.

Se deben evaluar los efectos del fertilizante sobre las semillas en suelos de diferentes propiedades físicas y químicas y con otros cultivares de la especie soja.

El conocimiento de estas relaciones entre la semilla y el fertilizante se debe aplicar al diseño de las sembradoras que realizan siembra y fertilización en forma simultánea. De esta manera se evitan los problemas de toxicidad y se favorece la disponibilidad del fertilizante para la plántula en etapas posteriores de su desarrollo, al comienzo de la implantación del cultivo.

Bibliografía consultada

- Avellaneda J., Agustín Avellaneda, L. Caballero y F. Garcia.1999. Ensayo de fertilización de soja Establecimiento “San Marcelo”, Teodelina (Santa Fe)-campaña 1998/99. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilización en Soja”. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Bs.As. 39 pág.

- Andriulo, A & G. Cordone. 1998. Impacto de labranzas y rotaciones sobre la materia orgánica de suelos de la región pampeana húmeda. En J.L. Panigatti (ed.). Siembra Directa. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación - INTA, 65 – 96 pág.

- Baigorri H. 1999. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilización de Soja”. INPOFOS Cono Sur.Acassuso, Bs. As. 39 pág.

- Barbagelata P., R. Melchiori y O: Paparotti. 2002. Phosphorus fertilización of soybeans in clay soils of Entre Rios privince. Better crops International, 16 (1):3-5.

- Berardo, A. 2003. Manejo del fosforo en los sistemas de producción pampeanos. En: Simposio “El Fosforo en la Agricultura Argentina”. pp 38-44. Inpofos Cono Sur, Rosario, Argentina.

- Berardo A. 2000. Dinámica del fosforo en el sistema suelo-planta: eficiencia, residualidad y manejo de la fertilización. INPOFOS. Jornada de actualización técnica para profesionales. Pág. 4-10.

- Boschetti G., Quintero C., Díaz-Zorita :,Barraco M. 2003. Determinación del fosforo disponible en el suelo por el método Bray . Actividad del Comité Química de la AACS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Nº 17.

- Campbell, C.A. 1991. Thirty- year crop rotation and management practices effects on soil and amino nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:739-745(1991)

- Campbell C.A et al. "Long term effects of tillage and crop rotation on soil organic C and Total N in clay soil in southwestern Saskatchewan. Canadian J. Of S. Sc. 76 Nº3-8-1996).

- Ciampitti Ignacio A. , Micucci Federico G., Fontanetto Hugo, Garcia Fernando O.2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: efectos tóxicos; Inpofos Informaciones Agronómicas Nº 31, Pág. 1-8.

- Ciampitti I. y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macro nutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosas e Industriales. Informaciones Agronómicas Nº 33. Archivo Agronómico Nº 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Bs. As..

- Díaz-Zorita M., F. García, y R. Melgar (coord.). 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pág.

- Ferraris, G., M. Ferrari y J. Ostojic. 2001. Fertilización fosforada en soja: fitotoxicidad en aplicaciones localizadas a la siembra y efectos sobre el rendimiento. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, VI (18):20-23.

- Ferraris, G., N. Gonzalez, D. Bocanegra y A. Rivoltella. 2004. Eficiencia y fitotoxicidad de fuentes de fertilizantes fosforados en soja. Soja, Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola. Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino y General Villegas:53-62.

- Ferraris, G. 2005. Fertilización del cultivo de Soja. Una revisión de las experiencias acumuladas en el Norte de Bs. As. Y Sur de Santa Fe. En: Soja. Resultados de Unidades Demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, año 2005. CERBAN. Área de Desarrollo EEA INTA Pergamino y General Villegas. pp 39-52.

- Ferris, G. 2008. Fertilización de la soja. Pp. 261-278. En : R. Melgar y M. Díaz-Zorita (eds.). Fertilización de cultivos y pasturas. 2ª edición ampliada y actualizada. 569 pp.

- Ferraris Gustavo y Couretot Lucrecia A.;2009. Fertilizaciones fosforadas en soja. Comparación de fuentes, dosis y formas de localización. Campaña 2008-09; Soja resultados de experiencias campaña 2009; pág. 395-398.

- Fontanetto, H, O. Keller, D. Giailevra, L. Belotti y C. Negro; 2008. Fertilización fosfatada del cultivo de soja en suelos de la región central de Santa Fe: respuesta física del cultivo, eficiencia de uso del P y niveles críticos en el suelo; Informaciones Agronómicas Nº 39, pág. 25-27.

- Fontanetto H. y O. Keller. 2005. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización en soja. A.A.P.R.E.SI.D. FERTILIDAD y FERTILIZACION en Siembra Directa: 58-79. Diciembre 2005.

- Fontanetto H. y O. Keller. 2006a. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización en soja. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea Nº 106: 45-79.

- Galarza Carlos Martin, j Vicente Jorge y Vallone Pedro Salvador.2003. Nuevas tendencias de fertilización de sistemas agrícolas: Balances de nutrientes y su impacto en los contenidos de Materia Orgánica.

- García Fernando O. 2005,Soja: Criterios para la fertilización del cultivo; Inpofos informaciones agronómicas Nº 27 Sep.pag.:1-6.

- García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. pp 40-43. En: Jornada de actualización técnica para profesionales " Fertilidad 2000", INPOFOS, Rosario.

- Gutiérrez Boem, F.; J. Scheiner, L. Martin y R. Lavado. 2002. Respuesta del cultivo de soja a la fertilización fosforada y nitrogenada XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 16-19.

- Melgar R. 1997. Soja. En Melgar R., Díaz-Zorita M. (Ed) Fertilización de cultivos y pasturas. Editorial Hemisferio Sur, Bs As. (Argentina). pp. 139-146.

- Melgar R., E. Frutos, Garetto y H. Vivas. 1995. El análisis de suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. 1 er. Congreso Nacional de Soja y 2ª Reunión Nacional de Oleaginosas. AIANBA. Pergamino. Tomo 1, pág. 167-174.

- Melgar R. y J. Lavandera. 1999. Respuesta de los ensayos de fertilización en soja. Campaña 1998/99. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización en Soja". INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Bs.As. 39 pág.

- Parra R. 1997. Fertilización fosfatada en el cultivo de soja y residualidad en una secuencia de cultivos en el norte santafecino. Pub. Misc: Nº 12. EEA INTA Reconquista. Santa Fe, Argentina.

- Sanchez H. y R. M. Lizondo. 1999. Respuesta de la fertilización fosfatada en el área de granos de la Provincia de Tucumán. Actas Mercosoja 99. CIASF-AÇIANBA. Rosario, Santa Fe, Argentina.

- Scheiner JD, Lavado RS, Álvarez R. 1996. Dificulties in recommending phosphorus fertilizers for soybeans in Argentina. Commum. Soil Sci. Plant Anal.27: 521-530.

- Scheiner J., F. Gutiérrez Boem y R. Lavado. 1999. Experiencias de fertilización de soja en el centro-norte de Bs. As.. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Bs. As. 39 pág.

- Stevenson, F.J. 1986. "Carbon Balance of the Soil and Role of Organic Matter in Soil Fertility" in Cycles of soil. Ed Wiley and Son 1986.

- Ventimiglia, L., H. Carta, B. Batista y L. Torrens. 2006. Fertilización en la línea de siembra de soja, efectos negativos y positivos para diferentes

nutrientes. En: Resúmenes de la jornada de Actualización Técnica "Nutrición en Soja". EEA INTA Pergamino, Octubre de 2006.

- Vivas, H.S. y F. Seffino. 1999. Toxicidad del Superfosfato Triple y del Fosfato Diamónico sobre la emergencia de plantas de Soja. Campaña 1996/97. En: Información técnica para productores 1997-98, pp. 182-184. Publicación miscelánea Nº 89. EEA Rafaela, INTA.

- Vivas H. 1999. Residualidad de la fertilización fosfatada y su influencia en la producción de soja en la rotación. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Bs. As. 39 pág.