



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y Veterinaria

*Trabajo final presentado para optar al
Título de grado de Ingeniero Agrónomo*

MODALIDAD: PROYECTO

**FÓSFORO DISPONIBLE EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL SUR DE
CÓRDOBA Y SUDESTE DE SAN LUIS Y SU RELACIÓN CON
NIVELES CRÍTICOS PARA LOS CULTIVOS DE SOJA-MAIZ**

Alumno: **Gastón Darío Pérez**

DNI.: 27. 337.129

Director: Ing. Agr. **Bongiovanni Marcos**

RIO CUARTO –CORDOBA

Marzo 2012

DEDICATORIA

La presente tesis y título se la dedico a mi familia. A mi mamá (clarita) por darme la oportunidad de poder estudiar y tener una formación tanto académica como personal. A mi tía Blanca por estar siempre. A mi abuela Angélica que siempre nos fomento el estudio, trabajo, honestidad para poder ser alguien en la vida. A mi padre y hermanos por el apoyo y la confianza. A mi compañera de vida Victoria que estamos juntos desde los momentos de estudiante compartiendo muchos momentos agradables y no tantos, pero siempre con su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Jorge Boehler por ser la primera persona que confió en mí, por darme la oportunidad de crecer en lo profesional, por brindarme su apoyo y conocimientos.

A Graciela por su apoyo, confianza y no dejar de decirme cuales eran mis obligaciones.

A David compañero de trabajo y amigo, por su constante apoyo, aguante y por estar en los momentos más complicados de mi vida.

A focseed sa (Germán, Santiago, Werner y Manuel) por darme la oportunidad de poder poner en práctica los conocimientos, poder trabajar libremente y hoy poder cumplir con algunas metas y sueños planteados.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	I
INDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCION	3
HIPOTESIS Y OBJETIVOS	8
MATERIALES Y METODOS	9
RESULTADO Y DISCUSION	12
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFIA CITADA	18
ANEXO	21

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Disponibilidad de fósforo (P) en suelos de la región pampeana argentina en 1980 y 1999 -----	6
FIGURA 2: Ubicación espacial de los departamentos de Córdoba y San Luis -----	9
FIGURA 3: Diagrama esquemático de la toma de muestras para análisis de fertilidad.-----	10
FIGURA 4: Niveles medios de fósforos disponibles por departamento.-----	12
FIGURA 5: Niveles críticos de P comparados con niveles de P real.-----	13
FIGURA 6: Distribución, ubicación y rango de niveles de fosforo disponible de los departamentos del sur de la provincia de Córdoba y San Luis. -----	14

RESUMEN

El trabajo consistió en un relevamiento del nivel de fósforo disponible (Pd) en suelos agrícolas del gran grupo de Haplustoles y Hapludoles ubicados al sur de Córdoba y Haplustoles y Ustisamentos en el Sudeste de San Luis. El objetivo fue evaluar la suficiencia de fósforo comparándolo con el nivel crítico que presentan estos suelos. El estudio se realizó en campos correspondientes a los departamentos Río Cuarto (RC), Juárez Celman (JC), Gral. Roca (GR), Sáenz Peña (SP) de la provincia de Córdoba y Gdor. Dupuy (GD) y Gral. Pedernera (GP) de la provincia de San Luís.

Los suelos fueron muestreados de octubre de 2009 hasta marzo de 2010, cada muestra estuvo compuesta de sub. muestras las cuales fueron sacadas a una profundidad de 0-20 cm. y se determinó (Pd) por Bray y Kurtz I. Al comparar los datos observados en suelos agrícolas de los cuatro departamentos de sur de Córdoba se observó que del total de las muestras un 55% se encontraban con niveles de Pd inferiores a 11 ppm. Los valores medios encontrados difirieron significativamente entre departamentos (10.69 ppm en RC, 10.4 ppm en JC, 9.06 ppm RSP y 19.3 ppm en GR). En los departamentos de San Luís los valores medios encontrados no difirieron significativamente entre ellos (GD 29 ppm y GP 30 ppm).

Si se consideran los niveles críticos de (Pd) para el cultivo de maíz vemos los departamentos de RC, JC presentan niveles medios muy por debajo de los niveles críticos citados, el departamento de RSP presenta niveles medios que estarían en el límite inferior del rango y los departamentos GR, GD y GP se encuentran con niveles medios superiores a los críticos citados.

PALABRAS CLAVE

Fósforo disponible, Nivel crítico, Córdoba, San Luís.

SUMMARY

The work consisted of a survey of the level of available phosphorus (Pd) in agricultural soils of the large group of Haplustoles and Hapludoles located to the South of Córdoba and Haplustoles and Ustisamentes in the southeast of St. Louis. The objective was to assess the sufficiency of phosphorus compared to the critical level with these soils. The study was carried out in appropriate fields departments fourth River (RC), Juarez Celman (JC), Gral. Rock (GR), Sáenz Peña (SP) in the province of Córdoba and Gdor. Dupuy (GD) and Gral. Pedernera (GP) in the province of San Luis.

The soils were sampled from October 2009 until March 2010, each sample consisted of sub. samples which were taken at a depth of 0-20 cm. and it was determined (Pd) by Bray and Kurtz I. To compare the data observed in agricultural soils of the four departments in South of Córdoba it was noted that 55% of total samples were with levels of less than 11 ppm Pd. Found media values differ significantly between departments (10.69 ppm in RC, 10.4 JC, 9.06 ppm ppm RSP and 19.3 ppm in GR). In the departments of San Luis found average values did not differ significantly between them (GD 29 ppm and 30 ppm GP). Considering l them critics (Pd) for the cultivation of maize see departments of RC, JC characteristic levels well below the above critical levels, the RSP Department presents levels means that would be in the limit inferior in rank and departments GR and GD, GP meet critics cited above average levels.

KEYWORDS

available phosphorus, critical level, Córdoba, San Luis.

INTRODUCCION

El fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. Se clasifica como nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. El fósforo se encuentra en todos los tejidos de las plantas en una concentración variable, su valor medio, expresado en P_2O_5 , puede situarse entre 0.5 y 1 % de materia seca. (IPNI, 2011).

Cuando el suplemento de P no es el adecuado se produce una acentuada reducción en el crecimiento y número de las hojas así como en el crecimiento de la raíz, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo en búsqueda de agua y nutrientes. Debido a que el P es fácilmente movilizado en la planta, cuando se producen deficiencias, este se trasloca pasando de los tejidos viejos a los tejidos meristemáticos activos por esta razón los síntomas aparecen en las hojas viejas de las plantas. Sin embargo estos síntomas rara vez se observan en el campo y la deficiencia de (P) generalmente se evidencia por pérdida apreciable de rendimiento (IPNI, 2011).

El P se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica (ligado a la materia orgánica), como inorgánica, que es la forma en que la absorben los cultivos. La solubilidad de estas formas, y por lo tanto su disponibilidad para las plantas está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas, las que a su vez afectan la productividad de los suelos. Las transformaciones del P entre las formas orgánicas e inorgánicas están estrechamente relacionadas, dado que el P inorgánico es una fuente para los microorganismos y las plantas, y el P orgánico al mineralizarse repone el fósforo de la solución (FAO, 2008).

Las plantas absorben el P casi exclusivamente en forma inorgánica, que está en la solución del suelo. De esta manera, el P inorgánico disuelto satisface la demanda de los cultivos por unas pocas horas durante el periodo de crecimiento. Por lo tanto, el fósforo deprimido en la solución debe ser repuesto constantemente a partir de formas fácilmente extraíbles, tanto orgánicas como inorgánicas (García, 2001).

El P orgánico representa una fracción importante oscilando entre 15 % y 80% del P total en el horizonte superficial, dependiendo del tipo de suelo y su composición (Halstead y Mckercher 1975). El P orgánico está compuesto, a su vez, por varias fracciones, desde las más lábiles hasta las más resistentes a la mineralización. No obstante el componente orgánico central del P es la masa microbiana (Stewart, 1987).

El fósforo de la biomasa microbiana muestra un patrón de variación estacional que aumenta gradualmente durante el invierno y comienza a disminuir a mediados de la primavera hasta alcanzar el valor más bajo en el verano. Esta variación puede atribuirse a una menor mineralización durante el invierno, debido a las bajas temperaturas del suelo. Por el contrario, en primavera las temperaturas más elevadas que favorecen la mineralización de esta fracción, ya que el contenido de agua no varió con respecto al periodo anterior. En el verano, el contenido de agua del suelo es inferior, lo que limita el crecimiento microbiano y produce mortandad de microorganismos. Estos cambios estacionales indican el almacenaje y liberación de P por parte de la biomasa microbiana que podrían afectar el P disponible. (Picot et al 2001)

El fósforo inorgánico desde el punto de vista edafológico se puede clasificar de acuerdo a su disponibilidad inmediata para las plantas en:

-Fósforo soluble: son fosfatos en la solución de suelo, aprovechables para la planta en forma inmediata. Las formas solubles de fósforo en el suelo son los fosfatos diácidos (H_2PO_4) y monoácidos (PO_4H). La concentración de los iones fosfatos en solución está relacionada con el pH de la misma. El ion H_2PO_4 es favorecido por los pH bajos, mientras que el ion PO_4H por los pH más altos (Sanzano, 2001). Su concentración es muy débil, constante, y permanece así aunque varíe la relación suelo agua. Para que los cultivos se abastezcan de forma conveniente es necesario que se produzca una renovación del P en solución.

-Fósforo intercambiable: Es también llamado P lábil o absorbido y su disponibilidad es más lenta que el anterior. Esta absorción depende del pH. Cuando es ácido aumentan las cargas positivas de los coloides y por ende, aumenta la absorción.

Representan del 15 al 30 % del fósforo inorgánico, lo que significa 800 a 2500 Kg. de P_2O_5 /Ha (Sanzano, 2001).

-Fósforo insoluble: Es el que está formando parte de los minerales primarios y secundarios, constituye la gran reserva de fósforo inorgánico en el suelo. La insolubilización se puede deber a la precipitación como fosfatos cálcicos en medios alcalinos, o como fosfatos de hierro y aluminio en medio ácido.

Una de las fuentes de fósforo como nutrimento para las plantas son los fertilizantes minerales y los fertilizantes orgánicos. Los fertilizantes minerales son compuestos inorgánicos de fósforo que se extraen de los grandes yacimientos de "roca fosfórica". Estos compuestos minerales, son tratados para hacerlos más solubles, para que de esta forma estén disponibles para las plantas y puedan ser utilizados por estas en la formación de tejidos y órganos vegetales. El fósforo orgánico del suelo puede asociarse a la materia orgánica del mismo (humus) o a los detritos orgánicos recientemente aportados y procedentes de las plantas o de los animales. Estas moléculas orgánicas

no pueden ser directamente utilizadas por las plantas y tienen que ser descompuestas por los microbios del suelo para que se liberen iones de fosfato inorgánico que puedan ser aprovechados por las raíces o que puedan intervenir en las mismas reacciones que otros iones de fosfato presentes en los fertilizantes.

El factor más importante que controla la disponibilidad de P para las plantas es la concentración en el suelo y la capacidad buffer del mismo. El control de la tasa de liberación del P y de la fijación de la solución del suelo, depende de la capacidad buffer. Mientras más capacidad buffer más rápido y en mayor cantidad es fijado, a esto hay que sumarle un aspecto importante relacionado al vegetal y su sistema radicular, dependiendo de cómo crecen las raíces y con que eficiencia toman el P (FAO, 2008).

Es importante destacar que para suelos de la pampa húmeda distintos ensayos realizados han determinado niveles críticos del nutriente en el suelo para un crecimiento sin limitaciones de los cultivos. Para maíz los niveles críticos citados se encuentran entre 14 y 20 ppm (Berardo et al. 2001, García et al. 1997, Ferrari et al. 2000) y para soja de 9 a 13 ppm (Echeverría y García 1998, Melgar et al 1995).

En base al modelo productivo de los últimos tiempos, vigente en el sur de Córdoba y sudeste de San Luí, los recursos de los suelos, principalmente en agricultura, se encuentran seriamente comprometidos lo que lo hace incompatible con una productividad sustentable en el mediano y largo plazo.

En función de la información obtenida sobre niveles de (Pd) citados por la bibliografía (Darwich, 1983, 1990) para la pampa húmeda y a la vista de los cambios de actividad productiva de los últimos años, surge esta investigación que tiene como objetivo realizar un relevamiento de los niveles de Pd actuales y relacionarlos con los niveles críticos en suelos agrícolas del sur de Córdoba y sudeste de San Luí para los principales cultivos.

Darwich (1983) realizó investigaciones sobre los niveles de (Pd) a la siembra y la respuesta a la fertilización fosfatada. En dicha investigación determinó umbrales críticos de P Bray 1 entre 10 y 12 ppm, respectivamente, por debajo de los cuales las respuestas a la fertilización eran significativas. Las respuestas obtenidas fueron de hasta 2000 kg/ha para lotes con baja disponibilidad de P con aplicaciones de 100-120 Kg./ha de fosfato diamónico. Estas respuestas se reducían a 500-600 Kg./ha si se producían déficit hídricos en el período crítico pre-floración a floración.

Disponibilidad de fósforo (P) en suelos de la región pampeana argentina en 1980 y 1999

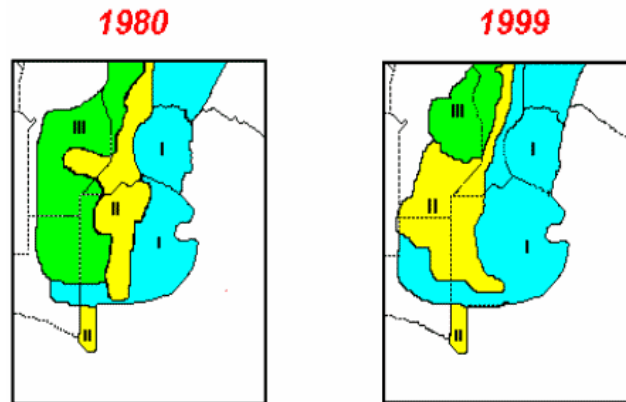


Figura N° 1: Rangos de concentración de P-Bray (Bray & Kurtz, 1945) en suelos de aptitud agrícola de la región Pampeana en 1980-1999, (García et al., 2007)

- I: Baja disponibilidad de fósforo (< 10 ppm)
- II: Disponibilidad media de fósforo (10-20ppm)
- III: Buena disponibilidad de fósforo (> 20 ppm)

Lovera (2008) realizaron un análisis descriptivo de la situación actual de los contenidos de materia orgánica (MO) y Pd de suelos agrícolas de la región central de Córdoba en base a resultados de análisis realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas (LASA) de la EEA INTA Manfredi. Las muestras corresponden a campos de productores de siete departamentos de la provincia de Córdoba, ingresadas en el laboratorio entre 2006 y 2007. En las muestras de suelo (0-20 cm) se determinó MO. (Walkley y Black) y Pd (Bray y Kurtz 1). Los resultados de MO se cotejaron con los valores reportados en las cartas de suelo para las distintas series representativas, considerados valores de referencia. Los niveles de Pd se compararon con el umbral crítico (18-20 ppm) para el manejo de la fertilización fosfórica en suelos de la región pampeana.

Echeverría y Ferrari (1993) señalan al sudeste bonaerense como una zona con alta probabilidad de respuesta al agregado de fertilizantes fosfatados. Si bien comienza a apreciarse el efecto residual de aplicaciones previas de P en los niveles de P Bray en algunas muestras de suelo, la situación más frecuente aún es la de bajo uso de este insumo. De hecho, los valores máximos indican el uso previo de fertilizantes fosfatados, y los valores mínimos señalan que aún algunos sistemas de producción se desarrollan sin el agregado de P. Para estos esquemas de producción, dado el adecuado aprovisionamiento de (N) debido a los elevados niveles de MO, es de esperar una

fuerte limitación al rendimiento por nivel insuficiente de P. También ocurre una exportación continua, aunque a baja tasa, de P del sistema (Darwich 1990; Mestelan et al 1998; García 2001).

El hecho de que estos datos se hayan generado en muestras remitidas para diagnóstico de fertilidad presupone la posibilidad de reversión de la conducta previa y la adopción de la práctica de fertilización hasta alcanzar un nivel óptimo, cercano a los 15-18 mg P kg⁻¹ para la mayoría de los cultivos extensivos conducidos bajo secano.

HIPOTESIS

Los niveles de fósforo disponibles para los cuatro departamentos de la provincia de Córdoba y para San Luis superan los niveles críticos.

Los niveles de fósforo disponibles dentro de los cuatro departamentos de la provincia de Córdoba no difieren significativamente.

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un relevamiento de los niveles actuales de fósforo disponibles en suelos agrícolas del Sur de Córdoba y Sudeste de San Luis.

OBJETIVO ESPECIFICOS

- Determinar los niveles de fósforo disponibles actuales y relacionarlos con los niveles críticos en suelos agrícolas del Sur de Córdoba y Sudeste de San Luis para los cultivos de maíz y soja.
- Elaborar un mapa que refleje los niveles de fósforo en los diferentes departamentos.
- Tener referencia de los niveles actuales de fósforo disponible de determinadas zonas y campos para poder compararlos con muestras a realizar en años futuros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en campos del sur de la provincia de Córdoba correspondientes a los departamentos: Río Cuarto (RC), Juárez Celman (JC), Gral. Roca (GR) y Roque Saenz Peña (SP) con suelos mayoritariamente Hapludoles típicos - Haplustoles énticos y típicos y Ustipsamment típico. En la provincia de San Luis las muestras corresponden a los departamentos del sueste: Gdor. Dupuy (GD) y Gral. Pedernera (GP), y con suelos mayoritariamente Hapludostoles típicos y Ustisamientos típicos.

El clima predominante de la región sur de Córdoba es templado, con régimen de precipitación monzónico. La precipitación media anual es de 864.25 mm, la temperatura media anual es de 14,94°C, con una temperatura media máxima en enero de 22°C y una temperatura media mínima en julio de 7,5°C (Seiler 2001). Para la provincia de San Luis el clima en general es continental seco con una temperatura media anual de 17 °C, media invernal de 8 °C y estival de 24 °C. Las lluvias disminuyen de este a oeste y se dan principalmente en verano, entre los meses de octubre y marzo. En invierno son casi nulas y pueden llegar a precipitar en forma de nieve a cualquier altura pero sobre todo en las sierras por encima de los 1000 msnm.

Las muestras fueron tomadas entre los meses de octubre de 2009 y marzo de 2010, el muestreo consistió en relevar los lotes de determinados campos para realizar análisis de fósforo. Se muestrearon dos, tres y hasta cuatro lotes de cada uno de ellos (provenientes de rastrojo de soja y de rastrojos de maíz). Los lotes seleccionados son de aproximadamente de 50 ha lo que permitió sacar unas 30 submuestras a una profundidad de 0.20 m. Para poder asegurar la representatividad del lote y así lograr tener un análisis confiable y con él poder diagnosticar correctamente los niveles de (P).

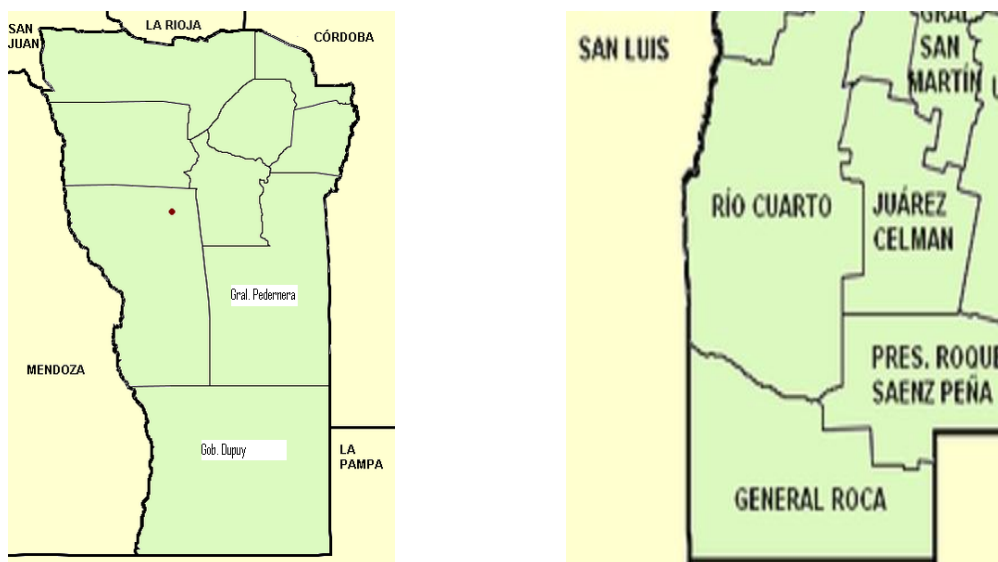


Figura N° 2: ubicación espacial de los departamentos de Córdoba y San Luis.

El tipo de muestreo se define como muestra compuesta ya que se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 Kg. de suelo. Esta técnica es una de las más usadas para la planificación de fertilización de suelos la cual recomienda la extracción de 15-20 submuestras por parcela de muestreo. En esta técnica se debe tener en cuenta que cada submuestra sea del mismo volumen que las demás y representar la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra (una misma profundidad).

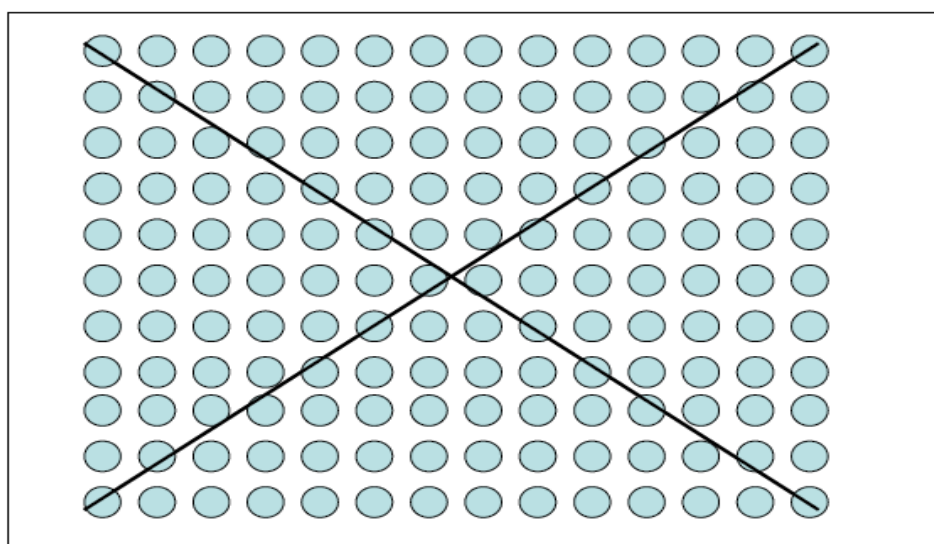


Figura 3: Diagrama esquemático de la toma de muestras para análisis de fertilidad.

Para realizar las muestras se utilizó un barreno recto de acero inoxidable de 1 m de largo por 25.4 mm de diámetro como así también bolsitas de polietileno para poner las muestras y submuestras con sus respectivos rótulos. Posteriormente se llevaron las muestras recolectadas al laboratorio donde se les determinó fósforo disponible (Pd) con el método de Bray y Kurtz 1 (Olsen y Sommers, 1982).

El método de Bray-Kurtz presenta como principal ventaja que es expeditivo, ya que arroja resultados que se encuentran en buena concordancia con la respuesta de los cultivos a la fertilización con fosfatos.

El análisis de los resultados se realizó por medio de un estudio descriptivo a través de gráficos de frecuencia y un análisis de varianza no paramétrica Kruscall Wallis, esta prueba no asume normalidad en los datos, en oposición al tradicional ANOVA. Sí asume, bajo la hipótesis nula, que los datos vienen de la misma distribución ya que los datos no se ajustaban a una

distribución normal. Los datos agrupados por departamentos se procesaron con el programa (Infostat, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSION

Al comparar los datos en suelos agrícolas del sur de Córdoba se observó que del total de muestras el 53.8 % tienen niveles de fósforo disponible inferiores a 11 ppm y dentro del 46.2 % restantes los valores son iguales y superiores a los críticos planteados. Para maíz los niveles críticos citados se encuentran entre 14 y 20 ppm (Berardo et al. 2001, García et al. 1997, Ferrari et al. 2000) y para soja de 9 a 13 ppm (Echeverría y García 1998, Melgar 1995)

Por otro lado si hablamos de los niveles de Pd en el sur de Córdoba los mismos difirieron significativamente entre departamentos siendo los valores medios encontrados de 11.3 ppm en RC, 9.5 ppm en JC, 14 ppm RSP y 18.4 ppm en GR. En los departamentos de San Luís los valores medios encontrados no difirieron significativamente entre ellos Gob. Dupuy 29 ppm y General Pedernera 30 ppm.(fig. 4)

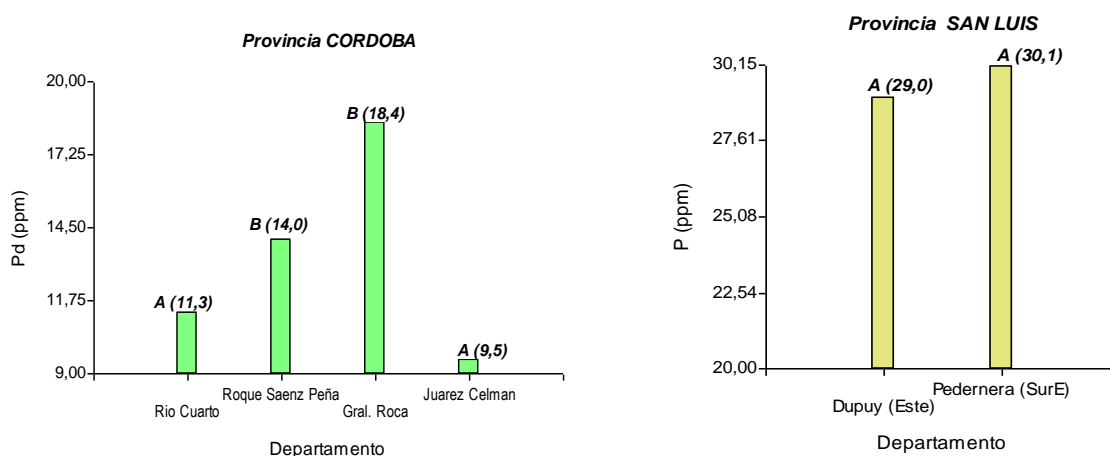


Figura N° 4: Niveles medios de fósforos disponibles por Departamento.

Luego se determinaron los niveles de Pd en lotes provenientes de soja-maíz y se los comparo con los niveles críticos, los cuales se encuentra para maíz en valores que van entre 14 y 20 ppm (Berardo et al., 2001, García et al., 1997, Ferrari et al., 2000) y para soja de 9 a 13 ppm (Echeverría y García, 1998, Melgar, 1995). Si se toman estos valores antes mencionados y se ven los resultados dentro de cada departamento se puede decir que: En el departamento RC los valores medios obtenidos en lotes provenientes del cultivo de maíz son de 10.64 ppm y del cultivo de soja de 11.22 ppm de Pd; que representan valores, en el caso del maíz y de la soja, inferiores a sus respectivos niveles críticos.

En el departamento JC el valor medio obtenido en lotes provenientes del cultivo de maíz es de 9.90 ppm y del cultivo de soja 10.13 ppm de Pd, siendo como en el caso anterior inferior al nivel crítico.

En el departamento RSP el valor medio obtenido en lotes provenientes del cultivo de maíz es de 11 ppm y del cultivo de soja 8.16 ppm de Pd, también son inferiores al nivel crítico.

En el departamento GR el valor medio obtenido en lotes provenientes del cultivo de maíz es de 19.5 ppm y del cultivo de soja 19.2 ppm de Pd, que superaron los valores críticos mínimos.

En SAN LUIS el valor obtenido en lotes provenientes del cultivo de maíz es de 29 ppm y del cultivo de soja 30 ppm de Pd, superando ampliamente los valores críticos.

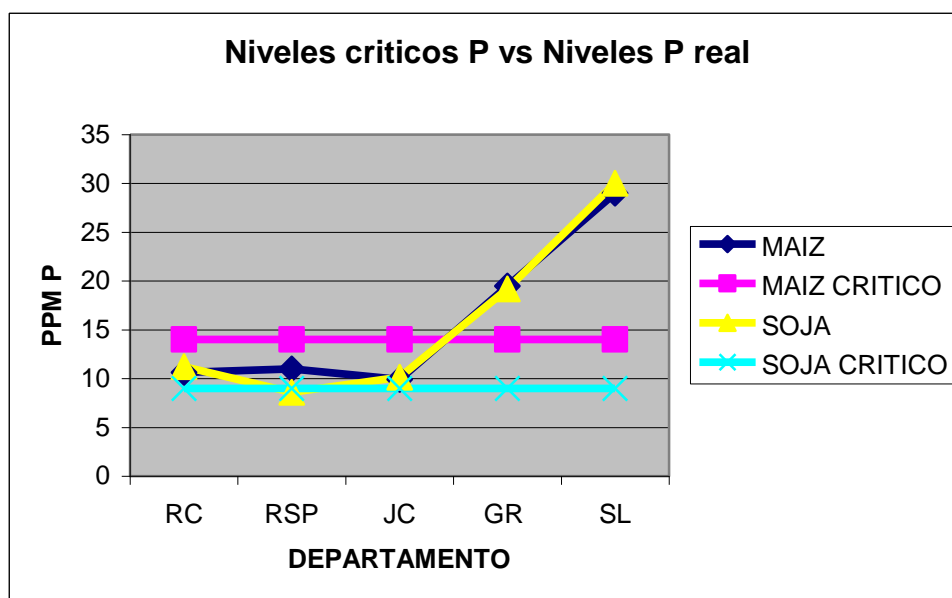


Figura N° 5: Niveles críticos de P comparados con niveles de P real.

En resumen se si consideran los niveles críticos citados por Berardo et al, (2001), García et al., (1997), Ferrari et al., (2000) entre 14 y 20 ppm para maíz tanto para los departamentos RC, RSP y JC se encuentra con niveles medios de Pd por debajo de los niveles críticos citados, mientras que los departamentos de GR y SL poseen niveles de Pd superiores a los críticos.

Cuando se comparan los niveles críticos de soja planteados de 9 a 13 ppm (Echeverría y García, 1998, Melgar et al., 1995) con los obtenidos en los departamentos de RC y JC poseen valores entre el límite inferior del rango, para el departamento de RSP el valor esta por debajo del crítico y para los departamentos de GR y SL se determinaron que están muy por encima del crítico.

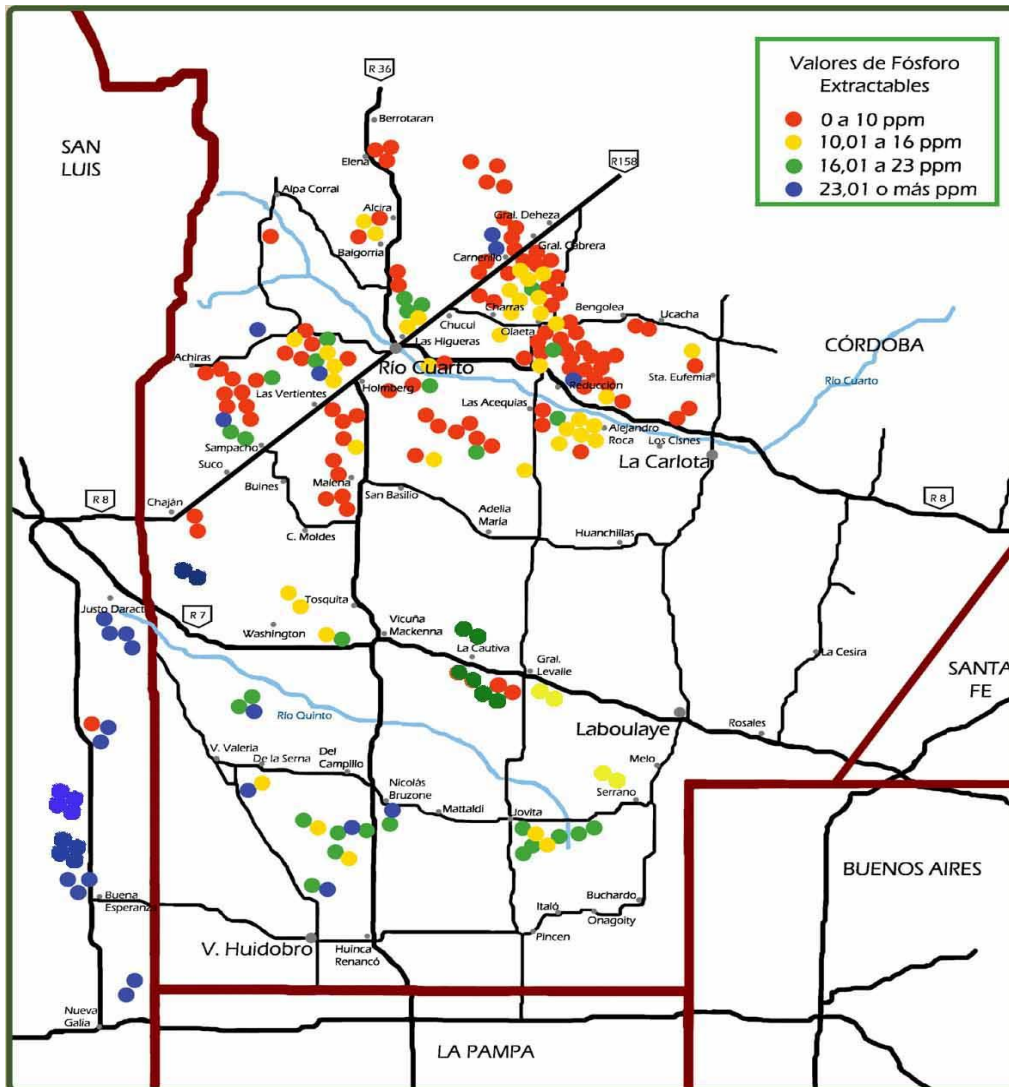


Figura 6: Distribución, ubicación y rango de niveles de fósforo disponible de los departamentos del sur de la provincia de Córdoba y San Luis. (Bongiovanni, 2010).

En los últimos años se ha producido una expansión de los sistemas productivos mayoritariamente agrícola en la región pampeana lo que llevo a cambios en los sistemas de labranzas como la siembra directa (SD), a la mayor utilización de insumos agropecuarios como así también a aumentar los rindes (García, 1998).

Con el relevamiento realizado con este trabajo y bajo el sistema de diagnostico de Pd se observan niveles promedios de Pd por debajo de los niveles críticos, lo que hace suponer una relación de esta disminución con la intensificación de los sistemas productivos. Esto ha llevado a una disminución generalizada de los niveles de Pd dado principalmente por una baja reposición de este nutriente en relación a lo exportado con las cosechas de forrajes y granos, ya que si se comparan los niveles críticos planteados con los resultados obtenidos se demuestra que los valores de suficiencia (20ppm) y de insuficiencia (10ppm) se desplazan con el correr de las campañas hacia los mínimos. Esta relación de intensificación agrícola y bajos niveles de Pd también se ve reflejado cuando uno compara los departamentos con más años de agricultura como JC y RC con otros con más historia ganadera y de reciente incorporación agrícola como son los departamentos GR, SP y sur de San Luís (Bongiovanni, 2010).

Es muy importante para todos los sistema realizar planteos de rotación de cultivos y de reposición de nutrientes ya que estamos aportando estabilidad, productividad y rentabilidad al sistema productivo y al recurso suelo propiamente dicho, (García, 2001). Esta rotación tiene una serie de ventajas agronómicas sobre la implementación de monocultivos y es evidente el aumento de los rendimientos de los cultivos intervinientes dado por las mejoras en las propiedades del suelo asociado a la dinámica de la MO como así también a mejoras físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Es recomendable realizar un buen diagnóstico para comparar la evolución de los niveles de P en los suelo ya que esta información es muy valiosa para lograr recomendaciones razonables sobre fertilización y utilización de dosis de nutrientes para la reposición en base a los niveles de extracción planteados para cada sistema productivo en particular y por zonas determinadas, (Ferrari, 2000).

Se tiene que tener en cuenta que cuando se aportan fertilizantes fosfatados al suelo las raíces toman parte del fósforo pero otra parte queda en el mismo con lo cual los muestreos de los diferentes lotes se tienen que realizar de forma adecuada y representativa para poder determinar el punto de partida para la decisión de cuanto, cómo y con qué fertilizar, ya que va a estar totalmente relacionado con los niveles críticos de otros nutrientes esenciales para las plantas y la estabilidad del sistema agrícola, (IPNI, 2011).

Cisneros (2008) determinó que en la región sur de Córdoba y sudeste de San Luís el aumento de la superficie agrícola sobre áreas históricamente ganaderas produjo un cambio considerable en el uso de la tierra. El avance de la agricultura se caracterizó por un creciente predominio de soja en reemplazo de otros cultivos como sorgo, maíz, girasol y maní, datos

primarios relevados para el sur de Córdoba por la encuesta Agropecuaria 2006/2007 indican que el cultivo de soja ocupa el 36 % de la superficie utilizada para agricultura, el maíz ocupa el segundo lugar con un 17 % de superficie cultivada y las pasturas perennes cultivadas ocupan un 14%. Estos valores de superficie sembrada con los diferentes cultivos se correlacionen con los valores obtenidos de Pd por debajo de los niveles críticos citados, dado por planteos de monocultivos y mala nutrición. Esto significa que el problema sigue avanzando con el correr de los años y que la solución a los mismos está relacionada a la concientización de los productores, aporte de las distintas entidades y personas relacionadas a la producción agropecuaria.

CONCLUSION

El fosforo es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas ya que lo necesitan para su crecimiento y desarrollo pero también podemos decir que no es abundante en los suelos de la región pampeana. Si partimos de esta importancia y analizamos los datos obtenidos para los departamentos en estudio tanto de la provincia de Córdoba como San Luis podemos estar mencionando que no todos se encuentran con valores que superan de los niveles medios críticos citados ya que los departamentos de RC, JC, RSP presentaron volares medios inferiores a los críticos siendo de suma importancia la concientización de los productores para la reposición de este elemento. Mientras que para el departamento GR y provincia de SL los valores medios se encuentran por encima del nivel crítico citados pero sin dejar de pensar que con el transcurso de las campañas podemos llegar a las situaciones de los departamentos antes mencionados.

Los niveles de fosforo disponible para los departamentos de Córdoba y San Luis no se encuentran en su totalidad superando los valores críticos citados y dentro de los 4 departamentos analizados de la provincia de Córdoba se encuentran diferencias significativas entre los mismos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

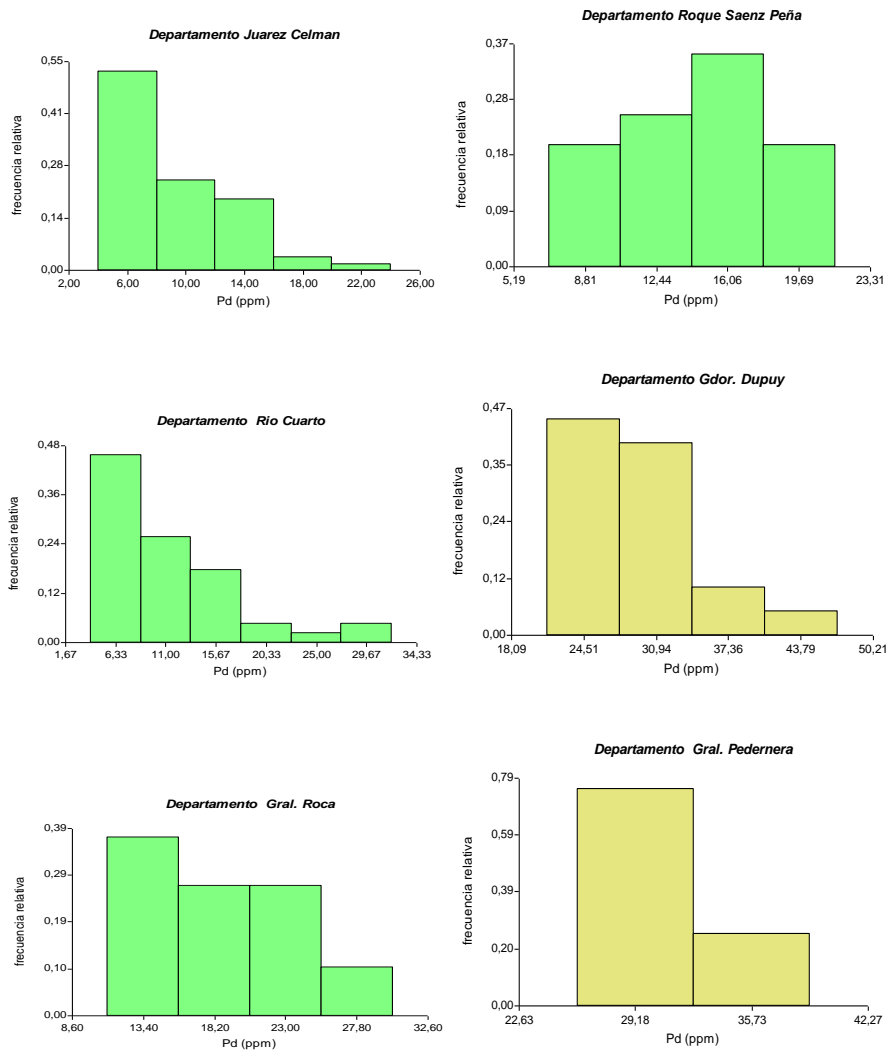
- Berardo A., S. Ehrh, F. Grattone & F. García. 2001. Corn yield response to phosphorus fertilization in the southeastern pampas. *Better crops international* 15 (1):3-5.
- Darwich N A. 1983. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. *IDIA N° 409-412:1-5*.
- Darwich N A. 1990. Fertilizantes: nuevo balance de requerimientos. En: Seminario Juicio a nuestra agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible. INTA, 14-15 noviembre de 1990. Editorial Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires, Argentina. 110.
- Bongiovanni M. D., R. Marzari y M. Ron (2010) Fósforo disponible en suelos agrícolas del sur de Córdoba y sudeste de San Luis. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas p 121.
- Echeverría H, Ferrari J 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico N° 112*. 18 p. INTA Balcarce.
- FAO, 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information. *Boletín 18*. Roma.
- Ferrari M., J. Ostojic, L. Ventimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M. Galetto & F. Rimatori. 2000. Fertilización de maíz: Buscando una mayor eficiencia en el manejo de nitrógeno y fósforo. Actas Jornadas de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". Rosario, 28 de Abril de 2000. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- García F. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la Región Pampeana. *Revista Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 9: 1-3. INPOFOS, Buenos Aires.
- García F., K. Fabrizzi, M. Ruffo & P. Scarabicchi. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. Actas VI Congreso Nacional de Maíz.

- Halstead R.L. y McKercher R.B. 1975. Biochemistry and cycling of phosphorus. *In*: E. A. Paul y A. D. Mc Laren (eds.). Soil Biochemistry, Vol 4, Marcel Deckker, New York, pp.31-63.
- InfoStat (2009). InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- IPNI (2011) la nutrición de cultivos integrada al sistema de producción. Centro de convenciones metropolitano-Rosario-Santa Fe-Argentina.
- Lovera E., C. Álvarez, M.V. Basanta, S. Salas (2008) Situación actual de los niveles de materia orgánica y fósforo en suelos de la región central de Córdoba Área Agronomía. EEA INTA Manfredi. Ruta 9, Km. 636. (5988) Manfredi, Córdoba.
- Melgar, R.; E. Frutos; M.L. Galetto & H. Vivas. 1995. El análisis de los suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. Compendio de trabajos presentados en 1er Congreso Nacional de Soja y 2da. Reunión Nacional de Oleaginosas. Pergamino, octubre de 1995. Tomo I. Pp. 167-174.
- Nelson, D. and Sommers, L. 1982 Total Carbon, Organic carbon and organic matter, en methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties, Agronomy monographs, no, 9, second edition, ASA.SSSA., pp 539-577.
- Olsen, S. and L. Sommers. 1982. Phosphorus. In Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Page, A.; Miller, R. and Keeney, D. (eds).
- Picot, L.I; Zamuner, E; Berardo, A. y Marino M.A 2001. Phosphorus transformations as affected by sampling date and fertilizer rate, and phosphorus uptake in soil under pasture. Aceptado para su publicación en *Nutrient Cycling Agroecosystems*.
- Sanzano, A. 2001. El Fosforo Del Suelo.
20http://www.edafo.com.ar/descargas/cartillas/fosforo%20del%20suelo.pdf
- Seiler, R.; R. Fabricius; V. Rotondo; y M. Vinocur.- 2001 - Material de apoyo a la meteorología agrícola. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Stewart, j.w.b 1987. Dynamics of soil organic phosphorus. Biogeochemistry 4:41-60.

- Vadas, PA, AP Mallarino, y A. McFarland. 2006. La importancia de la profundidad de muestreo cuando –reducción al mínimo de pérdida de fósforo en la agricultura-disponible en www.sera17.ext.vt.edu

ANEXO 1:

Frecuencia relativa de fósforo disponible (ppm) en suelos agrícolas de los departamentos del sur de la provincia de Córdoba: General Roca, Juárez Celman, Río Cuarto y Roque Sáenz Peña y de la provincia de San Luis



ANEXO 2:

Tabla de resultado de Pd de las distintas localidades y para los diferentes cultivos.

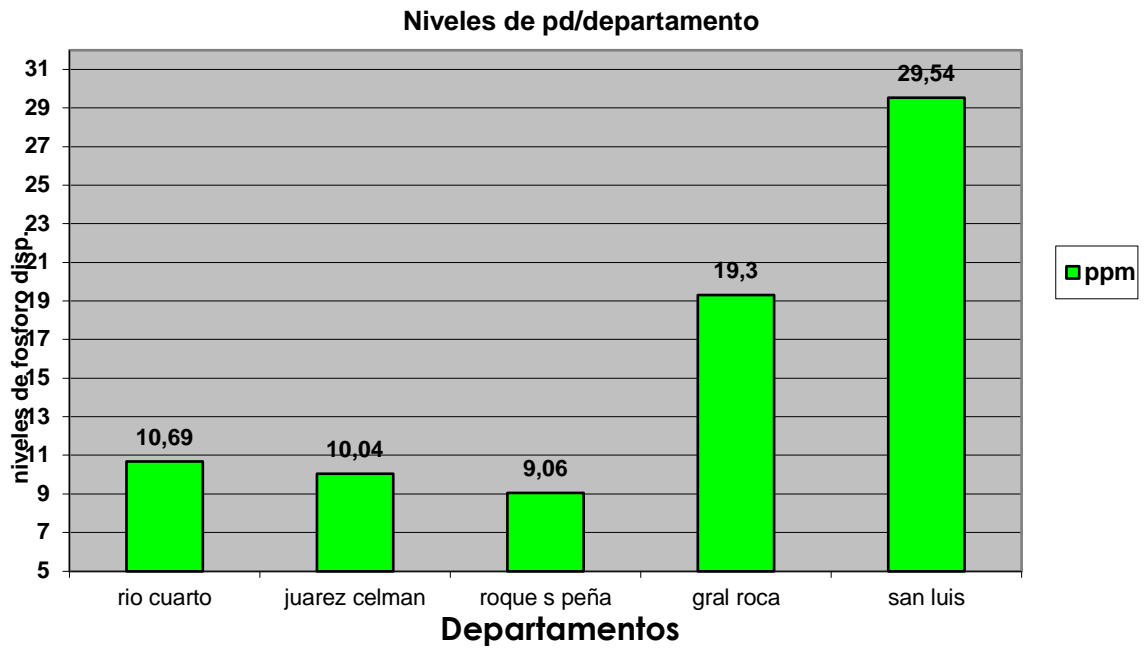
DATOS DE MUESTREO DE SUELO					
	CULTIVO	LATITUD	LONGITUD	P	
MACKENNA	SOJA	33°55'32.51" S	64°27'46.89" O	19,5	
	SOJA	33°55'22.85" S	64°27'47.20" O	15,3	
	SOJA	33,887231	64,108659	13,2	
LEVALLE	SOJA	33,886896	64,152151	7,9	
	SOJA	34° 4'40.69"S	63°56'6.06"O	7	
DEL CAMPILLO	SOJA	34° 4'5.91"S	63°57'25.03"O	7,1	
	SOJA	34°37'12.91"S	64°34'26.00"O	22	
	MAÍZ	34°37'13.09"S	64°33'44.37"O	24	
	MAÍZ	34°35'2.55"S	64°30'24.04"O	14	
	SOJA	34°34'33.75"S	64°31'50.69"O	22,5	
	MAÍZ	34°30'42.01"S	64°16'58.76"O	30,2	
	SOJA	34°31'5.89"S	64°17'1.19"O	22	
	SOJA	34°34'10.70"S	64°22'46.82"O	17	
	SOJA	34°34'10.55"S	64°23'35.93"O	24,5	
	MAÍZ	34°34'10.62"S	64°24'23.44"O	22,3	
B ESPERANZA	MAÍZ	34°32'41.43"S	64°37'25.02"O	13	
	MAÍZ	34°32'31.65"S	64°38'6.83"O	18	
	MAÍZ	34°25'51.41"S	64°43'34.45"O	15	
	SOJA	34°25'56.27"S	64°44'46.10"O	26,1	
	MAÍZ	34°44'33.03"S	65°16'26.34"O	34,5	
	MAÍZ	34°44'9.54"S	65°17'2.26"O	33	
	SOJA	34°44'21.57"S	65°15'26.97"O	27,5	
	SOJA	34°59'24.18"S	65° 8'58.07"O	26,1	
	MAÍZ	35° 0'32.16"S	65° 9'12.52"O	28	
	SOJA	34°18'4.49"S	65°17'18.34"O	27	
BAIGORRIA	MAÍZ	34°19'20.48"S	65°17'24.57"O	28,5	
	SOJA	32°58'38.43"S	64°20'59.99"W	10	
	MAÍZ	32°58'9.09"S	64°20'55.86"W	7,6	
OLAETA	MAÍZ	33° 6'19.29"S	63°52'10.46"O	5	
	SOJA	33° 7'2.50"S	63°50'51.41"O	11,5	
	SOJA	33° 1'28.79"S	63°52'30.06"W	10	
	SOJA	33° 2'16.13"S	63°53'34.51"W	14,2	
OLAETA	MAÍZ	33° 3'30.62"S	63°49'5.41"O	20	
	SOJA	33° 2'55.90"S	63°48'52.30"O	8	
	MAÍZ	32°58'0.24"S	63°54'11.92"O	11	
	SOJA	32°58'17.32"S	63°54'2.84"O	8,1	
	SOJA	33,040214	63,85839	9,55	
	SOJA	33,04442	63,858794	10,2	
	SOJA	33,067467	63,852499	5,4	
	MAÍZ	33,071385	63,853858	6,5	
	BENGOLEA	MAÍZ	33° 4'32.61"S	63°48'2.19"O	4,5
		SOJA	33° 4'10.48"S	63°47'25.65"O	6,6
MAÍZ		33° 4'8.01"S	63°48'23.01"O	4	
MAÍZ		33° 4'26.89"S	63°48'29.51"O	5	
MAÍZ		33° 0'25.34"S	63°48'25.65"O	15,5	
SOJA		33° 0'7.89"S	63°48'21.33"O	19,2	
MAÍZ		33° 3'34.20"S	63°48'2.66"O	7,5	

	MAÍZ	33° 3'42.86"S	63°48'2.82"O	8
	SOJA	33° 5'27.47"S	63°47'45.91"O	7,9
	MAÍZ	33° 5'7.14"S	63°48'11.71"O	24
	SOJA	33° 3'48.08"S	63°45'54.52"O	6,1
	SOJA	33° 3'44.01"S	63°45'31.90"O	8
	MAÍZ	33° 4'3.53"S	63°46'18.75"O	6
	MAÍZ	32°59'55.62"S	63°47'28.29"O	9,3
	SOJA	33° 0'1.19"S	63°47'13.64"O	9,7
	SOJA	33° 5'10.22"S	63°46'37.76"O	7,9
	MAÍZ	33° 5'23.80"S	63°46'8.80"O	5,2
	SOJA	33° 2'16.47"S	63°47'43.58"O	9,5
	SOJA	33° 2'3.52"S	63°47'59.39"O	5
UCACHA	SOJA	33° 8'42.09"S	63°27'28.24"W	6,6
	SOJA	33° 9'19.49"S	63°27'40.48"W	13,9
	SOJA	33° 2'0.08"S	63°32'37.15"O	7,5
	MAÍZ	33° 1'58.99"S	63°33'5.14"O	6
CHARRAS	MAÍZ	33° 0'9.07"S	63°58'0.29"O	14,5
	MAÍZ	32°59'43.91"S	63°58'14.32"O	14
	SOJA	33° 1'41.60"S	63°59'45.33"O	13,6
	SOJA	33° 3'41.56"S	64° 0'39.57"O	12
REDUCCIÓN	MAÍZ	33° 9'22.69"S	63°44'58.52"W	14,7
	SOJA	33° 9'38.40"S	63°44'22.19"W	9
LAS HIGUERAS	MAÍZ	33° 3'27.66"S	64°18'23.99"W	20,3
	MAÍZ	33° 3'9.10"S	64°18'26.55"W	17,8
	MAÍZ	33° 3'9.10"S	64°18'26.55"W	18,7
	MAÍZ	33° 4'23.22"S	64°16'30.07"W	13,2
	MAÍZ	33° 4'34.58"S	64°16'45.25"W	10,7
CHUCUL	SOJA	32°59'48.78"S	64° 7'54.75"W	5,6
	SOJA	32°59'43.61"S	64° 8'28.75"W	6
CARNERILLO	SOJA	32°55'31.27"S	64° 2'22.28"O	5
	MAÍZ	32°54'26.23"S	64° 0'3.51"O	9,3
	MAÍZ	32°55'5.45"S	64° 3'49.28"O	4,7
	SOJA	32°55'5.45"S	64° 3'49.28"O	9,5
	SOJA	32°52'25.10"S	64° 3'18.04"O	24,3
	SOJA	32°52'38.35"S	64° 3'21.13"O	29,2
	MAÍZ	32°57'51.35"S	63°55'35.01"O	12
	SOJA	32°57'49.42"S	63°54'59.69"O	14,5
ALEJANDRO	SOJA	33°14'14.20"S	63°34'23.85"O	7
	MAÍZ	33°14'38.53"S	63°34'37.45"O	7
ALEJANDRO ROCA	MAÍZ	33°19'23.53"S	63°50'53.46"O	16
	SOJA	33°20'39.26"S	63°50'42.56"O	13
	MAÍZ	33°21'9.38"S	63°50'33.42"O	10
	SOJA	33°21'6.13"S	63°50'13.82"O	15
	SOJA	33°16'28.61"S	63°47'35.60"W	13
	MAÍZ	33°16'47.20"S	63°47'22.50"W	12
ACEQUIAS	SOJA	33°17'20.86"S	63°57'45.66"O	6,5
	MAÍZ	33°17'38.92"S	63°57'45.86"O	5,7
	SOJA	33°18'32.34"S	63°54'48.93"O	18,5
	MAÍZ	33°19'24.38"S	63°54'54.14"O	12,1
	SOJA	33.399408°	63.968589°	11,5
LA BRIANZA	SOJA	33°20'35.66"S	64° 7'30.10"O	7,7
	SOJA	33°20'54.97"S	64° 6'28.07"O	6,2

	SOJA	33°20'59.08"S	64° 6'47.64"O	18
	SOJA	33°18'59.65"S	64° 8'21.74"O	7,7
	MAÍZ	33°19'0.84"S	64° 8'53.73"O	9
LA GILDA	SOJA	33°11'30.43"S	64°16'2.21"O	16,2
	MAÍZ	33°11'28.02"S	64°16'45.86"O	9,1
	SOJA	33°15'32.94"S	64°14'5.02"O	8,5
	MAÍZ	33,25547	64,239578	5,5
RIO CUARTO	MAÍZ	33° 8'22.95"S	64°14'7.06"W	8
	SOJA	33° 8'22.22"S	64°15'2.09"W	16
	MAÍZ	33°12'14.61"S	64°21'11.94"O	9,2
LAS PEÑAS	s-m	32,602709	64,116708	5
		32,593481	64,136468	5,5
		32,571493	64,131803	5,5
		32,562427	64,184146	6
SAN BASILIO	SOJA	33°22'49.10"S	64°18'7.24"O	9,9
	SOJA	33°23'21.05"S	64°17'25.74"O	10,5
CUATRO VIENTOS	MAÍZ	33° 4'22.39"S	64°30'29.96"O	8
	SOJA	33° 4'22.07"S	64°30'47.42"O	12,5
	SOJA	33° 4'58.23"S	64°29'9.22"O	16,9
	MAÍZ	33° 5'22.05"S	64°30'31.67"O	7
	MAÍZ	33° 3'43.44"S	64°41'30.33"O	26,4
HOLMBERG	MAÍZ	33° 9'13.39"S	64°31'38.87"W	12
	SOJA	33° 8'51.76"S	64°31'29.78"W	17,8
	MAÍZ	33° 6'56.38"S	64°34'16.46"O	8,5
	SOJA	33° 6'29.79"S	64°34'46.04"O	5,7
	MAÍZ	33° 9'43.62"S	64°28'42.45"W	13,5
	SOJA	33° 9'18.26"S	64°28'23.54"W	10
	MAÍZ	33°11'29.01"S	64°31'4.09"O	14
	SOJA	33°11'25.77"S	64°31'19.51"O	28
LAS VERTIENTES	MAÍZ	33°17'19.35"S	64°33'27.55"O	5,9
LAS ENSENADAS	MAÍZ	33°24'7.37"S	64°27'6.64"O	8
	SOJA	33°24'57.14"S	64°26'6.00"O	12,4
	SOJA	33°20'47.85"S	64°29'28.91"O	9,1
	MAÍZ	33°20'52.44"S	64°30'11.17"O	5,5
MOLDES	MAÍZ	33°34'44.67"S	64°27'13.35"W	6,5
	SOJA	33°34'22.08"S	64°28'1.83"W	5,7
	SOJA	33°34'22.14"S	64°28'27.81"W	5,1
MOLDES	SOJA	33,832106	64,606378	14
	MAÍZ	33,799602	64,641918	14,3
MALENA	MAÍZ	33°28'38.28"S	64°27'38.53"W	8
	SOJA	33°27'53.97"S	64°27'44.60"W	7,1
J DARACK	SOJA	33°55'44.00"S	65° 9'30.05"O	29,6
	SOJA	33°56'13.91"S	65° 9'27.10"O	39
	SOJA	33°55'16.03"S	65°12'10.39"O	25,9
	SOJA	33°54'45.40"S	65°12'19.14"O	25,9
JOVITA	SOJA	34°31'0.85"S	63°52'46.78"O	16,1
	SOJA	34°31'8.50"S	63°52'25.36"O	11,7
	SOJA	34°31'36.53"S	63°52'40.46"O	22
	SOJA	34°31'29.42"S	63°52'23.92"O	17,2
	SOJA	34°31'36.87"S	63°51'54.57"O	16
	SOJA	34°31'25.93"S	63°51'48.07"O	18,3
	SOJA	34°30'58.81"S	63°50'49.61"O	19,5

	SOJA	34°30'58.77"S	63°50'16.55"O	14
levalle	SOJA	33.619328°	64.969781°	9,5
	SOJA	33.619328°	64.969781°	7
SAMPACHO	SOJA	33.345619°	64.807806°	17,5
	SOJA	33.338569°	64.816911°	17,5
	SOJA	33,190852	64,877073	6,5
	SOJA	33,190852	64,877073	5,75
	MAÍZ	33,198289	64,841717	6,6
	SOJA	33,242567	64,825413	7,7
	MAÍZ	33,244292	64,806918	7,35
	SOJA	33,250074	64,822788	4,65
	MAÍZ	33,250305	64,807111	4
	SOJA	33,26482	64,796994	6,5
	MAÍZ	33,264151	64,828352	30,6
	SOJA	33,198062	64,7668	17,9
	MAÍZ	33,205118	64,779855	9,1
LAS TAPIAS	MAÍZ	32°48'9.25"S	64°42'23.86"O	4,5
CABRERA	MAÍZ	32,744902	63,957038	8
	SOJA	32,754908	63,949677	8,95
	MAÍZ	32,823671	63,915269	7,8
	SOJA	32,816658	63,91117	4,5
	SOJA	32,896368	63,874156	6,4
	SOJA	32,883217	63,876427	6,25
	SOJA	32,887586	63,877747	7,3
ELENA	SOJA	32,5556	64,396583	5,8
	MAÍZ	32,553427	64,397165	6,9
	SOJA	32,553348	64,40302	6,15
VILLA SARMIENTO	SOJA	34,104043	64,817196	9,85
	MAÍZ	34,104043	64,817196	11

ANEXO 3:



ANEXO 4:

Resultado de la prueba de Kruskal Wallis para los distintos departamentos.

Provincia	Variable	Departamento	N	Medias	D.E.
Medianas		H	p		
CORDOBA	P (ppm)	Gral. Roca	30	18,46	5,26
	17,60	48,52	<0,0001		
CORDOBA	P (ppm)	Juarez Celman	59	9,51	4,22
	8,00				
CORDOBA	P (ppm)	Rio Cuarto	86	11,29	6,44
	9,15				
CORDOBA	P (ppm)	Roque Saenz Peña	20	14,03	3,98
	14,65				

Trat.	Ranks	
Juarez Celman	74,81	A
Rio Cuarto	87,51	A
Roque Saenz Peña	125,90	B
Gral. Roca	155,08	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Provincia	Variable	Departamento	N	Medias	D.E.
Medianas		H	p		
SAN LUIS	P (ppm)	Gdor. Dupuy	20	29,05	5,70
	28,00	0,05	0,8162		
SAN LUIS	P (ppm)	Gral. Pedernera	4	30,10	6,18
				27,75	