

**DINÁMICA DE FÓSFORO BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO
DE SUELO**

LAURA RAQUEL QUIÑÓNEZ VERA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de *Magíster Scientiae* en Ciencia del Suelo y Ordenamiento Territorial. Programa de Postgrado fortalecido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Dirección de Postgrado
San Lorenzo, Paraguay
2019

**DINÁMICA DE FÓSFORO BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO
DE SUELO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN DE
PLANTAS

LAURA RAQUEL QUIÑÓNEZ VERA

Comité Asesor de Tesis

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Jimmy Walter Rasche Álvarez
Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Diego Augusto Fatecha Fois
Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Carlos Andrés Leguizamón Rojas

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Dirección de Postgrado
San Lorenzo, Paraguay

2019

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Dirección de Postgrado

**DINÁMICA DE FÓSFORO BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO
DE SUELO**

Esta tesis fue aprobada por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Ciencia del Suelo y Ordenamiento Territorial Programa de postgrado fortalecido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA

Autora: Laura Raquel Quiñónez Vera

Miembros del Comité Asesor de Tesis y Mesa Examinadora

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Jimmy Walter Rasche Álvarez

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Diego Augusto Fatecha Fois

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr) Carlos Andrés Leguizamón Rojas

Prof. Ing. Agr. (M.Sc) Gustavo Adolfo Rolon Paredes

San Lorenzo, 25 de junio de 2019

DEDICATORIA

A mis padres Rubén (+) y Constanca (+), por el ejemplo de vida y mis ángeles
quienes siempre serán mi fuente de inspiración

A mis hermanos Rolando, Arturo y Rossana, por apoyarme en cada conquista

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María que me dieron la fortaleza y perseverancia para culminar mis estudios.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Álvarez, por la orientación, paciencia y comprensión en el trabajo de tesis, además por la confianza, el ejemplo a la dedicación y compromiso en la investigación científica.

A los profesores Ing. Agr. (Dr.) Diego Augusto Fatecha Fois y al Ing. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas por los buenos consejos, motivación y sugerencias para el desarrollo del trabajo.

Al profesor Ing. Agr. (M.Sc) Gustavo Adolfo Rolon Paredes por la disponibilidad en contribuir con calidad en la evaluación del trabajo y por la transferencia de optimismo.

Al Área Suelos y Ordenamiento Territorial por la oportunidad brindada para el curso de maestría, al plantel docente por las enseñanzas, por todo el respeto y la disponibilidad de siempre.

Al equipo de trabajo del laboratorio y plantel administrativo del Área Suelos y Ordenamiento Territorial por la ayuda y la buena predisposición de siempre.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT por la beca otorgada dentro del Programa de Apoyo a la Formación de Docentes Investigadores.

A la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas - CAPECO, al Centro de Investigación del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria – IPTA de choré y Capitán Miranda que, por intermedio del Ing. Agr. Martín Cubilla, el Ing. Agr. Daniel Cosme y a la Ing. Agr. Alodia González pude acceder a las instalaciones de los experimentos para la colecta de muestras de suelo.

A mis hermanos Rossana, Rolando y Arturo, a mi cuñado Pedro y a mis sobrinos Santiago y Fernando por el apoyo de siempre en cada desafío y el incentivo de seguir en búsqueda, a veces esperar, pero nunca desistir.

A la familia Lezcano-Castillo por la hospitalidad, buena predisposición, comprensión y apoyo incondicional en el caminar de esta etapa de mi vida. A mis tíos Felicia, Feliciano y Gabriel y a mi tía abuela Higinia por todo el apoyo de siempre.

A Lorenza, Laura, Luz, Pedro amigos incondicionales y apoyo en todo momento.

A todos mis compañeros y compañeras por el tiempo y las experiencias compartidas durante el curso y por la amistad formada

A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron e hicieron posible la realización y conclusión de este trabajo.

DINÁMICA DE FÓSFORO BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SUELO

Autora: LAURA RAQUEL QUIÑÓNEZ VERA
Orientador: Prof. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ÁLVAREZ
Co-Orientador: Prof. (Dr.) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS
Co-Orientador: Prof. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS

RESUMEN

La baja disponibilidad de fósforo (P) en el suelo está relacionada principalmente a los procesos de fijación, por la alta presencia de óxidos de hierro y aluminio, predominantes en los suelos de la Región Oriental. El objetivo del trabajo fue evaluar la dinámica de fósforo bajo diferentes sistemas de manejo de suelo. Fueron colectadas muestras de suelo de la camada de 0-5 y 5-10 cm de los distritos de San Joaquín y Choré; y 0-5, 5-10, y 10-20 cm de Capitán Miranda, siendo estos experimentos manejados en sistema conservacionista (dos años); siembra directa y convencional con sucesiones de cultivos y fertilización fosfatada (dieciocho años); y siembra directa, labranza mínima y convencional con sucesiones y rotaciones de cultivos (veintisiete años), respectivamente. Los análisis químicos fueron realizados en el Área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar y los tratamientos dispuestos en un arreglo factorial con 96, 144 y 72 unidades experimentales. Como cultivos principales se utilizaron soja, maíz, trigo, sésamo y algodón, en cuanto, a las plantas de cobertura fueron avena negra, arveja forrajera, nabo forrajero, crotalaria, milheto, *Brachiaria ruziziensis*, *Cajanus cajan*, acevén y vicia, siendo algunos tratamientos con barbecho. Fue realizado el fraccionamiento de fósforo con resina, NaHCO_3 0,5 mol L⁻¹; NaOH 0,1 mol L⁻¹; HCl 1 mol L⁻¹; NaOH 0,5 mol L⁻¹ y $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$, y posteriormente las fracciones de P fueron agrupadas en P lábil, moderadamente lábil y no lábil. En el local San Joaquín las rotaciones de cultivos no afectaron las fracciones de P en el suelo, sin embargo, el P lábil fue mayormente acumulado en la camada superficial (40,9 mg dm⁻¹). En el local Choré las sucesiones de cultivos, labranza de suelo y la fertilización fosfatada no influenciaron en las fracciones de P a excepción del P residual relacionado principalmente al P no lábil y, en el local Itapúa, las mayores acumulaciones de P fueron en labranza mínima y siembra directa comparativamente cuando el suelo fue removido, no así por efecto del uso de plantas de cobertura. Las rotaciones de cultivos no influyen en la recuperación de P a corto plazo. En el largo plazo las sucesiones de cultivos empobrecen los niveles de P en el suelo; la aplicación de bajas dosis de P no aumenta los tenores de P, pero la preparación del suelo sí influye potencialmente en el contenido de P en el suelo.

PALABRAS-CLAVE: fracciones de fósforo, labilidad, labranza del suelo, sistema de cultivo, profundidad del suelo

DINÂMICA DE FÓSFORO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Autora: LAURA RAQUEL QUIÑÓNEZ VERA
Orientador: Prof. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ÁLVAREZ
Co-Orientador: Prof. (Dr.) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS
Co-Orientador: Prof. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS

RESUMO

A baixa disponibilidade de fósforo (P) no solo está relacionada principalmente aos processos de fixação pela alta presença de óxidos de ferro e alumínio predominantes nos solos da Região Oriental. O objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica do fósforo em diferentes sistemas de manejo do solo. Foram coletadas amostras de solo da camada de 0-5 e 5-10 cm dos distritos de San Joaquín e Choré e; 0-5, 5-10 e 10-20 cm de Capitán Miranda, sendo esses experimentos manejados em um sistema conservacionista (dois anos); semeadura direta e convencional com sucessões de culturas (dezoito anos); e semeadura direta, plantio mínimo e convencional com sucessões e rotação de culturas (vinte e sete anos), respectivamente. As análises químicas foram realizadas na Área de Solos e Ordenamento do Território da Facultad de Ciencias Agrarias da Universidad Nacional de Asunción. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados e os tratamentos dispostos em arranjo fatorial com 96, 144 e 72 unidades experimentais. Como culturas principais foram utilizadas soja, milho, trigo, gergelim e algodão, enquanto as plantas de cobertura foram aveia preta, ervilha forrageira, nabo forrageiro, crotalária, milheto, *Brachiaria ruziziensis*, *Cajanus cajan*, acevem e vicia, sendo alguns tratamentos com pousio. Foi realizado o fracionamento de fósforo com resina, NaHCO_3 ; NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$; HCl 1 mol L^{-1} ; NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$, posteriormente foi agrupado em P lábil, moderadamente lábil e não-lábil. No local San Joaquín, as rotações das culturas não afetaram as frações de P no solo, no entanto, os efeitos foram encontrados no P lábil em profundidade ($40,9 \text{ mg dm}^{-1}$). No local Choré, a sucessão de culturas, a labranza do solo e a adubação fosfatada não influenciaram nas frações de P a exceção do P residual relacionado principalmente ao P no lábil e; no local Itapúa, as maiores acumulações de P foram na labranza mínima e no plantio direto comparativamente quando o solo foi removido, não assim por efeito do uso das plantas de cobertura. As rotações de culturas não influenciam na recuperação de P a curto prazo. No longo prazo, as sucessões das culturas empobrecem os níveis de P no solo, a aplicação de baixas doses de P no aumenta os tenores de P, mas a preparação do solo sim influencia potencialmente no conteúdo de P no solo.

PALAVRAS-CHAVE: frações de fósforo, labilidade, preparo do solo, sistema de cultivo, profundidade do solo

DYNAMIC OF PHOSPHORUS UNDER DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS

Author: LAURA RAQUEL QUIÑÓNEZ VERA

Advisor: Prof. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ÁLVAREZ

Co-Advisor: Prof. (Dr.) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS

Co-Advisor: Prof. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS

SUMMARY

The low availability of phosphorus (P) in the soil is mainly related to the fixing process by the high presence of iron and aluminum oxides predominant in the soils from Region Oriental. The objective of this work was to assess the phosphorus dynamics under different soil management systems. Soil samples were collected from layers of 0-5 and 5-10 cm from San Joaquín and Choré districts and; 0-5; 5-10 and 10-20 cm from Capitán Miranda district. These experiments were managed in a conservationist system (two years); no-tillage and conventional tillage with successions of crops and phosphate fertilization (eighteen years) and; no-tillage, minimum tillage and conventional tillage with successions and rotations of crops (twenty-seven years) respectively. The chemical analyses were carried out in the Soil and Land Use Area of the Faculty of Ciencias Agrarias from Universidad Nacional de Asunción. The experimental design was randomized complete blocks and treatments in a factorial arrangement with 96, 144 and 72 experimental units. Soybean, corn, wheat, sesame and cotton were used as main crops, while the cover plants were black oat, forage pea, fodder turnip, crotalaria, *Pennisetum americanum*, *Brachiaria ruziziensis*, *Cajanus cajan*, *Lolium multiflorum* and *Vicia villosa* and some treatments with fallow. The fractionation of phosphorus with resin, NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$; NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$; HCl 1 mol L^{-1} ; NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ y $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$, and finally, it was grouped in labile P, moderately labile P and non-labile P. In the local San Joaquín the crop rotations did not affect the fractions of phosphorus in the soil, however, the labile phosphorus was higher on the lower layer ($40,9 \text{ mg dm}^{-1}$). In the local Choré the crop successions, the soil tillage and phosphate fertilization did not influence in the fractions of phosphorus except the residual P related mainly with the non-labile P. In the local Capitán Miranda, the higher accumulation of P in the non-labile and in the local Itapúa, the higher accumulation of P were in the minimum tillage and no-tillage comparatively when the soil did not removed but did not present effect by the use of cover plants. The crop rotations do not influence in the recuperation of P at short-term. In the long-term the crop successions impoverish the levels of P in the soil, the application of low doses of P do not increase the levels of P, nevertheless, the soil preparation does influence potentially in the content of P in the soil.

KEY WORDS: phosphorus fractions, lability, soil tillage, crop system, soil depth

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PORTADA.....	i
HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	xiii
LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Fósforo en el suelo.....	3
2.2 Alteraciones de fósforo en el suelo en relación a la especie de planta cultivada.....	5
2.3 Dinámica del fósforo con el sistema de manejo de suelo.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Localización e histórico de las áreas experimentales.....	9
3.1.1 Local San Joaquín, Caaguazú.....	9
3.1.2 Local Choré, San Pedro.....	11
3.1.3 Local Capitán Miranda, Itapúa.....	13
3.2 Colecta de suelo.....	14
3.3 Variables de respuesta.....	15
3.3.1 Fracciones de fósforo.....	15

	Página
3.3.2 Fósforo total.....	15
3.3.3 Labilidad de f'osforo.....	15
3.4 Modelo de análisis e interpretación de datos	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Local San Joaquín, Caaguazú.....	17
4.1.1 Efecto de rotaciones de cultivos bajo siembra directa en la dinámica de fósforo en el suelo.....	17
4.2 Local Choré, San Pedro.....	21
4.2.1 Efecto de sucesiones de cultivos en la dinámica de fósforo en el suelo.....	21
4.2.2 Efecto del sistema de preparación del suelo en la dinámica de fósforo en el suelo	24
4.2.3 Efecto de la fertilización fosfatada en la dinámica de fósforo en el suelo ..	27
4.4 Local III Capitán Miranda, Itapua	30
4.4.1 Dinámica de fósforo en el suelo en diferentes sistemas de preparación del suelo.....	30
4.4.2 Dinámica de fósforo en el suelo en diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa.....	34
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	38
5.1 Conclusiones	38
5.2 Recomendaciones.....	38
6. REFERENCIAS.....	39
7. ANEXOS.....	48

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Descripción de los tratamientos del experimento de San Joaquín. Caaguazú. 2018.....	10
Tabla 2.	Descripción de los tratamientos del experimento de Choré, San Pedro. 2018.....	12
Tabla 3.	Descripción de los tratamientos del experimento. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	14
Tabla 4.	Fósforo inorgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2017.....	18
Tabla 5.	Fósforo orgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2017.....	19
Tabla 6.	Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2018.....	20
Tabla 7.	Fósforo inorgánico bajo diferentes sucesiones de cultivos. Choré, San Pedro. 2018.....	22
Tabla 8.	Fósforo orgánico bajo diferentes sucesiones de cultivos Choré, San Pedro. 2018.....	22
Tabla 9.	Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo sucesiones de cultivos. Choré, San Pedro. 2018.....	24
Tabla 10.	Fósforo inorgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Choré, San Pedro. 2018.....	25
Tabla 11.	Fósforo orgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Choré, San Pedro. 2018.....	26
Tabla 12.	Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil en diferentes labranzas de suelo.....	27
Tabla 13.	Fósforo inorgánico con y sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018.....	28
Tabla 14.	Fósforo orgánico con y sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018.....	29
Tabla 15.	Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil con o sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018.....	30

Tabla 16. Fósforo inorgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	32
Tabla 17. Fósforo orgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	33
Tabla 18. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	34
Tabla 19. Fósforo inorgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	35
Tabla 20. Fósforo orgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. Capitán Miranda, Itapúa. 2018.....	36
Figura 21. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo rotaciones de cultivos. Capitán Miranda. Itapúa. 2018.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica del experimento manejado bajo rotaciones de cultivos en siembra directa, San Joaquín, Caaguazú. Qgis versión 2.18.....	9
Figura 2. Ubicación geográfica del experimento manejado con sucesiones de cultivos, diferentes sistemas de preparación del suelo y fertilización fosfatada, Choré, San Pedro. Qgis versión 2.18.....	11
Figura 3. Ubicación geográfica del experimento manejad bajo diferentes sistemas de preparación de suelo y rotación de cultivos, Capitán Miranda, Itapúa. Qgis versión 2.18.....	13

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

H	Hidrógeno
H₂O	Agua
H₂O₂	Peróxido de hidrógeno
HCl	Cloruro de hidrógeno
MgCl₂	Cloruro de magnesio
NaHCO₃	Bicarbonato de sodio
NaOH	Hidróxido de sodio
pH	Potencial de hidrógeno
P	Fósforo
Pi	Fósforo inorgánico
Pi-NaHCO₃	Fósforo inorgánico extraído con bicarbonato de sodio
Pi-NaOH_(0,1)	Fósforo inorgánico extraído con ácido clorhídrico 0,1 M
Pi-NaOH_(0,5)	Fósforo inorgánico extraído con hidróxido de sodio 0,5 M
Pi-HCl	Fósforo inorgánico extraído con ácido clorhídrico 0,1 M
Pi-RIA	Fósforo inorgánico extraído con RIA
Po	Fósforo orgánico
Po-NaHCO₃	Fósforo orgánico extraído con bicarbonato de sodio
Po-NaOH_(0,1)	Fósforo orgánico extraído con hidróxido de sodio 0,1 M
Po-NaOH_(0,5)	Fósforo orgánico extraído con hidróxido de sodio 0,5 M
Pt	Fósforo total
RIA	Resina de intercambio aniónico

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

ha	Hectárea
kg	kilogramo
m	metros
mg kg⁻¹	miligramos por kilogramo
mg L⁻¹	miligramos por litro
ml	mililitros
mol L⁻¹	mol por litro
rpm	revoluciones por minuto
g	gramos
%	porcentaje

1. INTRODUCCIÓN

El fósforo en el suelo es uno de los elementos más limitantes en la producción de cultivos agrícolas. En suelos ácidos, predominantes en la Región Oriental del Paraguay, su baja disponibilidad está relacionada principalmente a los procesos de fijación por la alta presencia de óxidos de hierro y aluminio, en consecuencia, estos suelos requieren altas dosis de fertilización fosfatada para suplir su demanda en la planta.

La adopción de diferentes sistemas de manejo de suelo es una alternativa que puede ayudar a aumentar o disminuir la disponibilidad del fósforo lábil y consecuentemente repercutir en la productividad de los cultivos positiva o negativamente.

En sistemas conservacionistas, la actividad microbiana regula la mineralización de los residuos que quedan en superficie, dejando el P mayormente disponible para la planta, además, favorece un mejor aprovechamiento del P_i proveniente de la adición de fertilizantes fosfatados. Por otra parte, en sistemas con labranza convencional, la remoción del suelo promueve a indisponibilizar el P en la solución del suelo transformando el fósforo lábil en no lábil, causado por la perturbación de los sitios de adsorción.

En el Paraguay, es poco común estudios de larga duración en sistemas de manejo de suelo y su efecto en la dinámica de nutrientes encontrándose mayormente experimentos a corto plazo. Sin embargo, existen tres estudios con diferentes manejos de suelo y períodos. El primer experimento fue manejado en siembra directa con rotaciones de cultivos (dos años); el segundo experimento con sucesiones de

cultivos en siembra directa, labranza convencional y adición de fertilizantes fosfatados (dieciocho años) y el tercer experimento con rotaciones de cultivos en siembra directa y sucesiones de cultivos bajo labranza convencional, labranza mínima y siembra directa (veintisiete años), siendo estos dos últimos experimentos mencionados aún consistentes.

Considerando la influencia del factor tiempo, el estudio de la dinámica del fósforo en el suelo en diferentes manejos de suelo a corto y largo plazo mediante la técnica del fraccionamiento de fósforo permite comprender la distribución de las fracciones de P y su disponibilidad en el suelo.

En ese sentido, el trabajo se enmarca en el área de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas, contribuyendo en el manejo de los suelos del Paraguay, buscando obtener como resultado un diagnóstico más adecuado y por tanto, un manejo más sostenible.

A partir de lo expuesto se tiene como hipótesis que i) en el local San Joaquín la acumulación de P será mayor en la camada superficial; ii) en el local Choré habrá mayor recuperación de P por el sistema de labranza de suelo comparado con el sistema de cultivos y la adición del fertilizante fosfatado y; iii) en el local Capitán Miranda el mayor tenor de P será en el sistema de siembra con rotaciones de cultivos. El objetivo general del trabajo fue evaluar la dinámica de fósforo en diferentes sistemas de manejo de suelo. Los objetivos específicos fueron a) determinar las fracciones de fósforo en el suelo; fósforo orgánico e inorgánico; y b) agrupar las fracciones de fósforo según su labilidad en fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Fósforo en el suelo

El fósforo (P) en el suelo se encuentra dividido en dos grandes compartimientos; el fósforo orgánico (Po) y el fósforo inorgánico (Pi) (Leite et al. 2016). Su disponibilidad varía de acuerdo a su labilidad; siendo su dinámica en el suelo ampliamente compleja (Menezes- Blackburn et al. 2016).

El P lábil corresponde a la fracción disponible en la solución, el P moderadamente lábil constituyen los compuestos de baja solubilidad y P no lábil perteneciente a los compuestos fijados en forma de adsorción (Pavinatto y Roselem 2008).

El contenido del fósforo total en el suelo (Po y Pi) varía ampliamente, encontrándose valores entre 200 y 3000 mg kg⁻¹ de suelo, sin embargo, menos del 0,1 % está en la solución del suelo, en la cual, corresponde a los fosfatos con baja energía de ligación (Rheinheimer et al. 2008).

Las formas del Po están relacionadas principalmente al contenido de materia orgánica, cuya mineralización de esos residuos depende de su energía de enlace (Conte et al. 2003; Redel et al. 2007), observándose mayor acumulación en la camada superficial (Turner et al. 2003; Martinazzo et al. 2007).

Este se constituye en un rango del 5 al 80 % del fósforo total del suelo (Zamuner et al. 2008; Xavier et al. 2009), siendo mayor en suelos orgánicos o ricos en materia orgánica, encontrándose principalmente en ambientes naturales, que en

los suelos con actividad antropogénica (Yang y Post 2011). Entre las principales formas de fósforo orgánico se encuentran los fosfatos de inotisol que constituyen entre 10 a 80 % (Gerke et al. 2015), 5 a 7 % de fosfolípidos, alrededor de 3 % de ácidos nucleicos y mayor a 5 % constituido por otros ésteres de fosfatos, (Rheinheimer et al. 2008; Huang et al. 2017).

Su estabilidad varía de acuerdo a la forma que está unida a la fracción mineral. En el caso de los compuestos con ligación diéster como los fosfolípidos y los ácidos nucleicos de baja estabilidad, la mineralización de los complejos orgánicos es rápida, de manera que la estructura química es débil, mientras que, los compuestos con ligación monoéster como el fosfato de inositol la estabilidad química es mayor y, por tanto, la descomposición de los residuos es relativamente más lenta (Rheinheimer et al. 2008; Santos et al. 2008).

Por otra parte, el fósforo inorgánico (Pi) está relacionado con su capacidad de desorción (Chintala et al. 2014) siendo su disponibilidad mayor cuando su energía de ligación al complejo coloidal es menor (Gatiboni et al. 2008). En ambientes naturales este elemento proviene a partir de minerales primarios fosfatados principalmente las apatitas, constituidos de fosfatos de calcio (Rheinheimer et al. 2001).

Para que el fósforo quede liberado en la solución del suelo, la estructura cristalina que envuelve este elemento debe romperse, el cual ocurre a través de los procesos de intemperización (Conte et al. 2003; Gatiboni et al. 2008). El grado de intemperización bajo la actuación del clima y actividad de microorganismos influye en la alteración de los minerales primarios y secundarios (Gatiboni 2003). Conjuntamente ocurren, alto grado de sustitución isomórfica de fosfatos por carbonatos, pérdidas de bases y consecuentemente aumentos de Fe y Al, dando mayores condiciones para que el fósforo quede adsorbido (Rheinheimer et al. 2001).

Por otra parte, en suelos con alto contenido de materia orgánica, la misma tampona los sitios de adsorción de los fosfatos recubriendo los óxidos de Fe y Al

(Zamuner et al. 2008, Martinazzo 2007) y como resultado forman compuestos con la materia orgánica a través de puentes de cationes (Rheinheimer et al. 2008).

En suelos ácidos con pH próximo o menor a 5 existen mayor ocurrencia de fósforo ligado a los óxidos de Fe y Al (Eberhardt et al. 2008 Xavier et al.2009; Jalali y Tabar 2011) principalmente cuando hay baja cristalinidad y desequilibrio en las cargas pudiendo formar complejos de esfera interna monodentados, bidentados y binucleados dependiendo de los grupos OH⁻ al cual está ligado el fósforo (Kim et al. 2011; Li et al. 2013). Por otra parte, en suelos calcáreos con pH por encima de 7 con abundancia de calcio, hay formación de fosfatos de calcio (Zhang et al. 2004;) pudiendo ser desorbido y quedar disponible en la solución del suelo (Tiecher et al. 2012a).

2.2 Alteraciones de fósforo en el suelo en relación a la especie de planta cultivada

La exudación de raíces según la planta cultivada, es considerada uno de los mecanismos que podrían alterar la dinámica del fósforo en el suelo (Bayon et al. 2006) siendo observadas principalmente en las capas superficiales (Shirado y Taques 2016). La misma, puede variar entre especies y ácidos orgánicos de bajo peso molecular (Li et al. 2010) presentando cambios en la liberación de ácidos (Bayón et al. 2006) y al mismo tiempo generar modificaciones en los procesos químicos y bioquímicos de la zona rizosférica (Horst et al. 2001).

Durante el desarrollo de los cultivos, el sistema radicular actúa como reserva de P en profundidad, una vez que ocurre su descomposición el P es liberado paulatinamente (Franchini et al. 2004). En ese sentido, la rotación de cultivos resultaría en un factor importante en la recuperación de P en el suelo por la diversidad de microorganismos que actúan en la descomposición de los residuos (Calegari et al. 2013; Merlin et al. 2015), por lo que, comparados con sistemas de monocultivos la actividad de microorganismos se ve reducida por la baja calidad de los residuos (Jakobsen et al. 2005).

En un experimento de larga duración bajo sistema de siembra directa y rotaciones de cultivos Tiecher et al. (2012b) observaron que la disponibilidad de P en el suelo, fueron relativamente mayores cuando fueron cultivados *Avena strigosa* y *Lupinus angustifolius* que cuando cultivados *Vicia villosa* y *Raphanus sativus*, por su parte, Takeda et al. (2009) en una rotación de centeno, canola y barbecho, no encontraron alteraciones en las formas de P en el suelo.

Cuando Rheinheimer e Anghinoni (2003) estudiaron la combinación de avena+arveja/maíz+*Vigna unguiculata* comparativamente con *Cajanus cajan*/maíz, encontraron que la fracción orgánica del P fue menor, siendo su poca residualidad atribuida a la baja calidad de los residuos. Por otra parte, en experimentos realizados por González y Chávez (2010); Bünemann et al. (2004) observaron mayor disponibilidad de P inorgánico.

2.3 Dinámica del fósforo con el sistema de preparación del suelo

En suelos cultivados, el sistema de manejo de suelo puede afectar la disponibilidad de las fracciones de fósforo en el suelo (Santos et al. 2008; Wang et al. 2010; Redel et al. 2011), interviniendo en los procesos de adsorción y desorción del P como también influye en la inmovilización y mineralización de los fosfatos contenidos en la materia orgánica del suelo (Redel et al. 200).

En ese sentido, el fósforo inorgánico tampona el P que se encuentra en la solución al disminuir el contacto con los coloides del suelo, favoreciendo su disponibilidad para la absorción de las plantas. Sin embargo, cuando el suelo no es fertilizado y recibe adiciones de residuos vegetales, el fósforo orgánico tampona el P disponible en el suelo correspondiéndose a un proceso inverso (Vu et al. 2008; Redel et al. 2011).

En sistemas de cultivos conservacionistas como siembra directa, en donde la cobertura vegetal es conservada en la superficie del suelo, la tasa de mineralización es lenta, mejorando de esta forma la calidad del suelo mediante el aumento del tenor

de materia orgánica (Tivet et al. 2013) y por consecuencia, permite liberar el Po lábil gradualmente (Gatiboni et al. 2007, 2008).

Considerando que, la movilidad del P en el suelo es relativamente baja o nula, la acumulación de P en la camada superficial del suelo, no indica que el P no pueda acumularse en el perfil, de manera que la descomposición de raíces proporciona la acumulación de P en profundidad (Gatiboni et al. 2003, Takeda et al. 2009).

En un estudio realizado en Argentina con 18 suelos en sistema de siembra directa (Boem et al. 2008) y tres suelos brasileros (Rheinheimer et al. 2003) no observaron disminución en el proceso de adsorción y desorción de fósforo relacionando ese efecto a la acumulación de carbono orgánico en la superficie del suelo.

Realizando la misma comparación entre labranzas, pero con rotaciones de cultivo, las fracciones de fósforo no fueron influenciadas por la interacción de cultivos, sin embargo, la mayor disponibilidad de P en el suelo, se verificó en el sistema de siembra directa (Redel et al. 2011), mismo cuando comparados con sistemas de monocultivos, en los cuales se observa claramente el agotamiento del P en el suelo Abdi et al. 2014; Wei et al. 2014).

Por otra parte, cuando el suelo recibe adición de fertilizantes fosfatados, la actuación del sistema de labranza ejerce una importante influencia en el comportamiento del fósforo orgánico e inorgánico del suelo, pudiendo actuar como fuente o como drenaje a partir del fósforo disponible en el suelo, dependiendo de la cantidad de P adicionado y de la exportación, principalmente en los procesos de absorción y pérdidas del sistema (Abdi et al. 2014; Wei et al. 2014).

Rheinheimer y Anghinoni (2003), comparando el efecto de cuatro suelos en la adopción de sistemas de preparación de bajo sucesiones de cultivos y adición constante de fertilizantes, observaron que la mayor acumulación de Po ocurrió en el suelo sin laboreo cuando comparados con el sistema convencional. Sin embargo,

Conte et al. (2003) observó disminución de P_o , debido a que el fósforo adicionado fue acumulado principalmente como fracciones inorgánicas.

La incorporación de sistemas alternativos de manejo en el suelo en regiones tropicales o templadas ha presentado resultados satisfactorios en el aprovechamiento y la eficiencia de P adicionado vía fertilizante (Matos et al. 2006; Gatiboni et al. 2008; Qin et al. 2010; Quiao 2012).

Entretanto, otros factores que pueden afectar la disponibilidad de P en el suelo, además del sistema de manejo (Fontana et al. 2008; Wei et al. 2015), la incorporación de plantas de cobertura (Tiecher et al. 2012a) el P adicionado mediante fertilización (Olibone y Roselem 2010; Guardini et al. 2012), también está relacionado con el contenido de arcilla (Boem et al. 2008), composición mineralógica (Anderson y Magdoff 2005) y pH del suelo (Rose et al. 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización e histórico de las áreas experimentales

3.1.1 Local San Joaquín, Caaguazú

El primer experimento fue instalado en el distrito de San Joaquín, departamento de Caaguazú entre las coordenadas $24^{\circ}55,06' 03''S$ y $56^{\circ}00'32,97''O$ (Figura 1). El suelo predominante de la zona corresponde a un Alfisol clasificado como Arenic Paleudalf, de textura gruesa, baja fertilidad y alta acidez según López et al. (1995). La precipitación media anual es de 1768 mm con una temperatura media mensual de $21,3^{\circ}C$.

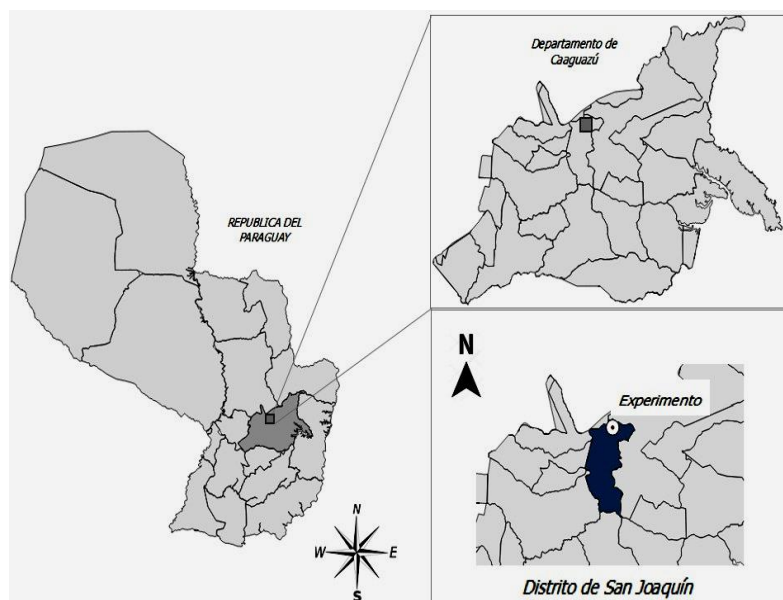


Figura 1. Ubicación geográfica del experimento manejado bajo rotaciones de cultivos en siembra directa, San Joaquín, Caaguazú. Qgis versión 2.18

El local experimental fue manejado en siembra directa por dos años. Los tratamientos fueron doce rotaciones de cultivos constituidos por cultivos comerciales, plantas de cobertura y de barbecho. Las plantas de cobertura fueron acamadas con rolo cuchillo antes de la etapa de florecimiento (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos del experimento de San Joaquín. Caaguazú. 2018

Descripción de tratamientos	
Factor 1	Rotaciones de cultivos
T1	S ⁽¹⁾ /S/B ⁽²⁾ /S/B
T2	S/B/T/S/B
T3	S/B/T/S/S
T4	S/B/T/S/B'
T5	S/B/An ⁽⁴⁾ /S/M
T6	S/M ⁽⁵⁾ /B/S/B
T7	S/M/Ar ⁽⁶⁾ +Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C ⁽⁸⁾
T8	M/C/T/S/Mi ⁽⁹⁾
T9	S/Mi/An+Nf/S/M
T10	S/B/An+Lb ⁽¹⁰⁾ /M+Br ⁽¹¹⁾ /Br
T11	M+Br/Br/T/S/Cc ⁽¹²⁾
T12	S/Cc/A ⁽¹³⁾ /S/C
Factor 2	Profundidad del suelo, cm
T1	0-5
T2	5-10

⁽¹⁾Soja, ⁽²⁾Barbecho, ⁽³⁾Trigo, ⁽⁴⁾Avena negra, ⁽⁵⁾Maíz, ⁽⁶⁾Arveja forrajera, ⁽⁷⁾Nabo forrajero, ⁽⁸⁾Crotalaria, ⁽⁹⁾Milheto, ⁽¹⁰⁾Lupino blanco, ⁽¹¹⁾*Brachiaria. Ruziziensis*, ⁽¹²⁾*Cajanus cajan*, ⁽¹³⁾Acevé.

Al inicio del experimento en el verano 2015/2016 fue cultivada soja en diez tratamientos y posteriormente fue sembrado maíz en dos parcelas de los doce tratamientos establecidos, siendo para los mismos sembrados solo maíz y maíz + *B. ruziziensis*, aplicando el sistema Santa Fe. Posteriormente en la zafriña 2016, fueron cultivados soja y maíz en los tratamientos T1; T6 y T7 y en la zafra 2016 trigo en los tratamientos T2, T3, T4, T8 y T11 completando con plantas de cobertura en los demás tratamientos respectivamente.

En el siguiente verano de 2016/2017, fueron nuevamente sembrados soja y maíz. En la zafriña 2017 fueron establecidos los mismos cultivos, pero en diferentes tratamientos siendo los mismos T3; T5 y T9; para la soja y maíz.

La fertilización fue realizada en los cultivos principales en todos los tratamientos, aplicando un total 600 kg ha^{-1} de 8-20-10 y 1000 kg ha^{-1} de cal agrícola dolomítica al voleo, solo al inicio del experimento,

3.1.2 Local Choré, San Pedro

El segundo experimento fue instalado en la Estación Experimental del Centro de Investigación para la Agricultura familiar de la Estación Experimental del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), ubicado en el distrito de Choré, departamento de San Pedro, localizado entre las coordenadas $24^{\circ}10'43.36''\text{S}$ y $56^{\circ}36'4.22''\text{O}$ (Figura 2).

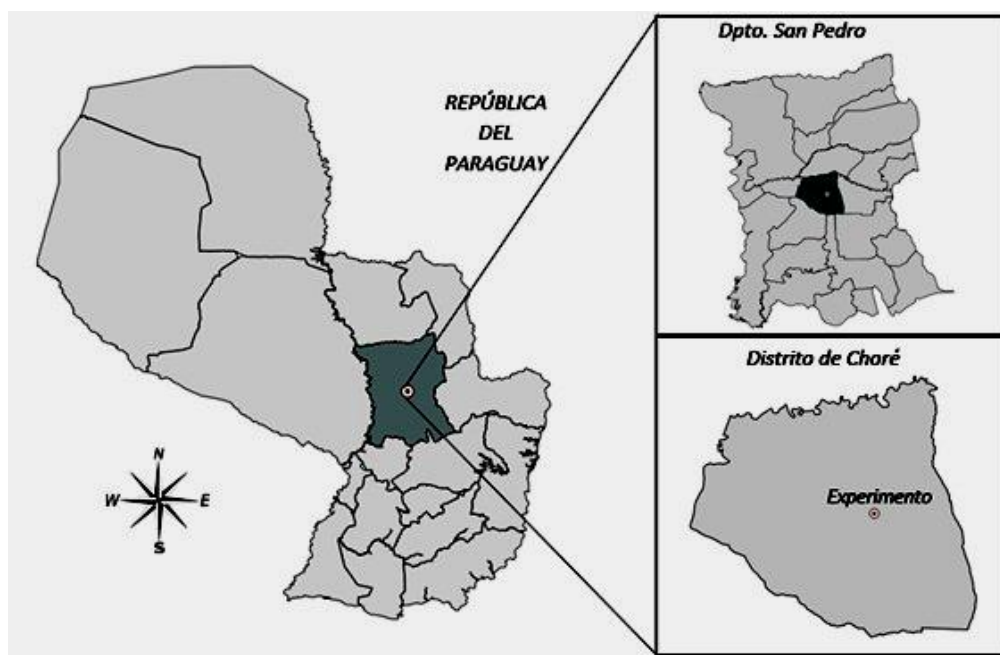


Figura 2. Ubicación geográfica del experimento manejado con sucesiones de cultivos, diferentes sistemas de preparación del suelo y fertilización fosfatada, Choré, San Pedro. Qgis versión 2.18

El suelo de esta zona es un Alfisol, clasificado como un Mollic Paleudalf (López et al. 1995). La precipitación media anual es de 1324 mm y la temperatura media mensual es de 23°C .

Esta área experimental viene siendo manejada en siembra directa y labranza convencional por más de 18 años, sembrando sésamo, maíz y algodón y dejando sin cultivo durante el invierno.

Aproximadamente 22 días antes de la siembra de los cultivos de verano se realiza una pasada de rolo cuchillo para acamar las malezas y los rastrojos del cultivo anterior. Alrededor de 8 días después de la pasada de rolo cuchillo se aplica un herbicida desecante (glifosato + 2,4 D) para eliminar las malezas rebrotadas y las recién germinadas.

En cuanto a labranza convencional consiste en prácticas tradicionales de los pequeños productores; limpieza manual de las parcelas con machete, quema de los residuos culturales y malezas, corpidas, arado a tracción animal, dos carpidas del cultivo con azada y un aporque del cultivo con carancho. Cada sistema fue evaluado con y sin la aplicación de 65-40-40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O respectivamente.

Los tratamientos estuvieron constituidos por sucesión de cultivos (Factor 1), labranza del suelo (Factor 2), y fertilización fosfatada (Factor 3) y profundidad del suelo (Factor 4) con tres repeticiones, totalizando 144 unidades experimentales (Tabla 2). Cada factor fue evaluado de manera separada en función a la profundidad (Factor 1 x Factor 4), (Factor 2 x Factor 4) y (Factor 3 x Factor 4) respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos del experimento de Choré, San Pedro. 2018

	Descripción de los tratamientos
Factor 1	Sucesiones de cultivos
T1	Sésamo
T2	Maíz/Sésamo
T3	Sésamo/Maíz/Algodón
Factor 2	Labranza del suelo
T1	Siembra directa
T2	Labranza convencional
Factor 3	Fertilización fosfatada
T1	Con
T2	Sin
Factor 4	Profundidad del suelo, cm
T1	0-5
T2	5-10

3.1.3 Local Capitán Miranda, Itapúa

El tercer experimento fue instalado en la Estación Experimental del Centro de Investigación (IPTA) en el distrito de Capitán Miranda, departamento de Itapúa entre las coordenadas 27°17'10" S y 55°29'3" E (Figura 3). El suelo del área de experimentación pertenece a un Oxisol, correspondiente a un Typic Kandiodox, con más de 60 % de arcilla (López et al. 1995). La precipitación media anual es 1850 mm y la temperatura media mensual es de 21 °C.

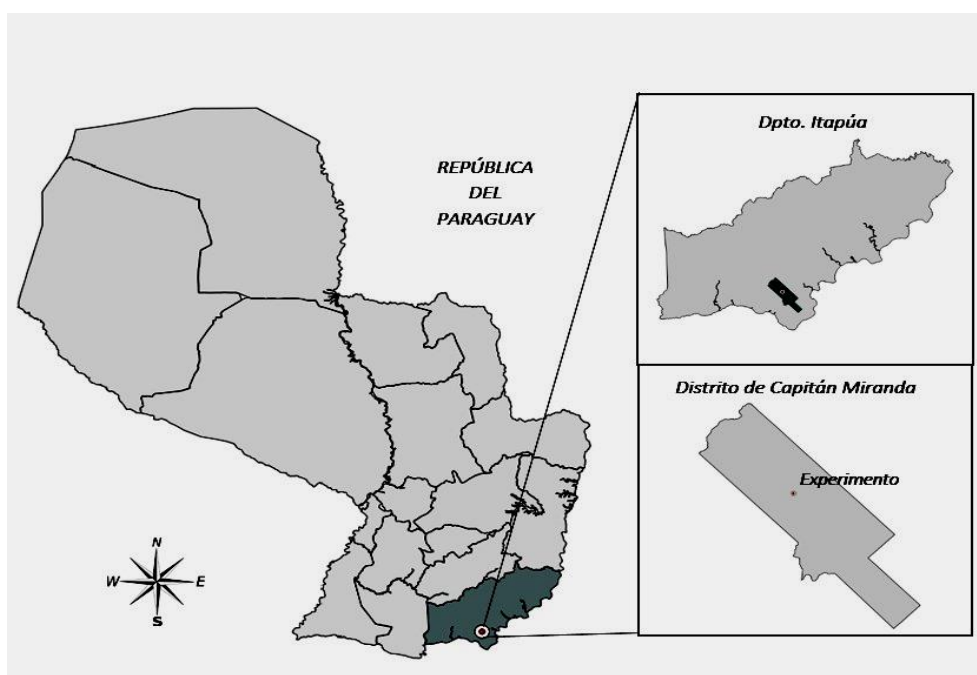


Figura 3. Ubicación geográfica del experimento manejado bajo diferentes sistemas de preparación de suelo y rotación de cultivos, Capitán Miranda, Itapúa. Qgis versión 2.18

El local experimental viene siendo manejado bajo sucesiones de cultivos en diferentes tipos de labranzas y rotaciones de cultivos en sistema de siembra directa, durante veintisiete años. Las plantas de cobertura fueron manejadas con rolo cuchillo y herbicidas antes de la etapa de florecimiento. La fertilización siempre fue realizada en los cultivos principales siendo aplicada un total de 619, 187, 50 kg ha⁻¹ de N-P-K y 150, 300, 250 y 200 kg ha⁻¹ de 10-30-10, 18-46-0, 40-30-10 y 5-20-10 contabilizando a partir de 2004. Por otra parte, la aplicación de cal agrícola no fue realizada.

Los tratamientos estuvieron compuestos por labranza del suelo (factor 1), rotaciones de cultivos (Factor 2) y profundidad del suelo (Factor 3) con tres repeticiones, totalizando 48 unidades experimentales. Cada factor fue evaluado de manera separada en función a la profundidad (Factor 1 x Factor 3) y (Factor 2 x Factor 3) (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de los tratamientos del experimento. Capitán Miranda, Itapúa, 2018

Descripción de los tratamientos	
Factor 1	Labranza del suelo
T1	Labranza Convencional
T2	Labranza mínima
T3	Siembra directa
Factor 2	Rotaciones de cultivos
T1	An ⁽¹⁾ /S ⁽²⁾ /T ⁽³⁾ /S/An/S
T2	T/S/An/S/T/S
T3	An/S/T/S/V ⁽⁴⁾ /M ⁽⁵⁾
T4	T/S/V _v /M/A/S
T5	Lb ⁽⁶⁾ /M/An/ Lb/M/An
Factor 2	Profundidad del suelo, cm
T1	0-5
T2	5-10
T3	10-20

⁽¹⁾Avena negra; ⁽²⁾Soja; ⁽³⁾Trigo; ⁽⁴⁾*Vicia villosa*; ⁽⁵⁾Maíz; ⁽⁶⁾Lupino blanco

3.2 Muestreo de suelo

Las muestras de suelo fueron colectadas de las camadas de 0-5 y 5-10 de las localidades de San Joaquín y Choré, en cuanto, del distrito de Capitán Miranda fue extraída una camada adicional de profundidad de 10-20 cm. En cada local, fueron tomadas 5 submuestras, formando luego, una muestra compuesta. Posteriormente, fueron trasladadas en bolsas plastilleras hasta el Laboratorio del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Las mismas fueron extendidas, secadas y tamizadas con una malla de 2 mm, separando las impurezas y obteniendo homogeneidad en las muestras.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Fracciones de fósforo

Las fracciones de fósforo fueron determinadas por el fraccionamiento de P utilizando el método de Hedley et al. (1982) modificado por Rheinheimer (2000). Las mismas fueron secuencialmente extraídas utilizando extractores de menor a mayor fuerza de extracción; resina de intercambio aniónico (P_{RIA}), Bicarbonato de sodio (P_{NaHCO_3} y $P_{O_{NaHCO_3}}$) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 8,5; hidróxido de sodio (P_{NaOH} y $P_{O_{NaOH}}$) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, ácido clorhídrico (P_{HCl}) 1 mol L^{-1} , hidróxido de sodio (P_{NaOH} y $P_{O_{NaOH}}$) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$.

Todos los extractores permanecieron en contacto con las muestras (1 g de suelo) durante 16 horas en agitador tipo *end over* (33 rpm) con posterior centrifugación a 2510 g por 20 minutos. En los extractos alcalinos de la solución de $NaHCO_3$ e $NaOH$ fue determinada el P disponible por el método de Dick y Tabatabai (1977), modificado por He y Honeycutt (2005).

Para determinar el P orgánico fue determinado el P total realizando la extracción por digestión con persulfato de amonio y H_2SO_4 en autoclave a $121 \text{ }^\circ\text{C}$ y posteriormente determinado por Murphy y Riley (1977). Después el residuo fue secado, molido y extraído el P residual (Pres) por el método de $H_2SO_4 + H_2O_2 + MgCl_2$ (Olsen y Sommers 1982). Las determinaciones de fósforo fueron estimadas por el método de Murphy y Riley (1977).

3.3.3 Labilidad de fósforo

Finalmente fueron agrupadas las fracciones extraídas por el fraccionamiento de Hedley en $P_{RIA} + P_{NaHCO_3}$ como lábil; $P_{NaOH_{0,1}} + P_{NaOH_{0,5}} + P_{HCl}$ como moderadamente lábil y Pres como no lábil (Zamuner et al. 2008).

3.4 Modelo de análisis e interpretación de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) en el programa estadístico Infostat al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer y la comparación de medias por el test de Scott-knott al 5 %. El diseño experimental utilizado para los tres experimentos fue de bloques completos al azar y los tratamientos dispuestos en arreglo factorial.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Local San Joaquín, Caaguazú

4.1.1 Dinámica de fósforo en el suelo bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa

En la camada superficial del suelo (0-5 cm) el tenor de fósforo inorgánico (Pi) determinado con diferentes extractores del suelo no fue influenciado por las rotaciones de cultivos aun cuando fueron asociadas diferentes especies de plantas de coberturas en el sistema (Tabla 4).

A pesar de que la alta eficiencia de *B. ruziziensis* en recuperar el P sobre todo en suelos arenosos en experimentos de corta duración según observados por Almeida et al. (2018), en este experimento no fue observada acumulación de Pi en el suelo cuando comparados con el acevén, avena negra, arveja forrajera y nabo forrajero que se caracterizan por tener menores grado de mineralización a corto plazo (Teles et al. 2017).

En relación a la disponibilidad del Pi en profundidad, en todos los extractores de la camada de 0-5 cm fueron superiores comparativamente con la camada de 5-10 cm (Tabla 4). La acumulación de residuos orgánicos sumado a la no remoción del suelo en un período de corto plazo, verificó residualidad de Pi que posiblemente fue influenciado por la actividad microbiana transformando más rápidamente el Po en Pi.

En cuanto al fósforo orgánico (Po) tampoco fue influenciado en las rotaciones de cultivos, pero si fue afectado en profundidad cuando extraídos por NaOH 0,5 mol L⁻¹(Tabla 5) no coincidiendo con Takeda et al. (2009) en un experimento similar que observó efecto contrario.

Tabla 4. Fósforo inorgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2017

Rotaciones de cultivos	Pi Resina	Pi NaHCO ₃	Pi NaOH	Pi HCl	Pi NaOH	Pi residual
		0,5 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	1,0 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹	
mg kg ⁻¹						
Profundidad del suelo, cm						
0-5						
S ⁽¹⁾ /S/B ⁽²⁾ /S/B	25,0 ^{NS}	12,0 ^{NS}	29,8 ^{NS}	21,4 ^{NS}	17,5 ^{NS}	268,1 ^{NS}
S/B/T/S/B	23,1	11,2	33,7	19,5	17,7	230,4
S/B/T/S/S	27,2	10,6	34,1	22,6	20,1	213,5
S/B/T/S/B	23,4	11,2	29,8	21,3	17,9	185,2
S/B/An/S/M	21,9	9,8	28,4	23,2	10,4 ^b	234,6
S/M ⁽⁵⁾ /B/S/B	27,9	10,2	31,8	22,0	12,3	268,3
S/M/Af ⁽⁶⁾ +Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C ⁽⁸⁾	18,8	10,2	29,4	18,7	17,4	219,0
M/C/T/S/Mi ⁽⁹⁾	22,7	14,8	35,0	22,9	14,5 ^a	276,3
S/Mi/An+Nf/S/M	18,5	10,6	27,8	23,4	12,2	158,1
S/B/An+Lb ⁽¹⁰⁾ /M+Br ⁽¹¹⁾ /Br	23,7	9,2	26,7	17,0	13,1	230,1
M+Br/Br/T/S/Cc ⁽¹²⁾	19,7	9,9	31,8	21,7	22,2 ^a	263,5
S/Cc/A/S/C	21,7	9,1	28,3	17,0	16,5 ^a	231,8
CV ⁽¹⁴⁾ (%)	20,9	11,8	7,3	8,4	12,9	12,7
5 – 10						
S/S/B/S/B	8,9 ^{NS}	7,5 ^{NS}	26,7 ^{NS}	12,9 ^{NS}	13,5 ^{NS}	174,6 ^{NS}
S/B/T/S/B	9,7	11,1	29,2	13,1	14,4	159,5
S/B/T/S/S	11,9	12,2	32,6	21,5	16,4	163,1
S/B/T/S/B	8,3	9,5	29,2	14,1	14,3	261,8
S/B/AN/S/M	7,6	7,6	24,8	15,1	13,3	167,5
S/M/B/S/B	9,0	7,9	25,2	13,8	15,6	168,3
S/M/Af+Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C	8,8	8,8	24,8	12,9	15,0	379,1
M/C/T/S/Mi	7,9	7,7	29,0	13,6	14,5	159,6
S/Mi/An+Nf/S/M	7,0	5,8	27,5	11,9	14,7	192,1
S/B/An+L/M+Br/Br	8,5	7,3	25,1	11,5	8,6	204,2
M+Br/Br/T/S/Cc	8,1	11,2	31,9	13,1	16,9	252,6
S/Cc/A/S/C	6,3	6,9	23,2	10,8	14,0	297,0
Medias por profundidad del suelo, cm						
0-5	22,8a	10,7 ^{ns}	30,6 ^{ns}	20,9a	17,6 ^{ns}	231,6 ^{ns}
5-10	8,5b	8,7	27,5	13,8b	14,3	218,6
CV (%)	13,5	15,6	9,6	18,1	16,40	20,3

⁽¹⁾Soja, ⁽²⁾Barbecho, ⁽³⁾Trigo, ⁽⁴⁾Avena negra, ⁽⁵⁾Maíz, ⁽⁶⁾Arveja forrajera, ⁽⁷⁾Nabo forrajero, ⁽⁸⁾Crotalaria, ⁽⁹⁾Milheto, ⁽¹⁰⁾Lupino blanco, ⁽¹¹⁾*Brachiaria. Ruziziensis*, ⁽¹²⁾*Cajanus cajan*, ⁽¹³⁾Acevé.

CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer y letras diferentes significativos al 5 % de probabilidad de error por el Test de Scott y Knott.

Tabla 5. Fósforo orgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2017

Rotaciones de cultivos	Po	Po	Po
	NaHCO ₃	NaOH	NaOH
	0,5 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹
	mg kg ⁻¹		
	Profundidad del suelo, cm		
	0-5		
S ⁽¹⁾ /S/B ⁽²⁾ /S/B	6,3 ^{NS}	27,4 ^{NS}	26,5 ^{NS}
S/B/T/S/B	8,0	25,8	25,8
S/B/T/S/S	10,1	25,0	24,1
S/B/T/S/B	9,2	22,8	38,8
S/B/An/S/M	9,1	34,0	32,7
S/M ⁽⁵⁾ /B/S/B	7,8	27,7	35,0
S/M/Ar ⁽⁶⁾ +Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C ⁽⁸⁾	4,7	16,9	20,0
M/C/T/S/Mi ⁽⁹⁾	7,5	31,4	38,7
S/Mi/An+Nf/S/M	4,9	19,8	36,0
S/B/An+Lb ⁽¹⁰⁾ /M+Br ⁽¹¹⁾ /Br	5,8	20,6	33,2
M+Br/Br/T/S/Cc ⁽¹²⁾	7,7	22,6	21,8
S/Cc/A/S/C	7,4	18,6	24,2
Medias	7,4 ^{ns}	23,8 ^{ns}	29,7 ^a
CV (%)	19,7	22,3	20,2
	5 – 10		
S ⁽¹⁾ /S/B ⁽²⁾ /S/B	6,6 ^{NS}	14,6 ^{NS}	48,4 ^{NS}
S/B/T/S/B	6,2	19,6	36,5
S/B/T/S/S	8,4	24,7	26,9
S/B/T/S/B	4,3	21,0	33,0
S/B/An/S/M	6,2	29,0	35,1
S/M ⁽⁵⁾ /B/S/B	6,5	16,3	36,4
S/M/Ar ⁽⁶⁾ +Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C ⁽⁸⁾	7,8	22,2	30,1
M/C/T/S/Mi ⁽⁹⁾	7,4	20,5	35,0
S/Mi/An+Nf/S/M	5,8	20,4	39,5
S/B/An+Lb ⁽¹⁰⁾ /M+Br ⁽¹¹⁾ /Br	6,2	25,1	41,2
M+Br/Br/T/S/Cc ⁽¹²⁾	8,4	25,2	33,0
S/Cc/A/S/C	8,0	26,2	35,1
Medias	6,8	22,1	35,9 ^b
CV (%)	17,9	17,1	10,7

⁽¹⁾Soja, ⁽²⁾Barbecho, ⁽³⁾Trigo, ⁽⁴⁾Avena negra, ⁽⁵⁾Maíz, ⁽⁶⁾Arveja forrajera, ⁽⁷⁾Nabo forrajero, ⁽⁸⁾Crotalaria, ⁽⁹⁾Milheto, ⁽¹⁰⁾Lupino blanco, ⁽¹¹⁾*Brachiaria. Ruziziensis*, ⁽¹²⁾*Cajanus cajan*, ⁽¹³⁾Acevé.

CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer y letras diferentes significativos al 5 % de probabilidad de error por el Test de Scott y Knott.

Con respecto a la labilidad, las mayores fracciones fueron encontradas en el fósforo no lábil (248,3 mg kg⁻¹) seguido del moderadamente lábil (116,7 mg kg⁻¹) y lábil (32,4 mg kg⁻¹), no habiendo influencia por las rotaciones de cultivos (Tabla 6).

Conforme a la profundidad del suelo, el P lábil fue superior en la camada superficial alcanzando 40,9 mg kg⁻¹, reduciéndose a 21,2 mg kg⁻¹ en la camada de 5-10 cm de profundidad (Tabla 6). La fracción moderadamente lábil, apenas representó el 23,6 % de la fracción orgánica, siendo mayormente influenciado por el fósforo inorgánico en un 76,4 %. De forma similar la fracción no lábil también fue dependiente del Pi. La baja acumulación de P lábil en este sistema conservacionista, podría deberse a la escasa recuperación de P en el corto tiempo.

Tabla 6. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo siembra directa. San Joaquín, Caaguazú. 2018.

Rotaciones de cultivos	Labilidad de P en el suelo, mg kg ⁻¹		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
S ⁽¹⁾ /S/B ⁽²⁾ /S/B	33,2 ^{ns}	115,8 ^{ns}	252,3 ^{ns}
S/B/T/S/B	37,4	117,7	220,4
S/B/T/S/S	37,9	124,0	209,9
S/B/T/S/B	33,2	116,2	247,1
S/B/An/S/M	30,6	123,0	225,3
S/M ⁽⁵⁾ /B/S/B	34,8	118,1	244,3
S/M/Ar ⁽⁶⁾ +Nf ⁽⁷⁾ +An/M/C ⁽⁸⁾	28,2	103,7	321,6
M/C/T/S/Mi ⁽⁹⁾	34,0	127,5	242,7
S/Mi/An+Nf/S/M	26,2	116,6	202,2
S/B/An+Lb ⁽¹⁰⁾ /M+Br ⁽¹¹⁾ /Br	30,3	111,1	242,0
M+Br/Br/T/S/Cc ⁽¹²⁾	37,1	120,2	283,0
S/Cc/A/S/C	29,7	107,0	288,9
Medias	32,4	116,7	248,3
Profundidad del suelo, cm			
0-5	40,9a	119,9 ^{ns}	265,1 ^{ns}
5-10	21,2b	113,3	275,1
Medias	31,1	116,6	270,1
CV (5%)			

⁽¹⁾Soja, ⁽²⁾Barbecho, ⁽³⁾Trigo, ⁽⁴⁾Avena negra, ⁽⁵⁾Maíz, ⁽⁶⁾Arveja forrajera, ⁽⁷⁾Nabo forrajero, ⁽⁸⁾Crotalaria, ⁽⁹⁾Milheto, ⁽¹⁰⁾Lupino blanco, ⁽¹¹⁾*Brachiaria. Ruziziensis*, ⁽¹²⁾*Cajanus cajan*, ⁽¹³⁾Acevé.

CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer y letras diferentes significativos al 5 % de probabilidad de error por el Test de Scott y Knott.

4.2 Local Choré, San Pedro

4.2.1 Dinámica de fósforo en el suelo en sucesiones de cultivos

El contenido de P_i extraídos por resina, $NaHCO_3$ 0,5; $NaOH$ 0,1; HCl 1,0; $NaOH$ 0,5 mol L^{-1} y en el residual no fueron influenciados por las sucesiones de cultivos anuales, bienales y trienales luego de 18 años de manejo, obteniéndose bajos niveles de P en el suelo, así tampoco fue afectado en profundidad a excepción del P residual (Tabla 7).

En estas condiciones se puede resaltar la importancia de la integración de plantas de coberturas en el sistema de manejo de suelo, asociando la baja calidad de los residuos con la escasa actividad microbiana, y en consecuencia baja reposición de P en el sistema. En ese aspecto, Soltangheisi et al. (2018) al evaluar cinco especies de coberturas en una rotación de cultivos observaron alteraciones más importantes en el reciclado de P , de manera que las plantas de cobertura pueden acumular mayor P en el tejido vegetal y presentar mayor beneficio en el cultivo siguiente.

Mismo en suelos con altos niveles de P , la sucesión de cultivos refleja una baja redistribución en el sistema, por lo que, a largo plazo, estaría marcando el empobrecimiento de este elemento en el suelo por su escaso aporte.

Las fracciones orgánicas tampoco se vieron afectadas por las sucesiones de cultivos, pero mostraron menores contenidos de P en relación a las fracciones inorgánicas, posiblemente estas fracciones contribuyeron a una mineralización más rápida disponibilizando de esta manera en mayores cantidades el P_i (Tabla 8).

Tabla 7. Fósforo inorgánico bajo diferentes sucesiones de cultivos. Choré, San Pedro. 2018

Sucesiones de cultivos	Profundidad del suelo, cm		Medias por sucesiones de cultivos	CV ⁽¹⁾ (%)
	0-5	5-10		
	<u>Resina, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	9,5	5,5	7,5 ^{NS}	9,1
Maíz/Sésamo	5,7	4,3	5,0	
Maíz/Sésamo/Algodón	7,1	5,4	6,3	
Medias por profundidad del suelo, cm	7,4 ^{ns}	5,0		
	<u>NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	5,1	2,8	4,0 ^{NS}	11,2
Maíz/Sésamo	3,3	2,3	2,8	
Maíz/Sésamo/Algodón	3,9	2,7	3,3	
Medias por profundidad del suelo, cm	4,1 ^{ns}	2,6		
	<u>NaOH 0,1 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	10,5	10,5	10,5 ^{NS}	13,4
Maíz/Sésamo	10,3	10,6	10,5	
Maíz/Sésamo/Algodón	10,9	11,5	11,2	
Medias por profundidad del suelo, cm	10,6 ^{ns}	10,9		
	<u>HCl 1,0 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	6,4	5,2	5,8 ^{NS}	12,9
Maíz/Sésamo	4,9	4,8	4,8	
Maíz/Sésamo/Algodón	6,1	5,0	5,5	
Medias por profundidad del suelo, cm	5,8 ^{ns}	5,0		
	<u>NaOH 0,5 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	19,5	15,9	17,7 ^{NS}	10,6
Maíz/Sésamo	17,6	16,7	17,2	
Maíz/Sésamo/Algodón	18,7	17,2	18,0	
Medias por profundidad del suelo, cm	18,6 ^{ns}	16,6		
	<u>Residual, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	380,3	224,2	302,3 ^{NS}	14,1
Maíz/Sésamo	310,1	254,5	282,3	
Maíz/Sésamo/Algodón	334,2	300,9	317,6	
Medias por profundidad del suelo, cm	341,5a	259,9b		

⁽¹⁾CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por la test de Fischer y letras diferentes significativo al 5 % de probabilidad de error por el Test de Scott y Knott.

Tabla 8. Fósforo orgánico bajo diferentes sucesiones de cultivos Choré, San Pedro. 2018

Sucesiones de cultivos	Profundidad del suelo, cm		Medias por Sucesiones de cultivos	CV ⁽¹⁾ (%)
	0-5	5-10		
	<u>NaHCO₃ 0,1 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	2,27	3,84	3,1 ^{NS}	
Maíz/Sésamo	3,71	3,85	3,8	
Maíz/Sésamo/Algodón	3,19	3,92	3,6	12,8
Medias por profundidad del suelo, cm	3,1 ^{ns}	3,9		
	<u>NaOH 0,1 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	7,11	11,74	9,4 ^{NS}	
Maíz/Sésamo	10,15	9,02	9,6	15,9
Maíz/Sésamo/Algodón	9,27	8,96	9,1	
Medias por profundidad del suelo, cm	8,8 ^{ns}	9,9		
	<u>NaOH 0,5 mol L⁻¹, mg kg⁻¹</u>			
Sésamo	7,91	10,03	9,0 ^{NS}	
Maíz/Sésamo	6,87	8,71	7,8	11,7
Maíz/Sésamo/Algodón	9,33	12,61	11,0	
Medias por profundidad del suelo, cm	8,0 ^{ns}	10,5		

⁽¹⁾CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer.

Al evaluar la labilidad de P, tampoco se observaron influencia bajo las sucesiones de cultivos en ninguno de los tratamientos (Tabla 9). El P lábil extraído por resina y NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ total y el P moderadamente lábil, extraídos por HCl 1,0 y NaOH 0,5 mol L⁻¹ contribuyeron con bajos contenidos de P, siendo considerados rápidamente y medianamente disponibles para la planta respectivamente, siendo observadas las mayores acumulaciones en la fracción de P no lábil correspondiente al P extraído por NaOH 0,5 mol L⁻¹ y el P residual.

En relación a la profundidad del suelo, el fósforo lábil y moderadamente lábil presentó similares concentraciones en las dos camadas, mientras que el P no lábil disminuyó de 360, 1 mg kg⁻¹ de la camada superficial a 285, 7 mg kg⁻¹ en las camadas inferiores, respectivamente.

Tabla 9. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo sucesiones de cultivos. Choré, San Pedro. 2018

Sucesiones de cultivos	Labilidad de P en el suelo, mg kg ⁻¹		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
Sésamo	11,4 ^{ns}	52,4 ^{ns}	324,4 ^{ns}
Maíz/Sésamo	7,8	49,8	303,3
Maíz/Sésamo/Algodón	9,6	54,8	341,0
Media	9,6	52,3	322,9
Profundidad del suelo, cm			
0-5	11,6 ^{ns}	51,8 ^{ns}	360,1a
5-10	7,6	52,8	285,7b
Media	9,6	52,3	322,9

⁽¹⁾CV: coeficiente de variación; NS comparación vertical, ns comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer. .

En lo que respecta a la profundidad del suelo, se observa que no hay influencia en las dos camadas, de manera que el monocultivo de sésamo, o sucesiones de maíz/sésamo y maíz/sésamo/algodón, además de generar baja cantidad y calidad de residuos en la superficie, las raíces de los cultivos tampoco fueron eficientes en el reciclado de P, posiblemente no debida a la baja liberación del P del tejido vegetal, sino principalmente a la baja concentración de P en los residuos (Giacomini et al 2003).

4.2.2 Dinámica de fósforo en el suelo en diferentes sistemas de preparación del suelo

El contenido de Pi, no fue influenciado por en el sistema de siembra directa y la labranza convencional con respecto a los que fueron extraídos por resina, NaHCO₃ 0,5; NaOH 0,1 y 0,5 mol L⁻¹, a excepción del P residual. En profundidad, la mayor acumulación se observó cuando el suelo no fue removido (341,8 mg kg⁻¹) acumulando a los 5 cm 341,5 mg kg⁻¹ (Tabla 10).

Cabe destacar que la alta extracción por parte de los cultivos y la falta de reposición en el sistema generó un desgaste continuo del P independientemente del sistema de manejo de suelo, a pesar de que las plantas poseen diferentes capacidades

de absorber el P mismo en condiciones de baja disponibilidad, no observados en este experimento, en ese sentido, se puede verificar que la sucesión de cultivos no es una buena alternativa a largo plazo

Tabla 10. Fósforo inorgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Choré, San Pedro. 2018

Labranza de suelo	Profundidad del suelo, cm		Medias por labranza de suelo	CV ⁽³⁾ (%)
	0-5	5-10		
	Resina, mg kg ⁻¹			
SD ⁽¹⁾	6,8	4,2	5,5 ^{NS}	15,3
LC ⁽²⁾	8,1	5,9	7,0	
Medias por profundidad del suelo, cm	7,5 ^{ns}	5,0		
	NaHCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	4,5	2,3	3,4 ^{NS}	10,8
LC	3,7	2,9	3,3	
Medias por profundidad del suelo, cm	4,1 ^{ns}	2,6		
	NaOH 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	11,6	11,0	11,3 ^{NS}	11,9
LC	9,4	10,7	10,1	
Medias por profundidad del suelo, cm	10,5 ^{ns}	10,9		
	HCl 1,0 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	5,6	4,5	5,1 ^{NS}	10,5
LC	6,0	5,5	5,8	
Medias por profundidad del suelo, cm	5,3 ^{ns}	5,0		
	NaOH 0,5 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	17,8	16,9	17,4 ^{NS}	12,8
LC	19,3	16,3	17,8	
Medias por profundidad del suelo, cm	18,6 ^{ns}	16,6		
	Residual, mg kg ⁻¹			
SD	421,1	262,4	341,8A	15,1
LC	261,9	257,0	259,5B	
Medias por profundidad del suelo, cm	341,5a	259,7b		

(1) Siembra directa, (2) labranza convencional (3) CV: coeficiente de variación; NS, comparación vertical; ns, comparación horizontal no significativo al 5 % por el test de Fischer y letras diferentes significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Scott y Knott

En relación a la fracción orgánica de P, no fue afectada por la labranza del suelo y tampoco en profundidad. En ese sentido, considerando que la remoción del suelo promueve una mayor mineralización de residuos orgánicos comparados con

siembra directa, igualmente en ambos sistemas se observa bajo contenido de P en el suelo (Tabla 11).

Tabla 11. Fósforo orgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Choré, San Pedro. 2018

Labranza de suelo	Profundidad del suelo, cm		Medias por labranza de suelo	CV ⁽³⁾ (%)
	0-5	5-10		
	NaHCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD ⁽¹⁾	3,2	3,2	3,2 ^{NS}	
LC ⁽²⁾	2,9	4,8	3,9	15,2
Medias por profundidad del suelo, cm	3,1 ^{ns}	4,0		
	NaOH 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	8,1	9,7	8,9 ^{NS}	14,3
LC	9,6	10,1	9,8	
Medias por profundidad del suelo, cm	8,8 ^{ns}	9,9		
	NaOH 0,5 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
SD	9,2	10,2	9,7 ^{NS}	
LC	6,9	10,7	8,8	12,7
Medias por profundidad del suelo, cm	8,0 ^{ns}	10,5		

(1) Siembra directa, (2) Labranza convencional (3) CV: coeficiente de variación; NS, comparación vertical, ns, comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer.

El P lábil y moderadamente lábil no fueron afectados por la labranza del suelo, e igualmente no fueron influenciaron en profundidad. El bajo nivel de P lábil (12,8 mg kg⁻¹) fue reflejado por las fracciones de P extraídos por resina y el NaHCO₃ total, siendo esta fracción considerada muy sensible para la absorción de las plantas. Resultados similares fueron observados por Pavinato et al (2009) quienes no observaron acumulación de P en un suelo manejado por 10 años con y sin labranza; sin embargo, Vu et al. (2009) encontraron la mayor acumulación en formas lábiles cuando manejados en siembra directa (Tabla 12).

En cuanto al P moderadamente lábil extraído (52,9 mg kg⁻¹) por NaOH 0,1 y 0,5 mol L⁻¹ total, y considerando que el mismo, extrae grandes cantidades de P de los

residuos orgánicos, se observaron bajo contenido de P presente en los mismos. Por otro lado, el P no lábil presentó diferencias por el laboreo del suelo, siendo mayor su contenido en siembra directa cuando comparados en siembra convencional en un 29,6 %, en relación a la profundidad el tenor de P disminuyó $56,6 \text{ mg kg}^{-1}$ en la camada de 5-10 cm, comparativamente con la camada superficial.

Tabla 12. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil en diferentes labranzas de suelo

Labranza de suelo	Labilidad de P en el suelo		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
SD	8,9 ^{ns}	52,5 ^{ns}	389,8a
LC	10,3	52,0	269,9b
Media	9,6	52,7	277,8
Profundidad del suelo, cm			
0-5	11,6 ^{ns}	51,8 ^{ns}	357,9 ^{ns}
5-10	7,6	52,8	301,4
Media	9,6	52,3	277,8

⁽¹⁾ Siembra directa, ⁽²⁾Labranza convencional⁽³⁾CV: coeficiente de variación, ns, comparación horizontal no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer.

4.2.3 Dinámica de fósforo en el suelo por fertilización fosfatada

La adición de fertilizante fosfatado no afectó las formas de P cuando fueron extraídos por resina, NaHCO_3 , NaOH 0,1 y 0,5 mol L^{-1} , HCl 1,0 mol L^{-1} (Tabla 14). En profundidad solamente fue influenciado el P residual, siendo mayor en superficie ($341,5 \text{ mg kg}^{-1}$) comparativamente con la camada subsuperficial ($259,8 \text{ mg kg}^{-1}$).

Tabla 13. Fósforo inorgánico con y sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018

Fertilización fosfatada	Profundidad del suelo, cm		Medias por fertilización fosfatada	CV ⁽¹⁾ (%)
	0-5	5-10		
Resina, mg kg ⁻¹				
Con	8,7	5,4	7,1 ^{NS}	10,9
Sin	6,2	4,7	5,5	
Medias por profundidad del suelo, cm	7,5 ^{ns}	5,1		
NaHCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹				
Con	4,5	2,9	3,7 ^{NS}	11,4
Sin	3,8	2,3	3,0	
Medias por profundidad del suelo, cm	4,1 ^{ns}	2,6		
NaOH 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹				
Con	10,7	9,9	10,3	13,2
Sin	10,4	11,8	11,1 ^{NS}	
Medias por profundidad del suelo, cm	10,5 ^{ns}	10,8		
HCl 1,0 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹				
Con	6,9	5,7	6,3 ^{NS}	9,3
Sin	4,7	4,2	4,5	
Medias por profundidad del suelo, cm	5,8 ^{ns}	4,9		
NaOH 0,5 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹				
Con	19,5	18,5	19,0 ^{NS}	12,1
Sin	17,7	14,8	16,3	
Medias por profundidad del suelo, cm	18,6 ^{ns}	16,6		
Residual, mg kg ⁻¹				
Con	321,7	270,1	295,9 ^{NS}	10,7
Sin	361,4	249,5	305,5	
Medias por profundidad del suelo, cm	341,5a	259,8b		

⁽¹⁾CV: coeficiente de variación; NS, comparación vertical ns, comparación horizontal, no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer y letras diferentes significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Scott y Knott.

Los fertilizantes fosfatados pueden promover alteraciones en las fracciones de P, sin embargo, en este experimento no fueron observados cambios importantes, observándose bajos niveles de Pi a excepción del P residual, Olibone y Roselem (2010) también constataron aumentos del P no disponible cuando aplicados 80 kg ha⁻¹ en un suelo arenoso. En ese contexto, Gatiboni et al. (2007) verificaron

acumulación de P extraídos por resina y NaHCO_3 incluso observando mayores tenores de P en el testigo. En las fracciones orgánicas extraídas por NaHCO_3 , NaOH 0,1 y 0,5 mol L^{-1} , al igual que el Pi no se mostraron modificaciones cuando aplicados 40 kg ha^{-1} de P presentando en promedio, 3,5; 9,4 y 9,5 mg kg^{-1} de P respectivamente, como tampoco fue influenciada entre capas (Tabla 14).

Los resultados demuestran que, en suelos con deficiencia de P su baja acumulación esté relacionada a la escasa eficiencia de las sucesiones de cultivos (Franchini et al. 2011), por la alta exportación en granos, mostrando poca redistribución en el suelo (Giacomini et al. 2003). En un trabajo realizado con avena negra, lupino blanco, nabo forrajero y centeno, Soltangheisi et al. (2018) y colaboradores señalaron que existe mayor respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatada cuando el suelo es cubierto, principalmente con el lupino blanco, el cual retiene por mayor tiempo el Pi .

Tabla 14. Fósforo orgánico con y sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018

Fertilización fosfatada	Profundidad del suelo, cm		Medias por fertilización fosfatada	CV ⁽¹⁾ (%)
	0-5	5-10		
<u>NaHCO_3 0,1 mol L^{-1}, mg kg^{-1}</u>				
Con	3,0	3,4	3,2 ^{NS}	
Sin	3,1	4,4	3,7	14,3
Medias por profundidad del suelo, cm	3,1 ^{ns}	3,9		
<u>NaOH 0,1 mol L^{-1}, mg kg^{-1}</u>				
Con	9,3	11,2	10,3 ^{NS}	12,4
Sin	8,4	8,5	8,5	
Medias por profundidad del suelo, cm	8,8 ^{ns}	9,9		
<u>NaOH 0,5 mol L^{-1}, mg kg^{-1}</u>				
Con	7,6	10,9	9,3 ^{NS}	10,3
Sin	8,4	9,9	9,2	
Medias por profundidad del suelo, cm	8,0 ^{ns}	10,5		

⁽¹⁾CV: coeficiente de variación; NS, comparación vertical ns, comparación horizontal, no significativo al 5 % de probabilidad de error por el test de Fischer

La utilización de fertilizante fosfatado no afectó la labilidad de P y tampoco en profundidad en este escenario, se verifica que la adición del P fue mayormente acumulada en el P no lábil, siendo atribuida al fósforo inorgánico correspondiente al P residual. Tampoco se verificaron transformaciones del Pi en Po, de manera que en las formas orgánicas se obtuvieron bajos niveles de P.

Cabe señalar que, posiblemente el bajo contenido del Po fue debida a su mineralización para las formas más lábiles, y que estas fueron absorbidas por los cultivos sucesivos, similares resultados fueron indicados por Gatiboni et al. (2007), pero en un suelo con diferente contenido de arcilla.

Tabla 15. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil con o sin fertilización fosfatada. Choré, San Pedro. 2018

Fertilización fosfatada	Labilidad de P en el suelo		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
Con	10,8 ^{ns}	56,9 ^{ns}	595,7 ^{ns}
Sin	8,5	51,6	547,0
Media	9,6	54,3	571,3
Profundidad del suelo, cm			
0-5	14,1 ^{ns}	52,8 ^{ns}	358,3 ^{ns}
5-10	11,4	52,4	301,5
Media	12,8	52,6	329,9

4.4 Local III Capitán Miranda, Itapúa

4.4.1 Dinámica de fósforo en el suelo en diferentes sistemas de preparación del suelo

La labranza convencional, la labranza mínima y la no remoción del suelo, no presentaron efectos de interacción, sin embargo, se encontró influencia en los compartimientos de P por el sistema de preparación del suelo y profundidad, observándose una alta disminución en la camada de 10- 20 cm, con valor de 3, 9 mg kg⁻¹ de P extraído por resina representando, la principal forma de disponibilidad con

relación directa al manejo del suelo según fueron observados por y Engelbrecht (2011) (Tabla 16).

Igualmente, las menores cantidades de Pi fueron extraídas por resina no encontrándose con tenores críticos (12 mg kg^{-1}), (Cubilla et al 2012) en las profundidades de 0-5 y 5 -10 cuando adoptados los sistemas de labranza mínima y siembra directa. Los extractores NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ y HCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ comparativamente con NaOH $0,1$ y $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ y el residual, obtuvieron las mayores fracciones de Pi.

En relación al NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ y el residual, en el primer extractor se puede verificar una marcada diferencia entre las tres labranzas del suelo, principalmente en las dos primeras camadas, resultando en una mayor acumulación de Pi en orden creciente en la labranza mínima y siembra directa, a pesar de no realizarse una rotación de cultivos, con una sucesión continuas de soja/maíz se observándose una alta influencia del manejo de suelo a largo plazo.

En relación a las formas orgánicas de P no fueron influenciados por rotaciones de cultivos, y en profundidad cuando fueron extraídos por NaOH $0, 1$ y $0, 5 \text{ mol L}^{-1}$ similares resultados fueron observados por Vu et al. (2008), en tres tipos de suelos bajo diferentes labranzas (Tabla 17).

Tabla 16. Fósforo inorgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018

Labranza de suelo	Profundidad del suelo, cm			Medias por labranza de suelo
	0-5	5-10	10-20	
	Resina, mg kg ⁻¹			
LC ⁽¹⁾	12,7	3,3	2,8	6,3A
LM ⁽²⁾	25,6	20,8	3,6	16,7B
SD ⁽³⁾	28,5	46,4	5,3	27,3C
Medias por profundidad del suelo, cm	22,3a	23,5a	3,9b	
CV (%) ⁽⁴⁾		9,8		
	NaHCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
LC	4,3	5,4	3,0	4,2A
LM	12,9	13,5	2,4	9,6B
SD	10,4	9,9	3,0	7,8B
Medias por profundidad del suelo, cm	9,2a	9,6a	2,8b	
CV(%)		8,7		
	NaOH 0,1 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
LC	75,1	56,9	41,1	57,7A
LM	119,5	106,1	44,2	89,9B
SD	90,5	84,1	37,0	70,5C
Medias por profundidad del suelo, cm	95,0a	82,4a	40,8b	
CV(%)		12,1		
	HCl 1,0 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
LC	6,9	6,7	2,8	5,5A
LM	18,4	17,8	4,9	13,7B
SD	16,1	11,3	4,2	10,5B
Medias por profundidad del suelo, cm	13,8a	11,9a	4,0b	
CV(%)		11,3		
	NaOH 0,5 mol L ⁻¹ , mg kg ⁻¹			
LC	60,4	58,7	46,6	56,4 ^{NS}
LM	61,9	73,7	52,9	62,8
SD	58,8	47,4	45,3	50,5
Medias por profundidad del suelo, cm	60,4a	59,9a	48,3b	
CV(%)		8,2		
	Residual, mg kg ⁻¹			
LC	869,7	957,6	858,1	904,6 ^{NS}
LM	829,9	965,2	950,3	915,1
SD	943,4	957,0	886,4	928,9
Medias por profundidad del suelo, cm	886,6 ^{ns}	959,9	898,3	
CV(%)		9,8		

⁽¹⁾Labranza convencional, ⁽²⁾Labranza mínima, ⁽³⁾ Siembra directa, ⁽⁴⁾Coeficiente de variación; CV: coeficiente de variación; NS, ns no significativo y letras diferentes significativo al 5 % de probabilidad de error.

Tabla 17. Fósforo orgánico bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018

Labranza de suelo	Profundidad del suelo, cm			Medias por labranza de suelo
	0-5	5.10	10.20	
NaHCO₃ 0,1 mol L⁻¹, mg kg⁻¹				
LC	15,4	11,1	9,7	12,1 ^{NS}
LM	9,0	5,4	8,3	7,6
SD	12,2	9,0	9,3	10,2
Medias por profundidad del suelo, cm	12,2 ^{ns}	8,5	9,1	
CV, %		10,3		
NaOH 0,1 mol L⁻¹, mg kg⁻¹				
LC	132,6	104,2	94,9	110,6 ^{NS}
LM	149,1	126,8	101,6	125,8
SD	161,6	138,8	84,9	128,4
Medias por profundidad del suelo, cm	149,2a	123,3a	93,8b	
CV, %		7,6		
NaOH 0,5 mol L⁻¹, mg kg⁻¹				
LC	55,7	47,1	39,0	47,3
LM	85,3	60,4	28,3	58,0
SD	79,6	66,1	42,3	62,7
Medias por profundidad del suelo, cm	73,5a	57,9b	36,5c	
CV,%		8,8		

⁽¹⁾Labranza convencional, ⁽²⁾Labranza mínima, ⁽³⁾ Siembra directa, ⁽⁴⁾Coefficiente de variación; CV: coeficiente de variación; NS, ns no significativo y letras diferentes significativo al 5 % de probabilidad de error; NS, comparación por labranza de cultivos; ns y letras diferentes, comparación por profundidad del suelo

En el fósforo lábil se puede observar una marcada influencia entre la labranza convencional (22,6 mg kg⁻¹) comparativamente con la labranza mínima (36,5 mg kg⁻¹) y siembra directa (44,8 mg kg⁻¹), presentando similar comportamiento cuando evaluados en profundidad siendo 42, 3; 45,0 y 16,6 mg kg⁻¹ en las camadas de 0-5; 5-10; y 10-20 cm respectivamente (Tabla 18).

Con relación al fósforo moderadamente lábil también fue afectado por labranza siendo mayormente acumulado con el laboreo mínimo del suelo (342,9 mg kg⁻¹) mientras disminuyó gradualmente en profundidad. En cuanto al fósforo no lábil no fue influenciado por ninguno de los factores.

Tabla 18. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo diferentes labranzas de suelo. Capitán Miranda, Itapúa. 2018

Labranza de suelo	Labilidad de P en el suelo		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
LC	22,6a	290,1a	997,6 ^{ns}
LM	36,5b	342,9b	1042,3
SD	44,8c	291,5a	1041,9
Media	40,6	326,3	1042,1
Profundidad del suelo, cm			
0-5	42,3a	376,4a	1025,7 ^{ns}
5-10	45,0a	335,1a	1077,7
10-20	16,5b	221,4b	978,6
Media	30,8	278,3	1028,1
CV (%)		10,1	

4.4.2 Dinámica de fósforo en el suelo en diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa

Las plantas de cobertura de leguminosas y gramíneas en épocas de zafras de los principales cultivos de granos no presentaron efecto en ninguno de los extractores (Tabla 19).

Sin embargo, fueron influenciados en profundidad posiblemente debido a la acumulación de carbono orgánico en profundidad relacionado a la liberación de Po ocasionada por la liberación de exudados de las raíces y que mediante la actividad microbiana fueron transformados en Pi.

Las fracciones orgánicas del fósforo tampoco presentaron influencia por las rotaciones de cultivos, pero mostraron efecto cuando fueron evaluados en profundidad en todos los extractores, siendo la mayor parte Po concentrado cuando extraído por NaOH 0,1 mol L⁻¹ (119,3 mg kg⁻¹) seguido del NaOH 0,5 mol L⁻¹ (60,2 mg kg⁻¹) y NaHCO₃ mol L⁻¹ (12,9 mg kg⁻¹) respectivamente (Tabla 20)

Cabe destacar que, aun cuando el lupino blanco es considerado un buen solubilizador del P (Martinazzo et al 2007) no presentó influencia cuando incorporado en el sistema. Tiecher (2012a) encontró mayor acumulación de Pi

superficialmente cuando fueron incorporados residuos en el suelo, atribuyendo en esas condiciones a una mayor actividad microbiana, que mineralizó más rápidamente los compuestos orgánicos producidos por las plantas

Tabla 19. Fósforo inorgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. Capitán Miranda, Itapúa. 2018

Rotaciones de cultivos	Pi Resina	Pi NaHCO ₃ 0,5 mol L ⁻¹	Pi NaOH 0,1 mol L ⁻¹	Pi HCl 1,0 mol L ⁻¹	Pi NaOH 0,5 mol L ⁻¹	Pi residual
	mg kg ⁻¹					
Profundidad del suelo, cm						
0-5						
A/S/T/S/V ⁽⁴⁾ /M ⁽⁵⁾	11,3 ^{ns}	5,9 ^{ns}	62,3 ^{ns}	9,6 ^{ns}	55,7 ^{ns}	1038,5 ^{ns}
T/S/A/S/T/S	18,7	7,4	70,3	11,7	48,0	949,8
A/S/T/S/V ⁽⁴⁾ /M ⁽⁵⁾	19,7	6,1	77,3	11,8	52,2	958,2
T/S/V/M/A/S	11,8	6,5	68,1	9,7	48,3	944,1
L ⁽⁶⁾ /M/A/S/T/S	9,7	3,9	63,0	8,3	44,9	932,4
5-10						
A/S/T/S/A/S	22,6 ^{ns}	4,6 ^{ns}	62,5 ^{ns}	8,4 ^{ns}	55,3 ^{ns}	880,4 ^{ns}
T/S/A/S/T/S	12,6	4,0	52,3	7,0	51,9	994,0
A/S/T/S/V/M	13,3	2,8	46,6	4,9	58,4	969,5
T/S/V/M/A/S	8,0	3,9	53,1	6,2	58,5	1034,5
L/M/A/S/T/S	10,8	2,9	37,5	3,8	40,0	995,0
10-20						
A/S/T/S/A/S	2,0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	21,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	40,9 ^{ns}	949,7 ^{ns}
T/S/A/S/T/S	1,4	1,8	28,5	2,7	41,2	957,1
A/S/T/S/V/M	1,3	0,8	17,6	2,6	40,0	919,7
T/S/V/M/A/S	1,6	0,9	15,3	1,9	35,8	1074,5
L/M/A/S/T/S	1,6	1,0	19,1	2,4	32,8	941,4
Medias por profundidad del suelo, cm						
0-5	13,0a	6,0a	68,2a	10,2a	49,8a	964,6 ^{ns}
5-10	12,5a	3,7a	50,4b	6,0a	52,8b	974,7
10-20	1,6b	1,1b	20,4c	2,3b	38,2c	968,5
CV (%)	13,2	9,3	8,4	11,8	11,5	8,2

⁽¹⁾Avena, ⁽²⁾Soja, ⁽³⁾Trigo, ⁽⁴⁾Vicia, ⁽⁵⁾Maíz, ⁽⁶⁾Lupino; ⁽⁷⁾CV: coeficiente de variación; NS, ns, no significativo al 5 % de probabilidad de error; NS: comparación por rotaciones de cultivos; ns y letras diferentes, comparación por profundidad del suelo

Tabla 20. Fósforo orgánico bajo diferentes rotaciones de cultivos en siembra directa. Capitán Miranda, Itapúa. 2018

Rotaciones de cultivos	Po	Po	Po NaOH
	NaHCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	NaOH 0,1 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹
mg kg ⁻¹			
Profundidad del suelo, cm			
0-5			
A/S/T/S/V ⁽⁴⁾ /M ⁽⁵⁾	15,2	135,7	110,70
T/S/A/S/T/S	14,0	151,4	96,40
A/S/T/S/V ⁽⁴⁾ /M ⁽⁵⁾	16,3	143,8	74,21
T/S/V/M/A/S	13,0	159,6	70,50
L ⁽⁶⁾ /M/A/S/T/S	18,5	157,1	76,11
5-10			
A/S/T/S/A/S	14,5	116,9	65,42
T/S/A/S/T/S	14,1	138,6	54,39
A/S/T/S/V/M	13,1	139,9	65,79
T/S/V/M/A/S	14,1	136,2	62,50
L/M/A/S/T/S	13,8	135,3	53,0
10-20			
A/S/T/S/A/S	9,0	75,70	39,44
T/S/A/S/T/S	9,5	76,98	37,89
A/S/T/S/V/M	9,0	66,89	22,76
T/S/V/M/A/S	13,7	87,02	44,74
L/M/A/S/T/S	9,3	68,58	29,64
Medias por profundidad del suelo, cm			
0-5	15,4a	13,9a	10,1b
5-10	149,5a	133,4a	75,0b
10-20	85,6a	60,2b	34,9c
CV (%)	12,3	9,3	8,6

¹⁾Avena, ²⁾Soja, ³⁾Trigo, ⁴⁾Vicia, ⁵⁾Maíz, ⁶⁾Lupino; ⁷⁾CV: coeficiente de variación; NS, no significativo al 5 % de probabilidad de error; NS: comparación por rotaciones de cultivos; letras diferentes, comparación por profundidad del suelo

La labilidad del fósforo no fue influenciada por las rotaciones de cultivos, no obstante, presentaron efectos en profundidad. (Tabla 22).

Estos resultados obtenidos podrían ser atribuidos a la no aplicación de cal agrícola en este experimento, que posiblemente favoreció aumentar los sitios de adsorción que ocasionó mayor acumulación en el P residual y por tanto se observó más considerablemente en el P no lábil

Figura 21. Fósforo lábil, moderadamente lábil y no lábil bajo rotaciones de cultivos.
Capitán Miranda. Itapúa. 2018

Rotaciones de cultivos	Labilidad de fósforo		
	mg kg ⁻¹		
	Lábil	Moderadamente lábil	No lábil
A/S/T/S/A/S	17,2 ^{ns}	374,0 ^{ns}	1204,9 ^{ns}
T/S/A/S/T/S	26,1	377,8	1094,2
A/S/T/S/V/M	25,9	359,4	1084,6
T/S/V/M/A/S	18,3	356,2	1063,0
L/M/A/S/T/S	17,0	349,3	1053,4
Medias	17,6	352,7	1058,2
Profundidad del suelo, cm			
0-5	19,0a	363,3a	1100,0 ^{ns}
5-10	16,1a	302,9a	1087,7
10-20	2,7b	95,7b	1041,5
Medias	9,4	199,3	1064,6
CV (%)			

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

5.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos el estudio de la dinámica de fósforo bajo diferentes sistemas de manejo de suelo permiten obtener las siguientes conclusiones:

- a) En el local San Joaquín las fracciones de fósforo son mayores en la camada superficial pero no son aumentadas a corto plazo por las rotaciones de cultivos.
- b) En el local Choré las fracciones de fósforo son afectadas principalmente por el sistema de labranza que por las sucesiones de cultivos y por la adición de fertilizante fosfatado.
- c) En el local Capitán Miranda las mayores acumulaciones de P fueron cuando manejados en labranza mínima y siembra directa.
- d) La dinámica del P es afectada por el sistema de manejo de suelo
- e) Las fracciones de fósforo son mayormente influenciadas por el sistema de preparación del suelo a largo plazo, siendo preferentemente acumulado en la camada superficial.
- f) El fósforo no lábil es mayormente acumulado seguido del moderadamente lábil y no lábil.

5.2 Recomendación

Evaluar la acumulación de fósforo en el tejido vegetal para identificar plantas que presentan mayor capacidad de absorción y recuperación del fósforo en el suelo.

6. REFERENCIAS

- Abdi D, Cade-Menun BJ, Ziadi N, Parent LE. 2014. Long-term impact of tillage practices and phosphorus fertilization on soil phosphorus forms as determined by P nuclear magnetic resonance spectroscopy (en línea). *Journal of Environmental Quality* 43(4):1431–1441. Consultado 4.nov.2018. Disponible en: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/43/4/1431>
- Almeida, DN. 2018. Disponibilidade de fósforo e produtividade de soja em rotação com *Braquiária ruziziensis* (en línea). Tesis (Dr). Botucatu, BR, Universidad Federal Paulista. 150p. Consultado 14.may.2019. Disponible en: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/167571>
- Anderson, BH; Magdoff, FR. 2005. Relative movement and soil fixation of soluble organic and inorganic phosphorus (en línea). *Journal of Environmental Quality*. 34: 2228–2233. Consultado 28.ene.2018. Disponible en: [l.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/34/6/2228](https://www.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/34/6/2228)
- Bayon, RC; Weisskof, E; Martinoi, J; Jansa, E. 2006. Soil phosphorus uptake by continuously cropped *Lupinus albus*: A new microcosm design (en línea). *Plant and Soil*. 283: 309–321, 2006. Consultado 28.oct.2018. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-006-0021-4>
- Boem, FHG; Álvarez, CR; Cabello, MJ; Fernandez; Bono, A; Peytupa, P; Taboada, MA. 2008. Phosphorus retention on soil surface of tilled and no-tilled soils (en línea). *Soil Science Society of America*. 72: 158-162. Consultado 4.may.2019. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?q=Boem,+F.+H.+G.+et+al+162,+2008.&hl=es&as_sdt=0,5
- Brookes, PC; Powlson, DS. 1981. Preventing phosphorus losses during perchloric acid digestion of sodium bicarbonate extracts (en línea). *Journal of the Science. Food and Agriculture*. 32: 671–674. Consultado 4.ene.2019. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740320707>
- Bünemann, EK; Steinebrunner, F; Smithson, PC; Frossard, E; Oberson, A. 2004. Phosphorus dynamics in a highly weathered soil as revealed by isotopic labeling techniques (en línea). *Soil Science Society of America*. 68: 1645–1655. Consultado 20.abr.2019. Disponible en: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/68/5/1645>

- Casali, CA. 2012. Sistemas de culturas sob diferentes manejos por longa duração ateram as formas de fósforo do solo? (en línea). Tesis (Dr). Santa María, BR, Universidade Federal de Santa Maria. Consultado 15.abr.2019. Disponible en: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3340>
- Chintala, R; Schumacher, TE; McDonald, LM; Clay, DE; Malo, DD; Papiernik, SK, Clay, SA, Julson, JL. 2014. Phosphorus sorption and availability from biochars and soil/biochar mixtures (en línea). *Clean Soil and Water*. 42: 626–634. Consultado 18.may.2019. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/clen.201300089?>
- Conte, E; Anghinoni, I; Rheinheimer, DS. 2003. Frações de fósforo acumuladas em latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27: 893-900
- Conte, E; Anghinoni, I; Rheinheimer, DS. 2003. Frações de fósforo acumulada em latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto (en línea) *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27 (5): 893-900. Consultado 20.abr.2019. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/0D/rbcs/v27n5/v27n5a14.pdf>
- Dick, WA; Tabatabai, MA. 1977. Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. *Journal of Environmental Quality*. 6: 82-85.
- Eberhardt, DN; Vendrame, PRS; Becquer, T; Guimarães, MF. 2008. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32 (3): 1009-1016.
- Fontana, A; Pereira, MG; Loss, A; Cunha, TJJ; Salton, JC. 2008. Fósforo remanescente e correlação com as frações da matéria orgânica em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sucessões de cultura em plantio direto. *Revista Brasileira de Agrociência*. 14 (1): 159-164.
- Franchini, JC; Pavan, MA; Miyazawa, M. 2004. Redistribution of phosphorus in soil through cover crop roots (en línea). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 47 (3): 381-386. Consultado 20.abr.2019. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0

- Gatiboni, LC; Kaminski, J; Rheinheimer, DS; Aggin, A. 2002. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho distroférico (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 26: 1023-1029. Consultado 20.abr.2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180218306021.pdf>
- Gatiboni, LC; Kaminski, J; Rheinheimer, D; Flores, JPC. 2007. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 691-699
- Gatiboni, LC; Kaminski, J; Rheinheimer, D; Flores, JPC. 2008. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32: 1753-176
- Gerke, J. 2015. Phytate (inositol hexakisphosphate) in soil and phosphate acquisition from inositol phosphates by higher plant (en línea). *Plants*. 4 (2): 253-266. Consultado 4.feb.2019. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=
- González-Chávez, MCA; JA; Gentry, TG; Zuberer, D; Hons, F; Loeppert, R. 2010. Show more Soil microbial community, C, N, and P responses to long-term tillage and crop rotation (en línea). *Soil and Tillage Research*. 106: 285-293. Consultado 20.sep.2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198709002232>
- Guardini, R; Comin, JJ; Schmitt, DE; Tiecher, T; Ender, MA; Rheinheimer, DS; Mezzari, CP; Oliveira, BS; Gatiboni, LC; Brunetto, G. 2012. Accumulation of phosphorus fractions in typical Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system (en línea). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 93 (2): 215- 225. Consultado 20.sep.2018. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-012-9511-3>
- He, Z; Honeycutt, CW. 2005. A modified molybdenum blue method for orthophosphate determination suitable for investigating enzymatic hydrolysis of organic phosphates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 1373-1383.
- Hedley, M; Stewart, J; Chauhan, B. 1982. Changes in the inorganic and organic phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubation. *Soil Science Society of American Journal*. 46: 970-976.
- Horst, WJ; Kamh, M; Jibrin, JM; Chude, VO. 2001. Agronomic measurements for increasing P availability to crops. *Plant and Soil*. 237: 211-223.
- Jakobsen, I; Leggett, ME; Richardson, AE. 2005. Rhizosphere microorganisms and plant phosphorus uptake (en línea). *Agronomy Monograph* 4: 437-494. Consultado 22.nov.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=JAKOBSEN%2C+I.%3B+LEGGETT%2C+M.E.%3B+

- Jalali, M; Tabar, SS. 2011. Chemical fractionation of phosphorus in calcareous soils of Hamedan, western Iran under different land use (en línea). *Journal Plant and Soil Science*. 174: 523–531. Consultado 24.sep.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=
- Kim, J; Li, W; Philips, BL; Grey, CP. 2011. Phosphate adsorption on the iron oxyhydroxides goethite (α -FeOOH), akaganeite (β -FeOOH) and lepidocrocite (γ -FeOOH): a 31P NMR study (en línea). *Energy Environmental Science*. 4: 4298–4305. Consultado 28.abr.2019. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/ee/c1ee02093e/unauth#!divAbstract>
- Leite, JNF; Da Cruz, MPC; Ferreira, ME; Andrioli, I; Braos, LB. 2016. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 51 (11): 1880-1889
- Li, W; Feng, X; Yan, Y; Sparks, DL; Philips, BL. 2013. Solid-state NMR spectroscopic study of phosphate sorption mechanisms on aluminum (hydr) oxides. *Environmental Science Technology*. 47: 8308–8315.
- López, O; González, E; De LLamas, P; Molinas, A; Franco, E; García, S; Rios, E. 1995. Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental del Paraguay. Asunción, PY: MAG/Banco Mundial/Gobierno del Japón/Servicio Geodésico Interamericano. Escala 1:500.000. Color. (Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra).
- Martinazzo, R. Rheinheimer, DS; L Gatiboni, LC; Brunetto, G; Kaminski, J. 2007. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31(3):563-568. Consultado 20.may.2019. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/0D/rbcs/v31n3/a16v31n3.pdf>
- Matos, MA; Salvi, JV; Milan, M. 2006. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja (em línea). *Engenharia Agrícola*. (26):493-501 Consultado 24.mar.2019. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=1
- Menezes-Blackburn, D; Paredes, C; Zhang, H; Giles, CD; Gerge, TS; Shand, C; Lumsdon, D; Cooper, P; Wender, R; Brown, L; Blakwell, M; Wearing, C; Haygarth, PM. 2016. Organic acids regulation of chemical–microbial phosphorus transformations in soils (en línea). *Environmental Science & Technology*. 50 (21): 11521-11531. Consultado 3.may.2019. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=MENEZES-BLACKBURN%2C+D.+et+al.+Organic+acids+regulation+of+chemical%E2%8

- Merlin, A; Rosolem, CA; HE, ZL. 2015. Non-labile phosphorus acquisition by *Brachiaria* (en línea). *Journal of Plant Nutrition*. 39 (9): 1319-1327. Consultado 3.abr. 2019. Disponible en: <https://scholar.google.es/scholar?hl>
- Murphy, J; Riley, JP. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analitica Chimica. Acta*. 27: 31-36.
- Olibone, D; Rosolem, CA. 2010. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till (en línea). *Sci. Agric* 67 (4): 1-10. Consultado 10.ago.2018. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103_90162010000400014&script=sci_arttext
- Olsen, SR; Sommers, LE. 1982. Phosphorus. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2 ed. SSSA. Madison. p 403-430.
- Pavinato, PS.; Merlin, A; Rosolem, CA. 2009. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage (en línea). *Soil & Tillage Research*. 105: 149–155. Consultado 30.Nov.2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198709001378>
- Pavinato, PS; Rosolem, CA. 2008. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32 (3): 911-920.
- Qiao, SMY.2012. Distribution of inorganic and organic phosphorus fractions in two phosphorus-deficient soils as affected by crop species and nitrogen applications. *Commun* (en línea). *Soil Science Plant*. 43 (4):631–644. Consultado 24.may.2019. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00103624.2012.644004>
- Qin, S; Hu, C; He, X; Dong, W; Cui, J; Wang, Y, 2010. Soil organic carbon, nutrients and relevant enzyme activities in particle-size fractions under conservational versus traditional agricultural management (en línea). *Applied Soil Ecology*. 45: 152–159. Consultado 20.abr.2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139310000491>
- Redel, YD; Rubio, R; Rouanet, JL, Borie, F. 2007. Phosphorus bioavailability affected by tillage and crop rotation on a Chilean volcanic derived Ultisol. (en línea). *Geoderma* 139: 388–396. Consultado 18.04.2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706107000651>
- Redel, Y; Rubio, R; Godoy, R.; Borie, F. 2008. Phosphorus fractions and phosphatase activity in an Andisol under different forest ecosystems (en línea). *Geoderma*. 145: 216-221. Consultado 16.03.2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706108000803>

- Redel, YD; Escudey, M; Alvear, M; Conrad, J; Borie, F. 2011. Effects of tillage and crop rotation on chemical phosphorus forms and some related biological activities in a Chilean Ultisol (en línea). *Soil Use Management*. 27 (2): 221–228. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1475-2743.2011.00334.x?casa_token=U1YRwe
- Rheinheimer, DS. 2000. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. Tesis (Dr). Porto Alegre, BR. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 210 p.
- Rheinheimer, DS; Anghinoni, I. 2001. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36: 151-160
- Rheinheimer, D; Anghinoni, I; Conte, E. 2003 Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27: 41-49.
- Rheinheimer, DS; Gatiboni, LC; Kaminski, J. 2008. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto (en línea). *Ciência Rural* 38 (2):576-586. Consultado 12.oct. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000200049&lng=en&tlng=pt
- Rosolem, AC; Merlin, A. 2014. Soil phosphorus availability and soybean response to phosphorus starter fertilizer (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38: 1487-1495. Consultado. 30.sep.2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1802/180232420015.pdf>
- Rose, T. J.; Hardiputra, B.; Rengel, Z. 2010. Wheat, canola and grain legume access to soil phosphorus fractions differs in soils with contrasting phosphorus dynamics (en línea). *Plant Soil*. 326: 159–170. Consultado 30.jun.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=
- Saavedra, C; Velasco, J; Pajuelo, P; Perea, F; Delgado, A. 2007. Effects of tillage on phosphorus release potential in a Spanish vertisol (en línea). *Soil Science Society of American Journal*. 71: 56–63. Consultado 30.may.2018. Disponible en:
- Santos, JZL; Neto, AEF; Resende, AV; Curi, N; Carneiro, LF Costa, SE. 2008. Frações de fósforo em solo adubado com fosfato em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 32: 705-714.
- Shirado, EYN; Taques, MM. 2016. Produtividade e teores foliares de nutrientes da soja em função a diferentes plantas de cobertura. Tesis (Ing Agr). Mato Grosso do Sul, BR. Universidade Federal de Dourados. 86p.

- Soltangheisi, A; Rodrigues, M; Coelho, MA; Gasperini, AM; Sartor, LR; Pavinato, SP. 2018. Changes in soil phosphorus lability promoted by phosphate sources and cover crops (en línea). *Soil and Tillage Research*. 179: 20-28. Consultado 22.jun.2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718300084>
- Takeda, M; Nakamoto, T; Miyazawa, T; Murayama, K. 2009. Phosphorus transformation in a soybean-cropping system in Andosol: effects of winter cover cropping and compost application (en línea). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 85: 287–297. Consultado 22.jun.2018. Disponible en: <https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as> -
- Teles, APB; Rodrigues, M; Bejarano Herrera, WF; Soltangheisi, A; Sartor, LR; Withers, PJA; Pavinato, PS. 2017. Do cover crops change the lability of phosphorus in a clayey subtropical soil under different phosphate fertilizers? (en línea). *Soil Use Manage*. 33 (1): 34–44. Consultado 24.abr.2019. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/sum.12327?casa_token
- Tiecher, T. 2012. Dinâmica do fósforo em solo muito argiloso sob diferentes preparos de solo e culturas de inverno (en línea). Tesis (M.Sc). Santa Maria, BR, Universidade Federal de Santa Maria. 81p.Consultado 18.jul.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=+Tiecher%2C+T.+2012.+Din%3%A2mica
- Tiecher, T.; Santos, D.R. dos; Kaminski, J.; Calegari, A. 2012a. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long-term soil tillage systems and winter crops (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36: 271-281. Consultado 20.ago.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Tiecher%2C+T.%3B+Santos%2C+D.R.+dos
- Tiecher, T; Rheinheimer, DS; Calegari, A. 2012b. Soil organic phosphorus forms under different soil management systems and winter crops in a long-term experiment (en línea). *Soil and Tillage Research*. 124: 57-67. Consultado 20.ago.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Tiecher%2C+T%3
- Tirloni, C; Vitorino, ACT; Novelino, JO; Tirloni, D; Coimbra, DS. 2009. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. *Ciência e Agrotecnologia*. 33 (4): 977-984.
- Tivet, F. Sá, MJA; Lal, R; Marcondes, D; Milori, BP; Briedis, C; Eutormy, P; Pinheiro, A; Borszowski, R; Hartman, C. 2013 Assessing humification and organic C fractions by laser induced fluorescence and FTIR spectroscopies in conventional and no-till methods in Brazil's sub tropical and tropical agro-ecoregions (en línea). *Geoderma*. 71-81. Consultado 24.ago.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Tivet%2C+F.+2013+Assessing+humification+and+organic+C+fractions+by+laser+induced+f

- Turner, BL; Cade-Menun, BJ; Westermann, DT. 2003. Organic phosphorus composition and potential bioavailability in semi-arid arable soils of the Western United States (en línea). *Soil Science Society*. 67:1168-1179. Consultado. 20.sep.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Turner%2C+BL%3B+Cade-Menun%2C+BJ%3B+
- Vu, DT; Tang, C; Armstrong, RD. 2008. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. *Plant and Soil*. 30 (4):21-34
- Wang, J; Liu, WZ; Mu, HF; Dang, TH. 2010. Inorganic phosphorus fractions and phosphorus availability in a calcareous soil receiving 21-year superphosphate application (en línea). *Pedosphere*. 20: 304-310. Consultado 19.05.2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1002016010600185>
- Wei, SY; Tan, WF; Liu, F; Zhao, W; Weng, LP. 2014. Surface properties and phosphate adsorption of binary systems containing goethite and kaolinite. *Geoderma*. 213: 478-484.
- Xavier, FAZ; Oliveira, TS; Andrade, FV; Mendonça ES. 2009. Phosphorus fractionation in a sandy soil under organic agriculture in Northeastern Brazil (en línea). *Geoderma*. 151: 417-23. Consultado. 24.oct.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=
- Yang, X; Post, WM. 2011. Phosphorus transformations as a function of pedogenesis: a synthesis of soil phosphorus data using Hedley fractionation method. *Biogeosciences*. 8: 2907-2916.
- Zamuner, EC; Picone, L; Echeverria, HE. 2008. Organic and inorganic phosphorus in Mollisol soil under different tillage practices (en línea). *Soil and Tillage Research*. 99: 131-138. Consultado 10.nov.2018. Disponible em: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ZAMUNER%2C+E.C.%3B+PICONE
- Zhang, H; Huagn, Y; Xiangshg, L; Shi, L; Fangseng, h. 2009. Genotypic differences in phosphorus acquisition and the rhizosphere properties of *Brassica napus* in response to low phosphorus stress (en línea). *Plant and Soil*. 320: 91-102. Consultado 18.oct.2018. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ZHANG%2C+H.+et+al.+Genotypic+differences+in

7.ANEXOS

Anexo 1. Fracciones orgánicas e inorgánicas obtenidas en el local San Joaquín, Caaguazú

T	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaC ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
1	40,0	21,0	17,0	4,0	64,5	40,6	23,87	28,1	45,4	17,7	27,67	301,5	500,5
2	29,1	21,3	16,0	5,3	55,9	28,7	27,18	31,2	44,5	25,3	19,22	315,5	497,5
3	19,6	13,5	8,5	5,0	47,3	30,8	16,50	13,7	54,8	14,2	40,52	241,7	390,5
4	11,3	17,7	6,7	11,1	33,0	18,9	14,08	12,6	31,4	12,7	18,74	213,8	319,8
5	29,3	21,0	12,0	9,0	57,3	41,4	15,92	18,6	27,4	17,4	9,97	175,3	328,9
6	20,7	19,5	12,5	7,0	58,8	34,7	24,09	23,6	48,9	24,1	24,87	270,1	441,6
7	21,1	16,9	10,6	6,2	45,9	27,2	18,69	17,9	41,6	14,2	27,38	170,6	314,0
8	21,1	19,8	9,9	9,9	76,0	31,3	44,66	18,1	56,2	15,2	41,04	305,6	496,8
9	19,9	18,0	8,8	9,2	47,3	35,0	12,36	18,7	28,8	17,7	11,09	168,3	301,0
10	36,7	24,8	14,1	10,7	70,3	39,4	30,90	42,0	53,3	25,3	27,96	202,6	429,6
11	34,7	27,0	12,8	14,2	60,2	38,8	21,38	17,4	63,8	15,8	47,97	234,6	437,7
12	17,6	13,3	6,9	6,4	58,8	23,3	35,48	12,4	31,0	21,5	9,46	248,8	381,9
13	29,5	25,2	13,0	12,1	60,2	37,5	22,67	23,4	51,1	6,3	44,79	238,1	427,5
14	22,7	19,5	11,2	8,3	63,1	33,9	29,17	23,9	40,9	9,2	31,72	124,4	294,5
15	26,0	19,5	12,0	7,5	45,9	28,5	17,40	24,5	53,3	9,5	43,81	231,0	400,2
16	15,6	17,7	8,8	9,0	41,6	19,4	22,16	13,6	41,6	6,6	34,98	147,2	277,3
17	29,6	22,5	13,6	8,9	47,3	30,0	17,28	24,3	32,4	10,8	21,66	259,4	415,5
18	22,1	21,3	11,7	9,6	70,3	33,9	36,34	22,8	47,6	9,2	38,38	234,6	418,5
19	18,5	16,9	9,1	7,8	43,0	24,1	18,93	17,7	43,8	9,5	34,32	191,9	331,8
20	17,2	15,1	4,8	10,3	88,9	25,6	63,26	27,9	48,9	12,3	36,58	252,4	450,4
21	25,9	16,2	11,7	4,5	51,6	45,6	6,05	20,9	38,7	9,2	29,52	273,7	427,0
22	21,3	18,6	8,8	9,8	65,9	26,1	39,80	21,1	48,2	14,9	33,32	138,6	313,9

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaC ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
mg kg ⁻¹													
23	24,2	19,5	11,4	8,1	45,9	28,7	17,14	24,0	49,7	12,7	37,00	319,9	483,1
24	39,9	18,0	9,1	8,9	74,6	26,7	47,89	22,0	52,6	12,3	40,23	341,2	548,2
25	25,1	15,1	11,7	3,4	58,8	32,9	25,90	25,4	34,6	17,4	17,18	269,9	428,9
26	25,6	15,1	12,5	2,6	45,9	26,7	19,21	19,6	33,6	20,3	13,33	284,3	424,1
27	9,0	18,9	9,3	9,6	41,6	33,7	7,92	15,0	47,5	13,6	33,86	213,2	345,2
28	15,6	10,6	7,2	3,5	38,7	24,3	14,37	15,0	34,1	18,4	15,76	108,7	222,8
29	28,0	39,9	29,8	10,1	61,6	45,3	16,34	45,3	44,0	11,4	32,56	277,2	496,1
30	9,9	19,8	8,5	11,3	43,0	34,2	8,84	17,4	51,1	15,8	35,29	291,4	432,6
31	29,8	14,2	12,5	1,7	90,3	34,4	55,89	13,9	62,8	17,7	45,08	209,7	420,7
32	23,1	15,3	8,3	7,0	70,3	25,9	44,36	14,8	54,8	13,0	41,79	327,0	505,2
33	15,2	17,7	14,9	2,8	57,3	37,5	19,81	35,7	44,5	8,9	35,68	192,8	363,4
34	31,9	22,7	15,2	7,6	64,0	37,3	26,68	33,3	53,3	15,8	37,48	171,8	376,9
35	19,6	8,9	6,7	2,2	31,5	16,3	15,23	13,0	34,3	13,0	21,34	106,6	214,0
36	7,4	12,4	5,6	6,8	37,3	19,9	17,34	11,6	60,6	11,1	49,53	161,2	290,6
37	60,5	19,5	14,4	5,1	55,9	39,4	16,56	21,0	46,7	10,1	36,61	252,3	455,9
38	10,9	12,4	8,3	4,2	43,0	23,8	19,19	19,7	57,7	13,6	44,08	152,8	296,6
39	8,1	17,1	8,8	8,3	57,3	24,9	32,49	13,5	43,8	17,7	26,09	273,7	413,6
40	15,2	10,8	5,3	5,5	33,0	18,9	14,08	13,7	37,2	11,1	26,17	241,7	351,6
41	23,9	21,6	10,4	11,2	58,8	38,1	20,72	16,2	50,4	23,1	27,28	320,6	491,6
42	15,0	19,5	12,2	7,3	65,9	32,1	33,85	33,0	46,7	25,6	21,10	154,2	334,4
43	21,3	16,9	10,1	6,7	48,7	31,3	17,42	17,1	23,7	18,0	5,64	309,2	437,0
44	18,5	12,4	6,9	5,5	44,4	25,9	18,55	20,4	55,5	22,2	33,34	270,1	421,4
45	9,7	14,2	8,3	5,9	44,4	27,4	17,00	15,5	43,1	19,9	23,14	231,4	358,2
46	48,0	22,5	12,0	10,5	54,5	33,4	21,08	22,7	41,8	15,8	25,96	213,2	402,7
47	20,7	14,2	8,5	5,7	53,0	28,0	25,09	17,3	35,1	14,9	20,18	163,5	303,8
48	8,4	15,3	7,7	7,6	35,8	24,6	11,25	12,7	43,1	15,5	27,58	319,0	434,3
49	9,5	10,6	8,3	2,4	44,4	30,3	14,15	12,9	60,7	15,2	45,49	294,4	432,7

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
mg kg ⁻¹													
50	8,3	11,4	6,9	4,5	43,0	28,7	14,27	8,7	69,2	16,5	52,71	84,1	224,7
51	10,4	17,7	6,7	11,1	40,1	26,1	13,99	11,9	47,5	12,7	34,81	227,5	355,1
52	7,5	16,9	8,3	8,6	37,3	21,5	15,79	18,0	70,1	9,5	60,61	92,4	242,1
53	12,4	16,2	12,5	3,7	54,5	40,1	14,35	17,4	54,8	13,0	41,79	294,4	449,6
54	9,2	15,1	8,3	6,8	50,2	26,9	23,25	7,4	56,2	14,9	41,35	182,3	320,3
55	9,3	17,7	13,8	3,9	30,1	19,9	10,17	14,6	54,0	14,9	39,16	143,7	269,5
56	7,8	20,4	9,9	10,6	60,2	29,8	30,44	13,2	38,7	14,9	23,83	17,5	157,9
57	9,4	11,7	5,9	5,8	44,4	31,3	13,12	12,0	40,2	13,6	26,55	277,2	395,0
58	7,3	27,5	21,8	5,7	61,6	39,9	21,78	46,2	50,4	20,9	29,50	241,9	434,9
59	22,8	23,1	13,3	9,8	63,1	32,1	30,98	13,5	35,1	16,5	18,59	101,7	259,2
60	8,0	20,4	8,0	12,4	60,2	27,2	33,03	14,3	47,5	14,6	32,91	31,5	181,9
61	8,4	11,5	6,9	4,6	63,1	31,1	32,01	12,7	48,2	19,6	28,57	259,4	403,3
62	10,4	11,7	16,8	-5,1	47,3	38,3	8,99	19,5	64,3	17,4	46,85	101,7	254,8
63	7,4	14,4	8,0	6,4	34,4	31,6	2,82	11,1	40,9	11,4	29,50	219,8	328,0
64	6,9	17,7	6,4	11,3	55,9	15,8	40,12	13,3	35,8	8,9	26,92	466,2	595,8
65	14,1	18,6	12,2	6,4	51,6	36,2	15,37	22,2	54,0	16,1	37,90	299,0	459,6
66	5,6	9,8	5,9	3,9	90,3	30,3	60,03	16,2	55,5	19,6	35,88	223,9	401,2
67	6,2	13,3	6,7	6,7	37,3	15,8	21,48	10,7	43,8	9,2	34,64	77,1	188,4
68	4,4	13,3	5,6	7,7	35,8	16,8	19,01	11,5	40,4	8,2	32,12	70,1	175,5
69	9,9	14,2	8,3	5,9	45,9	26,7	19,21	12,9	45,3	20,3	25,02	336,5	464,7
70	7,4	11,5	7,7	3,8	35,8	22,0	13,84	15,3	49,7	12,0	37,63	105,2	224,9
71	11,5	15,1	9,6	5,5	34,4	26,1	8,26	14,4	60,6	13,9	46,69	162,5	298,4
72	7,2	16,9	6,1	10,7	50,2	26,1	24,03	12,5	52,6	16,1	36,44	69,1	208,5
73	10,0	15,1	8,8	6,3	51,6	26,7	24,95	14,5	53,3	17,4	35,90	447,8	592,3
74	10,3	18,6	11,2	7,4	60,2	30,0	30,18	10,1	43,8	17,4	26,41	273,7	416,7
75	8,0	16,9	9,9	7,0	33,0	21,0	12,00	13,1	43,8	13,6	30,21	462,0	576,7
76	6,7	15,7	5,3	10,4	43,0	21,5	21,52	13,9	39,4	11,4	28,04	333,0	451,8

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
77	9,4	13,3	9,9	3,5	38,7	47,4	-8,67	15,3	44,5	17,1	27,45	46,2	167,5
78	7,5	11,5	8,3	3,3	43,0	20,7	22,30	11,8	49,7	12,3	37,31	234,9	358,4
79	9,0	17,7	5,9	11,9	51,6	26,9	24,69	14,7	49,7	16,8	32,88	329,5	472,2
80	5,8	17,7	6,7	11,1	55,9	29,8	26,14	12,7	54,0	11,7	42,31	27,7	173,9
81	7,3	7,9	5,1	2,8	33,0	33,9	-0,94	9,9	62,1	17,1	44,98	234,6	354,7
82	7,8	9,8	6,4	3,4	51,6	29,8	21,80	8,6	60,5	13,9	46,60	129,7	268,0
83	7,6	12,6	6,7	5,9	45,2	26,9	18,32	15,0	47,5	17,4	30,06	80,6	208,5
84	5,3	16,0	5,1	10,9	61,6	19,4	42,23	14,0	46,7	10,4	36,29	323,4	467,1
85	10,3	12,2	6,9	5,3	61,6	29,8	31,88	13,9	59,2	0,3	58,84	298,0	455,1
86	8,4	15,1	8,0	7,1	45,9	26,7	19,21	7,7	55,5	11,7	43,79	192,8	325,4
87	8,0	8,9	6,9	1,9	38,7	17,6	21,10	11,8	39,2	9,5	29,72	94,6	201,3
88	7,2	17,7	7,2	10,5	54,5	26,4	28,07	12,6	45,3	13,0	32,30	231,4	368,7
89	10,2	18,6	10,9	7,7	41,5	31,7	9,86	16,1	63,5	22,5	41,06	366,1	516,0
90	8,8	12,4	8,5	3,9	49,4	36,2	13,18	9,9	56,2	16,8	39,45	66,6	203,4
91	5,8	23,1	13,3	9,8	63,1	32,1	30,98	13,5	42,4	16,5	25,90	347,0	494,8
92	7,6	24,5	12,2	12,3	74,6	27,7	46,85	12,9	37,5	11,7	25,76	230,6	387,6
93	4,9	8,9	5,3	3,5	47,3	24,9	22,46	8,2	56,2	16,8	39,45	405,2	530,6
94	7,3	9,8	6,4	3,4	54,5	25,6	28,85	7,8	57,0	12,7	44,30	333,0	469,3
95	6,6	22,2	8,3	13,9	53,0	23,6	29,49	16,0	43,8	18,0	25,77	364,6	506,2
96	6,5	18,6	7,5	11,2	43,0	18,9	24,11	11,3	39,2	8,5	30,67	85,3	203,9

Anexo 2. Fracciones orgánicas e inorgánicas obtenidas en el local Choré, San Pedro

N° de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
mg kg ⁻¹													
1	12,3	6,8	7,1	0,3	22,8	16,2	6,60	11,6	32,3	16,8	15,45	502,9	588,7
2	12,0	6,8	5,9	0,9	29,4	11,8	17,64	4,7	36,3	26,9	9,44	248,6	337,9
3	12,9	7,2	6,6	0,6	19,6	10,9	8,76	6,6	26,0	17,6	8,34	280,8	353,0
4	5,0	5,8	3,9	1,9	12,4	2,1	10,27	4,7	21,0	14,4	6,58	524,5	573,4
5	5,6	6,8	6,3	0,6	13,2	11,1	2,04	4,5	23,2	17,6	5,55	597,5	650,8
6	7,9	8,6	5,9	2,7	23,6	14,6	8,98	4,4	20,0	15,4	4,65	437,1	501,6
7	8,9	5,4	3,8	1,6	17,3	9,8	7,47	4,7	19,9	17,7	2,20	279,0	335,1
8	12,5	8,7	3,8	4,9	22,8	9,9	12,83	6,8	26,0	22,6	3,38	52,3	129,1
9	10,0	10,4	5,1	5,3	18,8	11,1	7,71	6,3	24,0	21,6	2,40	280,8	350,4
10	3,4	6,2	1,8	4,4	18,1	12,9	5,20	3,3	21,0	13,4	7,54	560,5	612,5
11	5,8	9,0	3,5	5,5	19,3	9,3	10,07	4,5	24,5	21,0	3,50	313,5	376,6
12	5,4	9,7	1,6	8,0	28,3	11,7	16,60	3,3	20,8	14,1	6,67	382,5	450,0
13	2,0	6,5	4,6	1,9	14,9	12,2	2,72	5,1	35,6	18,4	17,18	500,2	564,3
14	2,9	9,0	4,9	4,0	19,4	9,9	9,43	6,0	31,1	15,7	15,45	585,4	653,8
15	3,7	6,1	6,1	0,0	22,5	14,6	7,89	7,4	25,2	15,1	10,16	465,9	530,8
16	3,1	6,8	2,6	4,2	12,6	10,7	1,83	4,7	18,5	15,1	3,49	486,5	532,2
17	1,6	9,3	4,1	5,2	17,3	10,9	6,40	3,8	35,3	20,0	15,25	593,5	660,8
18	3,6	11,5	3,3	8,2	18,1	13,4	4,67	4,1	26,7	14,1	12,61	343,9	407,8
19	8,0	11,1	5,3	5,9	23,6	14,1	9,51	8,4	30,4	21,5	8,95	439,3	520,8
20	9,3	12,9	4,1	8,8	18,1	8,6	9,44	6,8	35,6	27,2	8,38	467,7	550,4
21	11,9	8,6	4,1	4,5	22,5	9,1	13,32	8,1	31,1	28,3	2,81	396,7	479,0

N° de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
22	5,1	8,4	7,2	1,1	27,1	19,6	7,50	5,6	21,5	17,9	3,57	455,5	523,2
23	5,8	5,4	3,8	1,6	22,8	12,7	10,05	5,6	24,6	24,0	0,60	455,5	519,6
24	6,9	6,1	4,1	2,0	17,0	14,6	2,46	5,3	25,2	15,9	9,36	447,4	507,9
25	7,9	8,4	3,9	4,4	18,1	5,8	12,23	6,9	31,9	19,7	12,16	334,3	407,4
26	9,4	10,2	4,9	5,2	26,7	7,7	19,01	8,0	26,0	15,2	10,74	358,1	438,3
27	8,3	8,3	4,3	4,0	14,9	6,6	8,29	8,6	22,2	21,0	1,27	412,4	474,7
28	2,1	9,1	3,5	5,6	14,9	11,7	3,25	3,0	39,8	16,0	23,80	346,6	415,5
29	3,7	5,7	5,8	0,0	14,9	14,7	0,21	3,8	31,1	12,6	18,50	539,9	599,3
30	3,4	8,6	4,1	4,5	19,6	14,6	5,05	4,4	22,2	13,1	9,12	514,4	572,6
31	6,4	7,5	3,5	4,1	18,1	10,9	7,19	6,3	34,1	15,2	18,90	305,4	377,8
32	4,8	6,1	3,0	3,1	19,6	15,2	4,39	6,3	29,7	21,1	8,53	374,4	440,9
33	5,0	8,6	5,4	3,2	24,8	20,5	4,25	7,2	23,0	17,1	5,86	346,0	414,6
34	4,6	4,9	2,1	2,8	15,5	10,9	4,63	4,4	35,6	19,9	15,74	443,4	508,3
35	3,3	5,5	3,8	1,7	21,2	10,3	10,86	3,5	37,1	12,8	24,27	370,3	440,8
36	3,2	6,5	2,5	4,0	20,1	17,6	2,51	3,6	38,6	15,1	23,51	376,4	448,4
37	9,7	11,5	4,6	6,9	15,5	9,4	6,08	8,6	34,1	25,6	8,49	400,8	480,1
38	12,2	7,9	3,8	4,1	14,9	10,1	4,84	7,7	30,4	24,7	5,75	291,2	364,3
39	13,0	6,8	5,6	1,2	19,6	13,9	5,71	8,7	26,7	19,1	7,64	354,1	428,9
40	6,5	6,5	3,8	2,7	13,9	10,5	3,47	5,0	29,0	19,5	9,42	475,3	536,1
41	7,7	7,2	3,0	4,2	13,3	7,8	5,53	5,3	23,0	18,2	4,81	292,2	348,7
42	10,6	6,5	4,8	1,7	12,6	7,2	5,41	5,1	26,7	17,9	8,76	158,3	219,7
43	5,0	5,0	2,6	2,4	14,7	7,8	6,90	5,4	29,0	18,6	10,38	71,0	130,1

N° de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
45	5,4	5,7	2,6	3,1	19,6	10,1	9,56	6,5	18,5	16,0	2,53	255,1	310,9
46	3,3	5,0	2,1	2,9	25,6	11,7	13,90	5,1	31,1	19,9	11,27	190,1	260,3
47	6,8	8,6	2,3	6,3	33,9	13,3	20,60	5,1	39,8	21,6	18,20	246,2	340,4
48	7,4	4,9	4,3	0,6	29,1	10,3	18,71	5,9	22,4	16,0	6,43	220,1	289,8
49	5,4	4,2	3,3	0,9	26,3	8,9	17,46	4,2	17,8	14,1	3,71	119,7	177,7
50	6,6	6,1	4,9	1,2	31,4	10,2	21,20	4,7	14,3	13,8	0,50	80,1	143,2
51	7,7	5,2	4,4	0,8	27,9	9,9	17,95	5,4	21,7	21,5	0,26	74,0	142,1
52	6,9	5,0	3,9	1,1	10,1	7,2	2,91	4,1	18,1	15,5	2,57	392,3	436,4
53	5,8	7,0	2,5	4,5	13,3	6,5	6,85	3,8	28,2	24,3	3,89	268,2	326,4
54	6,2	5,0	3,9	1,1	12,4	6,1	6,30	3,1	24,5	21,9	2,60	241,8	293,0
55	6,5	6,5	3,8	2,7	17,0	7,7	9,36	5,0	29,0	19,5	9,42	342,2	406,1
56	8,4	7,2	5,1	2,1	18,6	10,3	8,25	8,1	21,5	19,9	1,65	294,2	358,0
57	8,0	5,2	3,3	2,0	23,2	8,1	15,16	6,3	23,0	16,5	6,50	212,6	278,4
58	4,6	5,7	4,1	1,6	14,9	9,0	5,91	6,2	29,0	19,7	9,26	168,1	228,5
59	7,5	9,1	4,6	4,5	26,3	10,1	16,27	4,5	25,3	20,8	4,49	288,1	360,9
60	6,9	6,6	3,3	3,4	17,0	7,2	9,89	5,3	23,0	19,7	3,29	176,9	235,8
61	6,5	4,7	2,3	2,4	13,2	6,6	6,54	4,7	23,0	15,5	7,46	426,1	478,1
62	6,4	6,8	2,6	4,2	14,1	8,1	6,05	7,2	25,2	19,4	5,84	390,8	450,7
63	8,3	8,3	2,8	5,5	14,1	6,6	7,51	7,1	24,8	21,0	3,86	275,6	338,2
64	3,8	5,1	2,6	2,5	24,8	6,8	18,03	3,9	33,4	13,6	19,76	336,8	407,8

N° de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
mg kg ⁻¹													
65	4,3	5,7	3,0	2,8	29,1	9,3	19,77	6,5	37,1	18,7	18,34	101,5	184,1
66	5,4	6,5	2,5	4,0	24,3	9,8	14,53	4,4	29,7	11,5	18,13	379,4	449,7
67	11,0	6,2	3,8	2,4	17,8	8,6	9,20	7,1	21,9	16,0	5,88	350,2	414,2
68	10,3	7,7	3,9	3,7	20,1	8,9	11,26	8,9	20,8	17,5	3,31	328,7	396,5
69	12,9	4,2	6,3	-2,1	25,1	9,5	15,58	8,1	20,0	17,0	3,05	189,2	259,6
70	13,2	5,4	4,6	0,8	17,8	10,3	7,48	7,7	26,7	24,2	2,52	78,1	148,9
71	11,1	7,3	3,6	3,7	19,4	15,0	4,39	4,5	29,3	26,7	2,56	224,1	295,8
72	12,1	5,7	3,5	2,3	27,9	13,4	14,50	7,1	26,8	22,3	4,58	84,3	164,0
73	7,0	7,5	3,5	4,1	20,9	9,9	10,98	7,5	35,6	17,3	18,30	26,4	105,0
74	5,4	10,2	4,3	5,9	26,7	7,6	19,14	6,0	33,3	18,3	15,05	243,5	325,1
75	7,4	5,7	3,6	2,1	27,1	7,2	19,96	6,2	21,2	18,3	2,93	-52,0	15,6
76	3,3	7,5	1,8	5,7	20,9	8,6	12,30	3,8	25,2	10,9	14,32	222,1	282,9
77	2,9	7,5	1,6	5,9	25,1	9,7	15,45	4,8	19,8	15,5	4,24	207,0	267,2
78	4,6	5,0	3,5	1,6	27,1	13,8	13,33	3,9	27,5	18,9	8,61	-58,0	10,1
79	2,0	6,1	2,3	3,8	22,5	7,3	15,18	3,0	24,5	20,3	4,14	220,1	278,1
80	3,9	5,4	2,6	2,8	22,8	8,9	13,89	3,6	25,4	21,0	4,45	244,2	305,2
81	2,7	3,8	1,6	2,1	21,7	8,0	13,74	5,1	36,3	21,1	15,20	141,1	210,8
82	5,0	9,7	2,8	6,9	16,7	13,2	3,50	4,8	24,6	11,8	12,76	441,2	502,1
83	3,3	9,0	0,0	9,0	15,6	11,4	4,23	2,7	21,2	17,5	3,73	313,5	365,3
84	4,8	5,7	1,5	4,3	14,7	11,1	3,59	3,2	22,5	13,1	9,38	269,2	320,1
85	2,8	10,1	1,5	8,7	14,1	13,5	0,61	3,2	26,8	16,3	10,45	331,8	388,8
86	3,6	7,3	2,6	4,7	18,8	9,5	9,30	5,6	17,4	17,3	0,08	453,3	506,0

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
87	2,4	6,6	2,0	4,7	19,6	14,3	5,31	5,1	19,5	16,8	2,73	317,6	370,9
88	4,3	6,1	1,8	4,3	17,3	12,6	4,68	2,9	23,9	16,8	7,08	285,1	339,5
89	2,5	7,2	2,5	4,7	19,6	12,6	7,04	4,4	22,4	22,1	0,35	356,1	412,2
90	3,2	5,4	2,6	2,8	19,4	17,2	2,14	2,7	19,8	19,2	0,56	285,1	335,5
91	6,7	10,1	2,8	7,3	14,7	10,3	4,38	4,8	28,8	23,2	5,61	301,3	366,4
92	5,6	10,8	3,5	7,4	18,6	8,6	9,98	6,0	32,6	25,8	6,82	370,3	443,9
93	4,0	8,0	2,3	5,7	20,1	7,3	12,85	6,2	29,7	18,3	11,43	179,1	247,2
94	2,7	7,5	1,6	5,9	19,6	11,9	7,70	4,2	29,0	10,7	18,23	402,8	465,8
95	3,3	9,0	2,3	6,7	17,0	9,3	7,77	4,2	25,2	17,1	8,08	354,1	412,9
96	4,0	6,5	2,5	4,0	17,0	11,1	5,91	3,9	27,0	14,9	12,12	430,9	489,3
97	3,1	6,5	1,2	5,3	18,1	9,5	8,52	4,4	32,6	20,0	12,61	451,5	516,1
98	3,1	4,5	2,6	1,9	17,3	12,2	5,08	5,7	35,6	23,2	12,38	453,6	519,8
99	3,5	5,6	2,0	3,6	20,9	11,5	9,39	3,8	24,0	17,3	6,72	795,0	852,8
100	2,6	9,0	1,5	7,5	18,8	12,1	6,78	2,9	27,4	16,8	10,63	321,9	382,6
101	4,2	7,4	2,6	4,7	15,1	16,2	-1,05	5,3	26,7	16,0	10,68	338,4	397,0
102	3,0	4,9	2,1	2,8	20,9	11,7	9,25	3,5	23,7	15,7	8,04	350,0	406,0
103	2,7	7,2	1,3	5,9	18,1	9,3	8,78	3,6	32,6	20,2	12,47	431,2	495,4
104	2,1	5,7	1,2	4,6	17,0	8,7	8,30	3,2	29,7	15,5	14,13	428,9	486,6
105	3,2	6,3	1,8	4,5	24,3	8,5	15,86	5,6	40,5	15,1	25,49	232,3	312,3
106	2,6	6,6	2,0	4,7	17,3	14,4	2,83	5,0	35,6	12,3	23,27	470,0	537,1
107	2,9	7,5	1,2	6,4	18,6	17,8	0,83	4,2	28,2	14,6	13,61	558,5	619,9
108	3,8	4,5	1,3	3,2	25,9	21,3	4,57	2,9	38,0	12,5	25,47	254,7	329,7

N° de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaO H 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
mg kg ⁻¹													
109	5,3	7,7	2,3	5,4	19,4	13,1	6,25	4,7	31,1	15,5	15,61	309,4	377,6
110	6,4	4,9	3,0	1,9	22,0	9,4	12,57	6,3	24,6	11,8	12,76	336,3	400,5
111	8,7	7,4	2,5	4,9	22,8	11,9	10,84	6,0	31,9	14,7	17,12	428,9	505,6
112	5,4	6,3	2,3	4,0	16,3	9,0	7,26	4,4	26,0	20,3	5,62	189,1	247,4
113	4,1	9,0	2,1	6,8	19,6	13,4	6,24	4,2	20,3	13,9	6,34	387,7	444,9
114	6,7	7,3	3,6	3,7	22,8	10,5	12,30	6,2	26,1	13,9	12,13	400,1	469,1
115	4,9	3,9	2,0	2,0	14,9	10,3	4,58	3,8	28,2	21,5	6,79	364,2	420,0
116	3,0	5,2	2,5	2,8	20,5	7,3	13,23	3,2	31,8	19,7	12,09	128,8	192,5
117	4,3	4,5	3,5	1,1	15,7	7,4	8,28	6,2	29,0	16,5	12,46	348,6	408,3
118	4,1	3,6	2,1	1,5	16,7	13,5	3,19	4,2	18,4	16,7	1,71	183,6	230,7
119	4,0	5,6	2,8	2,8	28,6	14,6	14,00	3,3	19,8	16,0	3,76	214,1	275,4
120	4,0	3,9	2,1	1,8	22,5	8,7	13,72	3,9	23,3	18,7	4,57	233,5	291,1
121	6,4	5,2	3,8	1,5	19,4	9,0	10,35	10,7	31,1	18,9	12,25	243,5	316,4
122	4,0	4,4	3,0	1,5	20,9	8,0	12,96	10,7	21,5	20,2	1,33	119,3	180,9
123	5,5	3,8	3,5	0,4	17,8	14,2	3,64	9,8	32,6	21,5	11,12	162,5	232,0
124	5,2	8,3	2,0	6,3	19,6	7,4	12,21	3,3	31,1	18,4	12,73	190,7	258,3
125	4,8	4,9	2,6	2,3	23,1	7,7	15,39	3,6	35,6	9,9	25,67	193,4	265,3
126	3,3	5,0	2,3	2,7	15,5	9,4	6,08	3,8	27,4	12,8	14,63	168,7	223,7
127	7,1	4,7	3,6	1,0	23,6	8,4	15,20	9,0	22,4	12,8	9,63	227,3	294,1
128	5,8	6,3	2,8	3,5	25,1	10,7	14,39	6,6	35,5	18,3	17,22	174,5	253,8
129	5,6	5,0	2,8	2,2	21,7	8,5	13,21	7,1	27,8	19,9	7,91	244,8	312,0
130	4,8	4,7	2,3	2,4	20,1	9,7	10,47	3,2	18,2	11,7	6,53	212,1	263,2
N° de	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃	^(Pi) HNaCO ₃	^(Po) HNaCO ₃	^(Pi) NaOH	^(Pi) NaOH	^(Po) NaO	^(Pi) HCl	^(Pi) NaOH	^(Pi) NaOH	^(Pi) NaOH	^(Pi) Residual	Total

muestra		0,1 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	0,1 mol L ⁻¹	H 0,1 mol L ⁻¹	1,0 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹	0,5 mol L ⁻¹		
	mg kg ⁻¹												
131	4,5	7,8	3,3	4,5	25,9	8,9	17,03	5,6	25,1	13,8	11,28	133,7	202,6
132	6,4	7,3	2,3	5,0	16,3	14,6	1,69	4,5	19,3	12,3	6,95	139,9	193,7
133	5,0	4,7	3,1	1,5	22,5	10,3	12,13	3,8	26,0	22,6	3,38	633,8	695,6
134	5,5	6,8	4,9	1,9	26,3	13,5	12,82	4,5	26,1	20,2	5,89	300,3	369,6
135	6,0	5,2	3,5	1,8	19,4	11,8	7,57	4,8	33,2	19,9	13,34	238,6	307,2
136	6,2	7,9	2,0	5,9	16,3	10,1	6,20	5,6	25,0	18,3	6,75	58,0	119,0
137	7,5	6,6	1,6	5,0	22,0	13,0	9,00	5,4	22,4	14,6	7,87	168,4	232,4
138	6,1	4,7	3,1	1,5	25,1	10,3	14,79	6,6	22,4	11,4	11,07	238,6	303,6
139	10,1	7,3	3,8	3,6	32,5	8,9	23,66	6,3	38,6	24,0	14,54	87,3	182,1
140	8,9	5,7	4,1	1,6	23,6	11,9	11,63	5,4	29,0	21,5	7,50	123,4	196,0
141	10,6	4,7	4,6	0,1	19,4	9,0	10,35	6,6	47,8	19,2	28,56	289,8	378,8
142	10,7	7,7	4,6	3,1	18,1	13,4	4,67	5,7	25,2	12,8	12,40	257,7	325,1
143	7,5	5,2	3,3	2,0	19,6	13,9	5,71	5,3	25,4	13,1	12,29	99,4	162,5
144	10,0	7,0	3,5	3,5	20,9	13,7	7,26	5,7	38,8	13,1	25,71	261,2	343,7

Anexo 3. Fracciones orgánicas e inorgánicas obtenidas en el local Capitán Miranda, Itapúa

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
1	13,4	13,2	1,8	11,5	144,4	70,6	73,75	5,9	101,2	58,9	42,29	973,2	1251,2
2	12,9	21,8	2,6	19,3	193,7	75,2	118,46	7,2	133,3	58,3	74,96	993,8	1362,7
3	12,0	23,8	8,4	15,4	284,8	79,3	205,47	7,5	114,0	64,0	49,98	642,2	1084,2
4	25,4	22,3	10,9	11,4	299,1	129,9	169,18	18,9	154,1	65,4	88,70	914,7	1434,5
5	42,6	23,7	15,3	8,4	260,4	125,4	134,99	18,6	135,7	76,3	59,43	584,6	1065,5
6	20,6	19,9	12,6	7,3	246,3	103,2	143,18	17,7	151,7	44,0	107,70	990,4	1446,6
7	27,2	22,1	8,1	13,9	229,2	86,0	143,18	15,5	141,3	43,2	98,07	1103,9	1539,2
8	25,1	22,8	8,3	14,5	224,1	69,9	154,19	16,5	137,3	58,1	79,18	875,1	1301,0
9	33,3	23,1	14,8	8,2	302,8	115,4	187,44	16,1	136,5	75,0	61,45	851,3	1363,1
10	12,6	19,4	7,1	12,3	205,9	64,6	141,27	9,1	227,9	55,5	172,48	1028,2	1503,1
11	8,4	20,4	2,5	17,9	181,8	57,3	124,55	8,4	121,2	51,2	70,05	1035,1	1375,3
12	12,9	23,6	8,0	15,6	206,3	64,8	141,43	11,3	150,1	60,6	89,58	1052,3	1456,4
13	17,1	16,5	3,9	12,6	182,9	51,4	131,55	8,7	154,6	46,9	107,68	1011,0	1390,8
14	23,9	28,9	11,7	17,2	256,4	99,9	156,48	14,3	142,9	62,8	80,11	1048,0	1514,5
15	15,1	18,7	6,6	12,1	225,9	59,7	166,20	12,0	135,7	34,3	101,43	790,3	1197,7
16	20,7	20,4	2,2	18,2	199,8	53,8	145,93	9,3	95,1	57,7	37,36	931,9	1277,1
17	26,6	30,0	8,5	21,5	256,8	93,8	162,99	18,4	162,2	68,3	93,87	938,8	1432,8
18	11,9	16,9	7,6	9,3	207,0	84,4	122,58	7,7	122,0	30,6	91,40	1004,0	1369,5
19	9,3	15,6	6,4	9,2	237,3	70,5	166,72	10,2	110,8	39,1	71,65	892,0	1275,2
20	16,2	19,9	4,4	15,4	209,2	71,6	137,62	9,0	104,4	47,9	56,46	925,9	1284,5
21	9,8	23,1	8,6	14,4	236,5	62,2	174,32	9,9	141,3	57,9	83,40	1014,5	1435,1

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Pt) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pt) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
22	4,3	18,0	6,4	11,6	221,6	62,8	158,77	7,6	118,8	57,1	61,73	914,7	1285,0
23	1,3	26,9	1,7	25,1	206,9	67,9	139,01	8,5	126,0	51,2	74,87	878,5	1248,1
24	5,4	22,5	3,6	18,9	231,8	58,3	173,46	8,6	118,0	26,3	91,71	1004,1	1390,5
25	3,5	15,5	4,6	10,9	155,6	48,1	107,49	4,5	106,0	51,0	55,00	895,4	1180,5
26	4,2	20,1	5,7	14,4	157,0	63,6	93,36	7,5	102,2	58,5	43,67	1054,8	1345,9
27	2,2	14,1	6,0	8,1	170,6	58,9	111,63	8,0	109,2	66,7	42,52	922,6	1226,6
28	24,0	19,6	17,4	2,2	241,9	108,3	133,68	23,8	129,9	79,5	50,39	847,9	1287,2
29	42,6	17,2	13,3	3,9	240,1	121,5	118,63	17,5	134,1	83,8	50,28	1126,1	1577,5
30	15,8	20,1	10,0	10,1	216,6	88,5	128,10	12,2	138,1	57,7	80,39	921,6	1324,4
31	51,0	11,2	2,8	8,5	166,2	50,0	116,22	6,3	107,7	50,0	57,78	905,6	1248,0
32	41,6	25,6	15,6	10,0	292,2	102,1	190,07	16,0	118,8	62,6	56,23	1098,9	1593,2
33	16,4	20,1	11,4	8,7	210,3	100,3	109,95	11,5	114,1	29,8	84,30	866,6	1238,9
34	25,3	17,4	3,1	14,3	160,4	46,5	113,91	4,9	111,6	28,7	82,85	864,9	1184,5
35	30,7	23,0	12,3	10,7	211,0	94,2	116,78	14,0	142,1	61,6	80,53	861,5	1282,3
36	11,9	17,0	5,6	11,4	166,8	46,7	120,13	6,2	108,5	75,6	32,88	914,7	1225,2
37	64,7	15,5	1,9	13,6	160,6	40,0	120,61	4,8	87,5	46,1	41,43	1011,0	1344,1
38	12,2	21,3	7,6	13,7	201,6	78,1	123,53	10,6	122,0	59,5	62,50	1014,5	1382,2
39	10,8	17,4	2,6	14,9	210,3	38,7	171,52	5,8	109,2	50,0	59,23	956,5	1309,9
40	8,4	15,5	2,3	13,3	180,6	36,7	143,93	3,7	140,5	41,8	98,70	909,0	1257,7
41	20,2	16,9	2,9	14,0	166,5	39,6	126,94	5,6	104,4	48,1	56,25	1132,8	1446,4
42	11,4	15,4	3,3	12,1	212,5	63,6	148,85	5,4	127,6	85,2	42,43	866,6	1238,9
43	1,1	17,9	2,6	15,3	204,4	54,6	149,80	5,7	122,0	57,7	64,29	990,4	1341,5

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
45	10,3	16,2	5,2	11,0	242,9	54,8	188,10	6,7	136,5	62,8	73,69	980,2	1392,9
46	7,6	15,5	1,7	13,7	157,1	36,1	120,98	3,9	97,1	44,6	52,49	919,2	1200,2
47	16,5	20,8	3,8	17,0	228,3	45,1	183,26	4,1	91,1	34,7	56,43	1048,0	1408,9
48	8,4	13,8	3,3	10,5	133,1	31,4	101,73	3,6	90,7	40,6	50,15	1017,9	1267,5
49	3,1	12,5	1,3	11,2	103,0	18,3	84,62	2,1	78,7	36,9	41,77	800,5	999,8
50	1,6	15,2	2,9	12,3	145,5	37,1	108,35	3,1	93,1	46,9	46,24	861,5	1120,0
51	3,7	10,5	4,8	5,7	159,9	67,9	91,96	3,1	85,1	56,1	29,03	912,4	1174,8
52	5,6	13,7	11,2	2,5	207,0	63,4	143,61	7,5	108,5	63,4	45,11	946,3	1288,6
53	2,9	16,7	3,4	13,3	132,7	38,9	93,71	4,7	66,6	47,5	19,13	887,2	1110,8
54	2,2	10,7	1,6	9,0	97,6	30,2	67,39	2,6	68,2	47,7	20,53	1017,5	1198,8
55	5,1	13,7	3,2	10,5	140,8	36,1	104,68	3,7	87,5	49,7	37,76	909,0	1159,8
56	7,2	12,4	3,1	9,3	124,2	36,9	87,31	3,4	93,5	42,2	51,27	864,9	1105,5
57	3,7	10,8	2,7	8,1	101,0	38,1	62,88	5,7	81,9	44,0	37,85	885,2	1088,3
58	2,8	12,3	2,0	10,3	107,6	25,5	82,16	2,7	75,5	41,4	34,08	956,5	1157,4
59	1,0	10,1	0,6	9,4	76,0	12,4	63,53	1,2	50,8	30,6	20,21	942,9	1082,0
60	2,2	8,5	1,1	7,3	107,3	25,9	81,40	2,5	114,8	50,8	64,04	949,7	1185,0
61	1,5	9,3	1,3	8,0	96,1	16,7	79,41	2,4	78,7	35,7	43,00	1010,7	1198,8
62	2,0	15,2	3,4	11,8	137,9	49,5	88,35	3,6	90,3	48,3	41,98	883,8	1132,8
63	0,6	9,6	0,7	8,8	82,5	19,4	63,17	2,0	68,2	39,6	28,69	976,8	1139,8
64	1,4	8,7	0,7	8,0	91,1	14,9	76,20	1,5	75,3	36,3	38,96	915,8	1093,8
65	1,2	9,2	0,5	8,7	75,2	15,1	60,16	2,0	46,6	32,8	13,74	907,9	1042,1
66	1,2	11,4	1,1	10,3	87,1	22,8	64,29	4,2	66,5	51,0	15,57	935,4	1105,8
67	1,6	9,8	0,5	9,3	84,9	12,0	72,88	2,2	69,0	29,0	40,09	1062,6	1230,2

Nº de muestra	^(Pi) Resina	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) HNaCO ₃ 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Po) NaOH 0,1 mol L ⁻¹	^(Pi) HCl 1,0 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) NaOH 0,5 mol L ⁻¹	^(Pi) Residual	Total
	mg kg ⁻¹												
68	1,6	10,7	1,1	9,5	119,8	14,1	105,71	1,3	80,3	35,1	45,22	1255,2	1468,8
69	1,5	23,3	1,1	22,2	102,2	19,8	82,47	2,0	92,3	43,4	48,90	905,6	1127,0
70	1,8	11,5	1,0	10,5	101,7	16,9	84,75	1,8	74,7	33,4	41,23	797,1	988,6
71	1,8	9,8	0,9	8,9	67,0	19,4	47,60	3,4	46,1	32,2	13,89	911,3	1039,3
72	1,1	9,6	0,9	8,6	94,4	21,0	73,38	2,0	66,6	32,8	33,81	1115,9	1289,6