

**FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA CON
INFLUENCIA VOLCÁNICA, SEMBRADOS CON CAFÉ BAJO DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

DIANA MILENA MEJÍA UMAÑA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADOS
PALMIRA
2010**

**FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA CON
INFLUENCIA VOLCÁNICA, SEMBRADOS CON CAFÉ BAJO DIFERENTES
SISTEMAS DE CULTIVO**

DIANA MILENA MEJÍA UMAÑA

Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Ciencias Agrarias Línea de investigación Suelos

Director: Diego Iván Ángel Sánchez, MSc.
Codirector: Juan Carlos Menjívar Flores, Ph.D.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADOS
PALMIRA**

2010



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
LINEA DE INVESTIGACIÓN SUELOS

En Palmira a los 02 días del mes de Diciembre de 2010, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los doctores ARACELY CASTRO ZUNIGA y JAIRO GOMEZ

Para calificar la Tesis de Grado de:

DIANA MILENA MEJIA UMAÑA


Titulada:

“FRACCIONES DE FOSFORO EN SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA CON INFLUENCIA VOLCANICA, SEMBRADOS CON CAFÉ BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO” bajo la dirección de Diego Iván Ángel Sánchez, M.Sc.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los docentes ARACELY CASTRO ZUNIGA y JAIRO GOMEZ, y de haber cumplido con el proceso de evaluación, la tesis fue calificada como:

APROBADA

REPROBADA


ARACELY CASTRO Z.


JAIRO GOMEZ

“La facultad y los jurados de la tesis no se harán responsables de las ideas emitidas por el autor”

Artículo 24, resolución 04 de 1974

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi motor, por darme la fortaleza, dedicación y entusiasmo para lograr esta meta.

A mis padres, por su esfuerzo, apoyo y amor incondicional.

Porque yo, Yavé, tu Dios, te tomo de la mano y te digo: No temas,
que yo vengo a ayudarte.

Isaías 41:13

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a los directivos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por brindarme la oportunidad y ofrecerme su apoyo durante la realización y culminación de este trabajo.

A mi Director de Tesis, el profesor Diego Iván Ángel, por sus enseñanzas, su constante apoyo y su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A mi codirector, el Dr. Juan Carlos Menjivar F. por sus acertadas orientaciones y por contribuir a mi formación profesional.

Al Grupo de Investigación: "Uso y Manejo de Suelos y Aguas con énfasis en Degradación de Suelos", por su colaboración para la financiación de esta investigación.

Al doctor Doctor Idupulapati Rao de CIAT, por permitirme realizar la parte experimental de este trabajo en el laboratorio de química de Suelos.

A Gonzalo Borrero de CIAT por sus enseñanzas y por instruirme en las determinaciones analíticas de esta investigación.

Al cuerpo docente del programa de Posgrado en Ciencias Agrarias, por sus enseñanzas y por darme las herramientas necesarias para mi formación durante la maestría.

A los profesores Jaime Eduardo Muñoz y Mario García, por sus valiosas orientaciones en la parte estadística de este trabajo.

A la profesora Marina Sánchez y al profesor Hernando Restrepo por sus sugerencias durante la realización de esta investigación.

A los jurados, Dra. Aracely Castro del CIAT y al profesor Jairo Gómez, por sus valiosos comentarios, sugerencias y por las correcciones realizadas, que contribuyeron a finalizar este trabajo.

A la profesora Nancy Barrera, al señor Jorge Gómez y al señor Jorge Cadena por permitirme realizar el trabajo de campo en sus fincas.

A Jesús Alberto Lozano por su amistad y por su valiosa ayuda en la realización del trabajo de campo.

A Olga y a James Tabares, de la Federación Nacional de Cafeteros, con sede en Sevilla, por facilitarme información valiosa durante el trabajo de campo y etapa de análisis.

A Miguel Beltrán, por su colaboración los análisis físicos.

A Marzory Andrade por su amistad y por su colaboración con el análisis estadístico.

A mi familia, por su constante apoyo durante la culminación de este trabajo.

A mis compañeros del posgrado: Dagoberto Torres, Lorena Cerón, Maricela Solarte, por su amistad incondicional y por su acompañamiento durante nuestra formación académica.

A Carlos Cisneros, y al profesor Ricardo Malagón, por su valiosa amistad.

A mis amigas Constanza Gutiérrez y Maritzabel Murillo, por sus valiosos consejos y apoyo sincero.

CONTENIDO

	pág.
0. INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVO GENERAL	17
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. MARCO CONCEPTUAL	18
2.1 IMPORTANCIA DEL FÓSFORO.....	18
2.2 CONTENIDO Y FORMAS DE FÓSFORO EN LOS SUELOS TROPICALES.	20
2.3. FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO EN EL SUELO	23
2.4 FRACCIONES DE FÓSFORO Y DESARROLLO DE LOS SUELOS.....	27
2.5. FRACCIONES DE FÓSFORO Y EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS..	28
2.6 FÓSFORO EN SUELOS CON INFLUENCIA VOLCÁNICA	31
2.7 FERTILIZACION DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ	32
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1 LOCALIZACIÓN	36
3.2 METODOLOGÍA.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL QUÍMICA Y FÍSICA DE LOS SUELOS UTILIZADOS	42
4.2 FRACCIONES DE FÓSFORO DE CADA SISTEMA DE CULTIVO	45
4.3 CONTENIDOS DE LAS FRACCIONES DE FÓSFORO Y SU RELACIÓN CON LAS PROFUNDIDADES DEL PERFIL.	54
4.4 CORRELACIONES ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO CON LAS FRACCIONES DE FÓSFORO ENCONTRADAS.....	56

5. CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	67

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciclo del fósforo en el sistema suelo-planta.....	19
Figura 2. Esquema de la relación entre las fracciones de P del suelo de acuerdo a su labilidad y la disponibilidad de P para las plantas.	20
Figura 3. Fósforo extraído a diferentes valores de pH.	25
Figura 4. Esquema de la fijación de fósforo en los complejos humus-Al.	32
Figura 5. Ubicación del municipio de Sevilla, Valle del Cauca.....	36
Figura 6. Representación esquemática del Diseño del Ensayo.	41
Figura 7. Contenidos de las fracciones de P disponible ($\mu\text{g P g}^{-1}$) para los tres sistemas de cultivo estudiados.	46
Figura 8. Contenidos de las fracciones de P moderadamente disponible ($\mu\text{g P g}^{-1}$) para los tres sistemas de cultivo estudiados.....	47
Figura 9. Contenidos de las fracciones de P no disponible ($\mu\text{g P g}^{-1}$) para los tres sistemas de cultivo estudiados.	48
Figura 10. Contenidos de las fracciones de P total ($\mu\text{g P g}^{-1}$) para los tres sistemas de cultivo estudiados.	52
Figura 11. Contenidos de las fracciones de P orgánico (%) para los tres sistemas de cultivo estudiados.	53
Figura 12. Contenidos de las fracciones de P inorgánico (%) para los tres sistemas de cultivo estudiados.	54
Figura 13. Cambios de los contenidos de Resin-Pi a diferentes profundidades del perfil.....	55
Figura 14. Cambios de los contenidos de $\text{H}_2\text{O-Po}$ a diferentes profundidades del perfil.....	55
Figura 15. Cambios de los contenidos de Bic-Pt a diferentes profundidades del perfil.....	55
Figura 16. Cambios de los contenidos de NaOH-Pt a diferentes profundidades del perfil.....	55

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Fracciones de fósforo (P) y sus características principales.	27
Tabla 2. Rangos de las propiedades químicas del suelo para el cultivo de café en Colombia.....	34
Tabla 3. Recomendaciones actuales de fósforo para la fertilización de cafetales tecnificados en la etapa de producción con base en el análisis de suelos.	34
Tabla 4. Propiedades químicas de los suelos utilizados.....	44
Tabla 5. Caracterización textural de los suelos utilizados.....	44
Tabla 6. Resultados del análisis de varianza de las fracciones de P para los tres sistemas de cultivo a diferentes profundidades y la interacción sistema de cultivo x profundidad.....	45
Tabla 7. Coeficientes de correlación entre las fracciones de fósforo y algunas propiedades físicas de los suelos estudiados.....	57
Tabla 8. Coeficientes de correlación entre las fracciones de fósforo y la materia orgánica de los suelos estudiados.....	58

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1: Sistema de cultivo de café orgánico.	37
Ilustración 2: Sistema de cultivo de café convencional.	38
Ilustración 3: Sistema de cultivo de café orgánico-mineral.	39

LISTA DE ANEXOS

pág.

ANEXO A. ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.	67
ANEXO B. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO	68
ANEXO C ANALISIS DE REGRESION PARA LAS PROFUNDIDADES	84
ANEXO D CORRELACIONES PROPIEDADES FISICAS	116
ANEXO E. CORRELACIONES MATERIA ORGÁNICA	118

RESUMEN

Este estudio se realizó con el fin de evaluar la influencia de la siembra de café bajo los sistemas de cultivo orgánico, orgánico-mineral y convencional, sobre las fracciones de fósforo de suelos del Valle del Cauca con influencia volcánica. También se determinaron las variaciones del contenido de P con respecto a la profundidad del suelo y se calcularon los coeficientes de correlación existentes entre las fracciones de P encontradas y algunas propiedades físicas y químicas de los suelos.

Para determinar las fracciones se empleó la metodología del fraccionamiento secuencial adaptada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical a partir de la técnica modificada por Hedley *et al.* (1982), Tiessen y Moir (1993) y Oberson (1994-1995). El análisis estadístico se ajustó a un modelo de Diseño Completamente Aleatorio bajo un arreglo en parcelas divididas con tres tratamientos y tres repeticiones. Los resultados mostraron que los contenidos de la fracción orgánica del P disponible y el P moderadamente disponible presentaron diferencias significativas entre los sistemas en los que se incluía manejo orgánico y el sistema convencional, presentándose para este último los más bajos valores. En general el sistema orgánico-mineral mostró los mayores contenidos de fósforo orgánico e inorgánico y el sistema convencional presentó los menores para estos reservorios de P. Estos bajos contenidos se pueden explicar en aspectos específicos de su manejo tales como el uso de fertilizantes de síntesis química, la siembra a libre exposición en monocultivo y la ausencia de coberturas entre plantas.

Se observó para los tres sistemas una disminución del contenido de fósforo con la profundidad del suelo, lo cual se ajusta con la dinámica similar que presentan los fertilizantes fosfatados y la materia orgánica al aumentar la profundidad.

Se encontraron correlaciones positivas entre los porcentajes de humedad del suelo y las fracciones más disponibles; y entre el P orgánico y moderadamente disponible con la porosidad del suelo, con estas últimas presentando una correlación negativa con la densidad aparente. Por otra parte, la materia orgánica del suelo mostró una correlación positiva con las fracciones de P disponible, moderadamente disponible y el P orgánico total. Estos resultados confirman el efecto importante de estas propiedades físicas y químicas sobre la disponibilidad del fósforo.

Palabras claves: fracciones de fósforo, café, sistemas de cultivo, suelos, influencia volcánica.

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the influence of planting coffee under different cropping systems: organic, organic-mineral and conventional, on soil phosphorus fractions of Valle del Cauca with volcanic influence. It was also determined P content variation with respect to soil depth. Correlation coefficients were also calculated in order to determine the association between phosphorus fractions and some physical and chemical properties of the soils.

The sequential fractionation methodology developed by CIAT from the modified technique of Hedley *et al.* (1982), Tiessen and Moir (1993) and Oberson (1994-1995), was used to determine the fractions. The statistical analysis was adjusted to a completely randomized design model established under a split plot with three treatments and three replications. The results showed that the contents of the organic fraction of available P and the moderately available P showed significant differences between the systems with organic management and the one with conventional management, appearing for the latter the lowest values.

In general the organic-mineral system showed the highest contents of organic and inorganic phosphorus and the conventional system showed the lowest for these pools of P. These low contents may be attributed to specific aspects of management such as the use of synthetic chemical fertilizers, planting a free exhibition in monoculture and lack of coverage between plants.

It was observed for all three systems a decrease in phosphorus content with the depth of the profile, which is concerned with the same dynamics that have phosphate fertilizers and organic matter on the basis of this variable.

Positive correlations were found between the percentages of soil moisture and the most available fractions and between the organic and moderately available P with soil porosity, the latter showed a negative correlation with bulk density. In addition, soil organic matter showed a positive correlation with the fraction of available P, moderately available P and total organic P. These results confirm the important effect that these physical and chemical properties have on the availability of phosphorus.

Key words: Phosphorus fractions, coffee, cropping systems, soils, volcanic influence.

0. INTRODUCCIÓN

El fósforo es un nutriente esencial en el crecimiento tanto de cultivos agrícolas como de plantas que constituyen los ecosistemas naturales. El mantenimiento de adecuadas cantidades de este elemento en el suelo a través de la aplicación de fertilizantes fosfatados es crítico para la productividad agrícola a largo plazo.

Los cultivos necesitan ser fertilizados anualmente con cantidades moderadas de fosfatos, los cuales se acumulan en el suelo en formas poco disponibles para las plantas. Esta baja disponibilidad de fósforo está asociada con su bajo contenido total, la alta estabilidad de los compuestos fosfatados, y la baja tasa de mineralización de sus compuestos orgánicos.

Los contenidos de fósforo en los suelos tropicales son muy variables. Una condición que determina esta variabilidad es el tipo de material parental. Por ejemplo los Andisoles, suelos derivados de cenizas volcánicas que ocupan cerca del 40% del área total de la zona cafetera colombiana, presentan una alta capacidad para inmovilizar el fósforo en la superficie de los minerales amorfos. Esta característica es de particular interés ya que estos minerales pueden controlar la capacidad del suelo para adsorber y desorber el P, así como influir en su productividad.

El presente estudio se realizó con el fin de establecer los cambios en los contenidos de las fracciones de fósforo (P disponible, P moderadamente disponible, y P no disponible u ocluido) en suelos con influencia volcánica, sembrados con café bajo tres sistemas de cultivo: orgánico, orgánico-mineral y convencional. Igualmente se determinó la existencia de correlaciones entre algunas propiedades físicas y químicas del suelo con las fracciones de fósforo encontradas en los tres sistemas de cultivo.

Con este trabajo se contribuyó a fundamentar el conocimiento, en el ámbito nacional, sobre los efectos positivos de los sistemas que incluyen manejo orgánico en el contenido de las diferentes fracciones de fósforo en suelos Andisoles.

1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la siembra de café bajo los diferentes sistemas de cultivo orgánico, orgánico-mineral y convencional, sobre las fracciones de fósforo de suelos del Valle del Cauca con influencia volcánica.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la siembra de café bajo los sistemas de cultivo orgánico, orgánico-mineral y convencional, sobre las formas orgánicas e inorgánicas disponibles, moderadamente disponibles y no disponibles del fósforo, en suelos del Valle del Cauca con influencia volcánica.
- Determinar las variaciones que se presentan en las fracciones de fósforo, a diferente profundidad del suelo en cada sistema de cultivo.
- Establecer la relación entre propiedades físicas y químicas del suelo de importancia y las diferentes fracciones de fósforo determinadas.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 IMPORTANCIA DEL FÓSFORO

El fósforo es un macro-elemento esencial en el crecimiento vegetal tanto de cultivos agrícolas como de plantas que constituyen los ecosistemas naturales.

Entre los tres elementos principales (N, P, K) las plantas generalmente lo requieren en menores cantidades, aunque es constituyente de ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos y fitina, además de ser indispensable en procesos bioquímicos a nivel celular donde hay transformaciones de energía. Algunos estudios señalan que la absorción y utilización de nitrógeno por las plantas depende del adecuado aporte de fósforo (Calero, 1987).

La cantidad total de fósforo en la capa arable varía ampliamente principalmente en función del tipo de material parental, siendo generalmente más alto en suelos calcáreos y bajo en suelos altamente intemperizados provenientes de rocas ácidas. Las condiciones mineralógicas, el estado de meteorización y los factores de manejo como la fertilización, también influyen en las diferencias de concentración de fósforo entre un suelo y otro. La mayoría de los suelos presentan bajos contenidos de P total, que varían entre 200 y 2000 ppm, tendiendo a disminuir con la profundidad y la edad del suelo. En general, las zonas más húmedas son las más deficientes en este nutriente (Daza, 2006).

2.1.1 Ciclo geoquímico del fósforo.

Considerando que el suelo es el reservorio del cual las plantas toman el fósforo, es necesario conocer el movimiento de éste en el suelo y las interacciones entre las distintas formas en que se encuentra este elemento.

Diversas formas del fósforo son cicladas principalmente a través del agua, la corteza terrestre, y los organismos vivos. En la Figura 1 se observa la dinámica del fósforo en el suelo, en la cual se muestran estas transformaciones. Básicamente, la fracción soluble abastece a las plantas a partir del equilibrio con las formas lábiles de P inorgánico y orgánico. Las fracciones minerales suministran menor

proporción de P soluble. En el ciclo, el fósforo se mueve lentamente desde los depósitos de fosfato en la tierra y los sedimentos de los mares a los organismos vivos, y luego de regreso al suelo y al océano.

Por otro lado los animales obtienen el fósforo consumiendo productores primarios o animales que a su vez los han ingerido. Cuando estos mueren, los productos de su descomposición devuelven grandes cantidades de fósforo al suelo, a corrientes fluviales y eventualmente al fondo del océano, como depósitos de roca con fosfatos ligeramente solubles. Una pequeña cantidad de fósforo retorna a la tierra a través del guano rico en fosfato producido por las aves consumidoras de peces.

En el transcurso de millones de años, los procesos geológicos pueden levantar y exponer el fondo del mar, entonces el fósforo puede ser liberado por intemperismo de las rocas expuestas y de esta manera el ciclo se reanuda.

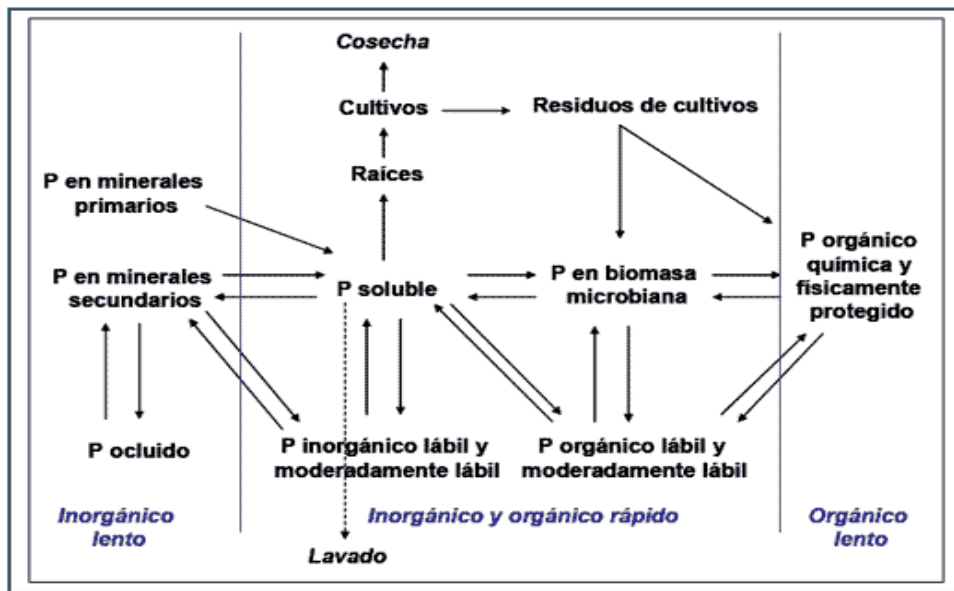


Figura 1. Ciclo del fósforo en el sistema suelo-planta (Adaptado de Stewart y Sharpley, 1987, citado por Ciampitti, 2005)

2.1.2. Disponibilidad del fósforo para las plantas.

La disponibilidad del fósforo para las plantas se esquematiza en la Figura 2. El fósforo liberado por la degradación lenta o intemperismo de los depósitos de

fosfato en las rocas, además del proveniente de la disolución de los fertilizantes aplicados y de la mineralización de los fosfatos orgánicos, es disuelto en el agua del suelo en forma de iones fosfato y tomado por las raíces vegetales. Esta fracción lábil (inmediatamente disponible) se encuentra en equilibrio con las fracciones lábiles (disponibles) y con las moderadamente disponibles o de baja labilidad. Dada la baja concentración de P soluble, su abastecimiento desde la fracción lábil es de extrema importancia para garantizar un adecuado suministro de P a las plantas (Ciampitti, 2005).

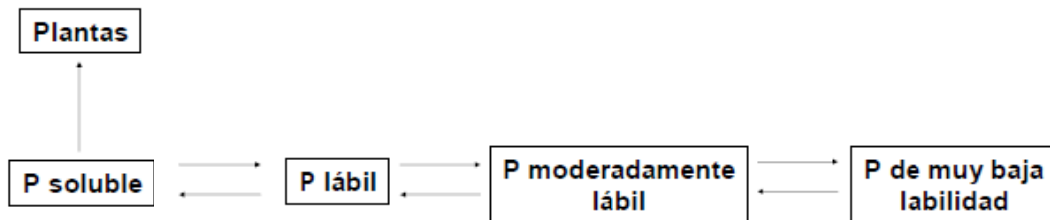


Figura 2. Esquema de la relación entre las fracciones de P del suelo de acuerdo a su labilidad y la disponibilidad de P para las plantas (Ciampitti, 2005).

2.2 CONTENIDO Y FORMAS DE FÓSFORO EN LOS SUELOS TROPICALES.

2.2.1 Contenido total de fósforo en el suelo.

El contenido total de fósforo en los suelos es relativamente bajo. En suelos minerales de áreas templadas, el contenido de P total varía entre 200 y 2000 ppm y en promedio fluctúa alrededor de 0.05% (500 mg.kg⁻¹). Se ha observado una tendencia a su disminución que puede estar asociada con la profundidad del perfil y con la edad del suelo (Fassbender y Bornemisza 1994; Burbano, 1989).

En Colombia, el fósforo total tiene un rango de variación relativamente amplio: desde 340 ppm en el bosque húmedo tropical en el departamento del Amazonas hasta 1467 ppm en el bosque seco montano bajo y el bosque húmedo montano en el altiplano de Pasto. Estos amplios rangos dependen de factores como heterogeneidad de los materiales parentales, desarrollo de los suelos, textura, profundidad, materia orgánica, y otras condiciones edafológicas y ecológicas (Guerrero, 1974; Fassbender y Bornemisza, 1994).

En suelos de áreas tropicales el contenido de P es muy variable. Con relación al fósforo total, se han encontrado valores extremos de 18 mg.kg^{-1} de suelo en Oxisoles y Vertisoles de Venezuela, y de 3300 mg.kg^{-1} de suelo en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Central. Los suelos pertenecientes al orden de los Andisoles (América Central y Colombia) registran los valores más altos de fósforo total en la literatura; mientras los Oxisoles y Ultisoles presentan los valores más bajos (Fassbender y Bornemisza, 1994).

En estudios realizados por Fassbender, Muller y Roldán (1969), citado por Fassbender (1994), se encontró que suelos en los que predominaban los fosfatos de calcio el contenido promedio de P total fue de 889 mg.kg^{-1} ; mientras que en suelos más ácidos en los que predominaban los fosfatos orgánicos y dentro de los inorgánicos los de aluminio y hierro, el contenido de P fue mayor, llegando en promedio a 1241 mg.kg^{-1} de suelo.

El contenido total de P en los suelos también depende de la textura, tanto en regiones de clima templado como tropical. Entre más fina la textura mayor es el contenido de P total. Este también disminuye con la profundidad del perfil, lo que se explica por la disminución del contenido de materia orgánica y fosfatos inorgánicos (Fassbender y Bornemisza, 1994).

2.2.2 Formas de fósforo en el suelo.

El fósforo en el suelo se encuentra formando parte de fracciones orgánicas e inorgánicas, las cuales mantienen un equilibrio dinámico y complejo y cuya disponibilidad para las plantas está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas.

Dependiendo del tipo de suelo se puede decir que la fracción orgánica está entre el 15-80% de su contenido total de fósforo, siendo normal encontrar valores entre 0 y 50%. El resto se encuentra de forma inorgánica. En Andisoles de Japón, Nueva Zelanda y América Central el P orgánico representa más del 60% del P total, y menos del 30% en Andisoles de Colombia. La presencia, predominancia y solubilidad, y por tanto disponibilidad de estas formas, está condicionada por factores físicos, químicos y biológicos que a su vez afectan la productividad de los suelos (Ospina, 1974).

Las plantas absorben el fósforo casi exclusivamente en la forma inorgánica presente en la solución del suelo. De esta manera la demanda nutricional del

cultivo se satisface con el fósforo inorgánico disuelto por poco tiempo durante la etapa de crecimiento. Sin embargo, el fósforo de la solución del suelo debe ser repuesto continuamente a partir de formas fácilmente extraíbles, tanto orgánicas como inorgánicas, donde la mineralización-inmovilización son procesos críticos en el abastecimiento de fósforo (Garavito, 1979).

El aporte de fosfatos a las raíces de las plantas está controlado por la concentración de fósforo en la solución del suelo, por la cantidad de este elemento presente en la fase sólida en equilibrio con la solución, y por la capacidad amortiguadora del suelo, la cual se refiere a su capacidad para resistir los cambios en la concentración de fósforo en solución. El pH del suelo influye en la concentración de las formas de ion fosfato; a pH 6 el 94% del fosfato presente esta como ion H_2PO_4^- , mientras a pH 7 el 61% es H_2PO_4^- . Entre pH 5 y 9, las cantidades de H_3PO_4 y PO_4^{3-} son insignificantes (Calero, 1987). Algunos estudios mencionan que la forma del ion H_2PO_4^- es como se produce la absorción activa del fósforo por el sistema radical, siendo esta la forma de fosfato dominante en pH próximo a 6.5, en el cual la fijación de fosfato es mínima (Bielecki, 1973).

Del contenido total de P en el suelo solo las fracciones inorgánicas y orgánicas solubles y lábiles están disponibles para las plantas durante el ciclo de cultivo.

Las formas de fósforo inorgánico están representadas por:

- Fósforo nativo presente en los minerales primarios (apatitas)
- Fósforo adsorbido en las arcillas (lábil)
- Fósforo (HPO_4^{2-} y H_2PO_4^-) en la solución del suelo, asimilable por las plantas.

El P nativo está generalmente dividido en tres fracciones activas y dos relativamente inactivas. Las fracciones activas son fosfatos enlazados con calcio, aluminio y hierro. Las fracciones inactivas corresponden al P ocluido, que consta de compuestos de hierro y aluminio rodeados de un material inerte que evita que estos fosfatos entren en contacto con la solución del suelo. El P-ocluido puede considerarse no lábil debido a su baja solubilidad, y por tanto es inasequible a las plantas (Molina, 2005).

La distribución de estos fosfatos depende de la mineralogía y del grado de meteorización de los suelos. Así, en suelos arenosos jóvenes predominan los fosfatos cálcicos, mientras que en suelos arcillosos más desarrollados prevalecen los fosfatos ocluidos en los hidróxidos de aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Fassbender y Bornemisza, 1994).

Los fosfatos orgánicos presentan estructuras de ésteres y sus derivados, ácidos nucleicos y fosfolípidos, los cuales se acumulan en los suelos en forma de residuos vegetales, animales y microorganismos. Los ácidos nucleicos y fosfolípidos pueden ser hidrolizados pasando fácilmente a la solución del suelo donde se vuelven disponibles, a diferencia de los ésteres unidos al inositol, que son difícilmente hidrolizados y por tanto tienden a acumularse en el suelo.

Las formas orgánicas de P se hallan en el humus del suelo, en diferentes niveles de estabilización, pudiéndose encontrar sustancias orgánicas más accesibles para las plantas (lábil) y otras de menor accesibilidad (no lábil). El fósforo orgánico es importante ya que al encontrarse en alta proporción en ciertos suelos, pasa a ser disponible para las plantas a través de su mineralización. Dicho proceso es mediado por la actividad microbiana y es fundamental en el reciclado ya que libera fósforo inorgánico a la solución del suelo, contribuyendo a mantener un nivel adecuado de fósforo disponible para las plantas (Calero, 1987).

Algunas investigaciones revelan que las diferentes condiciones del suelo, el clima y las prácticas de cultivo influyen en las variaciones de la fracción orgánica, encontrándose que en regiones templadas la cantidad de fósforo mineralizado puede alcanzar valores entre 5 a 20 Kg P ha⁻¹ año⁻¹, mientras en suelos tropicales puede ser muy variable, con rangos de 67 a 157 Kg P ha⁻¹ año⁻¹.

2.3. FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN EL SUELO

La cantidad de fósforo existente en el suelo así como su forma química, tienen un efecto considerable sobre la cantidad que podría estar disponible para los cultivos. Métodos para estimar el fósforo susceptible a ser absorbido por la planta han sido investigados por más de cien años. Sin embargo, no existe un procedimiento estándar pues cada especie de plantas tiene sus propias demandas de este nutriente. Adicionalmente, las condiciones químicas y físicas del suelo afectan la disponibilidad del fósforo. Por lo tanto, la escogencia de una técnica para la

determinación del fósforo del suelo debe estar definida por factores que afectan su disponibilidad en el suelo (Calero, 1987).

- Factor Intensidad, representado por la concentración del P en la solución del suelo.
- Factor Cantidad, representado por el contenido de P disponible.
- Factor Capacidad de tamponamiento del P, representado por las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo que permiten mantener o reintegrar el P en niveles adecuados en su solución, a través de la disolución del elemento de la fase sólida.
- Factor Difusión, representado por las características que facilitan la migración de los iones fosfato desde la fase sólida del suelo, donde se disuelven, hasta la superficie de las raíces.

El proceso completo de análisis de fósforo en el suelo comprende dos pasos: extracción del suelo y cuantificación en el extracto. La extracción implica la preparación de una solución extractora, agitación y filtración de la muestra. Para su cuantificación se utiliza un agente reductor. Entre los más frecuentemente utilizados están el cloruro de estaño y el ácido ascórbico con antimonio o bismuto (Calero, 1987).

Para el proceso de extracción del P se han usado varias técnicas. Inicialmente se hacía la extracción de fosfatos por medio de ácidos y bases fuertes, sometiendo el suelo a extracciones sucesivas entre pH 1.5 y 1.2. Luego las cantidades de P extraídas a diferentes pH se graficaban obteniéndose curvas, en las que el suelo 1 sería aquel con contenidos de fosfato de calcio, los cuales aumentan su solubilidad al ser tratados con soluciones ácidas. El suelo 2 tendría fosfatos de aluminio y hierro que serían solubles en soluciones neutras a básicas y el suelo 3, tendría tanto fosfatos de calcio como de hierro y aluminio (Figura 3). El inconveniente de este método es que no logra diferenciar entre fosfatos de hierro y aluminio, además de que estos son solubles en alguna proporción en medios ácidos (Pratt, 1966).

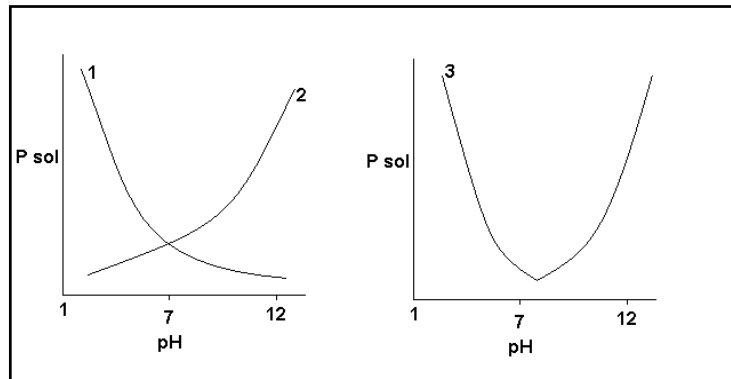


Figura 3. Fósforo extraído a diferentes valores de pH (Garavito, 1979).

Posteriormente Chang y Jackson (1957), propusieron un método que usa NH_4F a pH 7.0 para extraer fosfatos de aluminio, NaOH para los fosfatos de hierro y H_2SO_4 para los fosfatos de calcio. El NH_4F teóricamente debe disolver solamente los fosfatos de aluminio, pero algunos experimentos realizados mostraron que una alta proporción de fosfatos de hierro y calcio son extraídos con esta solución. Este método fue modificado para usar NH_4F a pH 8.2, con el fin de minimizar la disolución de fosfatos de hierro y calcio. Sin embargo, un problema común que se presentaba era que los fosfatos ocluidos de hierro y aluminio se reportaban erróneamente como fosfatos de calcio. Para evitar esto se modificó el procedimiento, tratando la muestra con los agentes reductores antes de la extracción con ácido sulfúrico (Garavito, 1979).

Trabajos de fraccionamiento de fósforo en algunos suelos colombianos realizados por Tafur y Blasco (1969), Tafur (1969), Benavides (1963) y G. de Benavides (1974) mostraron que a medida que los suelos son más evolucionados, poseen menores cantidades de fosfato de calcio y mayores de aluminio y hierro (Garavito, 1979).

Bowman y Cole (1974) desarrollaron un esquema de extracción secuencial para el fraccionamiento del fósforo orgánico del suelo, basado en su solubilidad química. Este método emplea soluciones de bicarbonato de sodio a pH 8.5, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. El fósforo orgánico extraído con bicarbonato fue designado como lábil, mientras que el P orgánico extraído con ácido sulfúrico fue etiquetado como moderadamente lábil. El P orgánico en la fracción de NaOH fue dividido por precipitación con ácido (pH 1.0-1.5) en una fracción moderadamente resistente (ácido fúlvico, soluble en ácido y álcali) y una altamente resistente (ácido húmico,

soluble en álcali pero insoluble en ácido). El fosfato inorgánico extraído en hidróxido de sodio fue también incluido en la fracción de P orgánico moderadamente lábil, porque se asumió que éste se originó de la degradación del P orgánico lábil extraído con álcali. Esta consideración es un error en este esquema, porque los principales compuestos lábiles extraídos con álcali son los diésteres de fosfato, que se degradan posteriormente en monoésteres de fosfato y no en fosfatos libres.

Para poder caracterizar las transformaciones del P en el suelo, se debe contar con una metodología de fraccionamiento donde las fracciones extraídas tengan relación con su disponibilidad y origen. El método de Chang y Jackson (1957) realiza una caracterización química de las fracciones, pero no hace una relación directa de su disponibilidad para las plantas. El método de fraccionamiento secuencial de P desarrollado por Hedley *et al.* (1982), ofrece la posibilidad de caracterizar varias fracciones de P inorgánico y orgánico de acuerdo con su origen, grado de disponibilidad, y asociación con distintos compuestos. Este fraccionamiento tiene como objetivo determinar el fósforo lábil (extraído con resinas y NaHCO_3), el moderadamente lábil asociado con Fe y Al (extraído con NaOH) y con Ca (extraído con HCl), y formas más resistentes de fósforo extraídas por digestión. En las extracciones con NaOH y NaHCO_3 , las fracciones de P se subdividen en orgánicas e inorgánicas (Ciampitti, 2005), de las cuales la inorgánica extraída con NaHCO_3 corresponde al P lábil, y la fracción orgánica corresponde a compuestos lábiles como el ácido ribonucleico y el glicerofosfato (Bowman y Cole, 1987). Se asume que el P extraído por las resinas es el disponible para los cultivos, ya que estos dispositivos tienen una capacidad extractora que imita el poder de absorción de iones por parte de las raíces de las plantas (Hedley *et al.*, 1982).

El fraccionamiento de Hedley tiene la ventaja sobre los métodos previos que la misma muestra es secuencialmente tratada con los diferentes reactivos. Como resultado, se puede establecer la proporción del P lábil, moderadamente lábil y ocluido en cada muestra. Este, como otros procedimientos químicos de extracción secuencial, se utilizan habitualmente para clasificar el P extraíble del suelo asumiendo que el P más fácilmente disponible será removido primero con extractantes suaves, mientras que las fracciones menos disponibles pueden ser extraídas solamente con ácidos o álcalis mas fuertes (Buechler *et al.*, 2002). (Tabla 1).

Fracción de P	Características
Pi-resina	P inorgánico mas biodisponible
P-NaHCO₃	P inorgánico y orgánico adsorbido a los coloides
P-CHCl₃/ NaHCO₃	P de la biomasa microbiana
P-NaOH	P inorgánico y orgánico quimioadsorbido a los compuestos de Fe y Al
P-sonicado	P inorgánico y orgánico en el interior de los agregados
P-HCl	P inorgánico relativamente insoluble unido al Ca, y P ocluido en suelos meteorizados
P-residual	P inorgánico y orgánico químicamente muy estables e insolubles

Tabla 1. Fracciones de fósforo (P) y sus características principales (Adaptado de Selles *et al.*, 1999, citado por Picone, 2002).

2.4 FRACCIONES DE FÓSFORO Y DESARROLLO DE LOS SUELOS

Empleando una modificación del método propuesto por Hedley *et al.* (1982), Boschetti (2003) encontró que la proporción de P total retenida en las distintas fracciones orgánicas variaba con el desarrollo de los suelos. En Oxisoles y Ultisoles la mayoría del P orgánico estuvo quimioadsorbido a los compuestos de Fe y Al; mientras que en suelos más jóvenes como Entisoles e Inceptisoles, comienzan a adquirir importancia relativa las formas orgánicas más lábiles, o retenidas en forma más intercambiable. La suma del contenido de P de cada fracción orgánica (P-NaHCO₃ + P-NaOH + P-HCl concentrado) fue mayor en los suelos más evolucionados, donde el P orgánico moderadamente lábil puede representar hasta el 89% del P orgánico. Los suelos con mayores contenidos de Fe y Al amorfo presentaron los valores más altos de P orgánico moderadamente lábil (Picone y Zamuner, 2002).

Cross y Schlesinger (1995), sugieren que las fracciones disponibles y no disponibles de P pueden variar entre los diferentes órdenes de suelo debido a los gradientes de meteorización. Se espera que en suelos jóvenes ligeramente meteorizados, la mayoría del fósforo esté presente como hidroxapatita en los minerales primarios; mientras que en suelos maduros moderadamente meteorizados, la mayoría del fósforo puede encontrarse en compuestos orgánicos, o adsorbido en los minerales secundarios. Finalmente, en suelos altamente meteorizados se espera que la mayor parte del fósforo esté en formas no disponibles, ocluidas, o en fracciones de P orgánico estables.

Zubillaga y Giuffre (1999) estudiaron la movilización del P en suelos de diferentes órdenes taxonómicos y encontraron que este elemento disminuyó significativamente en su fracción más disponible en un Vertisol, un Molisol y un Andisol. También reportaron que el principal destino del fertilizante aplicado fue la fracción de P inorgánica para todos los órdenes estudiados.

2.5. FRACCIONES DE FÓSFORO Y EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS

Gou *et al.* (2000), realizaron una investigación con el fin de evaluar los cambios en las fracciones de P que se producen por la siembra intensiva de 14 cultivos distintos en diversos suelos incluyendo Oxisoles, Molisoles, Vertisoles y Ultisoles. Ellos encontraron que el P inorgánico (Pi) extraído con bicarbonato y el P extraído con NaOH disminuyeron con el contenido de P en las plantas de todos los suelos utilizados.

Salomon y Lehman (2000) estudiaron suelos de la zona semiárida al norte de Tanzania con diferentes manejos, incluyendo bosque nativo, bosque degradado, cultivos entre 3 y 15 años y huertos caseros, utilizando fraccionamiento secuencial y espectroscopia de resonancia magnética con P isotópico-P³¹ (NMR P³¹). Los resultados mostraron que la deforestación y el cultivo continuo redujeron los contenidos de P orgánico (Po) y Pi en el suelo comparado con el huerto casero, donde se encontraron altos contenidos de ambos reservorios.

García-Montiel *et al.* (2000) determinaron las transformaciones del P en el suelo como resultado de la poda “controlada” y quema de árboles de la selva amazónica brasilera para sembrar pastos, encontrando que durante los primeros tres a cinco años después del despeje el P disponible y las formas no ocluidas del Pi se incrementaron.

Hernández-Valencia y Bautis (2005) evaluaron los cambios en los contenidos de P en el suelo superficial de Venezuela por la conversión de sabanas en pinares, encontrando que el incremento en el contenido de materia orgánica influyó en una mayor capacidad para adsorber fosfatos.

McDowell y Stewart (2006), citado por López *et al.* (2006), trabajando con suelos arenosos, arcillosos y limosos con vegetación natural, pastura y forestal, concluyeron que la distribución de Pi y Po en las distintas fracciones estaba

influenciada por el tipo y uso del suelo, con incrementos en las formas lábiles de P_i en la pastura fertilizada.

Fernández *et al.* (2006) estudiaron las fracciones de P en Entisoles, Alfisoles y Vertisoles de Corrientes, Argentina, con producción cítrica, arrocería y pastoril. Encontraron que la incorporación de un cultivo de cítricos fertilizado en el Entisol produjo una disminución del P disponible. El cultivo de arroz bajo inundación produjo una disminución de la mayoría de las formas de P en el Alfisol, aumentando sólo el P inorgánico en microagregados y el orgánico residual. La implantación de *Setaria sp.* en el Vertisol sólo aumentó el P orgánico ocluido en los microagregados.

2.5.1 Fósforo y Prácticas de Cultivo

Algunos estudios muestran que el uso de la extracción secuencial permite identificar las fracciones de P que pueden verse afectadas por las prácticas de cultivo. En Canadá, la implementación de trigo continuo bajo labranza cero durante 12 años comparada con la de trigo con barbecho bajo labranza convencional incrementó significativamente el P total, como resultado de una mayor acumulación de formas lábiles y moderadamente lábiles en superficie, especialmente en forma orgánica (Selles *et al.*, 1999, citado por Picone, 2002).

La intensidad y la diversificación de los sistemas de cultivo influyen en el ciclado y la cantidad de nutrientes que recirculan a través del perfil del suelo, afectando la dinámica y el requerimiento de nutrientes y la diversidad y actividad de la biomasa microbiana (Grant *et al.*, 2002, citado por Redel, 2007). En la rotación de cultivos, la introducción de plantas puede incrementar la disponibilidad de P. Tal es el caso del *Lupinus polyphyllus*, que secreta ácidos quelantes por sus raíces proteoideas cuando existe deficiencia de P (Neuman *et al.*, 2000 y Helmke *et al.*, 2000, citados por Redel, 2007). Este mecanismo es inhibido por la presencia de altos niveles de fósforo disponible (Borie *et al.*, 1998, citado por Redel, 2007). Cultivos como *Medicago sativa* pueden ayudar a mantener el fósforo orgánico debido a que esta planta es capaz de absorber el P residual y transformarlo a P_o con el reciclaje del sistema radical (Daroub *et al.*, 2000, citado por Redel, 2007).

2.5.2 Efecto de las prácticas de fertilización sobre las fracciones de fósforo.

Las aplicaciones de fertilizantes químicos o abonos orgánicos al suelo aumentan el P disponible, debido a los productos de reacción que tienen lugar en el suelo

(Lehmann *et al.*, 2001, citado por Molina, 2005). Ensayos realizados por Sentran y Ndayegamiye (1995) en suelos cultivados con maíz para ensilaje fertilizados con abonos químicos y orgánicos, mostraron que ambos abonos incrementaron las fracciones de P extraídas con la resina de intercambio iónico, el NaHCO_3 , el Pi extraído con NaOH y el P total. El principal factor que incide sobre la eficiencia de los fertilizantes fosfóricos es su solubilidad (Guerrero, 2001, citado por Molina, 2005). Fertilizantes hidrosolubles como el fosfato de amonio (DAP y MAP) y el superfosfato triple (SPT) varían en su efectividad, pudiendo el primero superar al SPT debido a la mayor solubilidad del P y a la presencia de amonio que estimula el aprovechamiento del P al disminuir el pH de la rizósfera.

Trabajando con lodos anaeróbicos de aguas residuales, Sui *et al.* (1999) determinaron el efecto de la aplicación de estos materiales sobre las fracciones de P en un Mollisol a diferentes profundidades, utilizando dos coberturas vegetales (algodón híbrido y pasto). El resultado fue que después de seis años de aplicación de biosólidos para la primera cobertura, los contenidos de las fracciones de P se incrementaron significativamente en los primeros 5 cm del perfil, mientras que sólo algunas lo hicieron significativamente de 5 a 20 cm y ninguna de 20 a 35 cm.

Estudios realizados por Dobermann (2002) mostraron que los cambios en las fracciones de P en suelos ácidos de montañas en Asia fertilizados con P de síntesis química, correspondieron al fósforo inorgánico (Pi) y al fósforo orgánico (Po) extraídos respectivamente por NaOH y resinas iónicas. En el 2005, Ochwoh *et al.* estudiaron la transformación y distribución que presentó el P adicionado como fertilizante de síntesis química a diferentes dosis de P nativo en Alfisoles con alta y baja fijación de P. Al someter estos suelos a diferentes tiempos de incubación, se observaron incrementos en las fracciones de P adsorbido, ocluido y residual.

Comparados con los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos son fuentes de lenta liberación de nutrientes, en función de la descomposición del abono y de los contenidos de N, P y K y otros elementos esenciales y no esenciales ligados a ellos (Gómez, 2000, citado por Molina, 2005). Melo *et al.* (2000), citado por Daza *et al.* (2006), compararon los efectos de la aplicación de materiales orgánicos sobre la dinámica del P en suelos ácidos con alta fijación de P y demostraron el enorme potencial de la gallinaza en los mismos. Este abono tiene la capacidad de bloquear o saturar los sitios de retención del P, y en consecuencia aumenta los contenidos de P en las diferentes fracciones.

La adición de un fertilizante químico mezclado con estiércol de vaca a distintas profundidades en suelos arroceros inundables fue estudiado por Saleque *et al.* (2004), encontrando efectos sobre el P soluble extraído con NaHCO_3 y el P_i extraído con NaOH. También se comprobó que el P en suelos cultivados con arroz de inundación disminuye en los primeros 15 centímetros de profundidad.

Daza *et al.* (2006) utilizaron materiales orgánicos y minerales (gallinaza y SPT) en la fertilización de un Oxisol, y encontraron que los valores más altos en todas las fracciones de P correspondieron a los tratamientos que combinaron un material orgánico y un fertilizante mineral, mejorando la disponibilidad de P para las plantas.

2.6 FÓSFORO EN SUELOS CON INFLUENCIA VOLCANICA

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) cubren una apreciable área de América Central y América del Sur, y se encuentran en amplio rango de climas, latitudes y altitudes. Su desarrollo requiere de la presencia de abundante lluvia y rápido drenaje que propicien una acelerada meteorización de los minerales volcánicos (Zapata, 1992, citado por Molina, 2005). Se caracterizan por producción y acumulación de materia orgánica y mayor productividad. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alófana, imogolita y halloisita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de recientes deposiciones volcánicas. Investigaciones recientes han demostrado que los complejos humus aluminio juegan también un papel significativo en el comportamiento de los Andisoles.

Una de las características más importantes de los Andisoles y principal limitante química es su capacidad para inmovilizar fósforo en la superficie de los minerales amorfos. Aparentemente, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato. Los mecanismos de fijación de P en la alófana e imogolita incluyen procesos como quimiadsorción, desplazamiento de silicio estructural y precipitación (Espinosa, 2007). La mayoría del fósforo se acumula como complejos macromoleculares de P asociados a la materia orgánica, posiblemente a través de puentes de Al y Fe, encontrándose que un 71-93% del P_o está relacionado con el humus (Redel, 2005). El carbono (C) atrapado en estos complejos es inactivo y deja de ser parte del C activo de la fracción orgánica. Por

otro lado, los grupos hidroxilo combinados con el aluminio acomplejado entran en reacciones de intercambio de ligandos con HPO_4^{2-} y H_2PO_4^- fijando fuertemente el P aplicado como se observa en la Figura 4 (Sollins, 1991, citado por Espinosa, 2004).

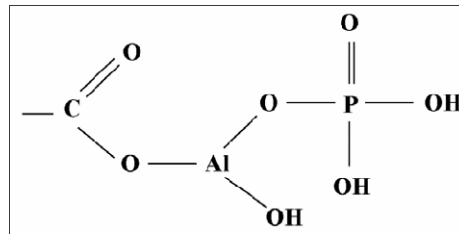


Figura 4. Esquema de la fijación de fósforo en los complejos humus-Al.

Este fuerte acomplejamiento del Al con el humus limita la posibilidad de coprecipitación de Al con silicio (Si), liberados de la descomposición de la ceniza volcánica, lo que a su vez limita también la formación de alófana. Estos procesos se han documentado en Andisoles de Japón, Colombia y Ecuador (Wada y Kakuto, 1985, citado por Espinosa, 2004). Se han encontrado evidencias de Andisoles de Ecuador y Colombia que demuestran que la fijación de P está estrechamente relacionada con el contenido de C en el suelo (complejos humus-Al). Esto puede indicar cuales minerales arcillosos se formarían en determinadas condiciones y la intensidad de fijación de P. Aparentemente, los suelos alofánicos poseen la tendencia a fijar menos fósforo (Espinosa, 2004).

2.7 FERTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ

El manejo exitoso del cultivo de café requiere un amplio conocimiento de la planta con relación a las características particulares de su crecimiento, desarrollo, productividad, y factores que afectan a estos. Si el crecimiento del cultivo es óptimo los rendimientos serán satisfactorios, pero si el crecimiento del cultivo es deficiente, ocurrirá lo contrario.

El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida puede comprender varios años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. La planta comienza su

producción de frutos en ramas de un año de edad y continúa durante varios años, alcanzando su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad¹.

El café es un cultivo muy rústico que se adapta a una gran variedad de condiciones agroclimáticas. Las temperaturas deben estar en el rango de 12 a 33 grados Celsius y altitudes entre 1000 y 2000 msnm. Se ha demostrado que una hoja de café fotosintetiza mucho menos cuando está directamente expuesta a la luz solar que cuando se expone a la luz indirecta o difusa de menor intensidad. Se han realizado muchos estudios sobre los efectos del cultivo bajo sombra y a plena exposición solar en Colombia, Costa Rica, Brasil y otros países, y se ha concluido que el cultivo de café a pleno sol es bastante más demandante de fertilización para ser económicamente productivo (Monge, 1999).

Respecto a los requisitos de los suelos, la literatura indica que este cultivo se desarrolla en una amplia variedad de tipos de suelo, siendo los mejores para su cultivo los de origen volcánico y aluvial debido a que son suelos profundos con excelentes condiciones físicas y altos en bases intercambiables. Los cafetales a libre exposición solar en general se desarrollan en suelos con buenas condiciones físicas, como una profundidad mayor de 50 cm, adecuado drenaje natural, buena aireación y permeabilidad (Gómez *et al*, 1991).

Los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, definida por los niveles críticos de los elementos que se hallen en él, pero fundamentalmente de los equilibrios (Ca+Mg)/K; Mg/K; Ca/Mg y Ca/K. El porcentaje de arcilla y los tipos de minerales donde predominan caolinita y haloisita también son importantes.

El cultivo de café prefiere los suelos ligeramente ácidos, con pH entre 5.0-6.0. Aun así se pueden obtener buenos rendimientos en suelos más ácidos, siempre que sus condiciones físicas sean buenas. Es común encontrar en suelos cafeteros valores de pH inferiores a 5.0, por lo que la adición de calcio como corrector de la acidez es una práctica muy utilizada en su manejo.

La adición de materia orgánica en forma de pulpa de café, gallinaza y compost en el cultivo de café orgánico se realiza con frecuencia para favorecer el reciclaje de nutrimentos y el crecimiento y desarrollo de raíces, y a la vez elevar el contenido de materia orgánica del suelo.

¹ Disponible en internet: http://cenicafé.org/modules.php?name=Sistemas_Producción

En cuanto a los requerimientos nutricionales, Monge (1999) propone el rango en que deben estar las diferentes propiedades químicas para permitir el mejor desarrollo del cultivo en Colombia (Tabla 2).

PROPIEDAD	RANGO
pH	5.0-5.5
MO (%)	8.0-14.0
P (mg.kg ⁻¹)	10.0-30.0
K (cmol _c kg ⁻¹)	0.4-0.6
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	1.5-3.0
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0.4-0.6
Al (cmol _c kg ⁻¹)	-
Fe (ppm)	10-50
Cu (ppm)	1-20
Mn (ppm)	5-50
Zn (ppm)	3-15

Tabla 2. Rangos de las propiedades químicas del suelo para el cultivo de café en Colombia (Monge, 1999; Patiño *et al.*, 2007).

De acuerdo a investigaciones realizadas por Patiño *et al.* (2007) empleando una base de datos de 24.834 registros de análisis químico en lotes cafeteros del Valle del Cauca, el fósforo es uno de los elementos de mayor variación presentando un promedio relativamente bajo para el café, el cual fluctúa entre 0 y 160 mg.kg⁻¹. En Colombia, los suelos cafeteros derivados de cenizas volcánicas tienen una alta capacidad de fijación de fósforo. En estudios realizados por Bravo y Gómez (1974) se encontró que para las unidades Chinchiná, Fondesa y Malabar eran fijados 1800, 1200 y 600 mg.kg⁻¹ del fósforo adicionado, respectivamente. En consecuencia y con base en estudios actuales de análisis de suelos, Patiño *et al.* (2007) recomiendan las dosis de fertilizantes indicadas en la Tabla 3.

Fuente	Contenido de fósforo del suelo (mg.kg ⁻¹)		
	Menor de 10	Entre 10 y 30	Mayor de 30
Fósforo (P ₂ O ₅) (kg/ha/año)	90	45	0
DAP (46% P ₂ O ₅ y 18 de N) (kg/ha/año)	200	100	0

Tabla 3. Recomendaciones actuales de fósforo para la fertilización de cafetales tecnificados en la etapa de producción con base en el análisis de suelos.

Los requerimientos nutricionales del café varían de acuerdo a su estado de crecimiento. Así, en la etapa germinativa, la cual tiene una duración aproximada de 2 meses, las semillas no requieren la adición de nutrientes pero sí de

condiciones adecuadas de humedad, oscuridad y temperatura. En la etapa del almácigo, la cual tiene una duración de 6 meses, la planta responde positivamente a las aplicaciones de materia orgánica y fósforo. En la etapa de crecimiento vegetativo, que es donde la planta forma las estructuras no reproductivas, los mayores requerimientos nutricionales corresponden a nitrógeno, seguido por fósforo. Finalmente en la fase reproductiva, procurando obtener la mayor producción y mejor calidad del café con los mínimos costos financieros y ambientales, se recomienda la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales y el encalamiento de cafetales. Estos aspectos representan un mayor impacto cuando las plantaciones están más jóvenes, se encuentran a plena exposición solar y se desarrollan bajo condiciones ambientales favorables de clima y de suelo.

El fertilizante de mayor uso en la zona cafetera colombiana es el Fosfato Diamónico – DAP (46% de P_2O_5 y 18% de N), el cual en suelos con pH relativamente bajos presenta (teóricamente) una mayor eficiencia agronómica. Sin embargo, las aplicaciones crecientes de fósforo vía fertilizantes inorgánicos o mezclados con abonos orgánicos, no han mostrado respuestas contundentes y continuas sobre la producción. Incluso aún en suelos con contenidos bajos de éste elemento, el fósforo es el nutriente con el cual menos respuesta se ha obtenido en el cultivo de café (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2007).

Los requerimientos óptimos de P para el desarrollo vegetativo del cultivo de café varían entre 0.3 y el 0.5% de la materia seca. Su contenido en plantas deficientes se encuentra generalmente por debajo de 0.1% de la materia seca. Las plantas con deficiencia en fósforo sufren de retardo en el crecimiento, y la producción de frutos y semillas es anormal, lo que repercute en el rendimiento y en la calidad de la producción. La deficiencia de P en el café se manifiesta porque las hojas presentan manchas amarillas con coloraciones rojizas, debido a un aumento en la síntesis de antocianinas. En casos severos se produce una caída total de hojas de las ramas que tienen frutos en maduración. Ya que el fósforo es un elemento esencial en el metabolismo de las plantas, su deficiencia puede causar una reducción de la eficiencia de los procesos metabólicos, lo cual incluye la disminución de la división celular, la fotosíntesis y la respiración. De esta manera, puede considerarse que el fósforo es un elemento limitante para el crecimiento del café especialmente en la etapa reproductiva (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

Los sistemas de cultivo de café seleccionados para esta investigación estaban establecidos en dos suelos Andisoles y un Inceptisol ubicados en el Municipio de Sevilla, Departamento del Valle del Cauca, situado a una altura de 1612 msnm, con una temperatura media de 20° C y coordenadas 4° 16'N, 75° 55'O.



Figura 5. Ubicación del municipio de Sevilla, Valle del Cauca.

3.1.1 Descripción y ubicación de los sistemas de cultivo

Los suelos y sistemas de cultivo en los que se realizó esta investigación para determinar el comportamiento de las fracciones de P tienen las siguientes características:

- Sistema de cultivo 1 (Orgánico): establecido en un Andisol (*Typic Melanudands*) cuyo material parental son cenizas volcánicas, ubicado en la Vereda El Manzano a 15 minutos del Municipio de Sevilla, con coordenadas 04° 17'13" de latitud norte (N) y 75° 54'42" de longitud oeste (O), una altitud de 1630 msnm, una temperatura media anual de 20° C. El cultivo principal

es café variedad Suprema, con manejo orgánico y semi-sombra de *Leucaena leucocephala*. El cafetal está acompañado de algunos cultivos asociados como maíz, fríjol, cebolla, cítricos y plantas medicinales, los cuales ofrecen un aporte permanente de biomasa al suelo y un mejoramiento en la fijación del nitrógeno en el caso de las leguminosas. Es fertilizado dos veces por año con materiales orgánicos empleando compost de pulpa de café descompuesta, la cual se prepara con miel de pulpa, leche, soya, gallinaza compostada (estiércol de aves de corral), estiércol de bovino, lombricompost y fosforita.



Ilustración 1: Sistema de cultivo de café orgánico.

- Sistema de cultivo 2 (Convencional): establecido en un suelo inceptisol (*Typic Dystrudepts*) (González, 2008) cuyo material parental son basaltos hornbléndicos y biotíticos, ubicado en la vereda Bajo Congal a 10 minutos del Municipio de Sevilla, con coordenadas 4° 17'12.29" N y 75° 57'06.59" O, a una altitud de 1300 msnm, temperatura media anual de 23° C. Es un cultivo convencional de café variedad Colombia a libre exposición. No presenta cultivos asociados y no utiliza sistema de riego. La limpieza es realizada con herbicidas y guadaña en forma intercalada (2 controles con guadañas por 1 control con herbicida al año). Es fertilizado tres veces por año con urea, sulfato de magnesio (Kieserita) y Agrocafé (25%N, 4.0% P₂O₅, 24.0% K₂O).



Ilustración 2: Sistema de cultivo de café convencional.

- Sistema de cultivo 3 (Orgánico-mineral): Correspondiente a un suelo Andisol (*Typic Melanudands*) cuyo material parental son cenizas volcánicas (alófanas), ubicado en el Barrio Tres Esquinas en el Municipio de Sevilla, con coordenadas 4° 16'N y 75° 55'O, con una altitud de 1600 msnm, una temperatura media anual de 26 °C. Es un sistema de cultivo orgánico-mineral de café variedad Caturra con muy poco sombrío de aguacate y naranja, sin cultivos asociados. La fertilización se lleva a cabo con 200 kg de fertilizante orgánico (pulpa de café, raquis de banano y boñiga) por 50 kg de fertilizante mineral (cafetero y menores), cada tres meses. La limpieza se realiza con guadaña alternada con herbicida cada tres meses.



Ilustración 3: Sistema de cultivo de café orgánico-mineral.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Recolección de las muestras de suelo.

Para el análisis químico de fertilidad del suelo se tomaron tres muestras compuestas de 1 kg en cada sistema de cultivo. Cada muestra estaba conformada por sub-muestras obtenidas al azar en 10 a 12 lugares distintos dentro del mismo lote. Luego de secadas a la sombra y tamizadas, las muestras se enviaron al laboratorio para su análisis químico.

Para el fraccionamiento de fósforo en cada sistema de cultivo se escogió un lote, dentro del cual se ubicaron tres sitios a una distancia aproximada de 30 metros para tomar muestras de 500 gramos de suelo a las profundidades de 10, 20 y 30 cm. Se obtuvieron 9 muestras por cada sistema de cultivo, para un total de 27 muestras.

3.2.2 Etapa de laboratorio.

A las tres muestras de suelo se les realizó análisis químico de fertilidad y elementos menores, que incluye información sobre pH, materia orgánica, CIC, fósforo (Bray II), calcio, magnesio, azufre, sodio, aluminio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. También se realizó un análisis físico en el cual se determinó la textura (método de la pipeta), densidad aparente (método del núcleo), densidad real (método del picnómetro), estabilidad de agregados (método de Yoder), porosidad y humedad.

El fraccionamiento de fósforo se realizó a las 27 muestras, para determinar los contenidos de las fracciones de fósforo disponible, moderadamente disponible y no disponible. El procedimiento fue realizado en los laboratorios de química de suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Palmira, utilizando la metodología del fraccionamiento secuencial adaptado por el CIAT a partir de la técnica modificada por Hedley *et al.* (1982), Tiesen y Moir (1993) y Oberson (1995). Este procedimiento se llevó a cabo usando 0.5 g de las muestras de suelo y aplicando soluciones extractoras que incrementan secuencialmente su poder para subdividir el fósforo total del suelo en sus diferentes formas orgánicas e inorgánicas. La secuencia de las soluciones en orden de menor a mayor poder extractante son: H₂O y resinas de intercambio iónico, soluciones de NaHCO₃ 0.5 M, NaOH 0.1 M, HCl 0.1 M y HCl concentrado.

El procedimiento fue el siguiente: se tomaron sub-muestras de aproximadamente 1.0 g de suelo, se dejaron secar al aire y se tamizaron (>2 mm). Luego se pesaron 0.5 g de suelo y se agitaron por 16 horas en un tubo de centrifuga con 30 ml de agua deionizada y con resinas de intercambio aniónico. Después de la agitación, las resinas se lavaron con agua desionizada y se colocaron en una solución de HCl en agitación durante la noche.

La suspensión de suelo se centrifugó por 10 min. Del sobrenadante se determinó el P total por el método de digestión con persulfato. Al suelo se le agregó una solución de NaHCO₃ y se dejó en agitación durante la noche, después de esto se centrifugó, se decantó el extracto de NaHCO₃ y se determinó el P inorgánico y P total en NaHCO₃. Al suelo restante se le agregó una solución de NaOH y se agitó durante la noche. Enseguida se centrifugó y se decantó el extracto de NaOH para determinar el P inorgánico y total. El suelo remanente se extrajo con una solución de HCl y se dejó en agitación. El P en todos los extractos se determinó por el método colorimétrico del ácido ascórbico-molibdato (Murphy y Riley, 1962). El fósforo residual se determinó por medio de digestión con ácido perclórico

concentrado (HClO_4 al 70%) (Borrero, 1998). El P orgánico en los extractantes NaHCO_3 y NaOH se calculó como diferencia entre el P total y el P inorgánico, respectivamente.

3.2.3 Diseño del ensayo.

El análisis de las fracciones de fósforo se ajustó a un modelo de Diseño Completamente Aleatorio bajo un arreglo en parcelas divididas, donde las parcelas principales son los tratamientos (sistemas de cultivo) y las sub-parcelas los sitios, según se observa en la Figura 5.

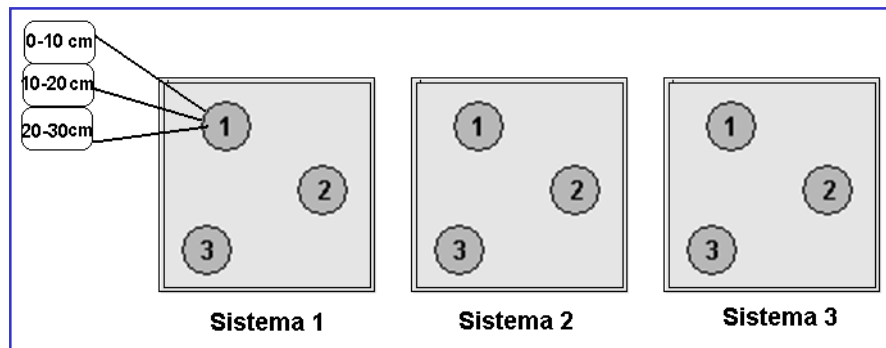


Figura 6. Representación esquemática del Diseño del Ensayo.

3.2.3 Análisis de la información.

A los resultados de las fracciones de fósforo obtenidas se les realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan, con el fin de determinar cuáles de los tratamientos aplicados presentan mayores contenidos en las fracciones determinadas y si hay diferencias significativas entre ellos.

Se realizó una regresión logarítmica a los valores de las fracciones de fósforo obtenidos en las diferentes profundidades, para ajustarlos a una línea continua para realizar extrapolaciones para valores de profundidades diferentes a las tomadas experimentalmente. Se realizaron correlaciones entre algunas propiedades físicas y químicas con las diferentes fracciones de fósforo encontradas.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS 9.1.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL QUÍMICA Y FÍSICA DE LOS SUELOS UTILIZADOS

En las tablas 2 y 3 se muestran los resultados de los análisis químicos y textural de los suelos utilizados.

El suelo 1, bajo un sistema de cultivo de café orgánico, presenta un pH fuertemente ácido y bajos contenidos de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn. Adicionalmente se encontró que la sumatoria Ca+Mg+K, la relación Mg/K y el porcentaje de saturación de bases también mostraron valores bajos. Estos resultados son concordantes con la fuerte acidez del suelo. El alto contenido de materia orgánica encontrado en este suelo es consecuencia del sistema de cultivo utilizado, el cual incluye la aplicación de un compostaje de pulpa de café, gallinaza y estiércol, y la presencia de los residuos de cultivos asociados al café tales como frijol, maíz y plátano.

El suelo presentó un nivel bajo de aluminio (3% con relación a la CIC) y el P disponible según Bray II mostró un valor muy bajo, indicando que este elemento puede estar retenido por óxidos e hidróxidos de Fe y muy poco por Al y/o por complejos humus-aluminio, lo cual es propio de suelos pertenecientes al orden de los Andisoles. Su capacidad de intercambio catiónica alta puede deberse a su alto contenido de materia orgánica, la cual no está completamente mineralizada debido a que sus condiciones climáticas (temperatura promedio de 20° C) no facilitan la descomposición.

Respecto a las propiedades físicas, como es de esperarse de un Andisol, se encontró una clase textural franco arenosa, baja densidad aparente y alta porosidad.

El suelo 2 bajo un sistema de cultivo convencional, presenta un pH moderadamente ácido. Se observa que los contenidos de K, Mg, Ca, B, Mn y Zn son altos ya que proviene de un sistema de cultivo fertilizado con abonos minerales. La sumatoria Ca + Mg + K es alta y las relaciones Mg:K, (Ca+Mg)/K y Ca:K son adecuadas; sin embargo, las relaciones Ca:Mg y K:Mg se consideran bajas, lo que puede revelar una deficiencia de potasio inducida por magnesio. La

suma de bases es alta indicando que el suelo está saturado. Los contenidos de sodio y hierro son bajos. Los contenidos de materia orgánica y fósforo son bajos y no presenta toxicidad por aluminio. Su capacidad de intercambio catiónico es alta, hecho que puede estar asociado a una mayor humificación de la materia orgánica como consecuencia de las condiciones de temperatura en las que se desarrolla el cultivo. La textura es franco arcillosa y su densidad aparente y porosidad muestran valores intermedios.

Aunque en la zona de trabajo la mayoría de los suelos son Andisoles, este suelo está clasificado como un Inceptisol posiblemente debido a que sufrió una alteración por el manejo que se le ha dado a través de los años, el cual ha favorecido la acción de factores climáticos como la temperatura y la precipitación. Según Ugolini y Dahlgren (2002), un Andisol puede transformarse en Inceptisol cuando aumenta en edad y cuando sus condiciones de meteorización se ven favorecidas. En este caso, sus minerales no cristalinos son gradualmente consumidos y transformados en minerales cristalinos más estables como la haloisita. Su origen volcánico se evidenció al determinar la presencia de alófana realizando la prueba del Fluoruro de sodio.

El suelo 3 (Sistema orgánico-mineral) presenta un pH cercano a la neutralidad. Los niveles de P, Mg y Cu son bajos, y los contenidos de S, B, Zn así como la CIC, son altos. La sumatoria Ca+Mg+K y las relaciones Mg/K, Ca/Mg, (Ca+Mg)/K y Ca/K son adecuadas. Presenta este suelo un alto contenido de materia orgánica, una clase textural franco-limosa, una densidad aparente baja y una alta porosidad.

Las relaciones adecuadas entre los elementos calcio, magnesio y potasio, indican que el suelo tiene un buen nivel de fertilidad, consecuencia del empleo de materiales tanto orgánicos como minerales en su fertilización.

SISTEMA DE CULTIVO	pH (Un)	MO (g/kg)	P-Bray II (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Al (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	S (mg/kg)	B (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Sistema 1	5.28	117.45	2.81	0.13	1.21	0.40	0.95		29.05	67.65	0.65	2.13	3.56	0.14	1.37
Sistema 2	5.91	29.54	8.02	0.74	14.98	9.20		0.06	34.50	24.32	0.85	11.80	43.10	1.54	3.29
Sistema 3	6.08	71.82	1.16	0.26	6.05	1.13		0.02	32.30	47.01	0.49	0.90	17.18	0.17	5.56

Tabla 4. Propiedades químicas de los suelos utilizados.

Sistema 1: Orgánico Sistema 2: Convencional Sistema 3: Orgánico-mineral

Sistema de Cultivo	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural
SISTEMA 1	77.60	4.80	17.60	Franco Arenoso
SISTEMA 2	41.60	19.20	39.20	Franco Arcilloso
SISTEMA 3	38.40	52.00	9.60	Franco Limoso

Tabla 5. Caracterización textural de los suelos utilizados.

Sistema 1: Orgánico
Sistema 2: Convencional
Sistema 3: Orgánico-mineral

4.2 FRACCIONES DE FÓSFORO DE CADA SISTEMA DE CULTIVO

En la Tabla 4 se observan los datos de análisis estadístico para los contenidos de fosforo en los tres sistemas de cultivo evaluados. El análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias significativas en las fracciones correspondientes al Po extraído con agua, Resin-Pi y Pi extraído con bicarbonato, por efecto de los sistemas de cultivo. Las fracciones de P moderadamente disponibles, el P ocluido y el P total si presentaron diferencias significativas, lo que indica que al menos uno de los sistemas de cultivo tuvo un efecto importante en los contenidos de P de estas fracciones.

Respecto al análisis por profundidad, se observaron diferencias significativas en todas las fracciones excepto en el Po extraído con bicarbonato ($P_{r>F} = 0.271$) (Tabla 6). No se observaron diferencias significativas entre la interacción sistema de cultivo por profundidad.

FV	P-disponible					P-moderadamente disponible			P-ocluído	TOTALES		
	Po-H ₂ O	Resin-Pi	Bicarbonato			NaOH				PiT	PoT	PT
			Pi	Po	Pt	Pi	Po	Pt				
S.C	0.1480	0.1621	0.1387	0.0312	0.0726	0.0254	0.0002	0.0030	0.0008	0.0029	0.0002	0.0013
PROF.	0.0092	0.0038	0.0015	0.271	0.0002	0.0040	0.0058	0.0009	0.0185	0.0023	0.0062	0.0010
SC*P	0.8668	0.0707	0.2475	0.1521	0.1633	0.1554	0.2918	0.2145	0.8029	0.2851	0.2171	0.3267

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza de las fracciones de P para los tres sistemas de cultivo a diferentes profundidades y la interacción sistema de cultivo x profundidad.

4.2.1. Fósforo disponible.

Las fracciones de fósforo disponible comprenden el Po extraído con agua, el P extraído con una resina de intercambio iónico, y el Po y Pi extraído con una solución de NaHCO₃.

La Figura 7 presenta las diferentes fracciones de fósforo disponible para los tres sistemas de cultivo, observándose que el Sistema 3 (orgánico-mineral) es el que en general presenta el mayor contenido de Po y Pi disponibles, aunque estos contenidos, con excepción de los presentados para Bic-Po, no difirieron significativamente de los alcanzados en los otros dos sistemas.

El Sistema 2 y el Sistema 1 mostraron menores contenidos en Resin-Pi, H₂O-Po Bic-Pi y Bic-Po, y respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para las fracciones H₂O-Po, Resin-Pi y Bic-Pi; sin embargo, para la última fracción el contenido de Pi del Sistema 1 presentó más del doble del contenido del Sistema 2. Así mismo el Sistema 3 triplicó el contenido de P del Sistema 2.

Esta situación es igual para la fracción Bic-Po, en la cual el Sistema 2 presentó el menor contenido de P el cual difirió significativamente de los sistemas 1 y 3. La fracción Bic-Pt presentó un comportamiento similar, aunque aquí no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas 1 y 2, no obstante que el primero presenta más del doble del contenido de fósforo que el segundo.

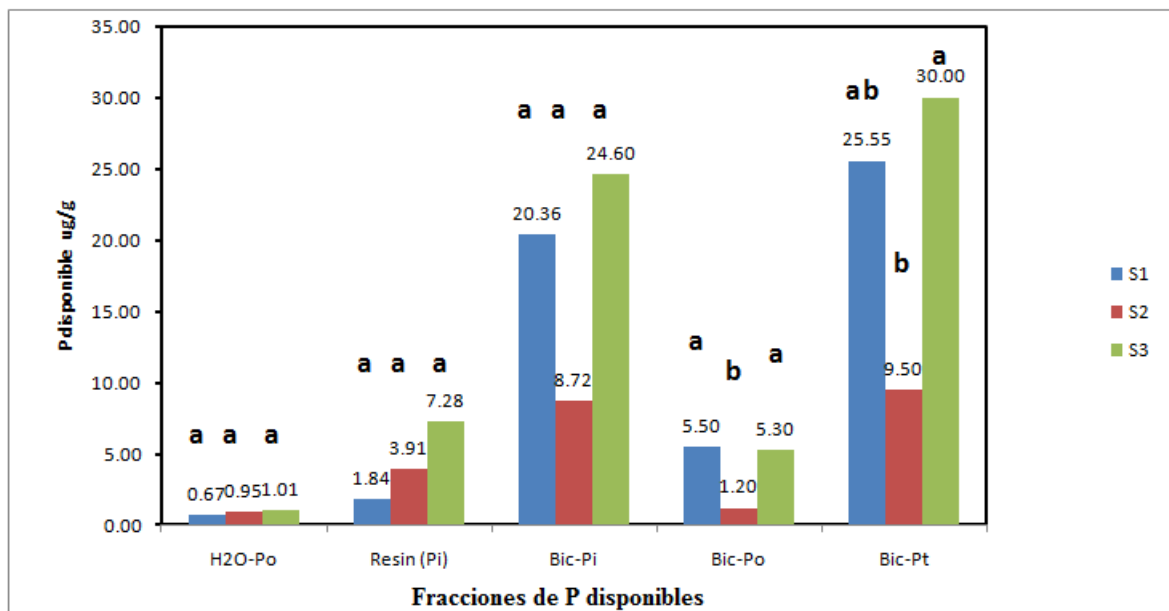


Figura 7. Contenidos de las fracciones de P disponible (ug Pg⁻¹) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

4.2.2. Fracciones de fósforo moderadamente disponible.

El NaOH extrae el P inorgánico quimioadsorbido a los oxihidróxidos de Fe y Al amorfos y algunos cristalinos, y el P orgánico asociado con compuestos húmicos y adsorbidos al Fe y Al (Shoenau *et al.*, 1989, citado por Picone, 2007) . Se asume que esta fracción es moderadamente disponible.

En la Figura 8 se observan los contenidos del P moderadamente disponible en los tres sistemas de cultivo. El fraccionamiento mostró para los tres sistemas mayores contenidos de Po que de Pi, y en general diferencias significativas entre las fracciones NaOH-Pi y NaOH-Po para los tres sistemas de cultivo.

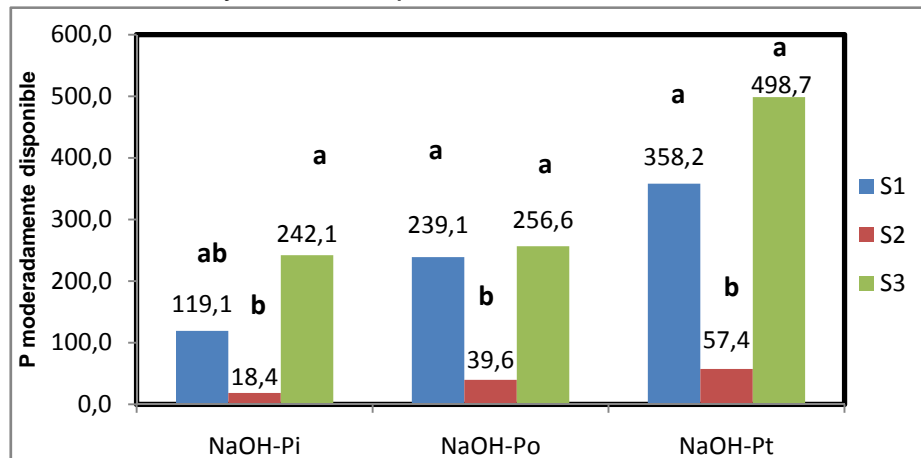


Figura 8. Contenidos de las fracciones de P moderadamente disponible ($\mu\text{g P g}^{-1}$) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

El Sistema 3 presenta los mayores contenidos de P moderadamente disponible, mientras que el Sistema 2 muestra los menores contenidos. Para el Po se observan mayores y similares contenidos en el Sistema 3 y Sistema 1, y estos no difirieron estadísticamente entre ellos pero si con el Sistema 2, cuyo contenido fue hasta siete veces menor. El Pi en el Sistema 3 volvió a ser mayor, aunque no difirió significativamente de los mostrados en el Sistema 1 pese a que alcanzó a duplicarlo. El P total presentó un comportamiento similar, en este caso el contenido del Sistema 3 fue nueve veces mayor que el contenido del Sistema 2.

4.2.3. Fracciones de fósforo no disponibles (P residual).

Las fracciones de P no disponibles corresponden al Pi y Po químicamente muy estables y que se encuentran fuertemente encapsuladas por minerales del suelo por lo que son insolubles. Se considera que esta fracción no es disponible para las plantas, porque su uso es a largo plazo.

En la Figura 9 se presentan los contenidos de P no disponible para los tres sistemas de cultivo. En general se observa que el sistema que combina fertilizante

químico y material orgánico (Sistema 3) presenta el mayor contenido de P ocluido y el Sistema 2, que sólo incluye fertilizante mineral, presenta el menor contenido de esta fracción. No se encontraron diferencias significativas entre los sistemas 1 y 2, pero sí de ellos con respecto al 3. El fósforo ocluido en los sistemas 3 y 1 es cuatro y dos veces mayor al encontrado en el Sistema 2, respectivamente.

El P ocluido o residual es una fracción importante del P total. Se encontró que corresponde en promedio al 37% del Pt, en general algo mayor que el porcentaje de Po pero menor que el de Pi. Esto concuerda con Picone *et al.* (2007), quienes estudiaron las fracciones de P en un Molisol encontrando un promedio de 32% de P-residual.

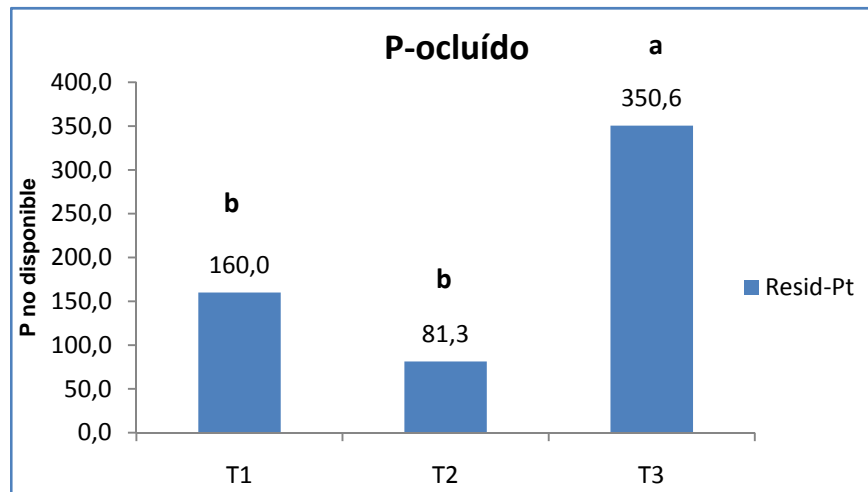


Figura 9. Contenidos de las fracciones de P no disponible (ug Pg⁻¹) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

Los mayores contenidos de Po y Pi para el Sistema 3 pueden deberse a que el P adicionado combina materiales orgánicos e inorgánicos. El uso de enmiendas orgánicas aumenta la actividad microbiana y aporta materia orgánica humificada. Sin embargo, debido a que las sustancias húmicas se encuentran en bajas proporciones, no pueden considerarse estos materiales como una fuente considerable de materia orgánica. La ventaja que presentan estos abonos es que su mineralización es muy rápida debido a su baja relación C:N, factor que ayuda a potenciar la acción del fertilizante mineral y por lo tanto la mineralización, y de esta forma se consigue un aporte mayor a la fracción inorgánica (Daza, 2006).

El Sistema 3 incluyó en su fertilización materiales orgánicos y fertilizantes de síntesis química, que contribuyen a aumentar los contenidos de P disponible en la mayoría de las fracciones. Esto concuerda con estudios realizados por Boschetti *et al.* (2003), quienes encontraron una correlación alta entre el carbono orgánico y el P disponible en suelos de la Mesopotamia, Argentina. Se piensa que los compuestos orgánicos en los suelos ayudan a aumentar el P disponible porque recubren los óxidos de Fe y Al, formando una cubierta protectora que reduce la adsorción de P. Otra explicación puede ser que reemplazan los aniones H_2PO_4^- en los sitios de adsorción por aniones orgánicos como citrato, oxalato, tartrato o malato (Havlin *et al.* 1999, citado por Boschetti, 2003).

El Sistema 2 mostró menor contenido de Bic-Pi y Bic-Po, mientras que esta misma situación se presentó para el Sistema 1 (orgánico) con relación al Resin-Pi y el H_2O -Po. No obstante, estos contenidos no difirieron significativamente de los obtenidos en los otros dos sistemas.

Los contenidos de Po y Pi extraídos con bicarbonato en el Sistema 2 son bajos, posiblemente porque en su fertilización se adicionaron fertilizantes inorgánicos que entran directamente a la solución del suelo como fosfatos inorgánicos para ser absorbidos por las plantas. Adicionalmente, la incorporación de fertilizantes químicos puede favorecer la proliferación de microorganismos que toman el P del fertilizante como fuente de energía, inmovilizando este elemento.

El Sistema 1, el cual fue abonado con materiales orgánicos, presenta el menor contenido de Pi disponible extraído con Resina, lo cual puede estar relacionado con la velocidad de disponibilidad del P para el cultivo. En el caso de los residuos orgánicos estos tienen que ser primero descompuestos por los microorganismos, mientras en el de los fertilizantes minerales estos aportan los nutrientes en la forma que la planta los utiliza. Adicionalmente, los residuos orgánicos tienen concentraciones más bajas de P que los fertilizantes de síntesis.

El P orgánico extraído con agua presenta el valor más bajo para el Sistema 1; sin embargo, la diferencia con respecto a los otros dos sistemas no es significativa. Es importante tener en cuenta que esta fracción puede presentar ciertas variaciones, y por tanto refleja una incertidumbre como resultado de la determinación analítica (Negrín, 2005).

Para el Sistema 1, se encontraron contenidos de las fracciones de Po y Pi extraídas con bicarbonato que no difirieron significativamente del Sistema 3. En el caso del Pi, el contenido encontrado en el Sistema 1 no difirió del Sistema 2 a pesar de presentar más del doble del contenido de este. Por su parte, el Po de este mismo sistema difirió significativamente del convencional, alcanzando más de cuatro veces el contenido de este.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Zhang y Mackenzie (1997), quienes en un estudio realizado en suelos a los que se les adicionó una enmienda orgánica combinada con fertilizante mineral, observaron un incremento de las fracciones de Bic-Po y Bic-Pi después de agregar grandes cantidades de abonos orgánicos.

El mejor contenido de P orgánico fue alcanzado en el Sistema 3, lo que se explica por la misma dinámica de absorción de este nutriente en las plantas. Así, estas lo toman del suelo casi exclusivamente como P inorgánico con el fin de satisfacer sus necesidades en la etapa de crecimiento, disminuyendo el contenido de esta fracción en el suelo. Adicionalmente, el P inorgánico incorporado como fertilizante en el Sistema 3 es utilizado por las plantas y los microorganismos y transformado en Po en un proceso de inmovilización, de modo que el P se incorpora al reservorio de fosfatos orgánicos cuando el microorganismo muere.

El resultado encontrado para el Pi en el Sistema 3, donde también alcanzó los mayores contenidos, está relacionado con el uso conjunto de abonos orgánicos y fertilizantes de síntesis química. Calero (1987) menciona el efecto que ambos tienen sobre la actividad microbiana del suelo, incrementándola y aportando al proceso de mineralización del Po a Pi, contribuyendo a mantener un nivel adecuado de fósforo moderadamente disponible.

Esta actividad microbiana también es influenciada por factores como la temperatura, la humedad y la reacción del suelo. En el caso del Sistema 3, este proceso es óptimo porque está favorecido por un pH casi neutro (6.08), una temperatura de 22° C y unas condiciones intermedias de humedad.

Vale la pena mencionar que los valores obtenidos para el P disponible por el método Bray II y los encontrados en la aplicación de la técnica de fraccionamiento secuencial (que es resultado de la suma de todas las fracciones) son

contrastantes. Según el primero, el Sistema 2 es el que presenta mayor cantidad de P disponible, mientras que el segundo mostró que es el Sistema 3. Esta discrepancia en los datos sugiere que es necesario realizar más trabajos de investigación con el fin de determinar la razón de estos resultados y optimizar las metodologías.

La coincidencia que el P ocluido y las fracciones disponible y moderadamente disponible hayan alcanzado los mayores contenidos en el Sistema 3 y Sistema 1, se explica según Burbano (1989) por el hecho de que en suelos tropicales las fracciones muy lábiles (inmediatamente disponibles) se encuentran en equilibrio con las fracciones lábiles (disponibles), con las moderadamente disponibles y con las de baja o ninguna labilidad.

Los altos contenidos de fósforo ocluido presentes en los sistemas 3 y 1 se corresponden con el tiempo durante el cual el café ha sido manejado bajo los sistemas de cultivo correspondiente. Lo anterior es ratificado por Lehmann *et al.* (2001), quienes mencionan que el contenido de esta fracción de P aumenta únicamente a largo plazo con aplicaciones de fertilizantes químicos y/o la incorporación de materiales orgánicos.

4.2.4. Fósforo total y porcentajes de Po y Pi.

4.2.4.1 Fósforo total

Los suelos estudiados presentan contenidos de P total muy variables, lo cual depende de diversos factores como la heterogeneidad de las rocas parentales, el desarrollo de los suelos, y su manejo agrícola.

Estudios realizados por López (1958), citado por Ospina (1974), muestran que los valores más altos corresponden a los Andisoles de Colombia y América Central, encontrándose contenidos desde 750 ppm hasta 1270 ppm en suelos colombianos. Los resultados del fraccionamiento mostraron que el Sistema 3 presentó los mayores contenidos de P (887.6 ppm), valor que se encuentra dentro del rango reportado para estos suelos.

Otro factor que determina el contenido de P en suelos tropicales es la cantidad de materia orgánica. Según estudios realizados por Fassbender (1994), al aumentar el contenido de materia orgánica se obtienen mayores cantidades de P total. Esto

sustenta lo encontrado en los sistemas de cultivo 1 y 3, los cuales presentaron altos contenidos de materia orgánica y de fósforo total.

Los tres sistemas presentaron diferencias significativas en su contenido de P total siendo el valor más bajo para el Sistema 2 (153.2 ppm), confirmando la importante relación entre la materia orgánica y el fósforo a nivel del suelo como lo reflejan los sistemas 1 y 3.

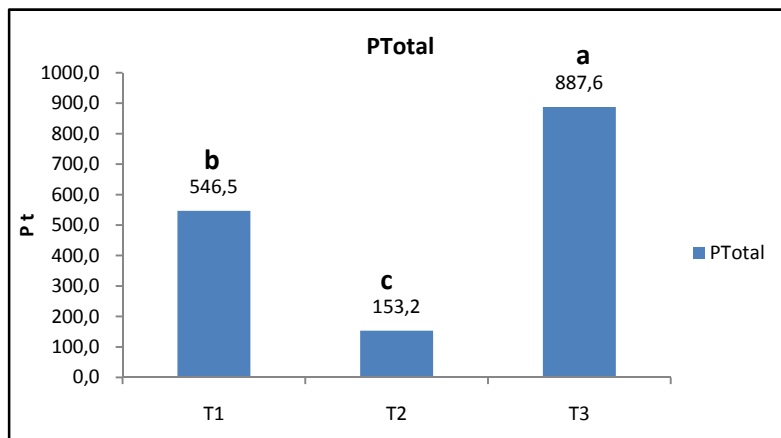


Figura 10. Contenidos de las fracciones de P total (ug Pg⁻¹) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

4.2.4.2 Porcentajes de Po

El P orgánico comprende las formas de Po-NaHCO₃ disponible y Po-NaOH moderadamente disponible, y por lo general alcanza porcentajes que varían entre el 25 y 75% del P total (Fassbender, 1994).

Los contenidos de P orgánico promedio encontrados en los suelos en estudio se encuentran dentro de estos rangos (36%), observándose mayores contenidos en el Sistema 1 que en los otros (Figura 11). Esto se explica en la aplicación de abonos orgánicos a este sistema, y coincide con lo reportado en estudios realizados por Zheng *et al.* (2002), citado por Picone *et al.* (2007), quienes mostraron que en sistemas fertilizados durante ocho años con abono orgánico el P agregado tiene su destino en las fracciones orgánicas disponibles y moderadamente disponibles.

Según Redel (2007) la mayoría del fósforo se acumula como complejos macromoleculares de P asociados a la materia orgánica, posiblemente a través de puentes de Al y Fe, encontrándose que un 71-93% del Po está relacionado con el humus.

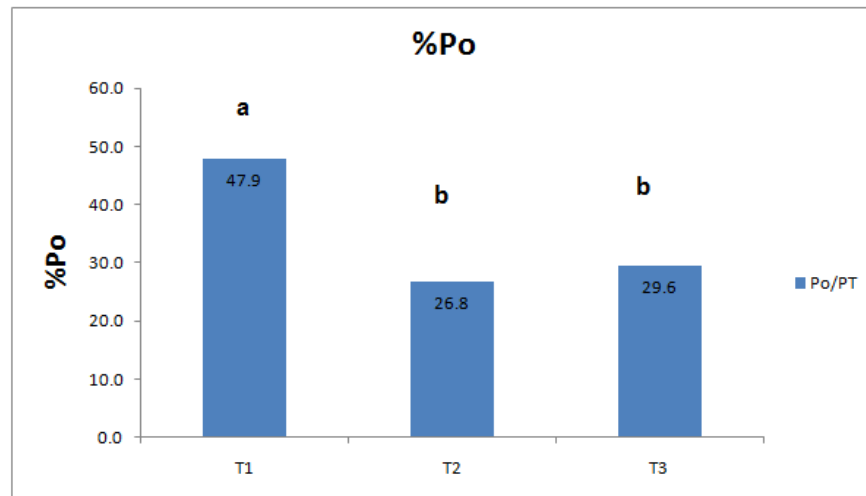


Figura 11. Contenidos de las fracciones de P orgánico (%) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

4.2.4.3 Porcentajes de Pi

El P inorgánico del suelo, que corresponde a la sumatoria de las formas disponibles que incluyen Resin-Pi y $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$ más la forma moderadamente disponible que comprende NaOH-Pi , presentaron valores altos, tanto en términos absolutos como en porcentaje (64%) del P total (Figura 12).

El P inorgánico en el sistema 1 fue significativamente menor con respecto a los sistemas 2 y 3. Esto concuerda con lo observado por las diferentes fracciones de Pi y también se relaciona con los aportes y procesos que ocurren en el suelo por la adición de fertilizantes de síntesis química.

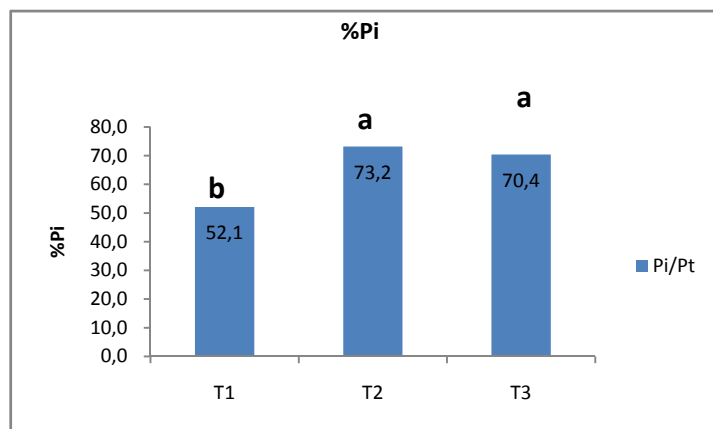


Figura 12. Contenidos de las fracciones de P inorgánico (%) para los tres sistemas de cultivo estudiados.

4.3 CONTENIDOS DE LAS FRACCIONES DE FÓSFORO Y SU RELACIÓN CON LAS PROFUNDIDADES DEL PERFIL.

Las figuras 13 a 17 presentan los cambios de los contenidos de P disponible (Resin-Pi, H₂O-Po, Bic-Pt), moderadamente disponible (NaOH-Pt) y fósforo total (Pt) para los sistemas a diferentes profundidades del perfil.

En relación con la fracción Resin-Pi (Figura 13), se encontró disminución en su contenido para los tres sistemas a medida que la profundidad del perfil se incrementa, indicando una tendencia a la proporcionalidad inversa. El sistema 3 es el que presenta los mayores contenidos de esta fracción, seguido del sistema 2 y el sistema 1.

Para los sistemas 1 y 2 se observa una disminución gradual del contenido de ésta fracción de P con relación al perfil, pero en el sistema 3 este descenso es muy marcado especialmente en los 10 primeros centímetros del perfil, reflejando acumulación de materia orgánica en la capa superficial del suelo.

La fracción H₂O-Po (Fig. 14) presenta una tendencia similar pero a diferencia de la anterior los sistemas 2 y 3 muestran una disminución del contenido de P en igual proporción, mientras que para el sistema 1, el P decae más rápidamente a medida que se avanza en la profundidad.

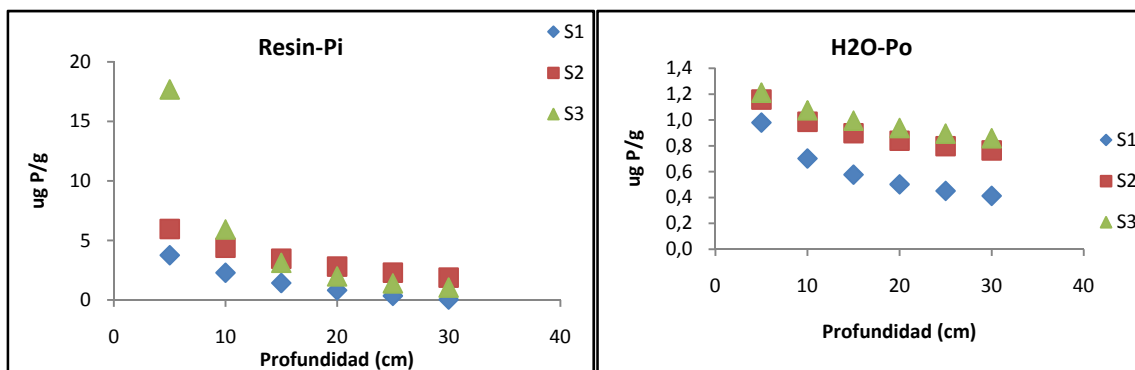


Figura 13. Cambios de los contenidos de Resin-Pi a diferentes profundidades del perfil.

Figura 14. Cambios de los contenidos de H₂O-Po a diferentes profundidades del perfil.

Las fracciones correspondientes al Pt disponible extraído con bicarbonato (Figura 15), al Pt moderadamente disponible (Figura 16) y al P total (Figura 17) muestran una tendencia a similar, disminuyendo su contenido al aumentar la profundidad del perfil para los tres sistemas de cultivo.

El sistema dos exhibe un comportamiento más estable que los otros, es decir, la disminución del P es menos marcada a lo largo del perfil mientras que los sistemas 1 y 3 que son los que muestran unos contenidos de materia orgánica altos, también presentan la mayor concentración de P en el horizonte superficial. Lo anterior se relaciona con la acumulación de biomasa proveniente de los materiales orgánicos adicionados en el manejo de fertilización del cultivo y en el caso de la disminución con la profundidad, Fassbender (1994) lo atribuye además de al tipo de textura del suelo; a la disminución del contenido de materia orgánica con la profundidad del perfil.

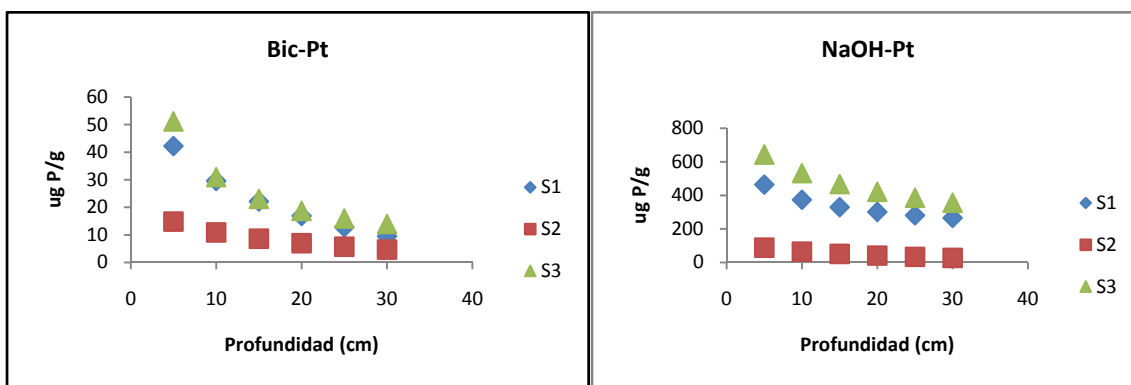


Figura 15. Cambios de los contenidos de Bic-Pt a diferentes profundidades del perfil.

Figura 16. Cambios de los contenidos de NaOH-Pt a diferentes profundidades del perfil.

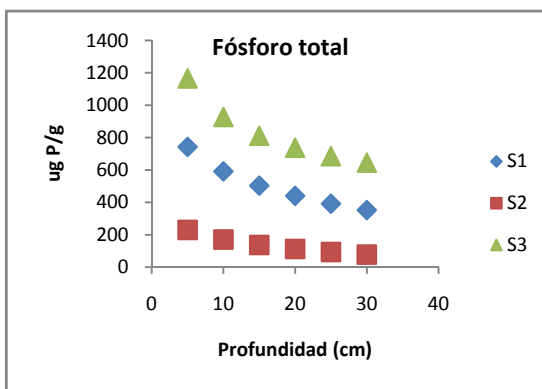


Figura 17. Cambios de los contenidos de Pt a diferentes profundidades del perfil.

La dinámica presentada por el fósforo y sus fracciones en ésta investigación coincide con lo reportado por Andraski et al (2003) y Gaston et al. (2003), quienes al evaluar como era el contenido de fósforo en función de la profundidad en suelos no labrados, encontraron una estratificación vertical de éste, donde el mayor contenido se presentó de 5 a 7 centímetros y disminuyó con la profundidad.

4.4 CORRELACIONES ENTRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO CON LAS FRACCIONES DE FÓSFORO ENCONTRADAS.

4.4.1 Correlaciones entre algunas propiedades físicas y las fracciones de P de los suelos estudiados.

En la tabla 7 se pueden observar los coeficientes de correlación entre los contenidos en las diferentes fracciones de P y algunas propiedades físicas de los suelos evaluados en esta investigación.

Fracción de P	%HUMEDAD	DENSIDAD APARENTE	POROSIDAD
H ₂ O-Po	-0.08347	0.05644	-0.06698
RESIN-Pi	0.39543*	-0.10812	0.10460
BIC-Pi	0.41505*	-0.39318*	0.37801
BIC-Po	0.11632	-0.50640*	0.50759**
BIC-Pt	0.40580*	-0.47462*	0.46103*
NaOH-Pi	0.36415	-0.54713*	0.52917**
NaOH-Po	0.15395	-0.85833**	0.84603**

NaOH-Pt	0.29792	-0.74559**	0.72866**
Resid-Pt	0.15849	-0.59539**	0.58899**
SUM-Po	0.15422	-0.85586**	0.84388**
SUM-Pi	0.28708	-0.58852**	0.57571**
SUM-Pt	0.26757	-0.70724**	0.69381**

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre las fracciones de fósforo y algunas propiedades físicas de los suelos estudiados.

Se encontraron correlaciones positivas entre los porcentajes de humedad y las fracciones más biodisponibles (Resin Pi, Bic-Pi) para las plantas, las cuales corresponden al P inorgánico que se encuentra en la solución del suelo. Esto coincide con lo encontrado en previas investigaciones donde señalan que el movimiento del P en el suelo aumenta con el contenido de agua presente, ya que se ha demostrado que la transferencia de este nutriente a las raíces se efectúa por medio del agua².

El P moderadamente disponible y P orgánico muestran una correlación negativa con la densidad aparente del suelo, es decir que estas fracciones disminuyen al aumentar la densidad aparente. Cuando un suelo presenta valores altos de densidad aparente indica que el suelo está compactado o poco poroso, que su aireación es deficiente y su infiltración de agua lenta, lo cual puede causar anegamiento provocando dificultades en las raíces para elongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes (Droogers et al, 1997).

El porqué la compactación puede afectar la absorción del P se explica en que este nutriente se mueve en el suelo principalmente por difusión y ésta tiene efectos negativos sobre otros factores que tienen que ver con el movimiento del P en el suelo como la constante de solubilidad del P, su gradiente de concentración en dos puntos considerados, humedad del suelo, temperatura y la distancia entre los puntos en los que se efectúa la difusión y tortuosidad del medio³.

Las fracciones orgánicas especialmente las moderadamente disponibles estuvieron directamente relacionadas con la porosidad del suelo encontrándose coeficientes de correlación altamente significativos. Ya que esta propiedad física

² Disponible en internet:

<http://www.fertilizando.com/articulos/Movilidad%20del%20Fosforo%20en%20el%20Suelo.asp>

³ Disponible en internet: www.fertilizando.com

indica el volumen de suelo que está disponible para los líquidos y los gases, es de esperar que ejerza una influencia importante sobre el abastecimiento de agua y disponibilidad de los nutrientes para los cultivos (Jaramillo, 2002).

4.4.2 Correlaciones entre la materia orgánica y las fracciones de P de los suelos estudiados.

En la Tabla 8 se pueden observar los coeficientes de correlación entre los contenidos de las diferentes fracciones de P y la materia orgánica encontrada en los suelos de esta investigación.

Fracción de P	MATERIA ORGANICA
H ₂ O-Po	-0.36124
RESIN-Pi	-0.14887
BIC-Pi	0.29612
BIC-Po	0.45018*
BIC-Pt	0.37318
NaOH-Pi	0.29134
NaOH-Po	0.77410**
NaOH-Pt	0.54772**
Resid-Pt	0.21024
SUM-Po	0.77070**
SUM-Pi	0.25990
SUM-Pt	0.42783*

Tabla 8. Coeficientes de correlación entre las fracciones de fósforo y la materia orgánica de los suelos estudiados.

La relación entre el P orgánico disponible, moderadamente disponible y Po total con el contenido de materia orgánica de los suelos estudiados mostró en general coeficientes altamente significativos, lo cual indica el importante efecto de la materia orgánica sobre la disponibilidad del fósforo. Aunque el P orgánico comprende fracciones disponibles y no disponibles, el componente orgánico central del ciclo del P es la biomasa microbiana, la cual es considerada la fracción más disponible, que puede ser controlada por factores ambientales y el manejo de los suelos. Este último es un factor que altera la dinámica del ciclado de la materia orgánica en los suelos y por lo tanto ejerce influencia en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Stewart y Tiessen, 1987, citado por Picone y Zamuner, 2002).

Esta correlación coincide con lo reportado por Boschetti et al (2003), quienes al analizar las fracciones orgánicas e inorgánicas de P en la Mesopotamia, Argentina encontraron una estrecha relación entre el P inmediatamente disponible para las plantas (P extraído con una resina de intercambio iónico) y el contenido de carbono orgánico del suelo, indicando la influencia que la materia orgánica ejerce sobre la disponibilidad del P.

Esta correlación sustenta aun más los resultados obtenidos en los contenidos de las diferentes fracciones de fósforo, los cuales siempre fueron más altos en los sistemas que a través de la utilización de abonos orgánicos favorecieron altos porcentajes de materia orgánica en el suelo.

5. CONCLUSIONES

1. El manejo en el sistema de cultivo orgánico-mineral permitió que a nivel del suelo se dieran las mejores condiciones químicas y físicas, de modo que los contenidos de las fracciones de fósforo disponible, moderadamente disponible y ocluida presentaran los más altos contenidos.
2. El manejo en el sistema de cultivo orgánico contribuyó a que las diferentes fracciones de fósforo se presentaran en contenidos superiores a los encontrados en el sistema convencional.
3. La adición conjunta de abonos orgánicos y abonos de síntesis química, así como prácticas complementarias de manejo agronómico, generan las condiciones para garantizar la disponibilidad adecuada de fósforo para el cultivo de café.
4. La profundidad del perfil es un factor que determina el contenido de las diferentes fracciones de fósforo en el suelo.
5. Las condiciones del suelo que favorecen su contenido y movimiento de agua, como la acumulación de materia orgánica y mayor espacio poroso favorecen la disponibilidad de fósforo para las plantas.

BIBLIOGRAFIA

ANDRASKI, T., BUNDY, L., KILIAN, K., 2003a. Manure history and long-term tillage effects on soil properties and phosphorus losses in runoff. *J. Environ. Qual.* 32:1782-1789.

ANGEL, D. (2008)^a. Determinación de las fracciones de fósforo y sus posibles cambios después de la aplicación de residuos de la industria del alcohol carburante (vinazas) en dos suelos del Valle del Cauca. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados.

ANGEL, D. (2008)^b. Fraccionamiento de fósforo: Estado del arte de investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional. Seminario I: Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, (*sin publicar*).

BENAVIDES, S.T. (1973). Distribution of native phosphorus and phosphorus sorption capacity of some Tropical Soil of Colombia. Master of Science. Thesis. Oklahoma State University, 103 p.

BENAVIDES, G. DE. (1974). Retención de fosfatos en suelos volcánicos de Nariño. Colombia. *Agricultura Tropical.* 17(3):519

BENAVIDES, G. DE. (1974). Retención de fosfatos en algunos suelos de Gaviotas, Vichada, Colombia (*sin publicar*).

BRAVO, G.; GÓMEZ, A. A. (1974). Capacidad de fijación de fósforo en seis unidades de suelos andosólicos de la zona cafetera colombiana. *CENICAFÉ (Colombia)*, 25(1): 19-29

BORRERO, G. (1998). Destinos del fósforo aplicado como fertilizante en Oxisoles y modelación del valor residual para cultivos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados.

BIELESKI, R.L. (1973) Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annu Rev Plant Physiol* 24: 225-252

BOSCHETTI, N.; QUINTERO, C.; BENAVIDEZ, R.; GIUFFRÉ, L. (2003). Cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos de la Mesopotamia Argentina. *Ciencia del suelo*, 21, 1-7

- BUECHLER, S., OBERSON, A., RAO, I.M., FRIESEN, D.K., FROSSARD, E. (2002). Sequential phosphorus extraction of a P-33-labeled Oxisol under contrasting agricultural systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 868-877.
- BOWMAN, R., COLE, C. (1987). Transformations of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by NaHCO₃ extraction. *Soil Sci.* 125:49-54.
- BURBANO, H. (1989). *El suelo. Una visión sobre sus componentes bioorgánicos*. Pasto: Serie Investigaciones No. 1 Universidad de Nariño.
- CALERO, L. (1987). *Comparación de seis métodos de extracción de fósforo disponible para el cultivo de la caña de azúcar en tres suelos*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. (1957). Fractionation of Soil phosphorus. *Soil Sci.* 84:133-134.
- CIAMPITTI, E. (2005). *Dinámica Del Fosforo Del Suelo En Rotaciones Agrícolas En Ensayos De Nutrición A Largo Plazo*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- CROSS, A., & SCHLESINGER, W. (1995). A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Application to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma* , 64, 197-214.
- DAZA, M., ÁLVAREZ, J., & ROJAS, A. (2006). Efecto de materiales orgánicos e inorgánicos sobre las fracciones de fósforo de un Oxisol de los Llanos Orientales colombianos. *Agronomía Colombiana* , 24 (2), 326-333.
- DOBERMANN, A. G. (2002). Phosphorus fertilizer effects on soil phosphorus pools in acid upland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* , 66, 652-660.
- DROOGERS, P.; VAN DER MEER, F.B.W.; BOUMA, J. Water accesibility to plant roots in different soil structures occurring in the same soil type. *Plant and Soil.*, v.188, p.83-91, 1997.
- ESPINOSA, J. (2007). *Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica*. Quito: INPOFOS.
- FASSBENDER, H.; BORNEMISZA, E. (1994). Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. En H. FASSBENDER, & E. BORNEMISZA, *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina* (págs. 255-283). Costa Rica: IICA.

FASSBENDER, H. (1974). El Fósforo en Zonas Tropicales, Suelos Ecuatoriales, tercer coloquio sobre suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 6(1), 45-64.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (2007). La fertilización del café, módulo 7. 15 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (2008). Nutrición mineral 2, módulo 9. 15 p.

FERNANDEZ, C., MENDOZA, R., & VASQUEZ, S. (2006). Fracciones de fósforo en suelos de corrientes con producción cítrica, arrocería y pastoreo. *Ci. Suelo*, 24(2), 161-168.

GARAVITO, F. (1979). *Propiedades Químicas de los Suelos*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

GARCÍA-MONTIEL, D.C., NEILLA, C., MELILLOA, J., THOMASA, S., STEUDLERA, P. & CERRIB, C. (2000). Soil phosphorus transformations following forest clearing for pasture in the Brazilian Amazon. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 64: 1792-1804.

GASTON, L.A.; DRAPCHO, C. M.; TAPADAR, S. & KOVAR, J.L. (2003). Phosphorus runoff relationships for Louisiana coastal plain soils amended with poultry litter. *J. Environ. Qual.* 31:1422-1429.

GUERRERO, R., (1974). El Fósforo en Zonas Tropicales, Suelos Ecuatoriales, tercer coloquio sobre suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 6(1), 349-386.

GÓMEZ, G. L.; CABALLERO, R.,A; BALDIÓN, R. (1991). Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá, FNC, 131 p.

GONZÁLEZ, O. H., & SALAMANCA, J. A. (2008). Unidades de suelo representativas de la zona cafetera colombiana. *Cumbre Nacional de Extensión e Investigación.* , 25.

GUO, F., YOST, R.S., HUE, N.V., EVENSEN, C.I. & SILVA, J.A. (2000). Changes in phosphorus fractions in soils under intensive plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1681-1689.

HEDLEY, H., STEWARD, J., CHAUHUAN, B. (1982). Changes in organic and inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:970-976.

HERNANDEZ-VALENCIA, I.; BAUTIS, M. (2005). Cambios en el contenido de fósforo en el suelo superficial por la conversión de sabanas en pinares. *Bioagro* 17(2), 69-78.

JARAMILLO, D. (2002) Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 613.

LEHMAN, J., CRAVO, M.S., MACEDO, J.L.V, MOREIRA, A. & SHROTH, G. (2001). Phosphorus management for perennial crops in Central Amazonian upland soils. *Plant and Soil* 237, 309-319.

LOPEZ, C; RODOLFO, M; VAZQUEZ, S. (2006). Fracciones de fósforo en suelos de Corrientes con producción citrícola, arroceras y pastoril. *Ciencia del Suelo. Argentina*, 24(2), 161-168.

MONGE, L. Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo de café orgánico en Costa Rica. En: XI Congreso Nacional Agronómico / Congreso Nacional de Suelos (III: Costa Rica). Memorias. Costa Rica: Grupo Café Britt, 1999. p. 179-184.

MOLINA, O. (2005). Efecto de la residualidad del fósforo sobre la micorriza arbuscular (MA) en la rotación maíz-frijol, en suelos con influencia volcánica del Municipio de Caldono (Cauca). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias Agropecuarias.

MURPHY, J., RILEY, H.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27:31-36.

NEGRÍN, M.A. (2005). Especiación del fósforo en suelos ándicos de las islas canarias. Tesis de doctorado en Química. La Laguna: Universidad de La Laguna. Departamento de Edafología y Geología, 2005, 251p.

Oberson, A.; J. M. Besson, N. Maire, H. Sticher. 1995. Microbiological processes in soil organic phosphorus transformations in conventional and biological cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 21:138-148.

OCHWOH, V., CLAASSENS, A., & DE JAGER, P. (2005). Chemical changes of applied and native phosphorus during incubation and distribution into different soil phosphorus pools. *Soil Science and Plant Analysis* , 36, 4-5.

OSPINA, O. (1974). El Fósforo en Zonas Tropicales, Suelos Ecuatoriales, tercer coloquio sobre suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 6(1), 97-135.

PATIÑO, M.; SADEGHIAN, S.; MONTOYA, E. (2007). Caracterización de la Fertilidad de los Suelos de la Zona Cafetera del Valle del Cauca. CENICAFE. 43p.

PICONE, L., & ZAMUNER, E. (2002). *Fósforo orgánico y fertilidad fosfórica*. (UNMP)-EEA INTA. Informaciones Agronómicas del Cono Sur.

PICONE, L., CAPOZZI, I., & ZAMUNER, E. (2007). Transformaciones de fósforo en un molisol bajo sistemas de labranza contrastantes. *CI. SUELO*, 25 (2), 99-107.

PRATT, P. F. (1966). *Química do solo*. Curso intensivo Trad. A. Noseimento e L. Vettoti, Rio Janeiro, Alianza para o Progreso 88. p.

REDEL, Y. (2007). Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos provenientes de ecosistemas agrícolas y forestales del Centro Sur de Chile. Temuco, Chile: Universidad de la Frontera, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración.

SALEQUE, M.A.; NAHER, U.; ISLAM, A.; PATHAN, A.; HOSSAIN, A. & MEISNER, C. (2004). Inorganic an organic phosphorus fertilizer effects on the phosphorus fractionation in wetland rice soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68, 1635-1644.

SALOMON, D. & LEHMAN, J. (2000). Loss of phosphorus from soil in semi-arid northern Tanzania as a result of cropping: evidence from sequential extraction and ³¹P-NMR Spectroscopy. *Eur. J. Soil Sci.* 51: 699.

SENTRAN, T & NDAYEGAMIYE, M. (1995). A long-term effects of fertilizers and manure application on the forms and availability of soil-phosphorus. *Canadian Journal of Soil Science* 75(3): 281-285.

SUI, Y.; THOMPSON, M.; SHANG, C. (1999). Fractionation of phosphorus in a Mollisol amended with biosolids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1174-1180.

TAFUR, N. (1969). Fraccionamiento del fósforo en los suelos del Valle del Sinú. *Revista ICA.* 4(2): 59-71

TAFUR, N. y BLASCO. 1969. Fósforo en suelos de Valledupar. *Agricultura Tropical.* 3:153-161

TIESSEN, H., MOIR, J. O. 1993. Characterization of available P by sequential extraction, pp. 75-86. En *Soil Sampling and Methods of analysis*. Center MR (Ed.). CSSS Lewis Publishers, Boca Ratón, Fl.

UGOLINI, F.C & DAHLGREN, R.A. (2002) Soil development in volcanic ash. *Global Environ. Res.* 6:69-81.

ZHANG, T.Q.; MACKENZIE, A.F. (1997). Changes of soil phosphorus fractions under long term corn monoculture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 485-493.

ZUBILLAGA, M., & GIUFFRÉ, L. (1999). Soil phosphorus mobilization in different taxonomic orders. *J. Plant Nutr. Sci.* , 162, 201-205.

ANEXOS

ANEXO A. ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS.

MUESTRA	DESCRIPCION	PROFUNDIDAD	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL	POROSIDAD TOTAL	I.E
1	S1S1	0-10	27.2378	0.69144	2.18	68.34	0.002
2	S1S1	10-20	23.6623	0.83656	2.22	62.61	0.002
3	S1S1	20-30	17.1422	0.99936	2.24	55.80	0.042
4	S1S2	0-10	28.3948	0.92055	2.18	59.79	0.01
5	S1S2	10-20	27.1165	0.88121	2.3	61.73	0.060
6	S1S2	20-30	13.6836	0.95714	2.15	55.81	1.69
7	S1S3	0-10	26.7464	0.90497	2.23	59.64	0.006
8	S1S3	10-20	34.6939	0.74736	2.18	66.05	0.006
9	S1S3	20-30	31.4815	0.82959	2.24	63.39	0.02
10	S2S1	0-10	18.2547	1.17155	2.21	47.05	1.31
11	S2S1	10-20	22.0891	1.42101	2.26	37.16	1.475
12	S2S1	20-30	33.6356	1.15960	2.28	49.56	0.004
13	S2S2	0-10	28.2588	1.08611	2.32	53.44	0.627
14	S2S2	10-20	26.6703	1.22416	2.3	46.95	1.258
15	S2S2	20-30	27.4745	1.27965	2.28	44.29	1.717
16	S2S3	0-10	15.9636	1.15276	2.28	49.56	1.097
17	S2S3	10-20	20.6008	1.29512	2.18	40.82	0.513
18	S2S3	20-30	12.0185	1.33988	2.12	37.26	1.17
19	S3S1	0-10	43.1825	0.71818	2.23	68.16	0.005
20	S3S1	10-20	34.2594	0.77975	2.24	65.62	0.567
21	S3S1	20-30	32.4715	0.79511	2.22	64.41	0.069
22	S3S2	0-10	28.3912	0.98101	2.17	54.83	0.03
23	S3S2	10-20	22.6562	0.70735	2.25	68.88	0.009
24	S3S2	20-30	21.8612	0.77555	2.18	64.67	0.020
25	S3S3	0-10	11.7676	0.98457	2.26	56.63	0.050
26	S3S3	10-20	20.8541	0.79975	2.16	63.42	0.040
27	S3S3	20-30	24.4231	0.86209	2.23	61.43	0.0121

ANEXO B. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO

Procedimiento MEANS

Variable	Coefficiente de variación	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Media	Rango
SistCult	41.6025147	0.8320503	1.0000000	3.0000000	2.0000000	2.0000000
Sitio	41.6025147	0.8320503	1.0000000	3.0000000	2.0000000	2.0000000
H ₂ Opo	37.8732067	0.3320218	0.4500000	1.5300000	0.8766667	1.0800000
ResinPi	140.1894116	6.0930472	0.0900000	26.1200000	4.3462963	26.0300000
BicPi	89.9776595	16.0060259	0.7300000	75.8100000	17.7888889	75.0800000
BicPt	80.3824506	17.5186108	1.9900000	76.0300000	21.7940741	74.0400000
BicPo	99.6541506	3.9913333	0.2200000	14.3300000	4.0051852	14.1100000
NaOHpi	108.6885040	137.5179284	0.6000000	611.2600000	126.5248148	610.6600000
NaOHpt	73.1016869	222.7976969	16.8900000	911.4300000	304.7777778	894.5400000
NaOHpo	59.3968066	105.8754676	16.2900000	341.4300000	178.2511111	325.1400000
ResidPt	73.1426376	144.2892938	30.5400000	545.7100000	197.2711111	515.1700000
SumPT	69.7469057	369.0081455	51.1300000	1557.10	529.0674074	1505.97
SumPo	59.2576178	108.5211092	18.2000000	354.7300000	183.1344444	336.5300000
Po	32.3971100	11.7475521	19.3800000	60.4200000	36.2611111	41.0400000
PiTotal	82.5687884	285.6332676	32.9300000	1255.31	345.9337037	1222.38
Pi	17.8884142	11.4446099	39.5800000	80.6200000	63.9777778	41.0400000

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
SistCult	3	1 2 3
Sitio	3	1 2 3
Profun	3	A B C

Número de observaciones leídas 27

Número de observaciones usadas 27

Variable dependiente: H2OPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	2.17424444	0.15530317	2.69	0.0466
Error	12	0.69195556	0.05766296		
Total correcto	26	2.86620000			

R-cuadrado 0.758581 Coef Var 27.39138 Raiz MSE 0.240131 H2OPo Media 0.876667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	0.60408889	0.30204444	5.24	0.0232
Sitio(SistCult)	6	0.67837778	0.11306296	1.96	0.1511
Profun	2	0.82062222	0.41031111	7.12	0.0092
SistCult*Profun	4	0.07115556	0.01778889	0.31	0.8668

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	0.60408889	0.30204444	5.24	0.0232
Sitio(SistCult)	6	0.67837778	0.11306296	1.96	0.1511
Profun	2	0.82062222	0.41031111	7.12	0.0092
SistCult*Profun	4	0.07115556	0.01778889	0.31	0.8668

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------	----------------------	---------	--------

SistCult	2	0.60408889	0.30204444	2.67	0.1480
----------	---	------------	------------	------	--------

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para

Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	0.08545185	0.04272593	2.95	0.1281

Variable dependiente: ResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	773.9305185	55.2807513	3.47	0.0186
Error	12	191.3253111	15.9437759		
Total correcto	26	965.2558296			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResinPi Media
0.801788	91.87054	3.992966	4.346296

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	135.7148741	67.8574370	4.26	0.0401
Sitio(SistCult)	6	162.7436889	27.1239481	1.70	0.2040
Profun	2	293.0058963	146.5029481	9.19	0.0038
SistCult*Profun	4	182.4660593	45.6165148	2.86	0.0707

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	135.7148741	67.8574370	4.26	0.0401
Sitio(SistCult)	6	162.7436889	27.1239481	1.70	0.2040
Profun	2	293.0058963	146.5029481	9.19	0.0038
SistCult*Profun	4	182.4660593	45.6165148	2.86	0.0707

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	135.7148741	67.8574370	2.50	0.1621

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	3.67347407	1.83673704	2.41	0.1704

Variable dependiente: BicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	5487.907244	391.993375	4.01	0.0104
Error	12	1173.107222	97.758935		
Total correcto	26	6661.014467			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPi Media
0.823885	55.58139	9.887312	17.78889

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1245.637422	622.818711	6.37	0.0130
Sitio(SistCult)	6	1336.870844	222.811807	2.28	0.1058
Profun	2	2295.360867	1147.680433	11.74	0.0015
SistCult*Profun	4	610.038111	152.509528	1.56	0.2475

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1245.637422	622.818711	6.37	0.0130
Sitio(SistCult)	6	1336.870844	222.811807	2.28	0.1058
Profun	2	2295.360867	1147.680433	11.74	0.0015
SistCult*Profun	4	610.038111	152.509528	1.56	0.2475

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1245.637422	622.818711	2.80	0.1387

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	16.51762222	8.25881111	3.33	0.1066

Variable dependiente: BicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	7029.947985	502.139142	6.35	0.0014
Error	12	949.496867	79.124739		
Total correcto	26	7979.444852			

R-cuadrado 0.881007 Coef Var 40.81480 Raiz MSE 8.895209 BicPt Media 21.79407

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2061.602252	1030.801126	13.03	0.0010
Sitio(SistCult)	6	1475.346733	245.891122	3.11	0.0448
Profun	2	2869.357919	1434.678959	18.13	0.0002
SistCult*Profun	4	623.641081	155.910270	1.97	0.1633

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2061.602252	1030.801126	13.03	0.0010
Sitio(SistCult)	6	1475.346733	245.891122	3.11	0.0448
Profun	2	2869.357919	1434.678959	18.13	0.0002
SistCult*Profun	4	623.641081	155.910270	1.97	0.1633

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2061.602252	1030.801126	4.19	0.0726

Variable dependiente: BicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	282.4503852	20.1750275	1.84	0.1486
Error	12	131.7488889	10.9790741		
Total correcto	26	414.1992741			

R-cuadrado 0.681919 Coef Var 82.72947 Raiz MSE 3.313469 BicPo Media 4.005185

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	110.1205630	55.0602815	5.02	0.0261

Sitio(SistCult)	6	50.6216444	8.4369407	0.77	0.6089
Profun	2	32.0147630	16.0073815	1.46	0.2711
SistCult*Profun	4	89.6934148	22.4233537	2.04	0.1521
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	110.1205630	55.0602815	5.02	0.0261
Sitio(SistCult)	6	50.6216444	8.4369407	0.77	0.6089
Profun	2	32.0147630	16.0073815	1.46	0.2711
SistCult*Profun	4	89.6934148	22.4233537	2.04	0.1521

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	110.1205630	55.0602815	6.53	0.0312

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	5.32446667	2.66223333	8.11	0.0197

Variable dependiente: NaOHPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	437713.1064	31265.2219	6.95	0.0009
Error	12	53977.5903	4498.1325		
Total correcto	26	491690.6967			

R-cuadrado 0.890220 Coef Var 53.00788 Raiz MSE 67.06812 NaOHPi Media 126.5248

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	225926.0347	112963.0173	25.11	<.0001
Sitio(SistCult)	6	93977.5981	15662.9330	3.48	0.0313
Profun	2	81443.6583	40721.8292	9.05	0.0040
SistCult*Profun	4	36365.8153	9091.4538	2.02	0.1554
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	225926.0347	112963.0173	25.11	<.0001
Sitio(SistCult)	6	93977.5981	15662.9330	3.48	0.0313
Profun	2	81443.6583	40721.8292	9.05	0.0040
SistCult*Profun	4	36365.8153	9091.4538	2.02	0.1554

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	225926.0347	112963.0173	7.21	0.0254

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	541.0864667	270.5432333	15.76	0.0041

Variable dependiente: NaOHPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1231629.448	87973.532	17.90	<.0001
Error	12	58979.709	4914.976		
Total correcto	26	1290609.157			

R-cuadrado 0.954301 Coef Var 23.00262 Raiz MSE 70.10689 NaOHPt Media 304.7778

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	914830.3615	457415.1807	93.07	<.0001
Sitio(SistCult)	6	153755.7436	25625.9573	5.21	0.0074
Profun	2	129632.8727	64816.4363	13.19	0.0009
SistCult*Profun	4	33410.4705	8352.6176	1.70	0.2145

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	914830.3615	457415.1807	93.07	<.0001
Sitio(SistCult)	6	153755.7436	25625.9573	5.21	0.0074
Profun	2	129632.8727	64816.4363	13.19	0.0009
SistCult*Profun	4	33410.4705	8352.6176	1.70	0.2145

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	914830.3615	457415.1807	17.85	0.0030

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1058.450156	529.225078	41.97	0.0003

Variable dependiente: NaOHPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	287148.3465	20510.5962	57.22	<.0001
Error	12	4301.6344	358.4695		
Total correcto	26	291449.9809			

R-cuadrado 0.985241 Coef Var 10.62170 Raiz MSE 18.93329 NaOHPo Media 178.2511

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	262996.5855	131498.2927	366.83	<.0001
Sitio(SistCult)	6	16313.7493	2718.9582	7.58	0.0016
Profun	2	5828.5808	2914.2904	8.13	0.0059
SistCult*Profun	4	2009.4309	502.3577	1.40	0.2918

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	262996.5855	131498.2927	366.83	<.0001
Sitio(SistCult)	6	16313.7493	2718.9582	7.58	0.0016
Profun	2	5828.5808	2914.2904	8.13	0.0059
SistCult*Profun	4	2009.4309	502.3577	1.40	0.2918

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	262996.5855	131498.2927	48.36	0.0002
Variable dependiente: TNaOHPo					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	574.4610000	41.0329286	95.09	<.0001
Error	12	5.1782667	0.4315222		
Total correcto	26	579.6392667			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	TNaOHPo Media	
	0.991066	5.229661	0.656904	12.56111	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	542.3682667	271.1841333	628.44	<.0001
Sitio(SistCult)	6	17.2124000	2.8687333	6.65	0.0028
Profun	2	11.9894889	5.9947444	13.89	0.0008
SistCult*Profun	4	2.8908444	0.7227111	1.67	0.2200
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	542.3682667	271.1841333	628.44	<.0001
Sitio(SistCult)	6	17.2124000	2.8687333	6.65	0.0028
Profun	2	11.9894889	5.9947444	13.89	0.0008
SistCult*Profun	4	2.8908444	0.7227111	1.67	0.2200

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	542.3682667	271.1841333	94.53	<.0001
Variable dependiente: ResidPt					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	463816.1511	33129.7251	5.13	0.0036
Error	12	77488.2569	6457.3547		
Total correcto	26	541304.4081			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResidPt Media	
	0.856849	40.73464	80.35767	197.2711	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	345107.0261	172553.5130	26.72	<.0001
Sitio(SistCult)	6	35062.6977	5843.7829	0.90	0.5226
Profun	2	73233.5668	36616.7834	5.67	0.0185
SistCult*Profun	4	10412.8606	2603.2151	0.40	0.8029
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	345107.0261	172553.5130	26.72	<.0001
Sitio(SistCult)	6	35062.6977	5843.7829	0.90	0.5226
Profun	2	73233.5668	36616.7834	5.67	0.0185
SistCult*Profun	4	10412.8606	2603.2151	0.40	0.8029

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	345107.0261	172553.5130	29.53	0.0008

Variable dependiente: SumPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	3314516.002	236751.143	12.58	<.0001
Error	12	225826.296	18818.858		
Total correcto	26	3540342.297			

R-cuadrado 0.936213 Coef Var 25.92899 Raiz MSE 137.1818 SumPT Media 529.0674

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2430528.903	1215264.452	64.58	<.0001
Sitio(SistCult)	6	293838.304	48973.051	2.60	0.0748
Profun	2	492767.943	246383.971	13.09	0.0010
SistCult*Profun	4	97380.851	24345.213	1.29	0.3267

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2430528.903	1215264.452	64.58	<.0001
Sitio(SistCult)	6	293838.304	48973.051	2.60	0.0748
Profun	2	492767.943	246383.971	13.09	0.0010
SistCult*Profun	4	97380.851	24345.213	1.29	0.3267

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	2430528.903	1215264.452	24.81	0.0013

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1388.931652	694.465826	46.30	0.0002

Variable dependiente: SumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	301059.5271	21504.2519	50.22	<.0001
Error	12	5138.0823	428.1735		
Total correcto	26	306197.6095			

R-cuadrado 0.983220 Coef Var 11.29900 Raiz MSE 20.69235 SumPo Media 183.1344

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	273570.0213	136785.0106	319.46	<.0001
Sitio(SistCult)	6	17752.2820	2958.7137	6.91	0.0023
Profun	2	6846.4241	3423.2120	7.99	0.0062
SistCult*Profun	4	2890.7998	722.6999	1.69	0.2171

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	273570.0213	136785.0106	319.46	<.0001
Sitio(SistCult)	6	17752.2820	2958.7137	6.91	0.0023

Profun	2	6846.4241	3423.2120	7.99	0.0062
SistCult*Profun	4	2890.7998	722.6999	1.69	0.2171

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	273570.0213	136785.0106	46.23	0.0002

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	544.5916963	272.2958481	90.42	<.0001

Variable dependiente: Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	3126.600511	223.328608	5.81	0.0021
Error	12	461.528956	38.460746		
Total correcto	26	3588.129467			

R-cuadrado 0.871373 Coef Var 17.10282 Raiz MSE 6.201673 Po Media 36.26111

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1839.359022	919.679511	23.91	<.0001
Sitio(SistCult)	6	525.496711	87.582785	2.28	0.1061
Profun	2	708.544022	354.272011	9.21	0.0038
SistCult*Profun	4	53.200756	13.300189	0.35	0.8419

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1839.359022	919.679511	23.91	<.0001
Sitio(SistCult)	6	525.496711	87.582785	2.28	0.1061
Profun	2	708.544022	354.272011	9.21	0.0038
SistCult*Profun	4	53.200756	13.300189	0.35	0.8419

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1839.359022	919.679511	10.50	0.0110

Variable dependiente: PiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1901193.983	135799.570	7.41	0.0007
Error	12	220051.470	18337.623		
Total correcto	26	2121245.453			

R-cuadrado 0.896263 Coef Var 39.14521 Raiz MSE 135.4165 PiTotal Media 345.9337

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1208909.839	604454.920	32.96	<.0001
Sitio(SistCult)	6	202335.287	33722.548	1.84	0.1738
Profun	2	385505.839	192752.919	10.51	0.0023
SistCult*Profun	4	104443.018	26110.755	1.42	0.2851

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1208909.839	604454.920	32.96	<.0001
Sitio(SistCult)	6	202335.287	33722.548	1.84	0.1738
Profun	2	385505.839	192752.919	10.51	0.0023
SistCult*Profun	4	104443.018	26110.755	1.42	0.2851

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1208909.839	604454.920	17.92	0.0029
SistCult*Profun	4	12.7599556	3.1899889	0.39	0.8101

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	917.8429556	458.9214778	31.15	0.0007

Variable dependiente: Pi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	2969.781378	212.127241	5.84	0.0020
Error	12	435.675089	36.306257		
Total correcto	26	3405.456467			

R-cuadrado 0.872066 Coef Var 9.418063 Raiz MSE 6.025467 Pi Media 63.97778

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1950.944822	975.472411	26.87	<.0001
Sitio(SistCult)	6	370.134644	61.689107	1.70	0.2045
Profun	2	566.349267	283.174633	7.80	0.0068
SistCult*Profun	4	82.352644	20.588161	0.57	0.6914

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1950.944822	975.472411	26.87	<.0001
Sitio(SistCult)	6	370.134644	61.689107	1.70	0.2045
Profun	2	566.349267	283.174633	7.80	0.0068
SistCult*Profun	4	82.352644	20.588161	0.57	0.6914

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	1950.944822	975.472411	15.81	0.0041

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para Sitio(SistCult) como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
SistCult	2	8.13446667	4.06723333	18.58	0.0027

Prueba del rango múltiple de Duncan para H2OPo
Alfa 0.05

Error de grados de libertad 6
 Error de cuadrado medio 0.113063
 Número de medias 2 3
 Rango crítico .3879 .4020

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Sist Cult
A	1.0100	9	3
A			
A	0.9522	9	2
A			
A	0.6678	9	1

Prueba del rango múltiple de Duncan para ResinPi

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 6
 Error de cuadrado medio 27.12395
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 6.007 6.226

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Sist Cult
A	7.283	9	3
A			
A	3.912	9	2
A			
A	1.843	9	1

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPi

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 6
 Error de cuadrado medio 222.8118
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 17.22 17.84

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Sist Cult
A	24.642	9	3
A			
A	20.191	9	1
A			
A	8.533	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPt

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 6
 Error de cuadrado medio 245.8911
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 18.09 18.75

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Sist Cult
A	29.982	9	3
A			
B A	25.716	9	1
B			
B	9.684	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPo

	Alfa		0.05	
	Error de grados de libertad		6	
	Error de cuadrado medio	8.436941		
	Número de medias	2	3	
	Rango crítico	3.350	3.472	
			Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones			Cult
	A	5.524	9	1
	A			
	A	5.340	9	3
	B	1.151	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPI

	Alfa		0.05	
	Error de grados de libertad		6	
	Error de cuadrado medio	15662.93		
	Número de medias	2	3	
	Rango crítico	144.4	149.6	
			Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones			Cult
	A	242.08	9	3
	A			
B	A	119.12	9	1
B				
B		18.38	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPT

	Alfa		0.05	
	Error de grados de libertad		6	
	Error de cuadrado medio	25625.96		
	Número de medias	2	3	
	Rango crítico	184.7	191.4	
			Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones			Cult
	A	498.71	9	3
	A			
	A	358.20	9	1
	B	57.42	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPO

	Alfa		0.05	
	Error de grados de libertad		6	
	Error de cuadrado medio	2718.958		
	Número de medias	2	3	
	Rango crítico	60.15	62.34	
			Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones			Cult
	A	256.63	9	3
	A			
	A	239.08	9	1
	B	39.04	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para ResidPt

	Alfa		0.05
	Error de grados de libertad		6

	Error de cuadrado medio	5843.783	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	88.18	91.39
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Cult
	A	350.56	9 3
	B	160.01	9 1
	B		
	B	81.25	9 2

Prueba del rango múltiple de Duncan para SumPT

	Alfa		0.05
	Error de grados de libertad		6
	Error de cuadrado medio	48973.05	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	255.3	264.6
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Cult
	A	887.5	9 3
	B	546.4	9 1
	C	153.2	9 2

Prueba del rango múltiple de Duncan para SumPo

	Alfa		0.05
	Error de grados de libertad		6
	Error de cuadrado medio	2958.714	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	62.74	65.03
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Cult
	A	262.98	9 3
	A		
	A	245.27	9 1
	B	41.15	9 2

Prueba del rango múltiple de Duncan para Po

	Alfa		0.05
	Error de grados de libertad		6
	Error de cuadrado medio	87.58279	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	10.79	11.19
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Cult
	A	47.917	9 1
	B	30.979	9 3
	B		
	B	29.888	9 2
	B		
	B	5.6211	9 3
	B		
	B	5.5111	9 2

Prueba del rango múltiple de Duncan para PiTotal

	Alfa		0.05
--	------	--	------

	Error de grados de libertad	6	
	Error de cuadrado medio	33722.55	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	211.8	219.5
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones		Cult
A	624.56	9	3
B	301.16	9	1
B			
B	112.08	9	2

Prueba del rango múltiple de Duncan para Pi

	Alfa	0.05	
	Error de grados de libertad	6	
	Error de cuadrado medio	61.68911	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	9.060	9.390
		Número de	Sist
Duncan Agrupamiento	Media observaciones		Cult
A	71.102	9	2
A			
A	68.801	9	3
B	52.030	9	1

Prueba del rango múltiple de Duncan para H2OPo

	Alfa	0.05	
	Error de grados de libertad	12	
	Error de cuadrado medio	0.057663	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	.2466	.2582
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media observaciones		Profun
A	1.1167	9	A
B	0.8056	9	B
B			
B	0.7078	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para ResinPi

	Alfa	0.05	
	Error de grados de libertad	12	
	Error de cuadrado medio	15.94378	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	4.101	4.293
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media observaciones		Profun
A	8.926	9	A
B	2.799	9	B
B			
B	1.314	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPi

	Alfa	0.05	
	Error de grados de libertad	12	
	Error de cuadrado medio	97.75894	
	Número de medias	2	3
	Rango crítico	10.16	10.63
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media observaciones		Profun
A	30.124	9	A

B	15.281	9	B
B			
B	7.961	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPt

Alfa		0.05
Error de grados de libertad		12
Error de cuadrado medio		79.12474
Número de medias	2	3
Rango crítico	9.136	9.563

		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
A	35.599	9	A
B	18.951	9	B
B			
B	10.832	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para BicPo

Alfa		0.05
Error de grados de libertad		12
Error de cuadrado medio		10.97907
Número de medias	2	3
Rango crítico	3.403	3.562

		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
A	5.474	9	A
A			
A	3.670	9	B
A			
A	2.871	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPi

Alfa		0.05
Error de grados de libertad		12
Error de cuadrado medio		4498.133
Número de medias	2	3
Rango crítico	68.89	72.10

		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
A	200.89	9	A
B	108.75	9	B
B			
B	69.93	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPt

Alfa		0.05
Error de grados de libertad		12
Error de cuadrado medio		4914.976
Número de medias	2	3
Rango crítico	72.01	75.37

		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
A	397.08	9	A
B	287.12	9	B
B			
B	230.13	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para NaOHPo

Alfa			0.05
Error de grados de libertad			12
Error de cuadrado medio		358.4695	
Número de medias	2		3
Rango crítico	19.45		20.35
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
	A	196.188	9 A
	A		
B	A	178.367	9 B
B			
B		160.199	9 C

Prueba del rango múltiple de Duncan para ResidPt

Alfa			0.05
Error de grados de libertad			12
Error de cuadrado medio		6457.355	
Número de medias	2		3
Rango crítico	82.54		86.39
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
	A	267.57	9 A
	B	181.14	9 B
	B		
	B	143.10	9 C
	B	11.207	9 C

Prueba del rango múltiple de Duncan para SumPT

Alfa			0.05
Error de grados de libertad			12
Error de cuadrado medio		18818.86	
Número de medias	2		3
Rango crítico	140.9		147.5
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
	A	710.30	9 A
	B	490.81	9 B
	B		
	B	386.09	9 C

Prueba del rango múltiple de Duncan para SumPo

Alfa			0.05
Error de grados de libertad			12
Error de cuadrado medio		428.1735	
Número de medias	2		3
Rango crítico	21.25		22.25
		Número de	
Duncan Agrupamiento	Media	observaciones	Profun
	A	202.781	9 A
	A		
B	A	182.843	9 B
B			
B		163.779	9 C

Prueba del rango múltiple de Duncan para Po

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 12
 Error de cuadrado medio 38.46075
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 6.370 6.667

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Profun
A	42.560	9	C
A			
B A	36.211	9	B
B			
B	30.012	9	A

Prueba del rango múltiple de Duncan para PiTotal

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 12
 Error de cuadrado medio 18337.62
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 139.1 145.6

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Profun
A	507.52	9	A
B	307.97	9	B
B			
B	222.31	9	C

Prueba del rango múltiple de Duncan para Pi

Alfa 0.05
 Error de grados de libertad 12
 Error de cuadrado medio 36.30626
 Número de medias 2 3
 Rango crítico 6.189 6.478

Duncan Agrupamiento	Media	Número de observaciones	Profun
A	69.730	9	A
A			
B A	63.680	9	B
B			
B	58.523	9	C

ANEXO C ANALISIS DE REGRESION PARA LAS PROFUNDIDADES

----- SISTEMA=S1 -----

Procedimiento GLM

Número de observaciones leídas 3
 Número de observaciones usadas 3

Procedimiento GLM

Variable dependiente: H2OPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.15398672	0.15398672	90.83	0.0666
Error	1	0.00169528	0.00169528		
Total correcto	2	0.15568200			

R-cuadrado 0.989111 Coef Var 6.145331 Raiz MSE 0.041174 H2OPo Media 0.670000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.15398672	0.15398672	90.83	0.0666

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.15398672	0.15398672	90.83	0.0666

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	1.517572987	0.09205380	16.49	0.0386
	-0.337393335	0.03540095	-9.53	0.0666

Variable dependiente: ResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6.09215192	6.09215192	12280.6	0.0057
Error	1	0.00049608	0.00049608		
Total correcto	2	6.09264800			

R-cuadrado 0.999919 Coef Var 1.207857 Raiz MSE 0.022273 ResinPi Media 1.844000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	6.09215192	6.09215192	12280.6	0.0057

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	6.09215192	6.09215192	12280.6	0.0057

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	7.175149094	0.04979639	144.09	0.0044
	-2.122170242	0.01915010	-110.82	0.0057

Variable dependiente: BicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	223.2160082	223.2160082	45.03	0.0942
Error	1	4.9574458	4.9574458		

Total correcto	2	228.1734540				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPi Media		
	0.978273	11.02680	2.226532	20.19200		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	223.2160082	223.2160082	45.03	0.0942	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	223.2160082	223.2160082	45.03	0.0942	
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
	Término in	52.46193828	4.97795071	10.54	0.0602	
	LNPROF	-12.84569265	1.91436102	-6.71	0.0942	

Variable dependiente: BicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	452.2552630	452.2552630	139.70	0.0537	
Error	1	3.2373790	3.2373790			
Total correcto	2	455.4926420				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPt Media		
	0.992893	6.996702	1.799272	25.71600		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	452.2552630	452.2552630	139.70	0.0537	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	452.2552630	452.2552630	139.70	0.0537	
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
	Término in	71.64926120	4.02270681	17.81	0.0357	
	LNPROF	-18.28465089	1.54700469	-11.82	0.0537	

Variable dependiente: BicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	40.01674253	40.01674253	219.21	0.0429	
Error	1	0.18255147	0.18255147			
Total correcto	2	40.19929400				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPo Media		
	0.995459	7.734620	0.427260	5.524000		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	40.01674253	40.01674253	219.21	0.0429	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	40.01674253	40.01674253	219.21	0.0429	
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
	Término in	19.18732292	0.95524390	20.09	0.0317	
	LNPROF	-5.43895824	0.36735633	-14.81	0.0429	

Variable dependiente: NaOHPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	8179.925003	8179.925003	1374.82	0.0172
Error	1	5.949831	5.949831		
Total correcto	2	8185.874835			

R-cuadrado 0.999273 Coef Var 2.047729 Raiz MSE 2.439228 NaOHPi Media 119.1187

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	8179.925003	8179.925003	1374.82	0.0172

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	8179.925003	8179.925003	1374.82	0.0172

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	314.4671875	5.45348259	57.66	0.0110
	-77.7623755	2.09723541	-37.08	0.0172

Variable dependiente: NaOHPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	17780.73976	17780.73976	990.50	0.0202
Error	1	17.95122	17.95122		
Total correcto	2	17798.69098			

R-cuadrado 0.998991 Coef Var 1.182837 Raiz MSE 4.236888 NaOHPT Media 358.1970

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	17780.73976	17780.73976	990.50	0.0202

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	17780.73976	17780.73976	990.50	0.0202

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	646.2088647	9.47258656	68.22	0.0093
	-114.6488680	3.64285457	-31.47	0.0202

Variable dependiente: NaOHPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1840.524462	1840.524462	570.05	0.0266
Error	1	3.228711	3.228711		
Total correcto	2	1843.753173			

R-cuadrado 0.998249 Coef Var 0.751577 Raiz MSE 1.796861 NaOHPo Media 239.0787

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1840.524462	1840.524462	570.05	0.0266

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1840.524462	1840.524462	570.05	0.0266

Error

Parámetro	Estimador	estándar	Valor t	Pr > t
Término in	331.7416467	4.01731777	82.58	0.0077
LNPROF	-36.8863476	1.54493224	-23.88	0.0266

Variable dependiente: ResidPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	9245.566111	9245.566111	47.02	0.0922
Error	1	196.640883	196.640883		
Total correcto	2	9442.206995			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResidPt Media
0.979174	8.763929	14.02287	160.0067

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	9245.566111	9245.566111	47.02	0.0922

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	9245.566111	9245.566111	47.02	0.0922

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	367.6902748	31.35151377	11.73	0.0542
LNPROF	-82.6726031	12.05679193	-6.86	0.0922

Variable dependiente: SumPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	64325.67750	64325.67750	480.76	0.0290
Error	1	133.79900	133.79900		
Total correcto	2	64459.47651			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SumPT Media
0.997924	2.116843	11.56715	546.4340

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	64325.67750	64325.67750	480.76	0.0290

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	64325.67750	64325.67750	480.76	0.0290

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	1094.241092	25.86116280	42.31	0.0150
LNPROF	-218.065541	9.94537812	-21.93	0.0290

Variable dependiente: SumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2462.123829	2462.123829	479.46	0.0291
Error	1	5.135184	5.135184		
Total correcto	2	2467.259013			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SumPo Media
0.997919	0.923910	2.266094	245.2723

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-----------	----------------------	---------	--------

LNPROF	1	2462.123829	2462.123829	479.46	0.0291
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	2462.123829	2462.123829	479.46	0.0291
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	352.4465731	5.06640167	69.57	0.0092	
	-42.6628441	1.94837644	-21.90	0.0291	

Variable dependiente: Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	90.1516479	90.1516479	4.20	0.2891
Error	1	21.4768061	21.4768061		
Total correcto	2	111.6284540			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Po Media		
0.807605	9.671733	4.634308	47.91600		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	90.15164794	90.15164794	4.20	0.2891
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	90.15164794	90.15164794	4.20	0.2891
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	27.40804759	10.36111405	2.65	0.2301	
	8.16359955	3.98455390	2.05	0.2891	

Variable dependiente: PiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	41618.15426	41618.15426	217.49	0.0431
Error	1	191.35871	191.35871		
Total correcto	2	41809.51297			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PiTotal Media		
0.995423	4.593296	13.83325	301.1617		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	41618.15426	41618.15426	217.49	0.0431
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	41618.15426	41618.15426	217.49	0.0431
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	741.7945191	30.92756447	23.98	0.0265	
	-175.4026966	11.89375456	-14.75	0.0431	

Variable dependiente: Pi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	90.6610016	90.6610016	4.46	0.2815
Error	1	20.3155524	20.3155524		
Total correcto	2	110.9765540			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE Pi Media
 0.816938 8.662677 4.507278 52.03100

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	90.66100160	90.66100160	4.46	0.2815

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	90.66100160	90.66100160	4.46	0.2815

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	72.59680542	10.07710827	7.20	0.0878
LNPROF	-8.18662909	3.87533433	-2.11	0.2815

----- SISTEMA=S2 -----

Procedimiento GLM
 Número de observaciones leídas 3
 Número de observaciones usadas 3

Variable dependiente: H2OPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.07294896	0.07294896	9.37	0.2010
Error	1	0.00778704	0.00778704		
Total correcto	2	0.08073600			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE H2OPo Media
 0.903549 9.269348 0.088244 0.952000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.07294896	0.07294896	9.37	0.2010

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.07294896	0.07294896	9.37	0.2010

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	1.535371253	0.19729122	7.78	0.0814
LNPROF	-0.232222564	0.07587191	-3.06	0.2010

Variable dependiente: ResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	7.03812073	7.03812073	4854.09	0.0091
Error	1	0.00144994	0.00144994		
Total correcto	2	7.03957067			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE ResinPi Media
 0.999794 0.973033 0.038078 3.913333

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	7.03812073	7.03812073	4854.09	0.0091

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	7.03812073	7.03812073	4854.09	0.0091

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	9.643454721	0.08513266	113.28	0.0056
LNPROF	-2.280989122	0.03273931	-69.67	0.0091

Variable dependiente: BicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	44.85119480	44.85119480	92.99	0.0658
Error	1	0.48232187	0.48232187		
Total correcto	2	45.33351667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPi Media
0.989361	8.138601	0.694494	8.533333

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	44.85119480	44.85119480	92.99	0.0658

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	44.85119480	44.85119480	92.99	0.0658

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	22.99846778	1.55270905	14.81	0.0429
LNPROF	-5.75813531	0.59712236	-9.64	0.0658

Variable dependiente: BicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	43.33392795	43.33392795	77.10	0.0722
Error	1	0.56201405	0.56201405		
Total correcto	2	43.89594200			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPt Media
0.987197	7.739789	0.749676	9.686000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	43.33392795	43.33392795	77.10	0.0722

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	43.33392795	43.33392795	77.10	0.0722

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	23.90435962	1.67608173	14.26	0.0446
LNPROF	-5.65990167	0.64456756	-8.78	0.0722

Variable dependiente: BicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01305361	0.01305361	4.29	0.2864
Error	1	0.00304505	0.00304505		
Total correcto	2	0.01609867			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPo Media
0.810851	4.787333	0.055182	1.152667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01305361	0.01305361	4.29	0.2864

Fuente	DF	Tipo III SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01305361		0.01305361	4.29	0.0264
Error						
Parámetro	Estimador		estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	0.9058918448		0.12337269	7.34	0.0862	
LNPROF	0.0982336405		0.04744520	2.07	0.2864	

Variable dependiente: NaOHPi

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	389.6295891	389.6295891	389.6295891	574.03	0.0266
Error	1	0.6787569	0.6787569	0.6787569		
Total correcto	2	390.3083460				
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPi Media			
0.998261	4.482410	0.823867	18.38000			

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	389.6295891	389.6295891	389.6295891	574.03	0.0266

Fuente	DF	Tipo III SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	389.6295891	389.6295891	389.6295891	574.03	0.0266

Error						
Parámetro	Estimador		estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	61.01452525		1.84195381	33.12	0.0192	
LNPROF	-16.97152324		0.70835667	-23.96	0.0266	

Variable dependiente: NaOHPt

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1592.798216	1592.798216	1592.798216	99.36	0.0637
Error	1	16.031185	16.031185	16.031185		
Total correcto	2	1608.829401				
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPt Media			
0.990035	6.972473	4.003896	57.42433			

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1592.798216	1592.798216	1592.798216	99.36	0.0637

Fuente	DF	Tipo III SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1592.798216	1592.798216	1592.798216	99.36	0.0637

Error						
Parámetro	Estimador		estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	143.6260364		8.95167724	16.04	0.0396	
LNPROF	-34.3143075		3.44252947	-9.97	0.0637	

Variable dependiente: NaOHPo

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	406.8695412	406.8695412	406.8695412	40.25	0.0995
Error	1	10.1075048	10.1075048	10.1075048		
Total correcto	2	416.9770460				
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPo Media			
0.975760	8.142686	3.179230	39.04400			

Fuente	DF	Tipo I SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	406.8695412	406.8695412	406.8695412	40.25	0.0995

Fuente	DF	Tipo III SS	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	406.8695412	406.8695412	406.8695412	40.25	0.0995

	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in	82.61154172	7.10793723	11.62	0.0546
	LNPROF	-17.34292906	2.73348588	-6.34	0.0995
Variable dependiente: ResidPt					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2409.439662	2409.439662	38078.1	0.0033
Error	1	0.063276	0.063276		
Total correcto	2	2409.502938			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResidPt Media	
	0.999974	0.309590	0.251548	81.25200	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	2409.439662	2409.439662	38078.1	0.0033
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	2409.439662	2409.439662	38078.1	0.0033
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in	187.2733900	0.56239578	332.99	0.0019
	LNPROF	-42.2039292	0.21627948	-195.14	0.0033
Variable dependiente: SumPT					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	9702.605982	9702.605982	407.63	0.0315
Error	1	23.802667	23.802667		
Total correcto	2	9726.408649			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SumPT Media	
	0.997553	3.184019	4.878798	153.2277	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	9702.605982	9702.605982	407.63	0.0315
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	9702.605982	9702.605982	407.63	0.0315
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in	365.9826120	10.90773088	33.55	0.0190
	LNPROF	-84.6913500	4.19476529	-20.19	0.0315
Variable dependiente: SumPo					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	418.8871409	418.8871409	68.14	0.0767
Error	1	6.1470051	6.1470051		
Total correcto	2	425.0341460			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SumPo Media	
	0.985538	6.066197	2.479315	40.87100	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	418.8871409	418.8871409	68.14	0.0767
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	418.8871409	418.8871409	68.14	0.0767

	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in LNPROF	85.07728103 -17.59719199	5.54310870 2.13170275	15.35 -8.25	0.0414 0.0767
Variable dependiente: Po					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	53.23815818	53.23815818	15.41	0.1588
Error	1	3.45405049	3.45405049		
Total correcto	2	56.69220867			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Po Media	
	0.939074	6.218309	1.858508	29.88767	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	53.23815818	53.23815818	15.41	0.1588
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	53.23815818	53.23815818	15.41	0.1588
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in LNPROF	14.12800182 6.27344896	4.15514274 1.59793533	3.40 3.93	0.1821 0.1588

----- SISTEMA=S2 -----

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6111.324576	6111.324576	2035.75	0.0141
Error	1	3.002006	3.002006		
Total correcto	2	6114.326582			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PiTotal Media	
	0.999509	1.545900	1.732630	112.0790	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	6111.324576	6111.324576	2035.75	0.0141
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	6111.324576	6111.324576	2035.75	0.0141
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in LNPROF	280.9298072 -67.2144320	3.87371218 1.48970611	72.52 -45.12	0.0088 0.0141

Procedimiento GLM

Variable dependiente: Pi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	26.04520351	26.04520351	1051.80	0.0196
Error	1	0.02476249	0.02476249		
Total correcto	2	26.06996600			

R-cuadrado 0.999050 Coef Var 0.221317 Raiz MSE 0.157361 Pi Media 71.10200

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	26.04520351	26.04520351	1051.80	0.0196

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	26.04520351	26.04520351	1051.80	0.0196

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	82.12498823	0.35181856	233.43	0.0027
	-4.38792035	0.13529819	-32.43	0.0196

----- SISTEMA=S3 -----

Procedimiento GLM

Número de observaciones leídas 3
 Número de observaciones usadas 3

Variable dependiente: H2OPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.05251211	0.05251211	4.68	0.2756
Error	1	0.01121389	0.01121389		
Total correcto	2	0.06372600			

R-cuadrado 0.824030 Coef Var 10.25128 Raiz MSE 0.105896 H2OPo Media 1.033000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.05251211	0.05251211	4.68	0.2756

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.05251211	0.05251211	4.68	0.2756

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	1.527954396	0.23675536	6.45	0.0979
	-0.197026471	0.09104856	-2.16	0.2756

Variable dependiente: ResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	140.5182046	140.5182046	28.63	0.1176
Error	1	4.9087534	4.9087534		
Total correcto	2	145.4269580			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResinPi Media		
	0.966246	30.42530	2.215571	7.282000		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	140.5182046	140.5182046	28.63	0.1176	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	140.5182046	140.5182046	28.63	0.1176	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	32.88564295	4.95344351	6.64	0.0952		
	-10.19204081	1.90493634	-5.35	0.1176		

Variable dependiente: BicPi

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPi Media		
	0.992804	9.075816	2.236463	24.64200		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	690.0552531	690.0552531	137.96	0.0541	
Error	1	5.0017649	5.0017649			
Total correcto	2	695.0570180				
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	690.0552531	690.0552531	137.96	0.0541	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	690.0552531	690.0552531	137.96	0.0541	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	81.38044109	5.00015242	16.28	0.0391		
	-22.58586829	1.92289909	-11.75	0.0541		

Variable dependiente: BicPt

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPt Media		
	0.994408	6.432602	1.928644	29.98233		
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	661.4347365	661.4347365	177.82	0.0477	
Error	1	3.7196682	3.7196682			
Total correcto	2	665.1544047				
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	661.4347365	661.4347365	177.82	0.0477	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	661.4347365	661.4347365	177.82	0.0477	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	85.53168130	4.31194989	19.84	0.0321		
	-22.11252605	1.65823836	-13.33	0.0477		

Variable dependiente: BicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.30356625	0.30356625	3.23	0.3232
Error	1	0.09392642	0.09392642		
Total correcto	2	0.39749267			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	BicPo Media	
	0.763703	5.738859	0.306474	5.340333	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.30356625	0.30356625	3.23	0.3232

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.30356625	0.30356625	3.23	0.3232

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	4.150291560	0.68519706	6.06	0.1042
	0.473719867	0.26350493	1.80	0.3232

Variable dependiente: NaOHPI

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	30564.35924	30564.35924	2411.52	0.0130
Error	1	12.67432	12.67432		
Total correcto	2	30577.03356			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPI Media	
	0.999585	1.467047	3.560101	242.6713	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	30564.35924	30564.35924	2411.52	0.0130

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	30564.35924	30564.35924	2411.52	0.0130

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	620.2810090	7.95946660	77.93	0.0082
	-150.3150639	3.06095691	-49.11	0.0130

Variable dependiente: NaOHPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	34844.80017	34844.80017	362.45	0.0334
Error	1	96.13653	96.13653		
Total correcto	2	34940.93671			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPT Media	
	0.997249	1.966052	9.804924	498.7113	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	34844.80017	34844.80017	362.45	0.0334

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	34844.80017	34844.80017	362.45	0.0334

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	901.8964159	21.92127639	41.14	0.0155
LNPROF	-160.4958648	8.43022351	-19.04	0.0334

Variable dependiente: NaOHPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	133.2189841	133.2189841	0.61	0.5780
Error	1	218.6277866	218.6277866		
Total correcto	2	351.8467707			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NaOHPo Media
0.378628	5.761576	14.78607	256.6323

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	133.2189841	133.2189841	0.61	0.5780

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	133.2189841	133.2189841	0.61	0.5780

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	281.5621179	33.05782572	8.52	0.0744
LNPROF	-9.9237980	12.71298507	-0.78	0.5780

Variable dependiente: ResidPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	15713.36063	15713.36063	49.55	0.0898
Error	1	317.08957	317.08957		
Total correcto	2	16030.45019			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ResidPt Media
0.980220	5.079672	17.80701	350.5543

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	15713.36063	15713.36063	49.55	0.0898

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	15713.36063	15713.36063	49.55	0.0898

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	621.3052932	39.81187060	15.61	0.0407
LNPROF	-107.7778205	15.31037525	-7.04	0.0898

Variable dependiente: SumPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	122383.2300	122383.2300	836.44	0.0220
Error	1	146.3150	146.3150		
Total correcto	2	122529.5450			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SumPT Media
0.998806	1.362876	12.09608	887.5403

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	122383.2300	122383.2300	836.44	0.0220

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	122383.2300	122383.2300	836.44	0.0220

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	1643.148115	27.04369932	60.76	0.0105
LNPROF	-300.784750	10.40014394	-28.92	0.0220

Variable dependiente: SumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	126.1547519	126.1547519	0.55	0.5937
Error	1	229.3198688	229.3198688		
Total correcto	2	355.4746207			
R-cuadrado	0.354891	Coef Var	Raiz MSE	SumPo Media	
		5.758292	15.14331	262.9827	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	126.1547519	126.1547519	0.55	0.5937
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	126.1547519	126.1547519	0.55	0.5937

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	287.2424698	33.85653034	8.48	0.0747
LNPROF	-9.6570986	13.02014139	-0.74	0.5937

Variable dependiente: Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	84.83795198	84.83795198	125.69	0.0566
Error	1	0.67496202	0.67496202		
Total correcto	2	85.51291400			
R-cuadrado	0.992107	Coef Var	Raiz MSE	Po Media	
		2.651992	0.821561	30.97900	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	84.83795198	84.83795198	125.69	0.0566
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	84.83795198	84.83795198	125.69	0.0566
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in	11.08461336	1.83679748	6.03	0.1045	
LNPROF	7.91935745	0.70637371	11.21	0.0566	

Variable dependiente: PiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	114650.8286	114650.8286	154.52	0.0511
Error	1	741.9842	741.9842		
Total correcto	2	115392.8128			
R-cuadrado	0.993570	Coef Var	Raiz MSE	PiTotal Media	
		4.361389	27.23939	624.5577	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	114650.8286	114650.8286	154.52	0.0511

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	114650.8286	114650.8286	154.52	0.0511

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	1355.905645	60.90022966	22.26	0.0286
LNPROF	-291.127651	23.42028533	-12.43	0.0511

Sistema SAS 09:48 Saturday, January 16, 2010 45

Variable dependiente: Pi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	78.44702058	78.44702058	113.81	0.0595
Error	1	0.68927009	0.68927009		
Total correcto	2	79.13629067			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Pi Media
0.991290	1.206696	0.830223	68.80133

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	78.44702058	78.44702058	113.81	0.0595

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	78.44702058	78.44702058	113.81	0.0595

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	87.93171757	1.85616390	47.37	0.0134
LNPROF	-7.61523105	0.71382142	-10.67	0.0595

----- SISTEMA=S1 -----
 Procedimiento GLM
 Número de observaciones leídas 3
 Número de observaciones usadas 3

Variable dependiente: LNH20Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.31642335	0.31642335	1811.31	0.0150
Error	1	0.00017469	0.00017469		
Total correcto	2	0.31659805			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNH20Po Media
0.999448	-2.904579	0.013217	-0.455046

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.31642335	0.31642335	1811.31	0.0150

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.31642335	0.31642335	1811.31	0.0150

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
-----------	-----------	----------------	---------	---------

Término in	0.7599357497	0.02955017	25.72	0.0247
LNPROF	-.4836476936	0.01136405	-42.56	0.0150

Variable dependiente: LNResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.67180862	2.67180862	8.50	0.2103
Error	1	0.31419367	0.31419367		
Total correcto	2	2.98600228			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNResinPi Media
0.894778	285.4977	0.560530	0.196334

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	2.67180862	2.67180862	8.50	0.2103

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	2.67180862	2.67180862	8.50	0.2103

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	3.726849887	1.25319981	2.97	0.2065
LNPROF	-1.405392175	0.48194066	-2.92	0.2103

Variable dependiente: LNBicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.60487117	0.60487117	9.80	0.1969
Error	1	0.06174460	0.06174460		
Total correcto	2	0.66661577			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNBicPi Media
0.907376	8.566819	0.248485	2.900547

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.60487117	0.60487117	9.80	0.1969

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.60487117	0.60487117	9.80	0.1969

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	4.580383238	0.55554738	8.24	0.0768
LNPROF	-0.668692264	0.21364580	-3.13	0.1969

Variable dependiente: LNBicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.74616781	0.74616781	13.90	0.1669
Error	1	0.05369893	0.05369893		
Total correcto	2	0.79986674			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNBicPt Media
0.932865	7.426307	0.231730	3.120397

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.74616781	0.74616781	13.90	0.1669

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.74616781	0.74616781	13.90	0.1669

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	4.986148423	0.51808905	9.62	0.0659
LNPROF	-0.742699469	0.19924052	-3.73	0.1669

Variable dependiente: LNBicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.42919326	1.42919326	44.32	0.0949
Error	1	0.03224381	0.03224381		
Total correcto	2	1.46143706			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNbicPo Media	
	0.977937	12.19001	0.179566	1.473055	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1.42919326	1.42919326	44.32	0.0949
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1.42919326	1.42919326	44.32	0.0949

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	4.055201800	0.40146230	10.10	0.0628
	-1.027875080	0.15438959	-6.66	0.0949

Procedimiento GLM

Variable dependiente: LNNaOHPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.56529368	0.56529368	81.14	0.0704
Error	1	0.00696722	0.00696722		
Total correcto	2	0.57226089			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPi Media	
	0.987825	1.781908	0.083470	4.684296	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.56529368	0.56529368	81.14	0.0704
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.56529368	0.56529368	81.14	0.0704

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	6.308245912	0.18661701	33.80	0.0188
	-0.646445509	0.07176695	-9.01	0.0704

Variable dependiente: LNNaOHPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.13119052	0.13119052	1179.50	0.0185
Error	1	0.00011123	0.00011123		
Total correcto	2	0.13130175			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPt Media	
	0.999153	0.180010	0.010546	5.858776	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.13119052	0.13119052	1179.50	0.0185
			Cuadrado de		

Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.13119052	0.13119052	1179.50	0.0185
Error					
Parámetro	Estimador	estándar	Valor t	Pr > t	
Término in	6.64110023	0.02357894	281.65	0.0023	
LNPROF	-0.311419707	0.00906771	-34.34	0.0185	

Variable dependiente: LNNaOHPO

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.03100500	0.03100500	4920.22	0.0091
Error	1	0.00000630	0.00000630		
Total correcto	2	0.03101130			
R-cuadrado	0.999797	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPO Media	
		0.045879	0.002510	5.471555	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03100500	0.03100500	4920.22	0.0091
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03100500	0.03100500	4920.22	0.0091
Error					
Parámetro	Estimador	estándar	Valor t	Pr > t	
Término in	5.851876402	0.00561236	1042.68	0.0006	
LNPROF	-0.151394715	0.00215833	-70.14	0.0091	

Variable dependiente: LNResidPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.37733990	0.37733990	12.76	0.1738
Error	1	0.02956888	0.02956888		
Total correcto	2	0.40690878			
R-cuadrado	0.927333	Coef Var	Raiz MSE	LNResidPt Media	
		3.432529	0.171956	5.009603	

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.37733990	0.37733990	12.76	0.1738
Fuente <th>DF</th> <th>Tipo III SS</th> <th>Cuadrado de la media</th> <th>F-Valor</th> <th>Pr > F</th>	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.37733990	0.37733990	12.76	0.1738
Error					
Parámetro	Estimador	estándar	Valor t	Pr > t	
Término in	6.336391455	0.38444928	16.48	0.0386	
LNPROF	-0.528154787	0.14784693	-3.57	0.1738	

Variable dependiente: LNSumPT

Procedimiento GLM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.20936257	0.20936257	54.45	0.0858
Error	1	0.00384528	0.00384528		

Total correcto	2	0.21320785				
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	LNSumPT Media		
0.981965		0.989360	0.062010	6.267717		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.20936257	0.20936257	54.45	0.0858	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.20936257	0.20936257	54.45	0.0858	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	7.256008062	0.13863900	52.34	0.0122		
	-0.393409081	0.05331613	-7.38	0.0858		

Variable dependiente: LNSumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.03925251	0.03925251	4621.04	0.0094
Error	1	0.0000849	0.0000849		
Total correcto	2	0.03926101			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	LNSumPo Media	
0.999784		0.053032	0.002914	5.495728	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03925251	0.03925251	4621.04	0.0094
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03925251	0.03925251	4621.04	0.0094
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	5.923654161	0.00651607	909.08	0.0007	
	-0.170344687	0.00250587	-67.98	0.0094	

Variable dependiente: LNPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.03877511	0.03877511	5.02	0.2671
Error	1	0.00771752	0.00771752		
Total correcto	2	0.04649262			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	LNPo Media	
0.834006		2.274959	0.087849	3.861582	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03877511	0.03877511	5.02	0.2671
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03877511	0.03877511	5.02	0.2671
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
Término in LNPROF	3.436265258	0.19640854	17.50	0.0363	
	0.169305615	0.07553246	2.24	0.2671	

Variable dependiente: LNPiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.46821637	0.46821637	22.76	0.1315
Error	1	0.02056886	0.02056886		

Total correcto	2	0.48878524			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPI Total Media		
0.957918	2.548412	0.143418	5.627759		

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.46821637	0.46821637	22.76	0.1315

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.46821637	0.46821637	22.76	0.1315

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	7.105706101	0.32064668	22.16	0.0287
	-0.588326155	0.12331048	-4.77	0.1315

Variable dependiente: LNPI

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.03477468	0.03477468	3.82	0.3011
Error	1	0.00910370	0.00910370		
Total correcto	2	0.04387838			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPI Media		
0.792524	2.418780	0.095413	3.944688		

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03477468	0.03477468	3.82	0.3011

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.03477468	0.03477468	3.82	0.3011

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	4.347467217	0.21331956	20.38	0.0312
	-0.160334294	0.08203590	-1.95	0.3011

Sistema SAS 09:48 Saturday, January 16, 2010 61

----- SISTEMA=S2 -----

Procedimiento GLM	
Número de observaciones leídas	3
Número de observaciones usadas	3

Procedimiento GLM

Variable dependiente: LNH20Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.07295953	0.07295953	9.37	0.2010
Error	1	0.00778817	0.00778817		
Total correcto	2	0.08074769			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNH20Po Media		
0.903549	-139.8178	0.088251	-0.063118		

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.07295953	0.07295953	9.37	0.2010

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.07295953	0.07295953	9.37	0.2010

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	0.5202952357	0.19730551	2.64	0.2308

LNPROF - .2322393819 0.07587740 -3.06 0.2010

Procedimiento GLM

Variable dependiente: LNResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.44682487	0.44682487	83.58	0.0694
Error	1	0.00534637	0.00534637		
Total correcto	2	0.45217124			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE LNResinPi Media
 0.988176 5.674742 0.073119 1.288497

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.44682487	0.44682487	83.58	0.0694

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.44682487	0.44682487	83.58	0.0694

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	2.732287626	0.16347496	16.71	0.0380
	-0.574729547	0.06286725	-9.14	0.0694

Variable dependiente: LNBicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.66998746	0.66998746	12.80	0.1735
Error	1	0.05236085	0.05236085		
Total correcto	2	0.72234831			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE LNBicPi Media
 0.927513 11.27493 0.228825 2.029502

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.66998746	0.66998746	12.80	0.1735

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.66998746	0.66998746	12.80	0.1735

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	3.797447284	0.51159343	7.42	0.0853
	-0.703765859	0.19674251	-3.58	0.1735

Variable dependiente: LNBicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.48567042	0.48567042	14.37	0.1642
Error	1	0.03380210	0.03380210		
Total correcto	2	0.51947252			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE LNBicPt Media
 0.934930 8.406250 0.183853 2.187104

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.48567042	0.48567042	14.37	0.1642

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	III SS	0.48567042	0.48567042	14.37	0.1642

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	3.692346239	0.41104884	8.98	0.0706
	-0.599191558	0.15807627	-3.79	0.1642

Variable dependiente: LNBicPo

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	I SS	0.01036392	0.01036392	4.48	0.2809
Error	1	III SS	0.00231266	0.00231266		
Total correcto	2		0.01267658			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNBicPo Media
0.817564	34.35095	0.048090	0.139997

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	I SS	0.01036392	0.01036392	4.48	0.2809

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	III SS	0.01036392	0.01036392	4.48	0.2809

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	-0.0798894601	0.10751710	-0.74	0.5932
	0.0875299948	0.04134765	2.12	0.2809

Variable dependiente: LNNaOHPi

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	I SS	1.38978804	1.38978804	12.10	0.1782
Error	1	III SS	0.11490326	0.11490326		
Total correcto	2		1.50469129			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPi Media
0.923637	12.63759	0.338974	2.682267

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	I SS	1.38978804	1.38978804	12.10	0.1782

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	III SS	1.38978804	1.38978804	12.10	0.1782

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	5.228567939	0.75785790	6.90	0.0916
	-1.013605929	0.29144797	-3.48	0.1782

Variable dependiente: LNNaOHPT

Fuente	DF	Tipo	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	I SS	0.50601755	0.50601755	15.73	0.1572
Error	1	III SS	0.03215912	0.03215912		
Total correcto	2		0.53817667			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPt Media		
	0.940244	4.524308	0.179330	3.963692		
Fuente		DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF		1	0.50601755	0.50601755	15.73	0.1572
Fuente		DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF		1	0.50601755	0.50601755	15.73	0.1572
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t	
	Término in LNPROF	5.500141045 -0.611614327	0.40093472 0.15418670	13.72 -3.97	0.0463 0.1572	

Variable dependiente: LNNaOHPo

		Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	DF				
Modelo	1	0.27406708	0.27406708	13.50	0.1692
Error	1	0.02030302	0.02030302		
Total correcto	2	0.29437010			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNNaOHPo Media	
	0.931029	3.939611	0.142489	3.616821	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.27406708	0.27406708	13.50	0.1692
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.27406708	0.27406708	13.50	0.1692
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in LNPROF	4.747564027 -0.450114800	0.31856785 0.12251103	14.90 -3.67	0.0427 0.1692

Variable dependiente: LNResidPt

		Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Fuente	DF				
Modelo	1	0.35428030	0.35428030	72.27	0.0745
Error	1	0.00490191	0.00490191		
Total correcto	2	0.35918220			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNResidPt Media	
	0.986353	1.614218	0.070014	4.337310	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.35428030	0.35428030	72.27	0.0745
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.35428030	0.35428030	72.27	0.0745
	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
	Término in LNPROF	5.622919089 -0.511762381	0.15653237 0.06019735	35.92 -8.50	0.0177 0.0745

Variable dependiente: LNSumPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.41355062	0.41355062	30.98	0.1132
Error	1	0.01334852	0.01334852		
Total correcto	2	0.42689914			

R-cuadrado 0.968731 Coef Var 2.328664 Raiz MSE 0.115536 LNSumPT Media 4.961462

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.41355062	0.41355062	30.98	0.1132

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.41355062	0.41355062	30.98	0.1132

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	6.350454666	0.25830821	24.58	0.0259
	-0.552916047	0.09933710	-5.57	0.1132

Variable dependiente: LNSumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.25243174	0.25243174	19.15	0.1430
Error	1	0.01318010	0.01318010		
Total correcto	2	0.26561184			

R-cuadrado 0.950378 Coef Var 3.130934 Raiz MSE 0.114805 LNSumPo Media 3.666785

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.25243174	0.25243174	19.15	0.1430

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.25243174	0.25243174	19.15	0.1430

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	4.751978702	0.25667342	18.51	0.0344
	-0.431983184	0.09870841	-4.38	0.1430

Procedimiento GLM

Variable dependiente: LNPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.06169289	0.06169289	24.89	0.1259
Error	1	0.00247884	0.00247884		
Total correcto	2	0.06417172			

R-cuadrado 0.961372 Coef Var 1.470062 Raiz MSE 0.049788 LNPo Media 3.386790

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.06169289	0.06169289	24.89	0.1259

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.06169289	0.06169289	24.89	0.1259

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	2.850310682	0.11131291	25.61	0.0248
LNPROF	0.213556310	0.04280739	4.99	0.1259

Variable dependiente: LNPiTotal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.48517143	0.48517143	39.44	0.1005
Error	1	0.01230122	0.01230122		
Total correcto	2	0.49747265			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPiTotal Media
0.975273	2.391953	0.110911	4.636835

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.48517143	0.48517143	39.44	0.1005

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.48517143	0.48517143	39.44	0.1005

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	6.141302920	0.24796807	24.77	0.0257
LNPROF	-0.598883663	0.09536061	-6.28	0.1005

Procedimiento GLM

Variable dependiente: LNPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00508032	0.00508032	526.26	0.0277
Error	1	0.00000965	0.00000965		
Total correcto	2	0.00508997			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPi Media
0.998103	0.072879	0.003107	4.263263

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.00508032	0.00508032	526.26	0.0277

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.00508032	0.00508032	526.26	0.0277

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	4.417213843	0.00694654	635.89	0.0010
LNPROF	-0.061283035	0.00267142	-22.94	0.0277

----- SISTEMA=S3 -----

Procedimiento GLM

Número de observaciones leídas 3
 Número de observaciones usadas 3

Variable dependiente: LNH20Po

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.05158625	0.05158625	3.86	0.2997
Error	1	0.01336460	0.01336460		
Total correcto	2	0.06495085			

R-cuadrado 0.794235
 Coef Var 527.0235
 Raiz MSE 0.115605
 LNH20Po Media 0.021936

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.05158625	0.05158625	3.86	0.2997

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.05158625	0.05158625	3.86	0.2997

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	0.5125071895	0.25846368	1.98	0.2974
	-.1952818393	0.09939688	-1.96	0.2997

Variable dependiente: LNResinPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3.37032966	3.37032966	154.71	0.0511
Error	1	0.02178493	0.02178493		
Total correcto	2	3.39211458			

R-cuadrado 0.993578
 Coef Var 10.19047
 Raiz MSE 0.147597
 LNResinPi Media 1.448384

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	3.37032966	3.37032966	154.71	0.0511

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	3.37032966	3.37032966	154.71	0.0511

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	5.413643788	0.32998915	16.41	0.0388
	-1.578450798	0.12690330	-12.44	0.0511

Variable dependiente: LNBicPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.16802307	1.16802307	97.85	0.0641
Error	1	0.01193742	0.01193742		

Total correcto	2	1.17996049				
R-cuadrado	0.989883	Coef Var	3.631357	Raiz MSE	0.109259	LNBicPi Media
						3.008752
Fuente	DF	Tipo I SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1.16802307		1.16802307	97.85	0.0641
Fuente	DF	Tipo III SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	1.16802307		1.16802307	97.85	0.0641
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	5.343076031	0.24427380	21.87	0.0291		
	-0.929224320	0.09393991	-9.89	0.0641		

Variable dependiente: LNBicPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.71392200		0.71392200	219.15	0.0429
Error	1	0.00325768		0.00325768		
Total correcto	2	0.71717968				
R-cuadrado	0.995458	Coef Var	1.740485	Raiz MSE	0.057076	LNBicPt Media
						3.279323
Fuente	DF	Tipo I SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.71392200		0.71392200	219.15	0.0429
Fuente	DF	Tipo III SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.71392200		0.71392200	219.15	0.0429
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	5.104314227	0.12760745	40.00	0.0159		
	-0.726474275	0.04907375	-14.80	0.0429		

Variable dependiente: LNBicPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01129233		0.01129233	3.44	0.3150
Error	1	0.00328690		0.00328690		
Total correcto	2	0.01457923				
R-cuadrado	0.774549	Coef Var	3.427084	Raiz MSE	0.057331	LNBicPo Media
						1.672894
Fuente	DF	Tipo I SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01129233		0.01129233	3.44	0.3150
Fuente	DF	Tipo III SS		Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01129233		0.01129233	3.44	0.3150
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	1.443370403	0.12817839	11.26	0.0564		
	0.091366415	0.04929332	1.85	0.3150		

Variable dependiente: LNNaOHPi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.50687308	0.50687308	81.18	0.0704
Error	1	0.00624381	0.00624381		
Total correcto	2	0.51311689			

R-cuadrado 0.987832 Coef Var 1.461749 Raiz MSE 0.079018 LNNaOHPi Media 5.405701

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.50687308	0.50687308	81.18	0.0704

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.50687308	0.50687308	81.18	0.0704

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	6.943448631	0.17666330	39.30	0.0162
	-0.612131136	0.06793907	-9.01	0.0704

Variable dependiente: LNNaOHPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.13572381	0.13572381	64.38	0.0789
Error	1	0.00210813	0.00210813		
Total correcto	2	0.13783194			

R-cuadrado 0.984705 Coef Var 0.741882 Raiz MSE 0.045914 LNNaOHPt Media 6.188902

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.13572381	0.13572381	64.38	0.0789

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.13572381	0.13572381	64.38	0.0789

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	6.984628122	0.10265266	68.04	0.0094
	-0.316754564	0.03947694	-8.02	0.0789

Variable dependiente: LNNaOHPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00211880	0.00211880	0.63	0.5733
Error	1	0.00337225	0.00337225		
Total correcto	2	0.00549105			

R-cuadrado 0.385865 Coef Var 1.046941 Raiz MSE 0.058071 LNNaOHPo Media 5.546738

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.00211880	0.00211880	0.63	0.5733

Cuadrado de

Fuente	DF	Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.00211880	0.00211880	0.63	0.5733

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	5.646159180	0.12983188	43.49	0.0146
LNPROF	-0.039576765	0.04992920	-0.79	0.5733

Variable dependiente: LNResidPt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.11800785	0.11800785	96.80	0.0645
Error	1	0.00121909	0.00121909		
Total correcto	2	0.11922694			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNResidPt Media
0.989775	0.597970	0.034916	5.839007

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.11800785	0.11800785	96.80	0.0645

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.11800785	0.11800785	96.80	0.0645

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	6.580984477	0.07806209	84.30	0.0076
LNPROF	-0.295359066	0.03002019	-9.84	0.0645

Variable dependiente: LNSumPT

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.14685915	0.14685915	1130.14	0.0189
Error	1	0.00012995	0.00012995		
Total correcto	2	0.14698910			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNSumPT Media
0.999116	0.168545	0.011399	6.763465

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.14685915	0.14685915	1130.14	0.0189

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.14685915	0.14685915	1130.14	0.0189

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	7.591190204	0.02548630	297.85	0.0021
LNPROF	-0.329492371	0.00980122	-33.62	0.0189

Variable dependiente: LNSumPo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00191326	0.00191326	0.57	0.5885
Error	1	0.00336079	0.00336079		
Total correcto	2	0.00527405			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNSumPo	Media	
	0.362768	1.040569	0.057972	5.571217		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.00191326	0.00191326	0.57	0.5885	
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.00191326	0.00191326	0.57	0.5885	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	5.665692750	0.12961116	43.71	0.0146		
	-0.037608126	0.04984432	-0.75	0.5885		

Variable dependiente: LNPO

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPO	Media	
	0.984251	1.167775	0.039904	3.417135		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	0.09951670	0.09951670	62.50	0.0801	
Error	1	0.00159237	0.00159237			
Total correcto	2	0.10110907				
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.09951670	0.09951670	62.50	0.0801	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	2.735764277	0.08921605	30.66	0.0208		
	0.271233195	0.03430965	7.91	0.0801		

Variable dependiente: LNPItotal

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	LNPItotal	Media	
	1.000000	0.002556	0.000163	6.390141		
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	1	0.27351070	0.27351070	1.025E7	0.0002	
Error	1	0.00000003	0.00000003			
Total correcto	2	0.27351072				
Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
LNPROF	1	0.27351070	0.27351070	1.025E7	0.0002	
Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t		
Término in LNPROF	7.519735218	0.00036522	20589.8	<.0001		
	-0.449657679	0.00014045	-3201.5	0.0002		

Variable dependiente: LN_{Pi}

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01602851	0.01602851	169.01	0.0489
Error	1	0.00009484	0.00009484		
Total correcto	2	0.01612335			

R-cuadrado 0.994118 Coef Var 0.230302 Raiz MSE 0.009738 LN_{Pi} Media 4.228503

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01602851	0.01602851	169.01	0.0489

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LNPROF	1	0.01602851	0.01602851	169.01	0.0489

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in LNPROF	4.501955388	0.02177241	206.77	0.0031
	-0.108853267	0.00837297	-13.00	0.0489

ANEXO D CORRELACIONES PROPIEDADES FISICAS

Procedimiento MEANS

Variable	Media	Valor t	Coficiente de variación	Desviación estándar	Rango	Mínimo
H2OPo	0.876667	13.72	37.8732067	0.3320218	1.0800000	0.4500000
ResinPi	4.3462963	3.71	140.1894116	6.0930472	26.0300000	0.0900000
BicPi	17.7888889	5.77	89.9776595	16.0060259	75.0800000	0.7300000
BicPt	21.7940741	6.46	80.3824506	17.5186108	74.0400000	1.9900000
BicPo	4.0051852	5.21	99.6541506	3.9913333	14.1100000	0.2200000
NaOHPi	126.5248148	4.78	108.6885040	137.5179284	610.6600000	0.6000000
NaOHpt	304.7777778	7.11	73.1016869	222.7976969	894.5400000	16.8900000
NaOHpo	178.2511111	8.75	59.3968066	105.8754676	325.1400000	16.2900000
ResidPt	197.2711111	7.10	73.1426376	144.2892938	515.1700000	30.5400000
SumPT	529.0674074	7.45	69.7469057	369.0081455	1505.97	51.1300000
SumPo	183.1344444	8.77	59.2576178	108.5211092	336.5300000	18.2000000
Po	36.2611111	16.04	32.3971100	11.7475521	41.0400000	19.3800000
PiTotal	345.9337037	6.29	82.5687884	285.6332676	1222.38	32.9300000
Pi	63.9777778	29.05	17.8884142	11.4446099	41.0400000	39.5800000
PHUMED	24.9985185	17.33	29.9836949	7.4954795	31.4100000	11.7700000
DA	0.9740815	23.69	21.9361297	0.2136758	0.7296000	0.6914000
DR	2.2207407	223.05	2.3295598	0.0517335	0.2000000	2.1200000
PoTotal	56.1337037	30.34	17.1267214	9.6138630	31.7600000	36.8000000
IE	0.4374444	3.73	139.4728599	0.6101163	1.7150000	0.0020000

Variable	Máximo
H2OPo	1.5300000
ResinPi	26.1200000
BicPi	75.8100000
BicPt	76.0300000
BicPo	14.3300000
NaOHPi	611.2600000
NaOHpt	911.4300000
NaOHpo	341.4300000
ResidPt	545.7100000
SumPT	1557.10
SumPo	354.7300000
Po	60.4200000
PiTotal	1255.31
Pi	80.6200000
PHUMED	43.1800000
DA	1.4210000
DR	2.3200000
PoTotal	68.5600000
IE	1.7170000

Procedimiento CORR

19 Variables:	H2OPo	ResinPi	BicPi	BicPt	BicPo	NaOHPi	NaOHpt	NaOHpo	DR
	ResidPt	SumPT	SumPo	Po	PiTotal	Pi	PHUMED	DA	
	PoTotal	IE							

Estadísticos simples

Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Suma	Mínimo	Máximo
H2OPo	27	0.87667	0.33202	23.67000	0.45000	1.53000
ResinPi	27	4.34630	6.09305	117.35000	0.09000	26.12000
BicPi	27	17.78889	16.00603	480.30000	0.73000	75.81000
BicPt	27	21.79407	17.51861	588.44000	1.99000	76.03000
BicPo	27	4.00519	3.99133	108.14000	0.22000	14.33000

NaOHPi	27	126.52481	137.51793	3416	0.60000	611.26000
NaOHPt	27	304.77778	222.79770	8229	16.89000	911.43000
NaOHPo	27	178.25111	105.87547	4813	16.29000	341.43000
ResidPt	27	197.27111	144.28929	5326	30.54000	545.71000
SumPT	27	529.06741	369.00815	14285	51.13000	1557
SumPo	27	183.13444	108.52111	4945	18.20000	354.73000
Po	27	36.26111	11.74755	979.05000	19.38000	60.42000
PiTotal	27	345.93370	285.63327	9340	32.93000	1255
Pi	27	63.97778	11.44461	1727	39.58000	80.62000
PHUMED	27	24.99852	7.49548	674.96000	11.77000	43.18000
DA	27	0.97408	0.21368	26.30020	0.69140	1.42100
DR	27	2.22074	0.05173	59.96000	2.12000	2.32000
PoTotal	27	56.13370	9.61386	1516	36.80000	68.56000
IE	27	0.43744	0.61012	11.81100	0.00200	1.71700

Procedimiento CORR

Coefficientes de correlación Pearson, N = 27
 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	H2OPo	ResinPi	BicPi	BicPt	BicPo	NaOHPi	NaOHPt
PHUMED	-0.08247 0.6826	0.39543 0.0412	0.41505 0.0313	0.40580 0.0357	0.11632 0.5634	0.36415 0.0619	0.29792 0.1312
DA	0.05644 0.7798	-0.10812 0.5914	-0.39318 0.0425	-0.47462 0.0124	-0.50640 0.0070	-0.54713 0.0031	-0.74559 <.0001
DR	-0.05471 0.7864	-0.02142 0.9156	-0.14499 0.4706	-0.13193 0.5118	0.00231 0.9909	-0.17148 0.3924	-0.17208 0.3907
PoTotal	-0.06698 0.7399	0.10460 0.6036	0.37801 0.0519	0.46103 0.0155	0.50759 0.0069	0.52917 0.0045	0.72866 <.0001

Procedimiento CORR

Coefficientes de correlación Pearson, N = 27
 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	NaOHPo	ResidPt	SumPT	SumPo	Po	PiTotal	Pi
PHUMED	0.15395 0.4433	0.15849 0.4298	0.26757 0.1772	0.15422 0.4425	-0.05044 0.8027	0.28708 0.1465	0.08085 0.6885
DA	-0.85833 <.0001	-0.59539 0.0011	-0.70724 <.0001	-0.85586 <.0001	-0.21339 0.2852	-0.58852 0.0012	0.25260 0.2037
DR	-0.13940 0.4880	-0.08612 0.6693	-0.14424 0.4729	-0.13607 0.4986	-0.08143 0.6864	-0.13465 0.5031	0.03548 0.8605
PoTotal	0.84603 <.0001	0.58899 0.0012	0.69381 <.0001	0.84388 <.0001	0.20724 0.2996	0.57571 0.0017	-0.25240 0.2040

ANEXO E. CORRELACIONES MATERIA ORGÁNICA

27 Variables: H2OPo ResinPi BicPi BicPt BicPo NaOHPI NaOHPT NaOHPO
ResidPt SumPT SumPo Po PiTotal Pi MO

Estadísticos simples

Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Suma	Mínimo	Máximo
H2OPo	27	0.87736	0.33080	23.68870	0.45400	1.52610
ResinPi	27	4.34663	6.09310	117.35900	0.09400	26.12000
BicPi	27	17.78878	16.00602	480.29700	0.73500	75.81000
BicPt	27	21.79407	17.51859	588.44000	1.98700	76.03000
BicPo	27	4.00560	3.99133	108.15130	0.22100	14.33300
NaOHPI	27	126.52413	137.52721	3416	0.60260	611.30000
NaOHPT	27	304.78296	222.79606	8229	16.89000	911.40000
NaOHPO	27	178.25926	105.87943	4813	16.29000	341.40000
ResidPt	27	197.27704	144.29455	5326	30.54000	545.70000
SumPT	27	529.06444	369.00785	14285	51.13000	1557
SumPo	27	183.13481	108.52101	4945	18.20000	354.70000
Po	27	36.26111	11.74755	979.05000	19.38000	60.42000
PiTotal	27	345.91852	285.59880	9340	32.93000	1255
Pi	27	63.97778	11.44461	1727	39.58000	80.62000
MO	27	72.93667	36.58162	1969	29.54000	117.45000

Procedimiento CORR

Coefficientes de correlación Pearson, N = 27
Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	SumPT	SumPo	Po	PiTotal	Pi	MO
H2OPo	0.29683 0.1327	-0.00530 0.9791	-0.61439 0.0007	0.38551 0.0470	0.59774 0.0010	-0.36124 0.0641
ResinPi	0.56474 0.0021	0.11943 0.5530	-0.60554 0.0008	0.68422 <.0001	0.58405 0.0014	-0.14887 0.4586
BicPi	0.77997 <.0001	0.50957 0.0066	-0.31741 0.1067	0.81404 <.0001	0.27872 0.1592	0.29612 0.1337
BicPt	0.81704 <.0001	0.61916 0.0006	-0.24294 0.2221	0.82030 <.0001	0.20089 0.3150	0.37318 0.0552
BicPo	0.45823 0.0162	0.67396 0.0001	0.20636 0.3017	0.33595 0.0867	-0.23574 0.2365	0.45018 0.0185
NaOHPI	0.94033 <.0001	0.66751 0.0001	-0.31777 0.1063	0.96120 <.0001	0.28753 0.1459	0.29134 0.1404
NaOHPT	0.97533 <.0001	0.88705 <.0001	-0.06482 0.7480	0.92301 <.0001	0.01861 0.9266	0.54772 0.0031
NaOHPO	0.83105 <.0001	0.99959 <.0001	0.27630 0.1630	0.69386 <.0001	-0.33427 0.0884	0.77410 <.0001
ResidPt	0.92769 <.0001	0.66911 0.0001	-0.42207 0.0283	0.94430 <.0001	0.38901 0.0449	0.21024 0.2925
SumPT	1.00000	0.82857 <.0001	-0.22626 0.2564	0.97711 <.0001	0.18307 0.3607	0.42783 0.0260

SumPo	0.82857 <.0001	1.00000	0.27523 0.1647	0.69050 <.0001	-0.33292 0.0897	-0.23264 0.2429
Po	-0.22626 0.2564	0.27523 0.1647	1.00000	-0.39693 0.0404	-0.98450 <.0001	-0.69245 <.0001
PiTotal	0.97711 <.0001	0.69050 <.0001	-0.39693 0.0404	1.00000	0.36304 0.0627	0.26116 0.1882
Pi	0.18307 0.3607	-0.33292 0.0897	-0.98450 <.0001	0.36304 0.0627	1.00000	0.71993 <.0001

Procedimiento Coeficientes de correlación Pearson, N = 27 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

Procedimiento CORR

Coeficientes de correlación Pearson, N = 27
Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	H2OPo	ResinPi	BicPi	BicPt	BicPo	NaOHPi	NaOHPT	NaOHPo	ResidPt
MO	-0.36124 0.0641	-0.14887 0.4586	0.29612 0.1337	0.37318 0.0552	0.45018 0.0185	0.29134 0.1404	0.54772 0.0031	0.77410 <.0001	0.21024 0.2925

Coeficientes de correlación Pearson, N = 27 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	SumPT	SumPo	Po	PiTotal	Pi
MO	0.42783 0.0260	0.77070 <.0001	0.64544 0.0003	0.25990 0.1905	-0.69981 <.0001