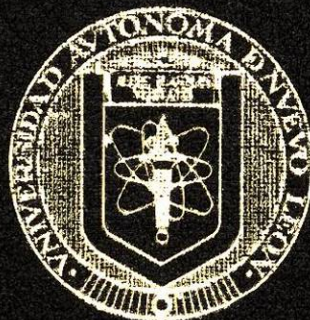


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



CORRELACION Y CALIBRACION DE METODOLOGIAS
QUIMICAS PARA LA EVALUACION DE FOSFORO
DISPONIBLE EN ALGUNOS SUELOS DEL
ESTADO DE NUEVO LEON

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

ALFREDO BETANCOURT SANCHEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1985

T

S647

B4

C.1



1080060952

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



CORRELACION Y CALIBRACION DE METODOLOGIAS
QUIMICAS PARA LA EVALUACION DE FOSFORO
DISPONIBLE EN ALGUNOS SUELOS DEL
ESTADO DE NUEVO LEON

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ALFREDO BETANCOURT SANCHEZ

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1985

06385 *Ban*

T
5647
B4


Biblioteca Central
Mierra Solidaridad
F. Tesis


BU Rabi Rangel Filas
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

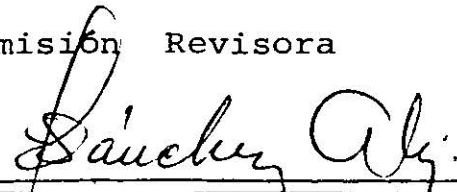
040.631
FA12
1985
C.5

Correlación y Calibración de Metodologías
Químicas para la evaluación de fósforo --
disponible en algunos suelos del Estado -
de Nuevo León.


Esta tesis fué realizada en el Proyecto de Fertiliza-
ción Estatal en la línea Fertilización Orgánica e - -
Inórganica y aceptada como requisito parcial para ob-
tener el título de: Ingeniero Agronomo Fitotecnista.

Comisión Revisora

Asesor Principal


Ing. Ernesto J. Sánchez Alejo.

Consejero Auxiliar


Ing. M. C. Nahum Espinosa Moreno

Consejero Auxiliar


Dr. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

Marín, N.L. Noviembre de 1985.

A mis Padres

Sr. Joaquin Betancourt Garza

Sra. Barbarita Sánchez de Betancourt

Con mucho amor y gratitud
por sus esfuerzos y sacrificios
que hicieron posible la culminación
de mi carrera.

A mis Hermanos

Ramiro y Bricelda

Raúl y Martha Irene

Gustavo y Ma. Dolores

Margarito.

Por el gran apoyo, cariño y comprensión
que me han brindado siempre como
un impulso a la superación.

A mis Compañeros, Familiares y Amigos.

A mis Asesores:

Ing. Ernesto J. Sánchez Alejo

Por su gran apoyo y valiosa
orientación que me hizo posible
la realización del presente trabajo.

Ing. M.C. Nahum Espinosa Moreno

Y

Dr. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

Por su valiosa colaboración brindada
en el Análisis Estadístico, y facili
dades prestadas en este trabajo de -
Investigación.

A mis Maestros .

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCION | 1 |
| REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 1.- El fósforo en el suelo | 3 |
| 2.- Métodos para la evaluación de la fertilidad - del suelo..... | 4 |
| 2.1. Análisis de suelos..... | 6 |
| 2.2. Análisis de plantas..... | 8 |
| 2.3. Métodos Biológicos | 8 |
| 2.4. Estudios de Correlación y Calibración -- en el análisis químico de los suelos ... | 9 |
| 3.- La colorimetría como un instrumento en el aná lisis químico de suelos..... .. | 11 |
| 4.- Algunos trabajos de investigación realizados- sobre el análisis del fósforo..... .. | 12 |
| MATERIALES Y METODOS | 14 |
| 1.- Selección de los puntos de estudio..... | 14 |
| 2.- Caracterización de las muestras de suelo en - estudio | 15 |
| 3.- Análisis de suelo | 16 |
| 4.- Desarrollo del experimento en el invernadero. | 23 |
| 5.- Análisis foliar | 25 |
| 6.- Análisis estadístico..... | 26 |
| RESULTADOS | 27 |
| DISCUSION | 44 |

| | |
|-------------------------------|----|
| CONCLUSIONES..... | 47 |
| RECOMENDACIONES | 50 |
| RESUMEN | 52 |
| BIBLIOGRAFIA CONSULTADA | 55 |
| APENDICE..... | 59 |

INDICE DE CUADROS

| | | Página |
|---|---|--------|
| 1 | Clasificación utilizada para los suelos seleccionados | 14 |
| 2 | Concentraciones aplicadas del elemento-puro (ppm)..... | 23 |
| 3 | Caracterización química de los suelos - seleccionados para la correlación y calibración de metodología química de P - disponible | 27 |
| 4 | Coeficientes de correlación (r) para -- los métodos químicos de extracción de -- fósforo del suelo vs. los diferentes <u>í</u> ndices de selección para la Zona Norte - de Nuevo León..... | 33 |
| 5 | Modelos encontrados (simple y múltiple) para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en las Zona Nor- te de Nuevo León. En relación con el - contenido de fósforo en la planta (Ama <u>r</u> illo-vanadato)..... | 34 |
| 6 | Coeficientes de correlación (r) para - los métodos químicos de extracción de- fósforo del suelo vs. los diferentes <u>í</u> ndices de selección para la Zona Centro de Nuevo León..... | 35 |

| | | |
|----|--|----|
| 7 | Modelos encontrados (simple y múltiple) para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en la Zona Centro de Nuevo León. En relación con el contenido de la planta (Amarillo-vanadato) | 36 |
| 8 | Coefficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección, para la Zona Sur de Nuevo León..... | 37 |
| 9 | Modelos encontrados para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en la Zona Sur de Nuevo León. En relación con el P en la planta (Amarillo-vanadato)..... | 38 |
| 10 | Modelos encontrados entre el rendimiento de materia seca y concentración en el suelo por cada método y sus R^2 respectivamente en los suelos de cada zona del Estado de Nuevo León..... | 39 |
| 11 | Comparación de medias por medio de Tukey para los rendimientos de materia seca a diferentes niveles de P para la comunidad de Dulces Nombres, Pesquería, Nuevo León. | 42 |

| | | |
|----|--|----|
| 12 | Comparación de medias por medio de Tukey para los rendimientos de materia seca a diferentes niveles de P para la comunidad de Caja Pinta, Linares, Nuevo León..... | 42 |
| 13 | Contenido de fósforo extraído (ppm) por el método Olsen Tradicional en las diferentes muestras de suelo seleccionadas.. | 60 |
| 14 | Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método Olsen modificado (EDTA) en las diferentes muestras de suelo seleccionado | 60 |
| 15 | Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método Olsen modificado (T.K.A.) en las diferentes muestras de suelo seleccionado..... | 61 |
| 16 | Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método Bray P_1 en las diferentes muestras de suelo seleccionado..... | 61 |
| 17 | ppm de fósforo foliar encontrados en las plantas cultivadas en los suelos de las tres zonas del Estado de Nuevo León (Nivel ausencia)..... | 62 |

| | | Página |
|----|--|--------|
| 18 | Rendimiento de materia seca en diferentes niveles de P aplicado a los suelos de la Zona Norte de Nuevo León..... | 62 |
| 19 | Rendimiento de materia seca en diferentes niveles de P aplicado en los suelos de la Zona Centro de Nuevo León..... | 63 |
| 20 | Rendimiento de materia seca en diferentes niveles de P aplicado en los suelos de la Zona Sur de Nuevo León..... | 63 |
| 21 | Análisis de varianza para rendimiento - en materia seca a través de la fertilización fosfatada en Caja Pinta, Linares Nuevo León..... | 64 |
| 22 | Análisis de varianza para rendimiento - en materia seca a través de la fertilización fosfatada en Dulces Nombres, -- Pesquería, Nuevo León | 64 |

INDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| 1 Ubicación de las localidades seleccionadas | 17 |
| 2 Curvas de sorción para P en la Zona Norte, Centro y Sur y sus modelos de regresión..... | 29 |
| 3 A Curvas de calibración de los métodos -- probados y sus modelos y r^2 | 30 |
| 3 B Curvas de calibración de los métodos -- probados y sus modelos y r^2 | 31 |
| 4 Niveles críticos encontrados en los diferentes métodos químicos para la extracción de "P" en el suelo..... | 41 |

INTRODUCCION

La evaluación de fósforo aprovechable en el suelo ha evolucionado en gran forma desde las técnicas colorimétricas hasta la absorción atómica donde su principal objetivo ha sido y seguirá siendo proporcionar información suficiente para predecir las necesidades de fertilizantes para los cultivos.

Dada la importancia que tiene el fósforo en la nutrición vegetal, así como su estabilidad en el suelo, ha sido el elemento que más ha llamado la atención a los estudiosos del suelo y se ha generado una serie de investigaciones tendientes a determinar los factores que influyen en la aprovechabilidad del fósforo y en su cuantificación.

En la determinación del fósforo aprovechable para las plantas, se han utilizado numerosas soluciones extractoras, encaminadas a generar extracción semejante a la de los cultivos, pero las características químicas y físicas tan diversas de los suelos, no permiten la adopción de un método de extracción, sin el estudio previo de la correlación del método.

Las condiciones climáticas, así como las grandes variaciones de suelos, han impulsado a la realización de trabajos de investigación de correlación y calibración de métodos químicos, físico-químicos y biológicos; con el fin de seleccionar aquellos métodos que proporcionen información -

más exacta sobre los requerimientos de fertilizantes.

La mayoría de los métodos para determinar fósforo en el suelo varían tanto en principios como en detalles y técnicas. Es en la selección de un método donde los objetivos deben estar bien definidos, donde la selección estará en función de las propiedades del suelo en estudio, exactitud y reproductividad del método, así como la sencillez del mismo y del personal disponible para efectuarlo.

Ya que en la mayoría de los suelos del Estado, uno de los elementos limitantes de la producción es el fósforo, se ha hecho necesaria la determinación de metodologías químicas para su evaluación que permitan conocer rápidamente su disponibilidad y reflejen la probabilidad de obtener una respuesta lucrativa a la aplicación de fertilizantes fosfatados.

El presente trabajo fue planteado con los siguientes objetivos:

- Obtener un método adecuado mediante la correlación y calibración de Metodologías Químicas para la evaluación del fósforo disponible en algunos suelos del Estado de Nuevo León.
- Agrupar los suelos en clases para propósitos de pruebas de fertilización.
- Predecir la probabilidad de obtener una respuesta provechosa en la aplicación de fósforo como fertilizante.
- Evaluación de la productividad del suelo.

REVISION DE LITERATURA

1.- El Fósforo en el Suelo.

Es de gran importancia conocer el comportamiento de -- los fosfatos en el suelo ya que son uno de los nutrimentos-vegetales esenciales, porque sin ello no es posible ningún-tratamiento adecuado de éste con miras a la óptima asimila-ción del fósforo por la planta.

En lo que se refiere a la Nutrición Vegetal, los fosfa-tos de calcio, estos se forman cuando el hidrógeno (del áci-do fósforico) es sustituido parcial o totalmente por el cal-cio, donde 1,2 o 3 hidrogeniones sean sustituidos resultan-do diferentes sales. (16)

Se considera generalmente que las plantas absorben la-mayoría del fósforo de los suelos en forma de ión primario-ortofosfato $H_2PO_4^-$; pequeñas cantidades del ión Secundario - ortofosfato HPO_4^{2-} son absorbidos.

De hecho, la absorción por las raíces de las plantas - del ión Primario se dice que es diez veces mas rápida que - la del ión Secundario, valores bajos de pH incrementan la - absorción del ión $H_2PO_4^-$, mientras que los valores mas altos de pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} . (17).

La acidez y la alcalinidad del suelo determinan la dis-ponibilidad del fósforo. En suelos de Acidez moderada a - - fuerte los compuestos fosfatados principales que se forman-por las reacciones químicas incluyen los fosfatos asimila--

bles (monobásicos y bibásicos) que al combinarse con el hierro (Fe^{++}) y el aluminio (Al^{++}) y con los distintos hidróxidos de (Fe, Al, etc.), se forman sales y complejos químicos insolubles.

En suelos alcalinos con pH cercano a 7 ó superior a -- éste la mayor parte del fósforo se encuentra ligado, principalmente con el calcio y magnesio y se forman sales insolubles como el fosfato tricalcico $(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}_3$. (2,9)

La actividad del calcio es mayor en suelos Alcalinos; y con un pH alto, esto favorece la precipitación del fosfato dicálcico relativamente insoluble y de otros fosfatos -- cálcicos básicos tales como la hidroxiapatita; en estos suelos que contienen carbonato cálcico libre; los iones fosfato que entran en contacto con la fase sólida del carbonato-cálcico son precipitados en la superficie de estas partículas; además otro mecanismo que se considera generalmente -- responsable de la fijación del fósforo en los suelos alcalinos, es la retención de fosfato por las arcillas saturadas con calcio, en lo cual se encuentra principalmente:

- 1) Fosfato Monocalcio = $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- 2) Fosfato Dicalcico = $\text{Ca}_2 (\text{HPO}_4)_2$
- 3) Fosfato Tricalcico = $\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$. (2,16)

2.- Métodos para la Evaluación de la Fertilidad del suelo.

Se han utilizado diversos métodos para valorar la fertilidad del suelo, para predecir las necesidades de la planta

ta y recomendar las clases y cantidades apropiadas de fertilizantes o correcciones del suelo. El método ideal para determinar la fertilidad del suelo, sería medir el contenido-disponible de nutrimentos de la planta de un suelo en un momento dado y calcular a la vez, la capacidad de un suelo para mantener un suministro continuo de nutrimentos de la planta para un cultivo hasta la madurez. (15)

Uno de los métodos que se han usado para valorar la fertilidad del suelo son las pruebas de suelo donde Fitts y Nelson (1956) citan cuatro objetivos principales: (*) agrupación de suelos en clases para propósitos de fertilización y alcalinización recomendables; (**) Predicción de la probabilidad de obtener una respuesta provechosa en la aplicación de nutrientes en el fertilizante; (***) Evaluación de la Productividad del suelo, y (****) determinación de las condiciones específicas del suelo que puedan mejorarse por la adición de correcciones al suelo o en las prácticas de cultivo. Para satisfacer los objetivos es necesario desarrollar métodos apropiados para estimar la disponibilidad de un nutriente particular. La interpretación apropiada de los resultados tiene que basarse en estudios de investigación que calibren estas pruebas con la respuesta de la planta en relación a la adición de una cantidad adecuada de nutrientes cuando otros elementos ó condiciones no son limitantes. (11)

Bray (1948) propuso que una buena prueba de suelo debe

satisfacer los tres criterios siguientes: a) El extractante utilizado deberá extraer todo o una parte proporcional de la forma ó formas disponibles de un nutriente de suelos con propiedades variables; b) La cantidad de nutriente extracta do deberá ser medida con precisión y velocidad razonables, y c) La cantidad extractada deberá correlacionar con el crecimiento y respuesta de cada planta al nutriente bajo condiciones diversas. (11)

Dentro de los métodos para valorar la fertilidad del suelo se cuenta el análisis químico del suelo, plantas y -- métodos biológicos donde se emplean plantas superiores, como plantas indicadoras, diagnóstico visual, prueba de la -- placa con Azotobacter; pruebas de Aspergillus Niger y el método de Mehlich en la placa de Cunninghamella para el fósforo. (15)

2.1. Análisis de Suelos: Estos constituyen una guía para evaluar la fertilidad del suelo usando relaciones experimentales entre las propiedades químicas del suelo y el crecimiento del cultivo; de este modo un valor numérico de un análisis debidamente calibrado, incluirá el grado de suficiencia ó deficiencia de este nutriente y la cantidad de -- fertilizantes a añadir para corregir tal deficiencia. (8)

El análisis de suelos constituye actualmente un valioso auxiliar en todos los programas de fertilización, pues -- mediante los resultados obtenidos en el laboratorio puede -- establecerse una vez aceptado un sistema de interpretación,

la posibilidad de que haya deficiencia o exceso de los nutrientes considerados, así como detectar los posibles desequilibrios entre los mismos. (20)

Para realizar los análisis de los suelos en el caso -- del fósforo se han usado soluciones extractoras tales como alcalis, ácidos débiles, e incluso ácidos relativamente -- fuertes conteniendo fluoruro amónico y algunas otras soluciones extractoras que sirven para estimar la fertilidad de los suelos; en el caso de los suelos ácidos se usan generalmente extractantes ácidos como el Bray P_1 , que usa $0.025\text{ N HCL} + 0.03\text{ N NH}_4\text{ F}$ proporcionando buenos resultados; mientras que en suelos alcalinos se emplea bicarbonato de sodio (Olsen) también con resultados satisfactorios. Se menciona que los ácidos fuertes no se pueden usar en los suelos alcalinos porque el trifosfato de calcio, que no es disponible para las plantas, es disuelto. (11)

En los análisis de suelos los procedimientos varían en gran forma; sin embargo, los diferentes tipos de soluciones ofrecen las mejores posibilidades de extraer el "P" aprovechable; lo importante a considerar en los análisis es determinar rápidamente la cantidad del nutriente (P) que puede ser extraída por la planta durante su ciclo de desarrollo; para que el procedimiento sea bueno la cantidad extraída de los suelos debe correlacionarse bien con la absorción de -- "P" con la planta. (13)

Para poder efectuar una buena interpretación de los re

sultados analíticos es necesario contar con trabajos experimentales adecuados; la exactitud con que pueden interpretarse los resultados de los análisis dependerá de la clase y calidad de los trabajos de investigación de campo y de las correlaciones que le sirven de base. (20)

2.2. Análisis de Plantas: El análisis de la planta se basa en el hecho de que la deficiencia de un elemento en el suelo se revela porque éste solo aparece en pequeñas cantidades en la planta. Dada la escasez de un nutrimento, los demás tienden a acumularse a causa de la mala utilización. Las hojas de la misma edad de plantas sanas y enfermas, o de plantas de rendimiento alto y bajo pueden revelar la presencia de un elemento deficiente; mediante este análisis se han encontrado notables ventajas en el estudio del estado de nutrición de la planta durante la época de crecimiento. (15)

2.3. Métodos Biológicos: El empleo del conocimiento del crecimiento de las plantas tienen mucha importancia en el estudio de los requerimientos de fertilizantes, y se ha dedicado a una gran atención a este método para medir el estado de la fertilidad de los suelos. Se han desarrollado técnicas biológicas más simples y más rápidas que implican a las plantas superiores donde usan pequeñas cantidades del suelo. (15)

El método de Mehlich en la placa de Cunninghamella para el fósforo: Este método se basa en la sensibilidad del

organismo *Cunninghamella* para el contenido de fósforo en su medio de crecimiento. Se mezcla el suelo con la solución de nutrientes, se hace una pasta, y se deja en incubación durante cuatro y medio días. El diámetro del crecimiento de los micelios en la caja se usa para hacer una estimación de la cantidad de fósforo presente. (15)

2.4. Estudios de correlación y calibración en el análisis químico de suelos: El objetivo de los trabajos que se realizan en el área de correlación y calibración de métodos, es proporcionar la información necesaria para la interpretación de los resultados obtenidos en el análisis de los suelos, mediante la determinación de los niveles críticos para cada método, ésto es el valor del análisis abajo del cual se espera una deficiencia de un nutrimento específico; además el interés en estos trabajos es determinar los niveles del nutriente en el suelo, debajo de los cuales se presenta una deficiencia de éste en algunos cultivos, con el fin de lograr una interpretación mas correcta del análisis del suelo, tomando en consideración los factores tales como nutrimentos existentes en el suelo, disponibilidad de agua, de los factores climáticos, y del manejo en general del suelo.

La calibración de los métodos químicos para la determinación de los nutrimentos esenciales para las plantas, proporciona la información para hacer recomendaciones de fertilización a partir de los análisis de suelos; conociendo como "calibración" a la relación existente entre los valores-

del análisis químico del suelo y el incremento en el rendimiento logrado por la aplicación de un fertilizante determi
nado. (19)

Los estudios de calibración tienen que ser llevados a cabo con un gran número de suelos en un rango de concentración de bajo a alto en la cantidad de nutriente que está -- siendo estudiado (Fitts y Nelson, 1956). La mayoría de los estudios de calibración se llevan a cabo inicialmente en un invernadero, bajo estas condiciones es posible un gran núme
ro de suelos con propiedades químicas variables bajo las -- mismas condiciones ambientales.

Algunas de las propuestas que han sido utilizadas para calibrar las pruebas de suelo son: relacionar el contenido del nutriente extractable del suelo con la concentración -- del nutriente que se encuentra en la planta. Para que esta propuesta tenga un significado se requiere que la evalua -- ción de los suelos sea hecha en suelos que oscilan de deficientes a no deficientes; otra propuesta es la respuesta al crecimiento (porcentaje de rendimiento). Donde los suelos -- pueden diferir en su potencial de productividad o donde las condiciones ambientales pueden ser diferentes, el rendimien
to para el tratamiento en el cual no se adiciona el nutrien
te es calculado como el porcentaje de rendimiento cuando el nutriente es adicionado. La prueba de suelo es entonces ca
librada contra porcentaje de rendimiento. (11)

3.- La colorimetría como un instrumento en el análisis --
químico de suelos.

La colorimetría es, pues una parte de la espectro-foto-
metría de absorción. El análisis colorimétrico se basa en -
lograr que un compuesto incoloro (Fósforo, boro, etc.) rea-
ccione con otro (molibdato, curcumina, etc.) para dar un --
compuesto coloreado.

El colorímetro es capaz de seleccionar una radiación -
de longitud de onda tal que la sustancia objeto del análi--
sis sea capaz de absorber; donde el sistema eléctrico del -
aparato se encarga, por medio de la fotocélula y un galvanó-
metro, de reflejar de alguna forma esa luz transmitida o --
absorvida. (5)

Los primeros pasos en un análisis fotométrico, consis-
ten en establecer las condiciones de trabajo y preparar una
curva de calibración que relacione la concentración con la-
absorvencia; las variables que influyen en la absorvencia-
mediante un fotómetro son: la naturaleza del disolvente, pH
de la solución, la temperatura, la concentración elevada de
electrólitos y la presencia de sustancias que interfieren.
Es necesario conocer estas variables y escoger un conjunto-
de condiciones analíticas adecuadas; para que la absorven--
cia no sea influida por pequeñas variables de magnitud in--
controlada; además es necesario que la precisión en el aná-
lisis espectro-fotométrico se requiera de la utilización de
celdas calibradas de buena calidad y limpias. Estas celdas-
deben calibrarse entre si con regularidad para detectar di-
ferencias causadas por rayadura, corrosión o desgaste y así

realizar una buena lectura de la solución problema mediante el fotocolorímetro. (5)

4.- Algunos trabajos de investigación realizados sobre el análisis del fósforo.

Mascareño y Villarreal; señalan que en los suelos de la comarca lagunera; el método Olsen mostró la mas alta correlación ($r=0.83$) y los otros métodos no alcanzaron significancia estadística Peech, con una $r=.137$ y Bray P_1 con una $r=0.117$, utilizándose en este trabajo el cultivo del algodón nero. (10)

Determinó Ortega, que el método mas correlacionado para los suelos de Veracruz, era el de Bray P_1 , ($r=0.74$), siguiéndole el Olsen ($r=0.60$) y Peech Morgan ($r=0.54$); al correlacionar el contenido de fósforo en el suelo detectado por cada método con los rendimientos de maíz. (12)

Trabajando con muestras del área de Puebla, Anzastigo y Etchevers encontraron los mejores valores de correlación para los métodos de Bray P_1 , y Mehlich 2, para el análisis del fósforo asimilable. (1)

En su investigación de correlación y trabajando con el cultivo del sorgo en los suelos de la mesa Central de México Cáceres R. , obtuvo un coeficiente de correlación de -- 0.87 para el método Olsen y de 0.78 para el método de Peech, Morgan. (3)

Leal et,al; trabajando con suelos de la zona Norte de

Tamaulipas determinó que el método mas correlacionado y que se recomienda para esa zona es el Olsen modificado relación suelo: extractante 1:4, tiempo de agitación 15 minutos; utilizándose para este experimento el cultivo del maíz. (19)

En su trabajo con suelos de la zona Centro de Tamaulipas (Cota, et, al), se encontró que el método más consistente para determinar fósforo es el Olsen modificado en una relación suelo: extractante 1:4, 15 minutos de agitación, trabajando con el cultivo del maíz. (19)

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos realizados en este estudio se llevaron a cabo en el invernadero y laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León - (F.A.U.A.N.L.); tomándose para éste muestras de suelo localizadas en la región norte, centro y sur del estado de Nuevo León.

1. Selección de los puntos de estudio.

El criterio considerado para la selección de los puntos a estudiar se basó en el uso del archivo del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. ya que comprende un amplio rango de análisis de suelos que abarcan las tres zonas del Estado de Nuevo León (Norte, Centro y Sur). Estas zonas se clasificaron de acuerdo a su grado de fertilidad en suelos pobres, medios y ricos, considerando las variables materia orgánica, fósforo aprovechable y potasio aprovechable que a continuación se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación utilizada para los suelos seleccionados:

| GRADO DE FERTILIDAD | MATERIA ORGANICA (%) | FOSFORO (ppm) | POTASIO (Kg/ha) |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| POBRE | 0.1 - 1.8 | 0-40 | 2.0- 210 |
| MEDIO | 1.81- 3.0 | 41-80 | 211- 350 |
| RICO | + 3.1 | + 81 | + 351 |

De cada zona y tipo de suelo se seleccionó como mínimo dos muestras para asegurar el gradiente de fertilidad.

Las muestras se tomaron de tal manera que fueran representativas del área de estudio y fueron tomadas a una profundidad de treinta cms.

Se tomó un volumen de suelos suficiente para llevar a cabo todos los análisis correspondientes el cual se llevó al laboratorio de suelos donde se secaron al aire, molieron y pasaron por un tamiz con mallas de 2 mm. de diámetro.

2. Caracterización de las muestras de suelo en estudio.

Los análisis realizados en estas muestras fueron con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas de los suelos para estudiar alguna relación con los métodos de extracción del fósforo asimilable, en los suelos bajo estudios en los cuales se determinó lo siguiente:

Textura .- Se determinó por el método Bouyoucos donde se elimina previamente la materia orgánica con H_2O_2 al 6%.

Reacción del suelo (pH).- se determinó en una suspensión acuosa con una relación agua/suelo de 2:1 mediante un potenciómetro.

Materia Orgánica (%).- Se usó el método de Walkley y Blak.

$CaCO_3$.- por titulación con HCL (con fenoftaleina como indicador).

Fósforo (ppm).- Se determinó mediante el método Olsen-modificado.

06385

Una vez efectuado este estudio se procedió a la selección de localidades para grado de fertilidad (Pobre, Medio y Rico) y para cada región (Norte, centro y sur) para ésto se buscó que coincidiera; para cada grado de fertilidad, en el mayor número de características.

Las localidades seleccionadas para este trabajo de investigación fueron las siguientes:

| ZONA | LOCALIDAD | GRADO DE FERTILIDAD |
|--------|-----------------|---------------------|
| Norte | Santa Rosa | Pobre |
| | Dulces Nombres | Medio |
| | Nueva Ramoncita | Rico |
| Centro | Vistahermosa | Pobre |
| | Caja Pinta | Medio |
| | Lirios | Rico |
| Sur | Sandía | Pobre |
| | Salero | Medio |
| | Puentes | Rico |

La ubicación de los suelos muestreados de las diferentes localidades se muestran en la figura .1.

3.- Análisis de suelos.

Los suelos seleccionados fueron analizados bajo las siguientes metodologías:

- a) Olsen tradicional.
- b) Olsen + Quelante (EDTA)



Figura 1 Ubicación de las localidades seleccionadas.

c) Olsen + (Tartrato de Antimonio y Potasio)

d) Bray P₁ (NH₄F 0.03 N + HCL 0.025 N).

A continuación se describe cada uno de los métodos utilizados en este estudio:

a) Olsen Tradicional.- Los reactivos utilizados en este método fueron los siguientes:

Solución Extractante.- Disolver 42.01 gr. de NaHCO₃ en un litro de agua destilada, ajustar el pH a 8.5 con NaOH.

Molibdato de Amonio.- Disolver 15 gr. de molibdato de amonio en 300 ml. de agua caliente a 50°C filtre si es necesario, enfrie la solución se añade 400 ml. de HCL 10 N. Deje enfriar y afore a 1 litro (caduce a las 8 semanas).

HCL 10 N.- Para preparar este es necesario colocar - - 333.33 ml. de HCL concentrado y aforar a 1 litro.

Cloruro Estañoso Diluido.- De la solución concentrada tome .01 ml. y dilúyalo con 26.6 ml. de agua destilada (caduce a las cuatro horas).

Cloruro Estañoso Concentrado.- Diluya 10 gr. de SnCl₂ en 25 ml. de HCL. concentrado (caduce a los 6 meses).

Procedimiento.

Pese 2.5 gr. de suelo, agregue 50 ml. de la solución extractora, además una punta de espátula de carbón activado, tapar los frascos y ponerlo en el agitador mecánico por 30 minutos.

Filtrar con papel filtro No. 40 en embudo de plástico, recibiendo el extracto en un matraz de 50 ml.

Tomar 5 ml. del extracto y ponerlos en un matraz de --
aforación de 50 ml. agregándole 10 ml. de agua destilada, 5
ml. de molibdato de amonio y agitar. Añadir una poca de ---
agua para lavar las paredes del matraz.

En un vaso diluir 0.1 ml. de SnCl_2 en 26.6 ml de H_2O --
destilada de esta solución agregue 2 ml. a los matraz de --
aforación y completar con H_2O .

Leer a una longitud de onda a 660 mm.

b) Olsen + Quelante (EDTA).- Los reactivos utilizados-
fueron los siguientes:

Solución Extractora Modificada de NaHCO_3 :

0.5 N NaHCO_3 , 0.01 M EDTA con 0.5 g de superfloc 127/10 Lts.

Preparación.- Disolver 420 g. de NaHCO_3 en agua destilaa
da, disolver 0.5 g. de Superfloc 127 en 200 a 400 ml. de --
agua destilada.

Mezclar las tres soluciones antes mencionadas con agua
destilada y llevar a volumen de 10 litros. Ajustar el pH a-
8.5 con NaOH y luego guardar la solución en un frasco de po
lietileno.

Cloruro Estañoso Concentrado.- Disolver 3 gramos de --
cloruro en 10 ml. de ácido clorhídrico concentrado. Calen--
tar levemente si fuera necesario. Diluir con agua destilada
a un volumen de 100 ml. y mantenerla en un frasco ambar, --
herméticamente cerrado y en refrigerador.

Molibdato de Amonio Concentrado.- Disolver 25 gr. de -
molibdato de amonio en aprox. 200 ml. de agua destilada, --

agregar 275 ml. de ácido sulfúrico concentrado y aproximadamente 600 ml. de agua destilada, cuando las soluciones antes mencionadas se han enfriado, mezclarlas y diluir a un volumen de 1 litro, colocar en refrigerador.

Cloruro Estañoso Diluido.- El día que se va a usar diluir 5 ml. del concentrado a un volumen de un litro con una solución conteniendo un gr. de gelatina libre de fósforo, - por litro.

Molibdato de Amonio Diluido.- El día en que se va a -- usar diluir 100 ml. del concentrado a un volumen de un li-- tro.

Procedimiento:

Coloque 2.5 gr. de suelo y 25 ml. de la solución ex- - tractora en un frasco reactivo, agite a una velocidad lenta durante 10 minutos, filtre usando papel Whatman Num. 1, des- pués tome 2 ml. del filtrado agregue 8 ml. de la solución - diluida de cloruro estañoso y 10 ml. de la solución de mo-- libdato de amonio diluida y afore a 50 ml. con agua destila- da, deje reposar por 10 minutos para el desarrollo del co-- lor y lea el porcentaje de absorvancia a 670 mm.

c) Olsen + (tartrato de Antimonio y Potasio).- Los - - reactivos utilizados son los siguientes:

Solución extractante.- Disuelva 42 gr. de bicarbonato- de sodio en agua destilada y complete un litro. El pH de es- ta solución debe ajustarse a 8.5.

Reactivo Mezclado.- Disuelva 12.0 gr. de molibdato de- Amonio en 300 ml. de agua. Disuelva 0.145 gr. de tartrato -

de Antimonio y Potasio en 50 ml. de H_2SO_4 5N (148 ml. H_2SO_4 concentrado por litro) Mezcle las dos soluciones y luego complete a un litro. Guarde esta solución en un lugar fresco y oscuro.

Reactivo para el desarrollo del color.- Agregue 1.025-gr. de ácido ascórbico a 200 ml. de reactivo mezclado. Este reactivo debe prepararse fresco cada vez que se necesite.

Procedimiento.

Coloque 2.5 gr. de suelo, agregue 50 ml. de la solución extractante, agite por 30 minutos, filtre utilizando 5 ml. del filtrado para el desarrollo del color, colocando 5-ml. del reactivo color mediante una bureta y deje reposar por 15 minutos, lea la intensidad del color desarrollado a 880 mm.

d) Bray P_1 (NH_4F 0.03 N + HCL 0.025 N).- Los reactivos utilizados son los siguientes:

Solución Extractante.- Disuelva 1.11 gr. de fluoruro amónico en un litro de Acido Clorhídrico 0.025 N.

Molibdato Amónico.- Al 1.5 por 100 en ácido clorhídrico 3.5 N. Guarde en frasco topacio y renueve cada dos meses.

Cloruro Estañoso.- Disuelva 10 gr. de cloruro de estaño (Cl_2Sn2H_2O) en 25 ml. de ácido clorhídrico concentrado, en frasco de color negro hermeticamente cerrado (debe renovarse cada seis semanas).

Cloruro Estañoso Diluido.- Diluya 1 ml. de la anterior solución con 330 ml. de agua destilada. Renueve cada dos horas.

Procedimiento.

Pese un gramo de suelo, añada 7 ml. de la solución extractora, agite durante 5 minutos. Filtre inmediatamente, - tome un ml. del filtrado, añada 6 ml. de agua destilada, 2-ml. de molibdato de Amonio y 1 ml. de cloruro estañoso diluido, y lea el color después de 6 minutos y antes de 15, a - una longitud de 600 mm.

La extracción del fósforo asimilable se llevó a cabo - para cada uno de los métodos antes mencionados, realizándose tres repeticiones en cada método para tener mayor confiabilidad y seguridad en los resultados obtenidos; todas las lecturas colorimétricas de cada método fueron expresadas en % de absorvancia mediante un fotocolorímetro de sistema - - PMQ₃ Carl Zeiss.

Se preparó para cada uno de los métodos una curva de - calibración de fósforo, utilizándose para ello cantidades - conocidas en partes por millón (ppm) de fósforo, a las cuales correspondía una lectura expresada en % de absorvancia - en el fotocolorímetro.

Los valores de contenido de fósforo en el suelo, se -- obtuvieron relacionando las lecturas en % de absorvancia de cada alicuota del extracto de la muestra, con las lecturas - obtenidas en la curva de calibración de cada método y pos-- teriormente multiplicando por el factor de dilución de cada método ensayado para obtener así las (ppm) de fósforo pre-- sentes en la muestra.

4. Desarrollo del experimento en el Invernadero.

Como unidad experimental se utilizaron vasos de frigitite de 200 ml. colocando 150 ml. de suelo en cada uno de ellos.

Los tratamientos probados en cada zona y cada tipo de suelo se presentan a continuación.

Cuadro No.2.- Concentraciones aplicadas del elemento puro - (ppm).

| ELEMENTO | ZONA | COMUNIDAD | NIVELES | | | |
|----------|--------|-----------------|----------|------|-------|--------|
| | | | Ausencia | Bajo | Medio | Alto |
| P | Norte | Santa Rosa | - | - | - | 50.72 |
| " | " | Dulces Nombres | - | - | - | 50.72 |
| " | " | Nueva Ramoncita | - | - | - | 50.72 |
| P | Centro | Vista Hermosa | - | - | 19.88 | 109.88 |
| " | " | Caja Pinta | - | - | 19.88 | 109.88 |
| " | " | Lirios | - | - | 19.88 | 109.88 |
| P | Sur | Sandía | - | 4.40 | 58.40 | 60.50 |
| " | " | Salero | - | 4.40 | 58.40 | 60.50 |
| " | " | Puentes | - | 4.40 | 58.40 | 60.50 |

-No se aplico el elemento.

Las fuentes para la preparación de las soluciones nutritivas de fósforo fué H_3PO_4 con una concentración del 31.60% siendo de la mejor pureza química.

Se utilizó el riego por capilaridad, usándose como tubo

capilar un material hecho de tela compactada, colocado en el fondo del vaso.

Los recipientes para las soluciones nutritivas eran de plástico con una profundidad de 15 cm. y con el área suficiente para colocar sobre ellos nueve vasos. Los vasos sostenidos sobre una malla de acero inoxidable, ensamblada sobre el recipiente que contenía la solución nutritiva.

El cultivo utilizado en ese experimento fué el sorgo -- (Sorghum bicolor L.) usando semilla LES-99R de la FAUANL, -- fué utilizada como planta indicadora.

Se germinaron las semillas en charolas metálicas utilizando como medio de propagación perlita. Una vez que estas germinaron se trasplantaron 5 plantas por vaso, que son las requeridas para este experimento. El establecimiento del trabajo se llevó a cabo 11 días después de haber efectuado la siembra.

Las plantas se cosecharon a los 40 días después del transplante, cortándose a 1 cm. por encima de la superficie del suelo.

Las observaciones tomadas de la cosecha fueron altura de planta y rendimiento en materia seca, diámetro de tallo y rendimiento en materia verde. Las plantas fueron secadas en una estufa a una temperatura de 70°C, obteniéndose así el peso de la materia seca.

5. Análisis Foliar.

La determinación del fósforo foliar se utilizó como un índice para medir la eficiencia de los métodos químicos probados.

Se pesaron 0.5 gr. de muestra vegetal, se coloca en -- una mufla a 400°C por espacio de 2 a 4 horas, al final se -- deben presentar cenizas de color blanco o gris, se enfría y luego se aplican 5 ml. de HNO_3 1 N y llevar a la sequedad -- en una plancha de secado, una vez hecho esto se coloca en -- la mufla por espacio de 15 minutos obteniéndose una ceniza -- blanca, se añade 10 ml. de Acido clorhídrico 1 N y se fil -- tra, una vez filtrado se agregan 10 ml. de ácido clorhídri -- co 1 N y se afora a 50 ml. con agua destilada; se tomó una -- alícuota de 2 a 4 ml. y se le desarrolla el color aplicando 10 ml. del molibdato amarillo-vanadato, se agita y se repo -- sa por 30 minutos y se lee a una longitud de onda de 450 mm. en un fotocolorímetro.

El análisis foliar se realizó en tres repeticiones pa -- ra tener mayor seguridad y confiabilidad en los resultados -- obtenidos, las lecturas obtenidas en este método fueron ex -- presadas en % de absorvancia.

Se preparó para este método una curva de calibración -- de fósforo para conocer los valores del contenido de fósfo -- ro foliar en las muestras y luego se multiplicó por un -- -- -- factor de dilución para obtener las (ppm) de fósforo presen -- tes en la muestra.

6. Análisis Estadísticos.

La evaluación estadística de los resultados fué realizada en el Centro de Estadística y Cómputo de la FAUANL.

Los análisis estadísticos realizados fueron los siguientes.

Análisis de correlación entre los métodos químicos del suelo contra el método foliar y rendimiento en materia seca.

Correlación de:

- a) Olsen Tradicional vs Amarillo-vanadato y con Rendimiento en materia seca.
- b) Olsen + Quelante (EDTA) vs Amarillo-vanadato y con Rendimiento en materia seca.
- c) Olsen + (tartrato de Antimonio y Potasio) vs Amarillo-vanadato y con Rendimiento en materia seca.
- d) Bray P_1 vs. Amarillo-vanadato y con Rendimiento en materia seca.

Además se estableció una función, a través del uso de la regresión lineal múltiple, de las variables mencionadas anteriormente considerando como variable dependiente en un caso el rendimiento de materia seca y en el otro la concentración de las muestras a través del método foliar amarillo-vanadato, la variable independiente fué la determinación de P en cada uno de los métodos probados.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del trabajo de investigación que se realizó en el laboratorio e invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Cuadro No.3.- Caracterización química de los suelos seleccionados para la correlación y calibración de Metodología Química de P disponible.

| Zona | Comunidad | pH | M _o O (%) | P (ppm) | K (Kg/Ha) | CaCo ₃ (%) | CFR de "P" (%) |
|--------|----------------|------|-------------------------|------------|--------------|--------------------------|-------------------|
| Norte | Nva. Ramoncita | 7.80 | 2.03 | 130.37 | 221.2 | 24.6 | 33.27 |
| " | Dulces Nombres | 8.05 | 2.07 | 61.47 | 217. | 23.65 | 87.33 |
| " | Santa Rosa | 7.80 | 1.79 | 7.99 | 137.2 | 24.875 | 67.96 |
| Centro | Lirios | 7.55 | 3.17 | 172.73 | 351 | 3.95 | 97.07 |
| " | Caja Pinta | 7.70 | 2.89 | 54.70 | 137.2 | 24.975 | 87.56 |
| " | Vista Hermosa | 7.80 | 3.10 | 38.11 | 126 | 16.75 | 69.80 |
| Sur | Puentes | 7.85 | 4.0 | 84.21 | 351 | 24.95 | 71.41 |
| " | Salero | 7.70 | 2.82 | 68.84 | 351 | 24.72 | 87.16 |
| " | Sandia | 7.70 | 5.45 | 11.67 | 186.2 | 24.25 | 79.12 |

CFR= Capacidad de fijación Relativa.

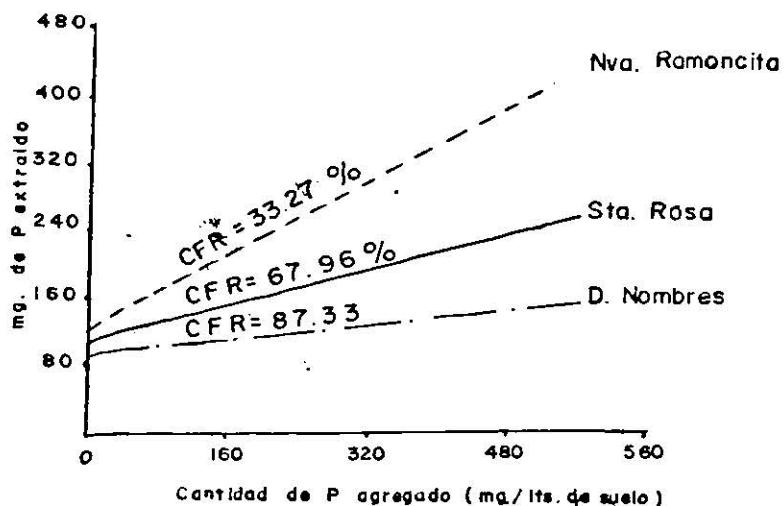
En el cuadro No. 3 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización química de los suelos en estudio; donde se muestran diferentes variaciones en cuanto a las características estudiadas, el pH de las muestras en estudio

varió de 7.55 a 8.05, el contenido de materia orgánica -- fluctuó entre 1.79% a 5.45%, en lo que respecta al contenido de fósforo (Olsen) fluctúan entre 7.99 ppm y 172.73 ppm- y en potasio (Peech y English) extraíble varió de 126 Kg/Ha- hasta + de 351 Kg/Ha, el contenido de carbonato de calcio - resultó ser desde 3.95% hasta 24.975%, y en lo que se refiere a la capacidad de fijación relativa del fósforo las muestras utilizadas fluctúan desde 33.27% a 97.07%.

En la figura No. 2 se observa la capacidad de fijación relativa para fósforo en los suelos seleccionados mediante las curvas de sorción y además se presentan los modelos de regresión encontrados; donde se muestran que en las diferentes Zonas del Estado se encontró suelos altos, medios y bajos con respecto a la capacidad de fijación del fósforo; como es en el caso de la Zona Centro donde se encontró que el suelo de mayor porcentaje de fijación (97.07%) fue el de -- Lirios, mientras que en la Zona Norte el suelo de Nueva Ramoncita alcanzó un porcentaje de fijación del 33.27; en general la mayoría de los suelos seleccionados poseen un alto porcentaje de fijación que fluctúa aproximadamente entre un 65 y 85%.

Una vez caracterizados los suelos se procedió a la implementación de las metodologías a probar iniciándose con la elaboración de las curvas de calibración de cada método.

En la figura No. 3. se presentan las curvas de calibra-

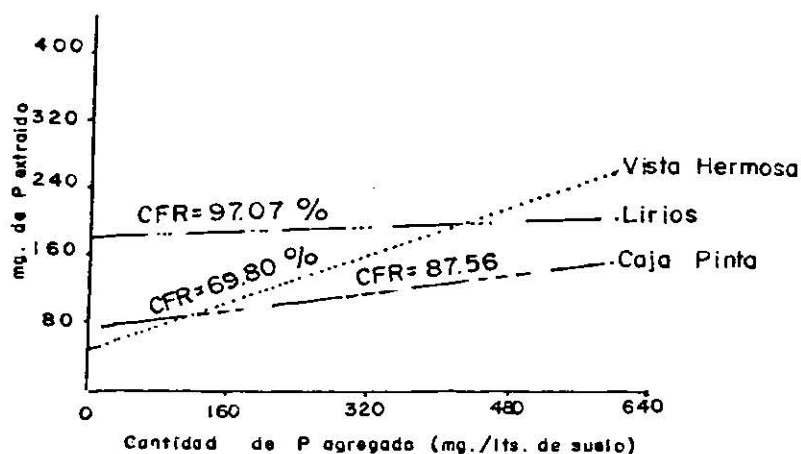


$$\text{Sta. Rosa } y_{ij} = 128.13228 + 0.3203007 X_i$$

$$\text{D. Nombres } y_{ij} = 111.28885 + 0.1266883 X_i$$

$$\text{Nva. Ramon- } y_{ij} = 147.57600 + 0.6672897 X_i$$

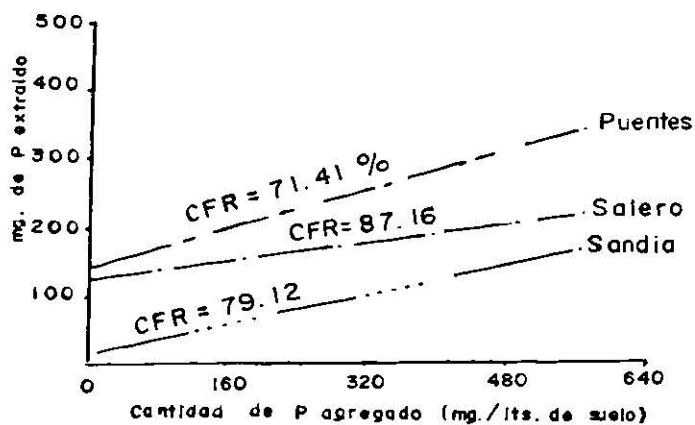
cita



$$\text{Vista Hermosa } y_{ij} = 52.120142 + 0.3019254 X_i$$

$$\text{Caja Pinta } y_{ij} = 75.1543594 + 0.1243594 X_i$$

$$\text{Linos } y_{ij} = 181.76359 + 0.0292433 X_i$$



$$\text{Sandia } y_{ij} = 13.609285 + 0.2087412 X_i$$

$$\text{Salero } y_{ij} = 101.50387 + 0.1283858 X_i$$

$$\text{Puentes } y_{ij} = 116.81375 + 0.2858500 X_i$$

Figura 2. Curvas de sorción para "P" en la Zona Norte, -- Centro y Sur y sus modelos de regresión.

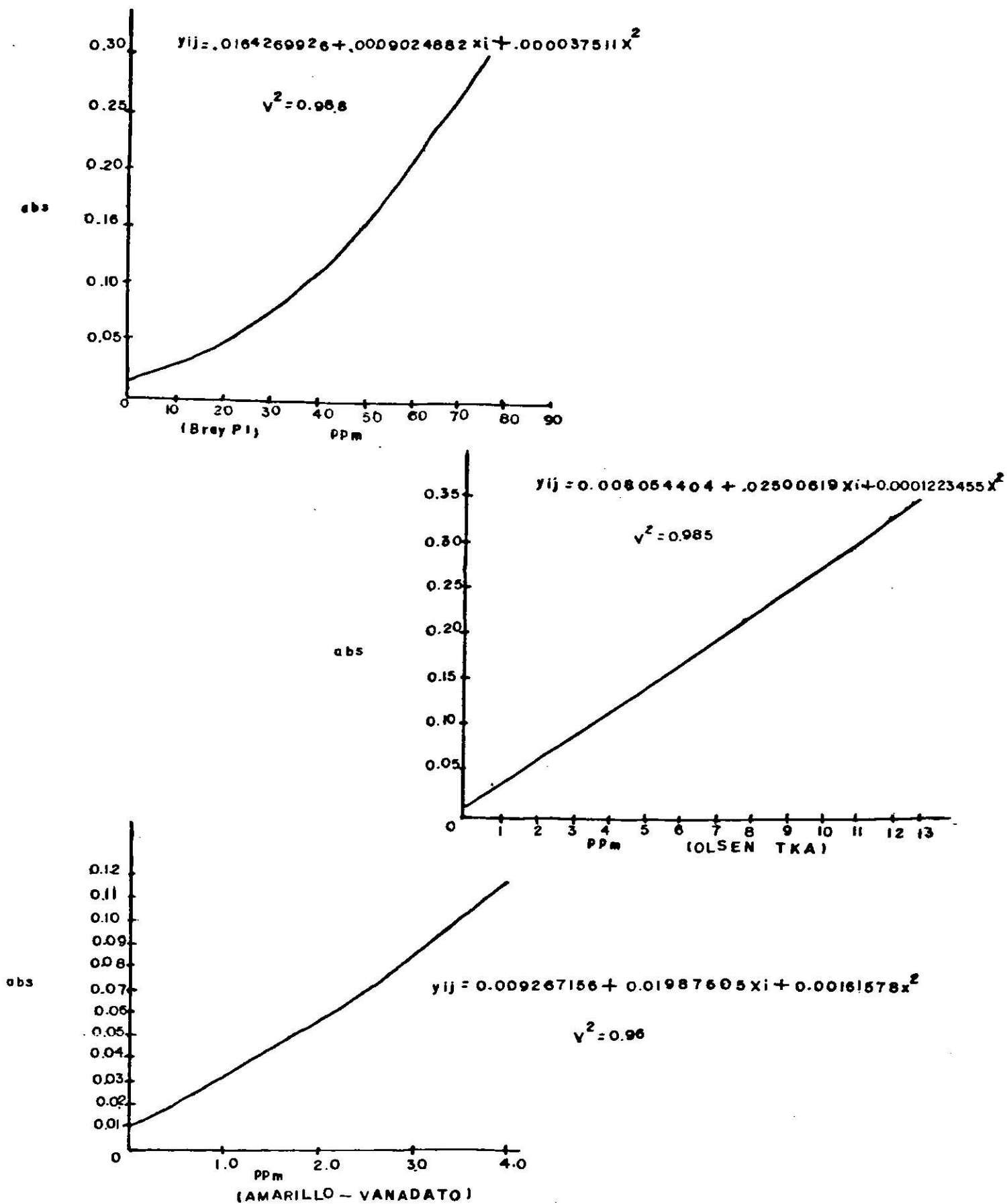


Figura 3 A.- Curvas de calibración de los métodos probados - y sus modelos y r^2 .

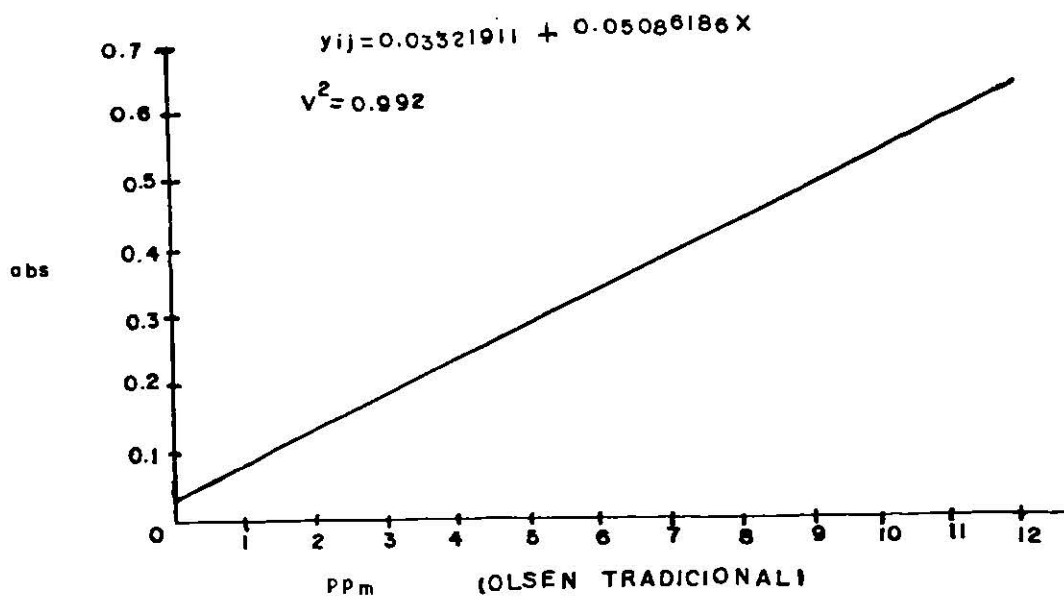
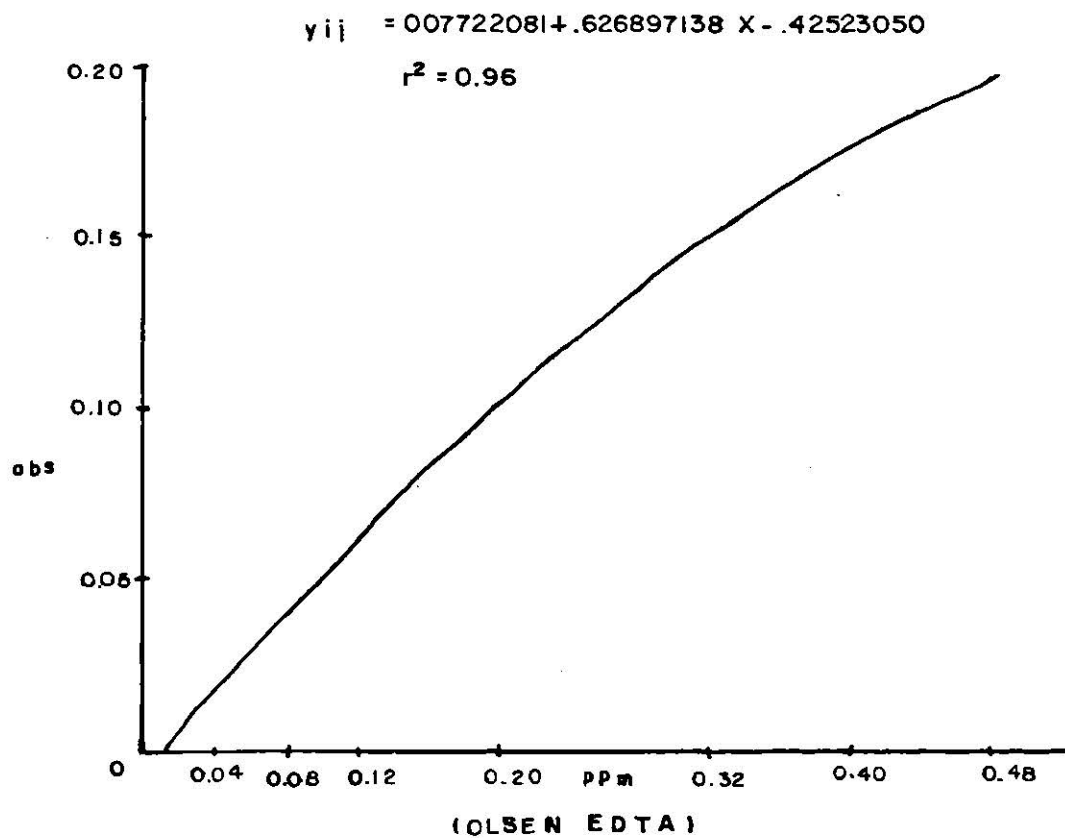


Figura 3 B.- Curvas de calibración de los métodos probados - y sus modelos y r^2 .

ción para cada uno de los métodos probados con sus modelos respectivos y sus valores de R^2 , con fines predictivos dichas curvas fueron seleccionadas a través de modelos de regresión simple y múltiple; las cuales fueron utilizadas en este trabajo de investigación para obtener las ppm de fósforo presentes en las muestras, al relacionar las lecturas en % de absorvancia de cada alicuota del extracto de las muestras, con las lecturas obtenidas en las curvas de calibración de cada método.

Los suelos seleccionados fueron evaluados en cuanto a su disponibilidad de fósforo a través de cada método realizándose tres repeticiones en cada evaluación, éstos resultados se muestran en el ápendice en los cuadros No. 13,14,15-16.

Se evaluó el fósforo total en las plantas a través del método del amarillo-vanadato realizándose tres repeticiones sobre cada muestra de materia seca. Los resultados se muestran en el cuadro No. 17 del ápendice.

Para seleccionar el mejor método de análisis químico para la evaluación de fósforo disponible en el suelo se utilizaron como índices la cantidad de fósforo extraíble a través de cada método, el rendimiento en materia seca y el contenido de fósforo total en la planta realizándose una correlación entre estas variables.

Cuadro No. 4.- Coeficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección para la Zona Norte de Nuevo León.

| Métodos | Amarillo-Vanadato (r) | Rendimiento de Materia Seca (r) |
|---------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Olsen Tradicional | 0.81** | 0.77** |
| Olsen (EDTA) | 0.85** | 0.73** |
| Olsen (TKA) | 0.83** | 0.78** |
| Bray P ₁ | 0.29 n.s. | 0.45 n.s. |

** = Altamente significativo.

n.s. = No significativo.

En el cuadro No. 4 se presentan los coeficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección. Para la Zona Norte de N.L. se puede observar que el fósforo absorbido por la planta presenta correlaciones altas con la concentración del elemento en el suelo por medio del método Olsen (EDTA) con un $r=0.85$ siguiéndose el método Olsen (T.K.A.) con un $r=0.83$, Olsen Tradicional con $r=0.81$ y el de Bray P₁, con un $r=0.29$ lo que sugiere que el método Olsen (EDTA) es el más prometedor para utilizarlos en suelos de esta zona, utilizando como índice de evaluación la cantidad de fósforo absorbido por la planta; considerando el ren-

dimiento en materia seca se puede observar que los coeficientes de correlación mas altos en relación con la concentración en el suelo se presentan en el método Olsen (EDTA) y el Olsen (T.K.A.) con un $r=0.78$ respectivamente lo cual muestra que tomando como índice de evaluación al rendimiento de materia seca estos métodos fueron los mas prometedores para la evaluación de fósforo en la Zona Norte de N.L. en general para los suelos de la Zona Norte se puede utilizar cualquiera de los métodos de Olsen ya que estadísticamente no hay diferencia entre estos métodos; mientras que el método Bray P_1 , no es adecuado para estas condiciones.

Cuadro No.5.- Modelos encontrados (simple y múltiple) para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en la Zona Norte de N.L. en relación con el contenido de fósforo en la planta.
(Amarillo-Vanadato).

| Métodos | Modelos Encontrados | R^2 |
|-------------------|---|-------|
| Olsen Tradicional | $Y_i = -521.3260 + 14.17051X - 0.01493596 X^2$ | 0.74 |
| Olsen (EDTA) | $Y_i = -174.6802 + 24.41969X$ | 0.72 |
| Olsen (T.K.A.) | $Y_i = -1431.306 + 5.167962X - 0.001538441 X^2$ | 0.76 |
| Bray P_1 | | |

Y= ppm de fósforo foliar obtenidos por el método amarillo-vanadato.

X= ppm de fósforo extraídos por los métodos probados.

En el cuadro No. 5 se muestran los modelos encontrados-

de cada método en esta zona; donde se utilizó regresión simple y múltiple para relacionar la variable en estudio con los diferentes índices de selección.

Cuadro No.6.- Coeficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección, para la Zona Centro de N.L.

| Métodos | Amarillo-Vanadato (r) | Rendimiento Materia Seca (r) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Olsen Tradicional | 0.097 n.s. | 0.98** |
| Olsen (EDTA) | 0.172 n.s. | 0.98** |
| Olsen (T.K.A.) | 0.115 n.s. | 0.97** |
| Bray P ₁ | 0.102 n.s. | 0.98** |

**= Altamente significativo.

n.s.= No significativo.

En el cuadro No. 6 donde se presentan los coeficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección para la Zona Centro de N.L. se puede observar que el método amarillo-vanadato presenta coeficientes de correlación bajos con la concentración en el suelo; por lo que estos métodos no mantienen relación. Mientras que utilizando el otro índice que es el rendimiento de materia seca se presentaron altos coeficientes de correlación en los cuatro --

métodos estudiados.

Cuadro No.7.- Modelos encontrados (simple y múltiple) para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en la Zona Centro de Nuevo León en relación con el contenido de la planta. (Amarillo-Vanadato).

| Método | Modelos Encontrados | R^2 |
|---------------------|---|-------|
| Olsen Tradicional | $Y_i = 780.8015 + 5.529461X - 0.003906298 X^2$ | 0.30 |
| Olsen (EDTA) | $Y_i = 491.4259 + 33.11562 X - 0.2215357 X^2$ | 0.23 |
| Olsen (T.K.A.) | $Y_i = 19.57862 + 3.21036 X - 0.001077270 X^2$ | 0.19 |
| Bray P ₁ | $Y_i = 1256.142 + 0.000003594855X - 0.07612197 X^2$ | 0.04 |

Y= ppm de fósforo foliar.

X= ppm de fósforo extraídos por los métodos probados.

En el cuadro No. 7 se presentan los modelos encontrados para cada método químico de extracción de fósforo del suelo en relación con el fósforo en la planta en la Zona Centro de Nuevo León.

Cuadro No. 8.- Coeficientes de correlación (r) para los métodos químicos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección para la Zona Sur de Nuevo León.

| Métodos | Amarillo-Vanadato (r) | Rendimiento Materia Seca (r) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Olsen Tradicional | - 0.39 n.s. | 0.68** |
| Olsen (EDTA) | - 0.54 n.s. | 0.71** |
| Olsen (T.K.A.) | - 0.42 n.s. | 0.85** |
| Bray P ₁ | 99.00 n.s. | 99.00n.s. |

**= Altamente significativo.

n.s.= No significativo.

En el cuadro No. 8 se muestran los coeficientes de correlación (r) para los métodos de extracción de fósforo del suelo vs. los diferentes índices de selección para la Zona Sur de Nuevo León lo cual muestra que el método amarillo -- vanadato no correlaciona positivamente con la concentración en el suelo, por lo que éste método se considera no eficiente para el estudio de esta relación, por lo tanto es conveniente utilizar como índice de selección el rendimiento en materia seca donde se observa que el método Olsen (T.K.A.) es el de mayor correlación, siguiéndole el Olsen (EDTA) y el Olsen Tradicional (Cuadro No. 8) y en donde se puede deducir que el Método Olsen (T.K.A.) es eficiente en esta Zona para la evaluación de fósforo en el suelo; pero en general-

se muestra que cualquiera de los 3 métodos de Olsen pueden ser utilizados en la evaluación de fósforo ya que no existe gran diferencia estadística; mientras que el método Bray P₁ no se recomienda para esta zona ya que la solución extractora tiene un pH ácido y los suelos presentan un pH alcalino-- ocasionando que se neutralice la solución y evite la evaluación de P.

Cuadro No.9.- Modelos encontrados para cada método químico - de extracción de fósforo del suelo en la Zona Sur de Nuevo León en relación con el P en la - planta (Amarillo-vanadato).

| Método | Modelos Encontrados | R ² |
|---------------------|--|----------------|
| Olsen Tradicional | $Y_i = 614.1296 - 0.09775708X - 31.68160$ | X^2 0.22 |
| Olsen (EDTA) | $Y_i = 1723.372 + 76.05979X - 0.7968368$ | X^2 0.51 |
| Olsen (T.K.A.) | $Y_i = 2299.723 + 3.554576X - 0.004246644$ | X^2 0.19 |
| Bray P ₁ | | |

Y= ppm de fósforo foliar.

X= ppm de fósforo extraídos por los métodos probados.

En el cuadro No. 9 se pueden observar los modelos encontrados para cada método de extracción de fósforo en el suelo en relación con el fósforo en la planta; en la Zona -- Sur de Nuevo León.

Cuadro No.10.- Modelos encontrados entre el rendimiento de materia seca y concentración en el suelo por cada método y sus R^2 respectivamente en los suelos de -- cada zona del Estado de N.L.

| Zona | Método | Modelo | R^2 |
|--------|---------------------|--|-------|
| Norte | Olsen Tradicional | $Y_i = 0.3766846 + 0.00003628286X$ | 0.61 |
| " | Olsen (EDTA) | $Y_i = 0.2617148 + 0.0006042498X$ | 0.50 |
| " | Olsen (T.K.A.) | $Y_i = 0.2078470 + 0.01339905X$ | 0.94 |
| Centro | Olsen Tradicional | $Y_i = 0.79242597 - 0.04793912X + 0.00005041650 X^2$ | 0.98 |
| " | Olsen (EDTA) | $Y_i = 0.2048956 + 0.002134452X$ | 0.96 |
| " | Olsen (T.K.A.) | $Y_i = 0.2078470 + 0.01339595X$ | 0.94 |
| " | Bray P ₁ | $Y_i = 0.4067585 + 0.00000005716393X$ | 0.95 |
| Sur | Olsen Tradicional | $Y_i = 1.503735 - 0.1397577X + .0004831615 X^2$ | 0.72 |
| " | Olsen (EDTA) | $Y_i = 0.4919182 + 0.0009304150X$ | 0.60 |
| " | Olsen (T.K.A.) | $Y_i = 0.1295356 + 0.00001426066X$ | 0.84 |

Obtenidos los coeficientes de correlación para los métodos químicos probados se determinaron los niveles de respuesta probable a la fertilización con fósforo, para lo - - cual se siguió el procedimiento de Cate y Nelson a través - de un sistema de coordenadas que permitió estimar las proba- bilidades de respuesta a la fertilización.

Por otra parte se relacionó el rendimiento relativo en Materia Seca con la cantidad de fósforo extraído, esta in- formación fué analizada para el Estado de Nuevo León en ge- neral (figura No.4).

Los valores obtenidos de los rendimientos de materia - seca se muestran en el apéndice en los cuadros 18, 19 y 20.

El nivel crítico para el método de Olsen Tradicional - fué de 288.3 ppm, para el método Olsen (EDTA) fué de 42.18- ppm y para Olsen (T.K.A.) fué de 988 ppm.

Con la finalidad de estudiar la respuesta a la fertili- zación fosfatada en los suelos seleccionados se realizó un- análisis de varianza para rendimiento en materia seca.

Los resultados del análisis de varianza se encuentran- en el apéndice en el Cuadro 21 y 22, estos resultados mues- tran respuesta significativa y altamente significativa a la fertilización en los suelos de Dulces Nombres y Caja Pinta, respectivamente. La comparación de medias se presenta en los cuadros 11 y 12.

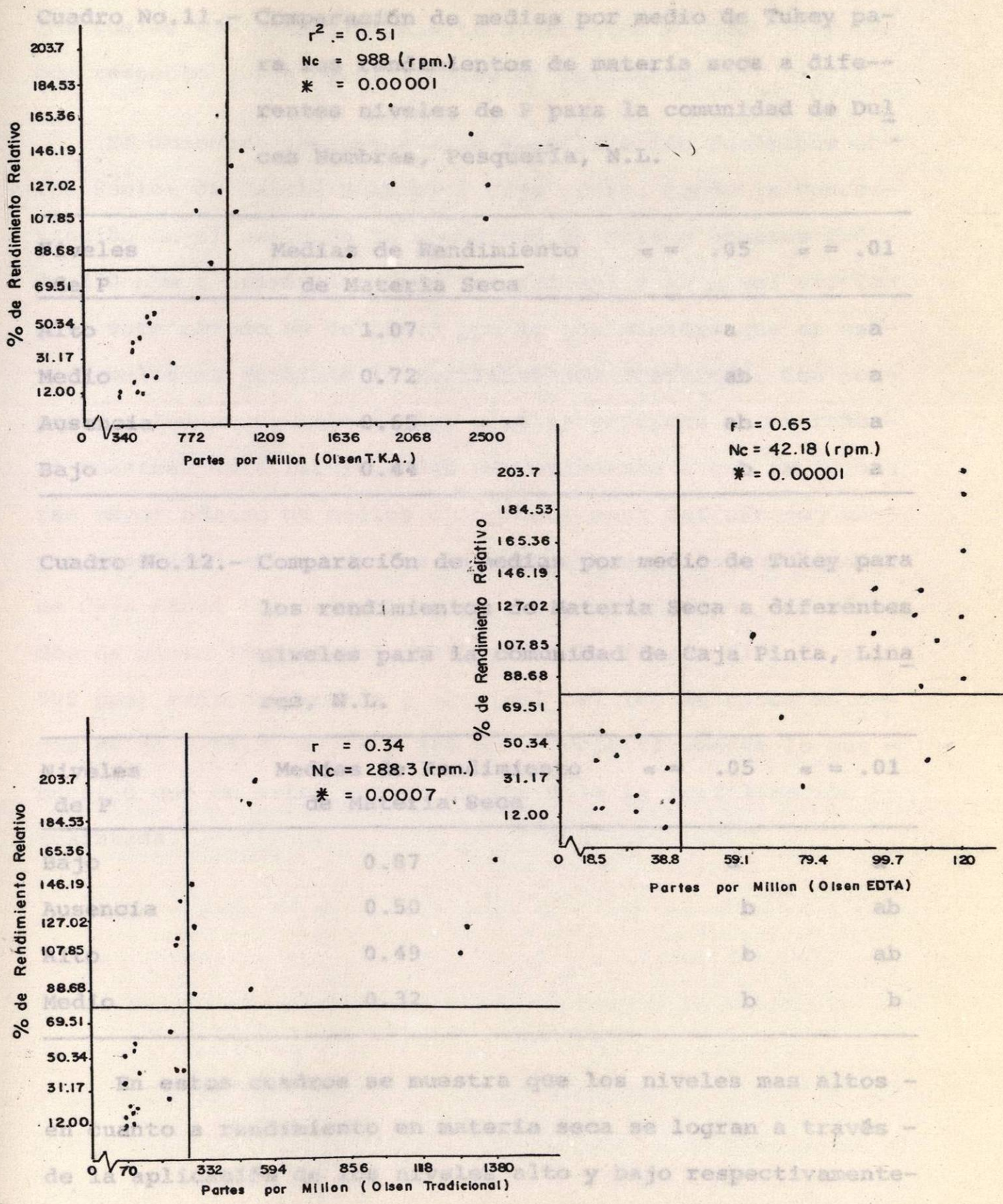


Figura 4. Niveles críticos encontrados en los diferentes métodos químicos para la extracción de "P" en el suelo.

Cuadro No.11.- Comparación de medias por medio de Tukey para los rendimientos de materia seca a diferentes niveles de P para la comunidad de Dulces Nombres, Pesquería, N.L.

| Niveles de P | Medias de Rendimiento de Materia Seca | $\alpha = .05$ | $\alpha = .01$ |
|--------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Alto | 1.07 | a | a |
| Medio | 0.72 | ab | a |
| Ausencia | 0.65 | ab | a |
| Bajo | 0.44 | b | a |

Cuadro No.12.- Comparación de medias por medio de Tukey para los rendimientos de Materia Seca a diferentes niveles para la comunidad de Caja Pinta, Linares, N.L.

| Niveles de P | Medias de Rendimiento de Materia Seca | $\alpha = .05$ | $\alpha = .01$ |
|--------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Bajo | 0.87 | a | a |
| Ausencia | 0.50 | b | ab |
| Alto | 0.49 | b | ab |
| Medio | 0.32 | b | b |

En estos cuadros se muestra que los niveles mas altos - en cuanto a rendimiento en materia seca se logran a través - de la aplicación de los niveles alto y bajo respectivamente-

los cuales son estadísticamente diferentes y fueron mayores con respecto a los otros niveles de aplicación.

Se encontró respuesta a la fertilización fosfatada en los Suelos de Dulces Nombres y Caja Pinta, donde la concentración en el suelo de la comunidad de Dulces Nombres fue de 270 ppm a través de Olsen Tradicional y el nivel crítico para éste método es de 288.3 ppm lo que muestra que en estos suelos es factible la fertilización fosfatada. Con respecto a los otros métodos los niveles críticos encontrados no muestran esta factibilidad probablemente a que se requieren mayor número de suelos estudiados para definir con mayor exactitud estos niveles, mientras que en la comunidad de Caja Pinta las concentraciones encontradas por los métodos de Olsen Tradicional, EDTA y T.K.A. fueron (105,35 y 500 ppm) respectivamente y el nivel crítico de estos métodos es de (288.3, 42.18 y 988 ppm) respectivamente lo que muestra que en estos suelos es factible la fertilización fosfatada.

DISCUSION

Se presentan altos coeficientes de fijación de fósforo en los suelos de la Zona Centro y Sur de N.L. esto debido principalmente a que en estas Zonas el % de CaCO_3 supera en la mayoría de los casos el 10%, condición sobre la cual se considera a los suelos con problemas en cuanto a la disponibilidad del fósforo. Ya que en suelos alcalinos los fosfatos al entrar en acción con la superficie de CaCO_3 causa un precipitado de los fosfatos lo cual imposibilita la evaluación de fósforo en este tipo de suelos. (Olsen y Flowerday, 1971).

En cuanto al comportamiento de los métodos en el laboratorio se observó que el método Bray P_1 no es eficiente para evaluar el fósforo en los suelos alcalinos ya que la solución extractora está compuesta por (NH_4F y HCL), donde el HCL queda neutralizado y el ión fluoruro forma complejos insolubles con el Al, Fe y Calcio, por lo cual ésta evaluación no fué eficiente.

En cuanto a las modalidades de Olsen se observó que el método Olsen (T.K.A.) no reaccionaba a la adición del reactivo color (ácido Ascórbico + tartrato de Antimonio y Potasio) sino hasta que se ajustó el pH del extracto con adición de Acido Sulfúrico en una relación de ácido-extracto de 3:20 (ml) requiriendo mayor tiempo y manejo de las muestras en el laboratorio.

En los suelos de la Zona Norte del Estado se estudió -- la relación entre el contenido de fósforo total a través del método amarillo-vanadato y los métodos de extracción probados encontrándose que en esta zona se presentan coeficientes de correlación altos para las tres modalidades de Olsen - -- ($r=0.8$ aprox.) y Bajos (0.29) para Bray P_1 . En la Zona Centro y Sur los valores encontrados muestran que no existe relación entre estas variables debido probablemente a que el método amarillo vanadato no está debidamente calibrado y correlacionado para explicar esta relación por lo que otro método de análisis foliar pudiera ser más adecuado para estudiar esta relación.

Considerando que los coeficientes de correlación entre los métodos probados y el rendimiento en materia seca del cultivo del sorgo son elevados, fué éste índice de selección el que muestra los métodos mas adecuados en cada zona, donde se puede generalizar que cualquiera de las modalidades de Olsen se puede utilizar para la evaluación de P extractable en el suelo; tomando en consideración que la modalidad de Olsen (EDTA) proporciona la ventaja de evaluar con eficiencia aparte del fósforo, micronutrientes como Fe, Cu, Mn, Zn. (Díaz R, Hunter A. 1978).

Los niveles críticos encontrados en los métodos estudiados (Olsen Tradicional, T.K.A. y EDTA) fueron superiores a la concentración encontrada en los suelos de Dulces Nombres,

Pesquería, N.L. y Caja Pinta, Linares, N.L. lo cual muestra respuesta a la fertilización en estos suelos, mientras que en el resto de los suelos en estudio no hay respuesta a la fertilización fosfatada, probablemente debido a que se requiere un mayor número de muestras de suelo para detectarlas con mayor exactitud.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo, se llega a las siguientes conclusiones:

1.- El rendimiento en materia seca fué el índice de selección que presentó los más altos coeficientes de correlación en relación con la concentración de fósforo en el suelo a través de los diferentes métodos probados.

2.- Las concentraciones de fósforo total, en las hojas, no proporcionaron una buena información sobre la selección de metodologías químicas para determinar fósforo disponible en los suelos ya que no se encontraron coeficientes de correlación adecuados con la concentración de fósforo presente en el suelo, principalmente para los suelos seleccionados para la Zona Centro y Sur del Estado de Nuevo León.

3.- El fósforo extraído de los suelos de la Zona Norte de N.L. por los métodos Olsen Tradicional ($r=0.77$), Olsen T.K.A. ($r=0.78$) y Olsen EDTA ($r=0.73$) presentó los más altos coeficientes de correlación en relación con el rendimiento de materia seca, mientras que en relación con el fósforo absorbido por la planta se presentó de la siguiente forma: Olsen Tradicional ($r=0.81$), Olsen EDTA ($r=0.85$), Olsen T.K.A. ($r=0.83$); en tanto que el método Bray P_1 no muestra correlación estadística significativa en ninguno de los dos casos.

4.- El fósforo extraído de los suelos de la Zona Centro y Sur por los métodos Olsen Tradicional ($r=0.98$ y 0.69) Olsen EDTA ($r=0.984$ y 0.71 y Olsen T.K.A. ($r=0.97$ y 0.85) - - mostraron los mas altos coeficientes de correlación, en relación con el Rendimiento de Materia Seca; mientras que en relación con el fósforo absorbido por la planta no presentó coeficientes de correlación estadística significativas y en el caso del Bray P_1 no presentó correlación estadística significativa en el índice de selección de la concentración de fósforo en la planta; mientras que con el rendimiento de materia seca si lo presentó con un $r=0.98$.

5.- Los niveles críticos encontrados fueron los siguientes, Olsen Tradicional 288.3 ppm, Olsen (EDTA) 42.18- ppm y Olsen con (T.K.A.) 988 ppm de fósforo extraído.

6.- Se encontró respuesta a la fertilización fosfatada en los Suelos de Dulces Nombres y Caja Pinta, donde la concentración en el suelo de la comunidad de Dulces Nombres, - Pesquería, N.L. fué de 270 ppm a través del Olsen Tradicional y el nivel crítico para este método es de 288.3 ppm lo que muestra que en estos suelos es factible la fertiliza- - ción fosfatada. Con respecto a los otros métodos los niveles- críticos encontrados no muestran esta factibilidad probable- mente a que se requiere mayor número de suelos estudiados - para definir con mayor exactitud estos niveles, mientras -- que en la comunidad de Caja Pinta Linares, N.L. las concen-

traciones encontradas por los métodos de Olsen Tradicional, EDTA, T.K.A. fueron 105, 35 y 500 ppm, respectivamente y el nivel crítico de estos métodos es de 288.3, 42.18 y 988 ppm, respectivamente, lo que muestra que en estos suelos es factible la fertilización fosfatada.

RECOMENDACIONES

1.- Ya que no se encontraron coeficientes de correlación adecuados no es recomendable utilizar la concentración del fósforo total en las hojas (análisis foliar) por el método amarillo-vanadato como un índice que proporcione información precisa sobre la selección de metodologías químicas para determinar fósforo disponible en los suelos.

2.- Se sugiere continuar la investigación de calibración y correlación de las metodologías probadas para los mismos suelos seleccionados aumentando el número de muestras de éstos suelos para obtener niveles críticos más precisos en este tipo de estudios.

3.- No se recomienda utilizar el método de extracción del fósforo Bray P_1 para la evaluación de fósforo disponible en suelos alcalinos ya que la solución extractora de este método no fué eficiente para la evaluación de este elemento en este tipo de suelos.

4.- Se recomienda utilizar reactivos de fabricación reciente y de buena calidad en la preparación de las soluciones utilizadas para realizar los análisis de suelo ya que ésta favorece la buena evaluación del elemento que se está determinando y menos pérdida de tiempo ya que los resultados son más precisos.

5.- Es recomendable en este tipo de suelos utilizar el método de Olsen (EDTA) ya que mostró una buena eficiencia - en la evaluación del fósforo y además cuenta con la ventaja de poderse evaluar micronutrientes como (Fe, Cu, Mn, Zn) mediante este método en el mismo extracto utilizado.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio e invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad - - Autónoma de Nuevo León, ubicada en el Municipio de Marín, - N.L. con una altitud de 367.3 m.s.n.m.

Los objetivos principales del presente trabajo fueron: obtener un método adecuado mediante la correlación y calibración de metodologías químicas para la evaluación del fósforo disponible en algunos suelos del Estado de Nuevo León, además agrupar los suelos en clases para propósitos de fertilización; así como predecir la probabilidad de obtener -- una respuesta provechosa en la aplicación de fósforo como - fertilizante y evaluar la productividad del suelo.

Se utilizó el archivo del Laboratorio de Suelos para seleccionar 3 tipos de suelos en tres zonas del Estado en base a sus contenidos de M.O , P (Olsen) y K (Peech y - - - English) clasificando los suelos en Pobres, Medianos y Ricos.

En los suelos seleccionados se determinó el fósforo -- disponible por medio de los métodos químicos Olsen Tradicional, Olsen + tartrato de Antimonio y Potasio, Olsen + -- Quelante (EDTA) y Bray P₁; utilizándose como índices de selección el rendimiento de materia seca y la concentración - de fósforo en la planta determinándose por el método del --

amarillo-vanadato. Utilizándose para los análisis estadísticos la correlación y análisis de varianza, así como regresión simple y múltiple.

Los resultados encontrados fueron los siguientes:

Se observó que el método Bray P_1 no es eficiente para evaluar el fósforo en los suelos alcalinos debido probablemente a que en este método se utiliza una solución extractora ácida; donde el HCL se neutraliza y el ión fluoruro forma complejos, insolubles con el calcio encontrándose coeficientes de correlación muy bajos ($r=0.29$; $r=0$, $r=.17$) por lo cual la evaluación del fósforo no fué eficiente.

El rendimiento de materia seca como índice de selección mostró los métodos mas adecuados en cada zona, donde se puede generalizar que cualquiera de las modalidades de Olsen ($r=0.80$ aprox.) se pueden utilizar para la evaluación de P extractable en el suelo; tomando en consideración que la modalidad de Olsen (EDTA) proporciona la ventaja de evaluar con eficiencia también micronutrientes en el suelo.

Se utilizó la metodología de Cate y Nelson para determinar niveles críticos los cuales fueron los siguientes: Para el método Olsen Tradicional fué de 288.3 ppm, para el método Olsen (EDTA) fué de 42.18 ppm y para Olsen (T.K.A.) fué de 988 ppm.

Se encontró respuesta a la fertilización fosfatada en los suelos de Dulces Nombres y Caja Pinta, donde la concentración en el suelo de la comunidad de Dulces Nombres fué de 270 ppm a través de Olsen Tradicional y el nivel crítico para éste método es de 288.3 ppm lo que muestra que en estos suelos es factible la fertilización fosfatada, mientras que en la comunidad de Caja Pinta las concentraciones encontradas por los métodos de Olsen Tradicional, EDTA, y T.K.A. -- fueron (105, 35 y 500 ppm) respectivamente y el nivel crítico de éstos métodos es de 288.3, 42.18 y 988 ppm respectivamente lo que muestra que en estos suelos es factible la -- fertilización fosfatada.

BIBLIOGRAFIA

1. Anzastiga A; et al. 1982. Avances en la Investigación.-- Correlación y calibración de métodos químicos para la determinación de fósforo extractable en suelos del área de Puebla. Colegio de Postgraduados Chapingo México. pp 93
2. Buckman y Brady. 1970. Naturaleza y propiedad de los suelos. Ed Montaner y Simon S.A Barcelona, España. pp 450-464
3. Cáceres R.J. 1973. Correlación y calibración de cinco métodos de análisis de fósforo asimilable en suelos de la Mesa Central de México. Tesis Profesional. Chapingo México. pp 60-89.
4. Díaz Romeu R. y Hunter, A. 1978. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal y de investigación en invernadero CATIE. Proyecto Centroamericano de fertilidad de Suelos. Turrialba Costa Rica pp 9-11
5. D.A.Skoog, D.M. West. 1984. Análisis instrumental 2a. -- Edición. Edición Interamericana, S.A. de C.V. México, D.F. pp 200-202.
6. G.W. Cooke. 1983. Fertilización para rendimientos máximos. Primera Edición. C.E.C.S.A. México. D.F. pp 197-203

7. Homer D.Ch. y Parker F.P. 1970. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Edición Trillas, México. pp 112-113.
8. López R.J. y López M.J. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y Laboratorio - Tercera Edición. Mundi-prensa, España pp -- 37-39.102-111.
9. Lenom J.C. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. edición. Colegio de Postgraduados. -- Chapingo, México.
10. Mascareño C.F. y Villarreal F.E. 1973. Informe de investigación Agrícola. Estudios de correlación y calibración de tres métodos de análisis químico de fósforo asimilable en suelos y rendimiento de algodónero en la comarca Lagunera. CIANE. Comarca Lagunera. pp
11. Mortvedt, J.J. et. al. 1983. Micronutrientes en la Agricultura. Primera Edición. AGT Editor, S. A. pp 318-325.
12. Ortega T.E. 1963-1964. Correlación entre métodos de -- análisis químico del fósforo aprovechable -- para las plantas y los rendimientos relativos del maíz. Agricultura técnica, México - Vol. II. pp 1-4

13. Ortiz Villanueva, B. 1977. Fertilidad de suelos U.A.CH. Chapingo, México. pp 71-77
14. Primo Yúfera, E. y Carrasco Dorrien, J.M. 1973. Química Agrícola Toma I. Edición Alambra. Madrid, España. pp 168-175.
15. Tamhane, et al. 1978. Suelos su química y fertilidad en Zonas Tropicales Primera Edición. Diana, -- México, D.F. pp 365-390.
16. Teuscher y Adler. 1980. El suelo y su fertilidad. 5a. -- Edición. Edición C.E.C.S.A. México. pp 249-256.
17. Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los -- suelos y fertilizantes. Uteha. México, D. F. pp 213-233.
18. _____ SARH. Subdirección de Agrología, 1978. Métodos para análisis Físico y Químico de suelos, aguas y plantas. México. pp 99-110.
19. _____ Programa de Fertilidad Estatal 1975-1981. - Tercer informe técnico, Zona N. rte, Centro y Sur, Gobierno del Estado de Tamaulipas.-- pp 105-107,133,135-137,173-175.
20. _____ Guanos y Fertilizantes de México, S. A. - - 1973. Análisis Químicos de Suelos y Plantas. GEMSA. México, D. F.

21. Watanabe F.S. y Olsen S.R. 1965. Test of an Ascorbic --
Acid Method for Determining Phosphorus in -
Water and NaHCO_3 Extracts From Soil. Soil -
Science Society vol. 29. pp 677-678.

APENDICE

Cuadro No.13.- Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método Olsen Tradicional en las diferentes--muestras de suelo seleccionadas.

| Zona | Comunidad | Repeticiones | | |
|--------|-----------------|--------------|------|------|
| | | I | II | III |
| Norte | Nueva Ramoncita | 470 | 520 | 510 |
| " | Dulces Nombres | 250 | 300 | 270 |
| " | Santa Rosa | 80 | 80 | 100 |
| Centro | Lirios | 1380 | 1280 | 1260 |
| " | Caja Pinta | 110 | 105 | 95 |
| " | Vista Hermosa | 95 | 70 | 70 |
| Sur | Puentes | 290 | 270 | 310 |
| " | Salero | 230 | 225 | 250 |
| " | Sandía | 120 | 110 | 115 |

Cuadro No.14.- Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el Método Olsen Modificado (EDTA) en las diferentes muestras de suelo seleccionados.

| Zona | Comunidad | Repeticiones | | |
|--------|-----------------|--------------|-------|-------|
| | | I | II | III |
| Norte | Nueva Ramoncita | 120.0 | 120.0 | 120.0 |
| " | Dulces Nombres | 95.5 | 108.0 | 100.0 |
| " | Santa Rosa | 26.5 | 38.0 | 30.0 |
| Centro | Lirios | 120.0 | 120.0 | 112.5 |
| " | Caja Pinta | 30.0 | 39.5 | 37.0 |
| " | Vista Hermosa | 18.5 | 29.5 | 19.5 |
| Sur | Puentes | 95.5 | 108.0 | 106.5 |
| " | Salero | 69.0 | 75.5 | 62.0 |
| " | Sandía | 18.5 | 24.0 | 20.5 |

Cuadro No. 15.- Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método Olsen Modificado (T.K.A.) en las diferentes muestras del suelo seleccionadas.

| Zona | Comunidad | Repeticiones | | |
|--------|-----------------|--------------|------|------|
| | | I | II | III |
| Norte | Nueva Ramoncita | 1720 | 1660 | 1700 |
| " | Dulces Nombres | 1020 | 880 | 1000 |
| " | Santa Rosa | 520 | 420 | 440 |
| Centro | Lirios | 2500 | 2500 | 2500 |
| " | Caja Pinta | 560 | 420 | 500 |
| " | Vista Hermosa | 480 | 340 | 440 |
| Sur | Puentes | 1060 | 1000 | 940 |
| " | Salero | 800 | 660 | 800 |
| " | Sandia | 420 | 460 | 540 |

Cuadro No.16.- Contenido de fósforo extraíble (ppm) por el método "Bray P₁" en las diferentes muestras de suelo seleccionadas.

| Zona | Comunidad | Repeticiones | | |
|--------|-----------------|--------------|--------|--------|
| | | I | II | III |
| Norte | Nueva Ramoncita | 0 | 0 | 0 |
| " | Dulces Nombres | 2975 | 2975 | 2975 |
| " | Santa Rosa | 0 | 0 | 0 |
| Centro | Lirios | 22,225 | 23,100 | 20,125 |
| " | Caja Pinta | 0 | 0 | 0 |
| " | Vista Hermosa | 0 | 0 | 0 |
| Sur | Puentes | 0 | 0 | 0 |
| " | Salero | 0 | 0 | 0 |
| " | Sandia | 0 | 0 | 0 |

Cuadro No.17.- ppm de fósforo foliar encontrados en las plantas cultivadas en los suelos de las 3 zonas - del Estado de N.L. (Nivel Ausencia).

| Zona | Comunidad | Repeticiones (ppm de fósforo foliar encontradas) | | |
|--------|-----------------|--|------|------|
| | | I | II | III |
| Norte | Santa Rosa | 3625 | 3313 | 1750 |
| " | Dulces Nombres | 2562 | 1750 | 2157 |
| " | Nueva Ramoncita | 344 | 562 | 875 |
| Centro | Vista Hermosa | 1250 | 1000 | 750 |
| " | Caja Pinta | 1687 | 1662 | 1187 |
| " | Lirios | 1125 | 1562 | 1250 |
| Sur | Sandia | 2219 | 4406 | 2344 |
| " | Salero | 1563 | 2343 | 4937 |
| " | Puentes | 2375 | 750 | 563 |

Cuadro No.18.- Rendimiento de Materia Seca en diferentes niveles de "P" aplicado a los suelos de la Zona Norte de N.L.

| Zona | Comunidad | Repetición | R.M.S. (gr) Niveles de "P" | | | |
|-------|-----------------|------------|-------------------------------|------|-------|------|
| | | | Ausencia | Bajo | Medio | Alto |
| Norte | Santa Rosa | I | 0.41 | 0.37 | 0.36 | 0.39 |
| " | Santa Rosa | II | 0.30 | 0.16 | 0.19 | 0.24 |
| " | Santa Rosa | III | 0.44 | 0.47 | 0.33 | 0.37 |
| " | Dulces Nombres | I | 0.92 | 0.56 | 0.68 | 1.25 |
| " | Dulces Nombres | II | 0.68 | 0.40 | 0.81 | 1.39 |
| " | Dulces Nombres | III | 0.35 | 0.35 | 0.68 | 0.58 |
| " | Nueva Ramoncita | I | 1.55 | 0.67 | 0.49 | 0.96 |
| " | Nueva Ramoncita | II | 1.65 | 1.22 | 2.59 | 1.04 |
| " | Nueva Ramoncita | III | 0.71 | 0.74 | 0.60 | 2.13 |

R.M.S. Rendimiento de Materia Seca.

Cuadro No.19.- Rendimiento de Materia Seca en diferentes Niveles de "P" aplicado en los suelos de la Zona Centro de N.L.

| Zona | Comunidad | Repetición | R.M.S. (g) Niveles de ("P") | | | |
|--------|---------------|------------|-----------------------------|------|-------|------|
| | | | Ausencia | Bajo | Medio | Alto |
| Centro | Vista Hermosa | I | 0.30 | 0.23 | 0.20 | 0.29 |
| " | Vista Hermosa | II | 0.29 | 0.27 | - | 0.23 |
| " | Vista Hermosa | III | 0.32 | 0.18 | 0.26 | 0.29 |
| " | Caja Pinta | I | 0.52 | 0.88 | 0.34 | 0.54 |
| " | Caja Pinta | II | 0.44 | 0.86 | 0.19 | 0.57 |
| " | Caja Pinta | III | 0.55 | 0.87 | 0.43 | 0.36 |
| " | Lirios | I | 3.87 | 2.54 | 2.50 | 2.01 |
| " | Lirios | II | 2.95 | 4.03 | 2.90 | 2.67 |
| " | Lirios | III | 2.61 | 3.98 | 3.47 | 4.18 |

R.M.S.= Rendimiento de Materia Seca.

Cuadro No.20.- Rendimiento de Materia Seca en diferentes Niveles de "P" aplicado en los suelos de la Zona Sur de N.L.

| Zona | Comunidad | Repetición | R.M.S. (g) Niveles de ("P") | | | |
|------|-----------|------------|-----------------------------|------|-------|------|
| | | | Ausencia | Bajo | Medio | Alto |
| Sur | Sandia | I | 0.48 | 0.54 | 0.72 | 0.44 |
| " | Sandia | II | 0.51 | 0.56 | 0.65 | 0.38 |
| " | Sandia | III | 0.67 | 0.24 | 0.55 | 0.43 |
| " | Salero | I | 0.76 | 1.03 | 0.19 | 0.32 |
| " | Salero | II | 0.33 | 1.38 | 0.67 | 0.61 |
| " | Salero | III | 1.32 | 0.82 | 0.84 | 1.11 |
| " | Puentes | I | 1.73 | 0.99 | 1.67 | 1.54 |
| " | Puentes | II | 1.62 | 1.86 | 1.76 | 2.07 |
| " | Puentes | III | 1.45 | 1.95 | 1.13 | 1.31 |

R.M.S.= Rendimiento de Materia Seca.

Cuadro No.21.- Análisis de Varianza para rendimiento en materia seca a través de la fertilización fosfatada en Caja Pinta, Linares, N.L.

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F.cal. | F.tab. |
|----------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------|
| Media | 0.489 | 5 | 0.098 | 10.571 | 0.007 |
| Repetición | 0.006 | 2 | 0.003 | 0.341 | 0.726 n.s. |
| Tratamiento | 0.483 | 3 | 0.161 | 17.391 | .003 ** |
| Error | 0.056 | 6 | 0.009 | | |
| Total | 0.545 | 11 | 0.050 | | |

** Altamente significativo

N.s. No significativo

Cuadro No.22.- Análisis de Varianza para rendimiento en materia seca a través de la fertilización fosfatada en Dulces Nombres, Pesquería, N.L.

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F.cal. | F.tab. |
|----------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------|
| Media | 0.952 | 5 | 0.190 | 4.530 | 0.047 |
| Repetición | 0.322 | 2 | 0.161 | 3.828 | 0.085 n.s. |
| Tratamiento | 0.630 | 3 | 0.210 | 4.997 | 0.046 * |
| Error | 0.252 | 6 | 0.042 | | |
| Total | 1.204 | 11 | 0.109 | | |

* Significativo

N.s. No significativo.

