

"EVALUACION DE UN NUEVO METODO PARA LA DETERMINACION DE
FOSFORO APROVECHABLE DEL SUELO USANDO COMO SOLUCION
EXTRACTORA EL OXALATO DE SODIO ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)"

TESIS

Sometida a la consideración de la
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Cosme Acuña Amaya
//

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

Junio de 1974.

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	11
RESULTADOS.....	18
DISCUSION.....	21
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	26
APENDICE.....	28

INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

	Pág.
Cuadro 1. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de cebada.....	28
Cuadro 2. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de sorgo.....	29
Cuadro 3. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de trigo.....	30
Cuadro 4. Niveles de fósforo en el suelo obtenidos con una relación 1:20 y 1:30 suelo - solución, rendimiento en kgs./parcela obtenidos con y sin fósforo y rendimiento relativo en porciento.....	20
Gráfica 1. Rendimiento relativo de sorgo 1961 como función del fósforo extraído del suelo en ppmP. con una relación suelo - solución de 1.20.....	32
Gráfica 2. Rendimiento relativo de cebada en 1961 y 1962 como función del fósforo extraído del suelo en ppmP. con una relación suelo - solución de 1:20.....	33

INTRODUCCION

La urgencia de mantener la productividad activa, dada la crisis de alimentos básicos por la que atraviesa el mundo, ha ocasionado el surgimiento de complejas teorías sobre la mejor forma a seguir para proveer a los cultivos a través del suelo de los nutrientes necesarios para obtener los más altos rendimientos en la producción económica de las cosechas.

La forma más común para suministrar los nutrimentos que en conjunto con los ya existentes en el suelo son necesarios para satisfacer las necesidades del cultivo, es la aplicación oportuna y balanceada de formas fácilmente aprovechables para las plantas son los fertilizantes, los cuales contienen las cantidades específicas de nutrientes.

Cuando se llevan a cabo análisis de suelos con el fin de hacer recomendaciones de fertilizantes, los resultados obtenidos se toman como el dato más importante sin cuantificar los factores ecológicos y el sistema de manejo que puede influir también en dichas recomendaciones.

En realidad pocos países latinoamericanos utilizan métodos analíticos apropiados a sus condiciones locales, sino que se hacen a través de métodos generales, pudiéndose utilizar soluciones químicas más económicas y con mejores resultados.

El presente trabajo es una metodología rápida de un nuevo método que aquí se origina para la correlación de análisis de suelos con rendimientos de los cultivos utilizando como solución extractora en oxalato de sodio.

LITERATURA REVISADA

La importancia del fósforo en la nutrición de las plantas y el papel que desempeña en las funciones de reproducción, fotosíntesis y respiración, así como en la absorción y utilización de otros nutrientes, lo especifica como uno de los elementos mayores más estudiados e importantes. Los factores que influyen sobre la aprovechabilidad del fósforo y los métodos químicos, biológicos o microbiológicos para cuantificarlo, así como la relación que puede tener sobre los endimientos de aplicarlo al suelo, son en la actualidad estudiados cuidadosamente (17).

Los procedimientos químicos para determinar el fósforo aprovechable en los suelos fueron propuestos desde hace más de un siglo. La revisión de los métodos en relación al origen y méritos de las varias soluciones extractoras, los efectos de las relaciones suelo - solución y química del fósforo del suelo, han sido citados por Byrnside y Sturgis; Fitss y Nelson; Metson Mihlich y Winters; Nelson; Peech; Reed y Sturgis; y muchos otros (12).

El elemento fósforo al igual que el nitrógeno y el potasio, está íntimamente relacionado con los procesos de crecimiento de las plantas. El fósforo acelera la madurez, aumenta el desarrollo radicular, promueve la floración y la fructificación. Además, está relacionado con los procesos de respiración y utilización eficien

te del nitrógeno (8).

En el uso de fosfatos, la disponibilidad para las plantas es de importancia primordial. La mayor parte de los cultivos tienen la necesidad de este elemento al comienzo del ciclo de crecimiento de la planta. Los fosfatos se desplazan muy lentamente y por lo consiguiente, es importante que sean colocados en el suelo donde puedan ser interceptados por las raíces de las plantas. Cuando se mezclan en el suelo, los fosfatos tienen la tendencia a hacerse indisponibles. Se ha mostrado que la colocación en franjas hay menos fijación, ya que el material se encontrará en contacto con cantidades menores de suelo (14).

Investigaciones hechas en Arizona, donde emplearon 32 fosfatos radiactivos en formas sólidas y líquidas, demostraron que menos del 10% del fosfato sólido puestos en una banda se movió 2.5 cms. El ácido fosfórico líquido aplicado a la superficie de un fino barro arenoso se movió menos de 10 cms. de profundidad (11).

Tisdale y Nelson, reportan que el mecanismo de la retención de fósforo no se puede explicar concisamente, los factores que influyen en esta reacción son bien conocidos; tipo de arcilla, tiempo de reacción, reacción del suelo, temperatura, materia orgánica y el estado del fósforo en el suelo (16).

Salazar dice que Clarck en Iowa, EE.UU. encontró que hay una ventaja al tener un alto porcentaje de fós-

foro hidrosoluble en un fertilizante. Los fosfatos de alta solubilidad en el agua dan mayores incrementos de desarrollo inicial y mayor producción que los fosfatos de baja solubilidad en el agua (13).

Según el criterio de algunos investigadores, el objeto principal ha sido con una tendencia práctica específica; estimar el nivel aprovechable del fósforo del suelo. Tales estimaciones y previa correlación de esos niveles dados por los análisis con el rendimiento de cosechas, se han usado para predecir las necesidades de fertilizantes para cultivos a desarrollar en una área dada (12).

Teuscher y Adler, indican que la apetita es la substancia madre y al mismo tiempo, la fuente original de todos los fosfatos que se encuentran en la naturaleza, conteniendo hasta un 96% de fosfato tricálcico, así como cantidades variables de flour y cloro en forma de sal doble y cierta cantidad de ácido silísico. En algunas ocasiones fierro y magnesio (15).

Las formas en que fósforo se encuentra en el suelo según Olsen son: a) Apatitas B) Fosfato de fierro y aluminio C) Fósforo Combinado con la arcilla D) Fósforo orgánico y E) Fósforo hidrosoluble. Los tres primeros no son asimilados por las plantas, los dos últimos sí, aunque en determinadas condiciones los primeros pueden pasar a ser aprovechables (11).

Con respecto a la aprovechabilidad del fósforo,

Corey agrega que este elemento en solución y el que se encuentra sobre la superficie de las partículas, es rápidamente aprovechable, no así el contenido en la materia orgánica que lo es en forma moderada (17).

La fijación de fosfatos es un problema mucho más difícil en los suelos ácidos que los suelos que han sido encalados hasta un valor de pH próximo a la neutralidad. Uno de los efectos de la cal es el de reducir la solubilidad del fierro y aluminio en el suelo, con el resultado de que el fosfato será precipitado en forma de fosfato di o tricálcicos más solubles, o de compuestos similares (2).

Otro efecto de la cal es aumentar el número de iones hidroxidos que tienden a competir con los iones del ácido fosfórico por un lugar en el complejo de absorción. Es bien conocido que cuando los fosfatos solubles son aplicados al suelo, se convierten rápidamente en formas insolubles por procesos de precipitación y absorción o sea, que opera la fijación. Los fosfatos son esencialmente inmóviles en el suelo, excepto en suelos muy arenosos (2).

Cooke, manifiesta que la capacidad de los suelos para retener los fosfatos varía considerablemente y está influenciada por muchos factores. Los más importantes incluyen: pH, el contenido de arcilla, tipo de arcilla mineral, cantidad de calcio intercambiable, aluminio y fierro, cantidad de carbonato de calcio y

proporción y naturaleza de los óxidos de fierro y aluminio. En suelos ácidos la retención puede ser debida al fierro y aluminio. Estos procesos implican una precipitación química y absorción (6).

Al hacer recolecciones de cosechas en las cuales se había usado fósforo radioactivo (p-32) se descubrió virtualmente que todo el fósforo de un fertilizante añadido a alfalfa floreada bajo las condiciones usuales del campo pueden ser recuperadas en el heno en un período corto de cuatro años. El algodónero, cebada, remolacha azucarera y legumbres absorbieron hasta el 50% de el ra diottraza (p-32) del fertilizante fosfatado que fue aplicado el primer año (10).

Existen algunos factores que afectan la disponibilidad del fósforo. En los trabajos realizados a este respecto, Berg y Thomas, concluyen que uno de los facto res más operantes en la aprovechabilidad del fósforo es el tipo de arcilla. Los suelos que contienen arcillas del tipo 1:1 retienen más fósforo que las del tipo 2:1. Los suelos altos en caolinita, tales como los encontrados en áreas de alta precipitación pluvial y altas temperaturas fijan mucho más fósforo (2).

Franklin, dice que entre más tiempo estén en contacto el suelo y el fertilizante, más grande será la cantidad de fósforo fijada y que probablemente esto se deba a la subsecuente alteración de los productos de fijación tales como deshidratación y reorientación de

los cristales. De esto se deduce que el tiempo de reacción también influye en los factores que influyen la aprovechabilidad del fósforo (9).

Bronfield examinó el efecto de la remoción selectiva del fierro y aluminio sobre la capacidad de adsorción del suelo. Usando un procedimiento de reducción biológica para remover uno u otro, encontró que al remover el fierro sin remover el aluminio, había pocos efectos sobre la adsorción de fosfatos, para cuando el aluminio fue removido la adsorción del fósforo decreció. Sin embargo, después en 1965 el mismo autor usando procedimientos químicos para la remoción selectiva del fierro y aluminio, concluyó que la adsorción de fosfatos fue igualmente superior con la remoción del aluminio que con la del fierro (5).

Ha sido demostrado también que los efectos remanentes del fósforo en suelos calcareos duran un considerable lapso de tiempo. Efectos remanentes, donde grandes cantidades de fertilizante fosfatado fueron añadidas, fueron encontrados con persistencia tan grande como 13 años en un migajón limoso en Gila, Arizona (10).

La importancia de la fraccionación de las distintas formas del fósforo radica en el hecho de que es el procedimiento más preciso para predecir cual es la forma del fósforo más asimilable por las plantas y así poder efectuar una fertilización de fósforo más adecuada, según sean las condiciones del suelo en donde se desa-

rrollan los diversos cultivos (1).

Dentro de la correlación de análisis ya se ha señalado que existe una estrecha relación entre la fijación de fósforo del suelo y la cantidad de fertilizante fosfatado por adicionar; sin embargo, la cuantificación de este fósforo que debe agregarse como complemento al suelo para nutrir a la planta, involucra el uso de procedimientos químicos, biológicos o microbiológicos, además del conocimiento sobre el coeficiente de utilización del fósforo de los fertilizantes, como parte de la metodología para recomendación de materiales fosfatados. No existe ningún método adecuado que detecte esta cantidad con precisión, pero si los hay unos mejores que otros, bajo ciertas condiciones: de aquí que surja esta investigación con respecto a los mismos a través de estudios, ya sea con la absorción de los nutrientes por la planta o bien con los rendimientos (17).

Se ha asegurado que el éxito de un análisis específico depende de la calibración cuidadosa de los resultados de análisis químico con la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes en diferentes suelos (7).

Cooke tiene el criterio de que para el éxito de un análisis es necesario que este sea consistentemente bueno para los diferentes cultivos y diferentes clases de suelos (6).

De esta manera Olsen y Watanabe son de la opinión

de que las modificaciones hechas a métodos ya establecidos o bien el surgimiento de otros, no solo resultan convenientes sino que son necesarios. Dados que algunos de estos métodos han sido establecidos para ciertos suelos y bajo ciertas condiciones específicas en medios ecológicos diferentes, resulta necesario estudiarlos en los laboratorios, correlacionarlos en el invernadero y calibrarlos en el campo (11).

Con respecto al método de Bray y Dickman (4), se han obtenido buenos resultados en los suelos ácidos e inclusive Corey (17) lo recomienda para aquellos suelos en los cuales no se tiene ninguna información. Sin embargo, se ha constatado una baja correlación en suelos alcalinos en investigaciones realizadas por Olsen y colaboradoras (11).

El método usado en Carolina del Norte E.U. se ha observado que correlaciona bastante bien con los rendimientos de los cultivos en los suelos ácidos, como lo han establecido entre otros Fitts (17).

En lo que concierne al método de Morgan, al igual que otros muchos de extracciones universales, quizá, sean los más profusamente usados tanto en laboratorios estatales como privados para recomendación de fertilizantes. Algunos investigadores como Boyd (3), ha realizado hasta 172 experimentos. En general se puede decir que este método de Morgan da valores muy altos de los análisis de suelos en comparación con los rendimientos tan bajos.

MATERIAL Y METODOS

Un diagnóstico basado en análisis de suelos es confiable solamente si los métodos de extracción y análisis han sido plenamente corroborados con el rendimiento de los cultivos. Para hacer dicha corroboración es necesario correlacionar los niveles de nutrientes de acuerdo al análisis de suelo con el rendimiento de los cultivos.

Este trabajo se llevó a cabo con el propósito de determinar si los niveles de fósforo extraídos por 0.1 M oxalato de sodio pueden predecir la respuesta a una fertilización fosfatada con los cultivos. La solución extractora que consiste de 0.1 M oxalato de sodio se ideo de acuerdo con los principios de Olsen, con el fin de mantener la concentración de calcio en solución constante durante la extracción de fósforo y prevenir la precipiticación de fosfatos durante el análisis.

Para poder llevar a cabo dicha comprobación se de-ben establecer experimentos de campo que constan de parcelas fertilizadas con y sin el nutriente específico en este caso fósforo.

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de suelos de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.

Las muestras de suelo que se utilizaron para el análisis del experimento fueron proporcionadas por el Dr. T. C. Tucker de la Universidad de Arizona así como los re-

sultados de rendimiento que se obtuvieron con tales muestras de tal manera que no hubo la necesidad de hacer las pruebas de campo e invernadero.

Los cultivos que se probaron fueron cebada, sorgo y trigo sembrados en suelos a los cuales se le había y no incorporado los residuos (Rastrojos) de una cosecha anterior de sorgo. La metodología que se siguió para correlacionar el rendimiento de un cultivo con el nivel del fósforo extraído fue la siguiente:

1) El rendimiento de los cultivos se expresa en forma relativa, esto es, el rendimiento de la parcela fertilizada con fósforo y nitrógeno, se divide entre el rendimiento de la parcela acompañante fertilizada solo con nitrógeno y el valor de la fracción se multiplica por cien, por tal motivo el rendimiento es relativo a cien y por consecuencia sin dimensiones de peso por unidad de superficie. De esta manera se puede concluir que cuando no hay respuesta a la fertilización fosforada el valor del rendimiento relativo será cien y mayor de cien cuando sí la haya.

2) Las muestras de suelo que se usarán para el análisis provienen de las parcelas que no recibieron fósforo y que estaban situadas al lado de las parcelas que sí lo recibieron. Por consecuencia, se supone que los niveles de fósforo en ambas parcelas antes de la fertilización eran idénticos. De esta manera es posible predecir la respuesta al fósforo en la parcela acompañante a la

cual se le agregó un fertilizante fosforado.

3) Para llevar a cabo la extracción del fósforo del suelo se secó la muestra al aire, se molió y se pasó por un tamiz de 2 mm. El fósforo se extrajo utilizando diferentes relaciones suelos-solución extractora probando diferentes tiempos de agitación de la suspensión.

4) La extracción de fósforo de cada muestra se repitió tres ó más veces, bajo las mismas condiciones de relación suelo-solución extractora y tiempo de agitación. Cuando se observó que no había variación significativa en los niveles extraídos se asumió que el método fue confiable en cuanto a repetibilidad.

5) Una vez obtenidos los niveles de fósforo en el suelo de acuerdo con las diferentes relaciones suelo-solución y tiempo de agitación se procedió a efectuar el análisis estadístico para probar el nivel de confianza de la predicción de respuesta al fertilizante fosforado de acuerdo con el nivel de fósforo extraído del suelo.

El análisis estadístico al cual se sometieron los resultados constó de un análisis de regresión lineal con la variante de que la variable dependiente, en este caso el rendimiento se transformó a su expresión logarítmica para estar de acuerdo con la ley de los rendimientos de crecientes, ésto es, que una respuesta a la fertilización será mas improbable y de menor magnitud cuando los niveles de un nutriente en el suelo están en su óptimo.

La ecuación de regresión utilizada fue $Y = b_0 + b_1 X$,

donde Y es el rendimiento relativo expresado a por ciento, b_0 es el coeficiente de regresión o sea el valor de Y cuando $X = 0$, b_1 es una constante que determina la pendiente de la línea que une los puntos de observación X es el valor del fósforo extraído transformado a la expresión logarítmica.

Para la extracción de fósforo en el suelo se utilizaron relaciones suelo solución 1:20 y 1:30 y tiempo de agitación de 20 minutos en un agitador mecánico. El material utilizado para el caso, se lavó cuidadosamente con detergente y mezcla crómica cada vez que era necesario, con el fin de evitar posibles problemas de contaminación y aumentar el margen de seguridad de los resultados. Para la preparación de los reactivos fue necesario hacer una comprobación de las soluciones tales como el molibdato de amonio el cual se probó a distintas concentraciones y finalmente se obtuvo que a una concentración de 50 grs./litro obedecía la curva de calibración y seguía la Ley de Beer-Lambert. La absorbancia se midió con un colorímetro Klett-Sumerson con filtro rojo. Para llevar a cabo el análisis se procedió a la preparación de reactivos siendo los principales los siguientes:

A. Solución extractora de Oxalato de Sodio 0.1 M.

Agregar 13.4 grs. de $Na_2C_2O_4$ a un matraz volumétrico de un litro y aforar a la marca con agua demineralizada, agitar durante 45 minutos con agitador mecánico.

B. Molibdato de Amonio.

Disolver 50 grs. de $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 600 ml. de agua demineralizada agregar 282 ml. de HCl concentrado, enfriar y aforar a un litro con agua demineralizada.

C. Solución de cloruro estañoso concentrado.

Disolver 10 grs. $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 25 ml. de HCl concentrado, guardar en botella oscura con tapón de vidrio.

Cabe mencionar que este tipo de solución tiene una vida útil máxima de un mes.

D. Solución de Cloruro estañoso diluída.

Aforar 0.5 ml. de la solución concentrada con 66 ml. de agua demineralizada. Se prepara una solución nueva para cada serie de análisis y tiene una vida útil de dos horas.

E. Carbón decolorante, Darco G- 60 o su equivalente lavado con solución extractora y agua demineralizada y secado en estufa.

Preparación de la curva de Calibración.

Se agregan alícuotas de 5 ml. de estándares de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 ppm. de P A matraz volumétrico de 25 ml. Se le agregan 5 ml. de solución extractora, 5 ml. de solución de molibdato de amonio y un ml. de solución de cloruro estañoso diluído y se afora a 25 ml. con agua demineralizada.

Análisis de suelo.

1. Se pesan 5 grs. de suelo y se le agrega una cucharadita de carbón decolorante, se le agrega 100 ml. de

solución extractora para dar una relación suelo-solución de 1:20 y 150 ml. de solución extractora para dar una relación suelo-solución de 1:30.

2. Al blanco de reactivos se le agrega una cucharadita de carbón y 100 ó 150 ml. de solución extractora.

3. Se agitan durante 20 minutos en un agitador mecánico y la suspensión se filtra a través de un papel filtro Whatman # 42.

4. Se toma una alícuota de 5 ml. del extracto y se le agrega a un matraz volumétrico de 25 ml., se le agregan 5 ml. de solución de molibdato de amonio y se afora aproximadamente a 22 ml.

5. Se agrega un ml. de solución de cloruro estañoso diluido y se afora a 25 ml. con agua demineralizada.

6. Se toma la lectura cinco minutos después de haber agregado el cloruro estañoso y antes de 15 minutos.

Se usa una longitud de onda de 660 nm. o en su defecto un filtro rojo para el colorímetro Klett- Sumerson el cual se ajusta a cero con el blanco de reactivos.

Del número total de muestras para el análisis se escogieron al azar de diez en diez y en cada serie se tomó un blanco de reactivo y un estándar.

Para el blanco de reactivo se usaron:

- a) 5 ml. de solución extractora.
- b) 14 ml. de agua demineralizada.
- c) 5 ml. de molibdato de amonio.
- d) 1 ml. de cloruro estañoso.

Para el estandard de rutina se usaron:

- 1-1) 5 ml. de solución extractora.
- 1-2) 9 ml. de agua demineralizada.
- 1-3) 5 ml. de solución estandard de 2 ppm. de P.
- 1-4) 5 ml. de molibdato de amonio.
- 1-5) 1 ml. de cloruro estañoso.

Para la preparación de cada uno de ellos se siguió el mismo orden que anteriormente se menciona.

Las fórmulas utilizadas en el análisis estadístico para procesar los resultados fueron las siguientes:

$$r = \frac{\sum x y}{\sqrt{(\sum x^2) (\sum y^2)}}$$

$$b_1 = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

$$t = \frac{r \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$b_0 = \bar{Y} - (b_1 \bar{X})$$

RESULTADOS

El objetivo principal de este estudio fue correlacionar el fósforo extraído del suelo mediante el uso del oxalato de sodio con el rendimiento de los cultivos.

Una vez realizado este trabajo, según observación visual de la gráfica de sorgo (Gráfica 1), se notó que el rendimiento varió de acuerdo con el fósforo extraído con oxalato de sodio 0.1 M. usando una relación de 1:20. El análisis estadístico indica que fue significativo para sorgo pero en los demás cultivos no dió correlación (Gráfica 2).

La relación suelo-solución 1:30 no se incluyó en el análisis estadístico debido a la gran variación que se tuvo en las diferentes determinaciones del fósforo de una misma muestra.

Cabe mencionar que se tuvieron algunos problemas con el molibdato de amonio debido a que se presentaron problemas de desarrollo de color para la determinación colorimétrica, lo que hizo necesario probar distintas concentraciones concluyéndose finalmente que la concentración adecuada fue de 50 grs./lt.

De acuerdo con el análisis estadístico donde los resultados se revisaron con una ecuación de la forma $Y=b_0+b_1.X$ donde Y es el rendimiento relativo y X es el logaritmo de ppm. de fósforo extraído por oxalato de sodio, el nivel de significación fue al 99.5% para sorgo,

pero no significativo para los demás cultivos.

De acuerdo con lo anterior se rechazó la hipótesis de que, exceptuando el caso del sorgo, el rendimiento es proporcional al fósforo extraído, pero existe la situación que es difícil obtener una correlación cuando el número de observaciones es pequeño.

Cuadro 4. Niveles de fósforo en el suelo obtenidos con una relación 1:20 y 1:30 suelo - solución, rendimiento en kgs./parcela obtenidos con y sin fósforo y rendimiento relativo en porciento.

Residuo	# Muestra	Relación Suelo-Solución		(R_{P+N}/R_N)	100
		1:20	1:30		
Cebada 1961					
No	S - 348	15.3	24.5	26.3 / 10.9 =	241
Si	S - 354	16.6	22.3	25.0 / 14.3 =	174
Si	S - 341	15.2	22.5	26.8 / 14.5 =	184
Si	S - 336	20.9	26.7	23.8 / 15.0 =	158
No	S - 337	16.8	21.4	28.8 / 13.8 =	208
No	S - 338	17.2	27.1	27.7 / 14.5 =	191
Cebada 1962					
Si	S - 354	16.6	22.3	22.7 / 9.30 =	244
Si	S - 341	15.2	22.5	16.8 / 9.51 =	176
Si	S - 336	20.9	26.7	22.7 / 10.9 =	208
No	S - 348	15.3	24.5	17.9 / 5.9 =	303
No	S - 337	16.8	21.4	21.6 / 9.3 =	232
No	S - 338	17.2	27.1	22.7 / 9.7 =	234
Sorgo					
Si	S - 354	16.6	22.3	19.7 / 16.8 =	117
Si	S - 341	15.2	22.5	17.0 / 15.6 =	108
Si	S - 336	20.9	26.7	19.3 / 12.7 =	151
No	S - 348	15.3	24.5	21.5 / 17.7 =	121
No	S - 337	16.8	21.4	19.7 / 15.4 =	127
No	S - 338	17.2	27.1	17.9 / 15.6 =	114
Sorgo					
	S - 550	12.8	39.4	497.2 / 478.6 =	103
	S - 628	14.5	19.2	14.8 / 11.5 =	128
	S - 629	17.5	27.2	15.2 / 11.7 =	129
	S - 630	14.2	27.7	15.2 / 16.2 =	93
Trigo					
	S - 1124	13.5	28.5	27.0 / 23.6 =	114
	S - 1125	14.5	22.0	26.1 / 18.1 =	144
	S - 1126	42.5	55.1	27.5 / 16.1 =	170
	S - 692	20.6	34.0	13.4 / 11.6 =	115
	S - 693	20.8	34.5	12.4 / 10.7 =	115
	S - 694	20.1	30.6	14.9 / 12.5 =	119
	S - 695	27.1	38.0	13.0 / 15.5 =	83

R_{P+N} = Rendimiento obtenido con fertilizantes Nitrogenados y fosforados.

R_N = Rendimiento obtenido con fertilizantes Nitrogenados.

- El rendimiento relativo está dado en kilogramos/parcela.

DISCUSION

Debido al número tan bajo de muestras que se usaron para el experimento, se obtuvo que el nivel de significación para cada uno de los cultivos fue menor al 90%, con excepción del sorgo que fue altamente significativo, pero cuando se incluyeron los resultados de todos los cultivos en un mismo análisis de regresión, se encontró que el nivel de significación fue bajo y no hubo correlación.

Esto puede deberse en parte a que son tres diferentes cultivos que tienen niveles distintos de respuesta, debido a las mismas necesidades del cultivo, o la temperatura del suelo debido a las diferentes fechas de siembras. Se dice que la temperatura puede afectar la liberación o fijación de fósforo en el suelo (16).

Al llevarse a cabo el análisis estadístico para cada cultivo individualmente, se obtuvo que en los casos de trigo y cebada no fueron significativos por el nivel tan bajo alcanzado mientras que en el sorgo fue altamente significativo. Se incluyó en cada análisis individual los muestreos con o sin residuos pudiendo esto afectar al equilibrio del P del suelo.

De acuerdo con el análisis de regresión, hubo correlación entre el fósforo extraído con solución 0.1 M. de oxalato de sodio en una relación 1:20 y el rendimiento relativo, el cultivo del sorgo el valor de r fue positivo donde se esperaba que éste fuera negativo, por consecuen-

cia los resultados son ilógicos aún cuando existió correlación y son ilógicos por que se espera que a valores altos de P en el suelo, el incremento en rendimiento debido a la fertilización será menor, (ya que el fósforo del suelo es suficiente), por lo tanto el rendimiento relativo tendrá un valor serca de cien.

Si el nivel de P en el suelo es bajo, habrá respuesta al fertilizante, al mismo tiempo que un incremento considerable debido a la fertilización y el rendimiento relativo tendrá un valor mayor de cien. Por conclusión si se grafica ppm. P como variable independiente y rendimiento relativo como variable dependiente, se observará que la pendiente es negativa y por consecuencia el coeficiente de correlación será negativo, o sea que, si el nivel de fósforo en el suelo es alto la respuesta al fertilizante es improbable, en cambio si el nivel de fósforo en el suelo es bajo la respuesta es probable y por consecuencia el rendimiento relativo es alto.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de suelos de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora y tuvo como finalidad el de evaluar un nuevo método para extraer el fósforo del suelo. Las muestras de suelo así como los resultados de rendimiento fueron proporcionados por el Dr. Tucker de la Universidad de Arizona.

Para la extracción de fósforo en el suelo se usó la relación suelo-solución 1:20 y 1:30 con un tiempo de agitación de veinte minutos, el material utilizado se lavo cuidadosamente con mezcla crómica y detergente para evitar problemas de contaminación.

Debido a que se presentaron problemas de interferencia en la preparación de los reactivos hubo la necesidad de hacer una calibración de las soluciones tales como el molibdato de amonio, probándose a distintas concentraciones.

Todas las lecturas se tomaron con un colorímetro Klett-Sumerson usando filtro rojo utilizándose un blanco reactivo y un estandar para cada serie de muestras las cuales se escogieron al azar de diez en diez. Para la realización del análisis se utilizaron 5 gramos de suelo de la muestra, los cuales se pesaron cuidadosamente en una balanza analítica y 100 ml. de la solución extractora para dar una relación suelo-solución del:20

agitándose por veinte minutos y filtrándose posteriormente.

Del extracto se escogieron 5 ml. llevándose a un matras de 25 ml. y agregándose 14 ml. de agua desmineralizada, 5 ml. de molibdato de amonio y 1 ml. de cloruro estañoso, dejándose reposar cinco minutos y tomándose la lectura antes de quince minutos. Dependiendo de la cantidad de fósforo que tenía la muestra, la solución tomaba distintas intensidades de color azul. Se observó que se obtuvo buena repetición de los valores de fósforo extraídos de una misma muestra con la relación suelo-solución 1:20, no ocurriendo lo mismo con la relación 1:30 motivo por el cual se descartó esta relación.

Los resultados del análisis químico se sometieron a un análisis estadístico. El análisis que se utilizó fue una regresión lineal del tipo $Y = b_0 + b_1 X$ donde Y representa el rendimiento relativo, X representa el valor logarítmico de ppm P siendo este un variante de la forma común de la regresión lineal. Se obtuvo el valor del coeficiente de correlación r y a través de este el valor de t para probar el nivel de significación.

De acuerdo con el análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados.

No hubo correlación del rendimiento relativo con el nivel de fósforo extraído al agrupar los tres cultivos en un solo análisis. El rendimiento de trigo y cebada tampoco correlacionó con el nivel de fósforo extraído.

En cambio el rendimiento del sorgo fué altamente correlacionado con el fósforo extraído (nivel de significación de 99.5%), pero el valor de r fue positivo siendo este contrario a lo esperado.

En conclusión, este método demostró ser eficiente para la extracción del fósforo del suelo y puede ser utilizado como un método de rutina en laboratorio. Sin embargo, es recomendable volver a repetir este trabajo utilizando muestras diferentes de suelo con varias concentraciones de oxalato de sodio y compararlo con los métodos usuales como el Bray p-1 y el de Olsen.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BALDOVINOS, DE LA P. F. Efecto de las fracciones del fósforo del suelo en el desarrollo de las plantas. Memorias del Segundo Congreso de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Tomo I. p. 90. 1965.
- 2) BEAR, D. F. Suelos y Fertilizantes. Trad. 4ta. ed. Ediciones Omega, S. A. p. 262-266. 1963.
- 3) BOYD, D. A. "The relationship between crop response and the determination of soil phosphorus by chemical methods, II". Tech. Bull. Minist. Agric. Fish. No. 13. Soil Phosphorus. London. p. 94-102. 1963.
- 4) BRAY, R. H. y S. R. DICKMA. "Adsorbed phosphates in soils and their relation to crop responses". Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 6. p. 312-320. 1941.
- 5) BRONFIELD, S. N. "Some factors affecting the solubility of phosphates during the microbial decomposition of plant material". Aust. J. Agric. Res. Vol. II. p. 304. 1960.
- 6) COOKE, C. W. The control of soil fertility. Crosby Lockwood & Son Ltd. London. p. 14, 17, 25. 1967.
- 7) DATTA, N. P. y M. B. KANATH. Evaluation of Soil Test for Available Phosphorus. Indian J. Agr. Sci. Vol. 29. p. 11-18. 1959.
- 8) FIGUEROA, L. C. Influencia de la aplicación de fósforo en el cultivo del trigo. Esc. de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Hermosillo. p. 2. 1969. (Tesis mimeografiada).
- 9) FRANKLIN, W. T. y H. M. REISENAVER. "Chemical Characteristics of Soil related to phosphorus fixation and availability". Soil Science Amer. Proc. Vol. 90. p. 192-204. 1960.
- 10) FULLER, H. W. y H. E. RAY. Basic concepts of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in calcareous Soils. University of Arizona. Tucson. Agric. Exp. Sta. Bull. A-42. p. 16. 1965.

- 11) OLSEN, S. R. y F. S. WATANABE. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Lagmuir Isoterm. Soil Sci. Amerc. Proc. Vol. 21. p. 144-149. 1955.
- 12) ORTIZ, V. B. y R. SANCHEZ. Las fracciones del fósforo en algunos suelos de México. Memorias del Segundo Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Tomo II. p. 61-79. 1965.
- 13) SALAZAR, S. G. Influencia de los fertilizantes fosfóricos en el cultivo del algodónero. Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Hermosillo. p. 9. 1965. (Tesis mimeografiada).
- 14) SHAW, E. J. Western fertilizer handbook. Soil improvement committee. California fertilizer association. Sacramento, Calif. p. 150. 1965.
- 15) TEUSHER, H. y R. ADLER. El suelo y su Fertilidad. 1ra. ed. Editorial Continental, S. A. México. p. 249. 1965.
- 16) TISDALE, S. L. y W. L. NELSON. Soil fertility and fertilizers. The MacMillan Co. New York. p. 69-71. 1958.
- 17) VELA, D. M. R. Correlación de análisis para fósforo en seis suelos cañeros de la región de Córdoba en el Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo México. p. 3-20. 1967. (Tesis mimeografiada).

A P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de cebada.

ppm.P.	Y	X	$X - \bar{X}$	$\cdot x^2$	$Y - \bar{Y}$	y^2	$x \cdot y$
15.3	241	1.1847	- 0.0432	0.00186624	29	841	- 1.2528
16.6	174	1.2201	- 0.0078	0.00006084	- 38	1444	0.2964
15.2	184	1.1818	- 0.0461	0.00212521	- 28	784	1.2908
20.9	158	1.3201	0.0922	0.00850084	54	2916	- 4.9788
16.8	208	1.2253	- 0.0026	0.00000676	- 4	16	0.0104
17.2	191	1.2355	0.0076	0.00005776	- 21	441	- 0.1596
16.6	244	1.2201	- 0.0078	0.00006084	32	1024	- 0.2496
15.2	176	1.1818	- 0.0461	0.00212521	- 36	1296	1.6596
20.9	208	1.3201	0.0922	0.00850084	- 4	16	- 0.3688
15.3	303	1.1847	- 0.0432	0.00186624	91	8281	- 3.9312
16.8	232	1.2253	- 0.0026	0.00000676	20	400	- 0.0520
17.2	232	1.2355	0.0076	0.00005776	20	400	0.1520
	$\Sigma Y = 2551$	$\Sigma X = 14.7350$		0.02523530		17851	- 7.5892

$$b_1 = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} = \frac{- 7.58920}{0.02524} = - 300$$

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2)(\Sigma y^2)}} = \frac{- 7.5892}{\sqrt{(0.0252)(17851)}} = - 0.358$$

$$b_0 = \bar{Y} - (b_1 \cdot \bar{X})$$

$$b_0 = 212 - ((-300)(1.2279)) = 580$$

$$Y = 580 + ((-300)(X))$$

$$t = \frac{r \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}} = \frac{(-0.3579) (\sqrt{12 - 2})}{\sqrt{1 - (-0.3579)^2}} = -1.21, \text{ N.S.}$$

Cuadro 2. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de sorgo.

ppm.P.	Y	X	$X - \bar{X}$	x^2	$Y - \bar{Y}$	y^2	$x \cdot y$
16.6	117	1.2201	0.0170	0.00028900	- 2	4	- 0.0340
15.2	108	1.1818	- 0.0213	0.00045369	- 11	121	0.2343
20.9	151	1.3201	0.1170	0.01368900	32	1024	3.7440
15.3	121	1.1847	- 0.0184	0.00033856	2	4	- 0.0368
16.8	127	1.2253	0.0222	0.00049284	8	64	0.1776
17.2	114	1.2355	0.0324	0.00104976	- 5	25	- 0.1620
12.8	103	1.1072	- 0.0959	0.00919681	- 16	256	1.5344
14.5	128	1.1614	- 0.0417	0.00173889	9	81	- 0.3753
17.5	129	1.2430	0.0399	0.00159201	10	100	0.3990
14.2	093	1.1523	- 0.0508	0.00258064	- 26	676	1.3208
	$\Sigma Y = 1191$	$\Sigma X = 12.0314$		$\Sigma x^2 = 0.03142120$		$\Sigma y^2 = 2355$	$\Sigma x \cdot y = 6.8020$
		$\bar{X} = 1.2031$					

$$b_1 = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2} = \frac{6.8020}{0.0314} = b_1 = 216$$

$$b_0 = \bar{Y} - (b_1 \bar{X}) = 119 - (216)(1.2031)$$

$$b_0 = 119 - 260 = - 141 \quad b_0 = - 141$$

$$r = \frac{\Sigma XY}{\sqrt{(\Sigma X^2)(\Sigma Y^2)}} = \frac{6.8020}{\sqrt{(0.0314)(2355)}} = 0.7888$$

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} = \frac{0.7888 - \sqrt{10-2}}{\sqrt{1-(0.7888)^2}} = 5.8^{***}$$

Cuadro 2. Análisis de regresión de los niveles de fósforo extraído con relación 1:20 y rendimiento relativo de trigo.

ppm.P.	Y	X	X - \bar{X}	x ²	Y - \bar{Y}	y ²	x.y.
13.5	114	1.1303	- 0.1966	0.03865156	- 8	64	1.5728
14.5	114	1.1614	- 0.1655	0.02739025	22	484	- 3.6410
42.5	170	1.6284	0.3055	0.09333025	48	2304	14.6640
20.6	115	1.3139	- 0.0130	0.00016900	- 7	49	0.0910
20.8	115	1.3181	- 0.0088	0.00007744	- 7	49	0.0616
20.1	119	1.3032	- 0.0237	0.00056169	- 3	9	0.0711
27.1	83	1.4330	0.1061	0.01125721	-39	1521	- 4.1379
	$\Sigma Y=860$	$\Sigma X=9.2883$		$\Sigma x^2=0.17143740$		$\Sigma y^2=4480$	$\Sigma x.y=8.6816$
	$\bar{Y}=122$	$\bar{X}=1.3269$					

$$b_1 = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} = \frac{8.6816}{0.1714} = 50 \quad b_1 = 50 \quad r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2)(\Sigma y^2)}} = \frac{8.6816}{\sqrt{(0.1714)(4480)}} = 0.313$$

$$b_0 = \bar{Y} - (b_1 \bar{X})$$

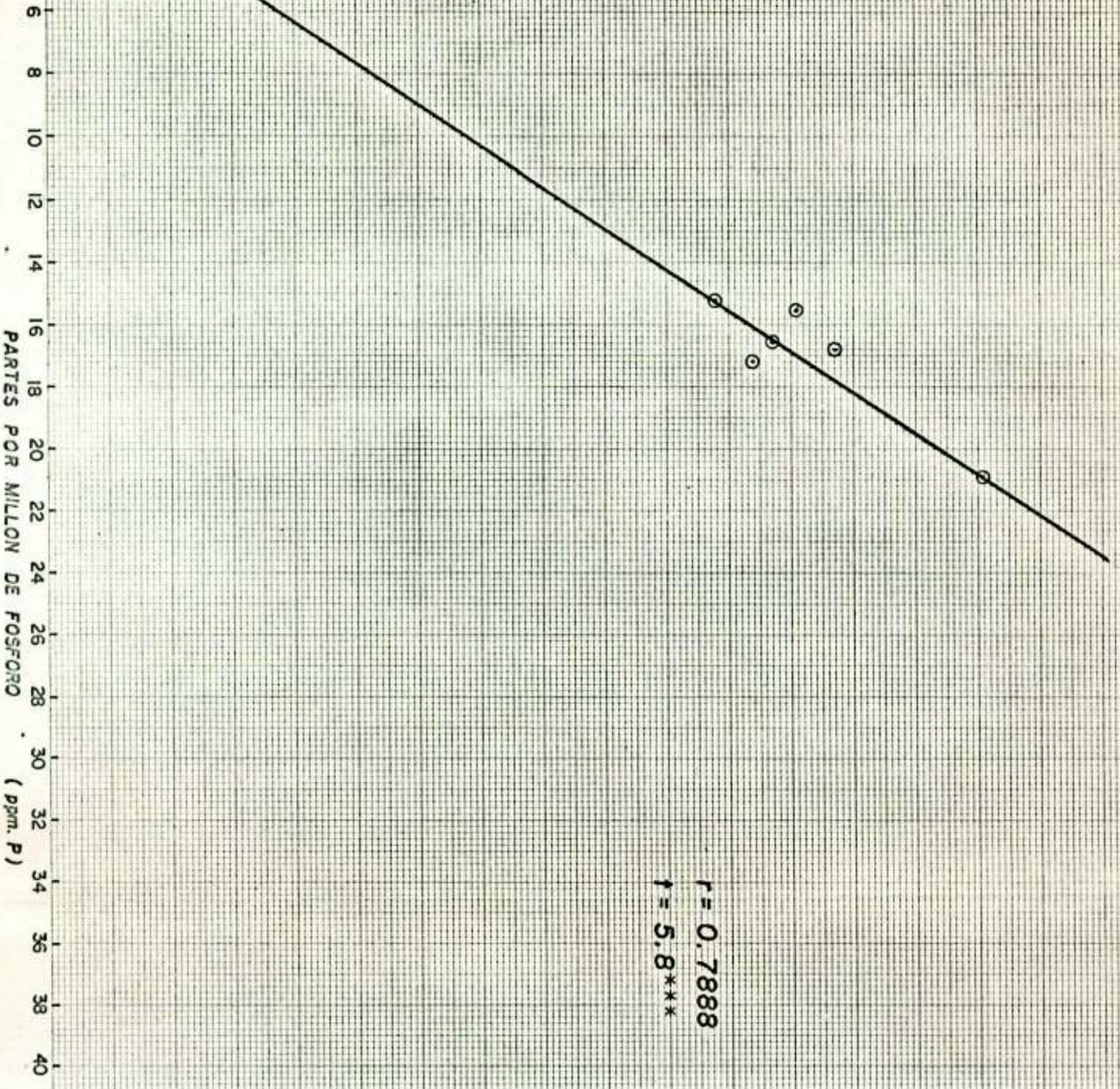
$$b_0 = 122 - ((50)(1.3269)) = 56$$

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.313}{\sqrt{1-(0.313)^2}} = 0.313 \sqrt{7-2}$$

N.S.

R.S. T. 422

SORGO - Con y sin residuos
relación, suelo—solución 1:20



CEBADA 1,961 y 1,962
con residuo y sin residuo
relación, suelo — solución 1:20

