

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT  
WASHINGTON, D. C. 20523  
**BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET**

FOR AID USE ONLY

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Agriculture	AF22-0000-0000
	B. SECONDARY Soil chemistry and physics	

2. TITLE AND SUBTITLE  
Metodos quimicos de analisis de suelos

3. AUTHOR(S)  
Waugh, D.L.

4. DOCUMENT DATE 1967	5. NUMBER OF PAGES 10p	6. ARC NUMBER ARC
--------------------------	---------------------------	----------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS  
N.C. State

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)  
(Presented at Sim.sobre Evaluacion de Metodos para Determinar Necesidades de Fertilizantes de los Cultivos, La Molina, Peru)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER PN-RAA-436	11. PRICE OF DOCUMENT
----------------------------------	-----------------------

12. DESCRIPTORS Soil analysis	13. PROJECT NUMBER
----------------------------------	--------------------

14. CONTRACT NUMBER CSD-287 Res.
-------------------------------------

15. TYPE OF DOCUMENT
----------------------

7

COPY OF SYMPOSIUM GIVEN AT  
LA MOLINA, DEC. 1967  
cat 287

simposio  
evaluación de métodos para determinar  
necesidades de fertilizantes de los cultivos

MÉTODOS QUÍMICOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

DONOVAN L. WAUGH

## MÉTODOS QUÍMICOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Donovan L. Waugh

El éxito del análisis de suelos como método diagnóstico de deficiencias de nutrientes en suelo depende, en principio, en el grado con que se mide nutrientes disponibles a las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de nutrientes determinada por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no los fertilizantes. En el caso de cultivos anuales, especialmente, es importante corregir deficiencias en fertilidad de suelo antes de que aparezca los síntomas de deficiencia en las plantas para que no sufra una bajada en rendimiento. Un buen análisis de suelo es la mejor manera de diagnosticar estas deficiencias con suficiente anticipación.

La química de métodos analíticos para determinar la fertilidad del suelo es sumamente difícil expresar en términos de la química pura debido a las interacciones entre los reactivos empleados y los sistemas complejos del suelo. En el espacio de este simposio no se puede considerar toda la química de todos los métodos de análisis, sino se considerará solamente 3 clases de determinaciones muy importantes e indicativas en la evaluación de fertilidad: Fósforo disponible, Potasio disponible y Aluminio extractable.

### La correlación de los métodos químicos con la respuesta a fertilizantes.

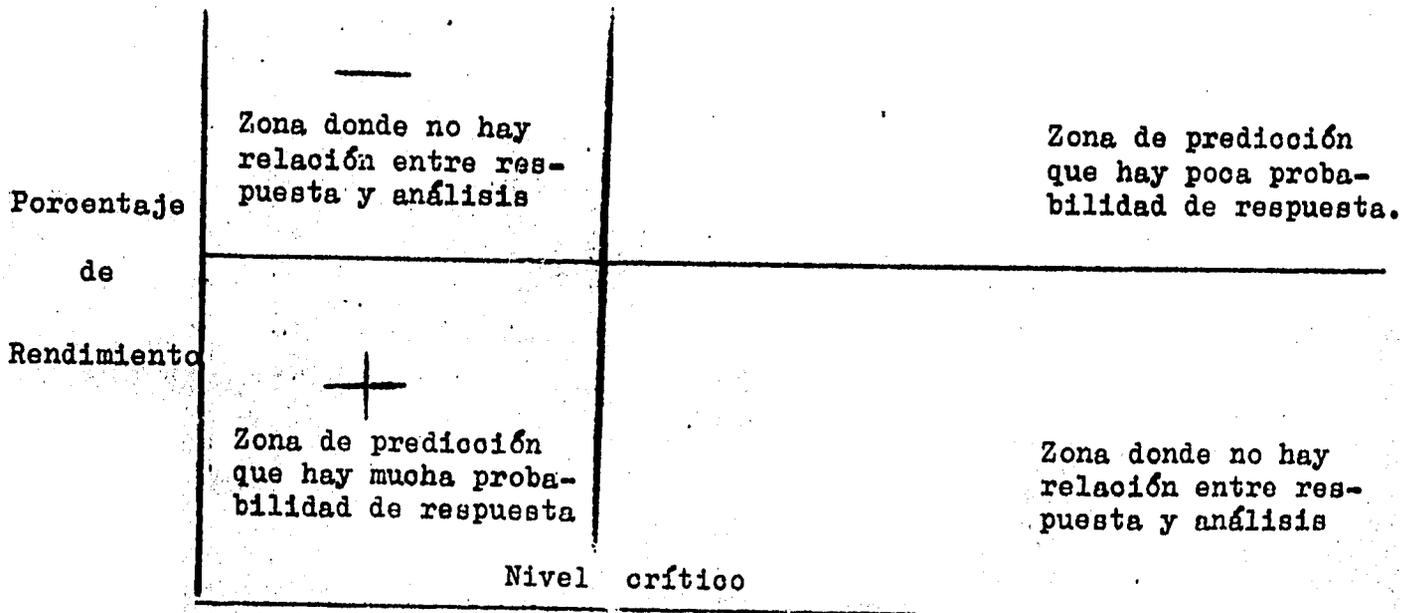
En la evaluación de métodos de análisis es menester que se emplee un sistema apropiado para la correlación de métodos químicos con la respuesta a fertilizantes.

Cate y Nelson (1965) han publicado un método rápido para la correlación de análisis de suelo con ensayos en macetas o campo. Según su técnica se puede separar los suelos en dos grupos: suelos en que hay una alta probabilidad de una respuesta grande al aplicarse fertilizantes y suelos en que hay poca probabilidad de tal respuesta. La forma de la curva en la comparación entre porcentaje de rendimiento y análisis de suelo es generalmente curvalinear, y por eso es fácil separar los resultados en dos grupos por medio de una cruz pintada en una hoja de plástico transparente.

La hoja transparente se coloca sobre los puntos de la curva de tal manera que el máximo número de puntos caigan en los cuadros positivos y el mínimo de puntos en los cuadros negativos, como se ve en la Figura N° 1.

En cuanto mayor sea el número de puntos que se encuentra en cuadros positivos, mejor es el método de análisis de suelo.

Figura No. 1



### Análisis de Suelo

El autor de este artículo ha asesorado a cuatro alumnos en proyectos de tesis para el grado Ing. Agrónomo, U.A., La Molina.

Todos estos estudios se refirieron a la evaluación de métodos químicos de análisis, y con su permiso y digna colaboración se está incluyendo estos datos en este artículo. La Técnica empleada en los estudios de Fósforo y Potasio se ha publicado (Waugh y Fitts, 1966).

### Evaluación de fósforo disponible

En su esquema para el sistema de fraccionamiento del Fósforo de suelo, Jackson (1964) ha separado 6 grupos de fosfatos, según el extractante y orden de extracción:

<u>Fracción de Fósforo</u>	<u>Extractante</u>
1.- de Fosfatos de Al.	0.5 N $\text{NH}_4\text{F}$
2.- de " de Fe.	0.1 N Na OH
3.- de " de Ca.	0.5 N $\text{H}_2\text{SO}_4$
4.- de P ocluido en fosfato de Fe.	Citrato Na. Ditionato-Na
5.- de P ocluido en fosfato de Al.	0.5 N $\text{NH}_4\text{F}$ después de la separación con citrato-Na.
6.- Orgánico	Por diferencia entre P total e inorgánico

La disponibilidad de fósforo en suelo no se puede relacionar necesariamente con ninguna de las fracciones de suelo en sí, sino con el de fósforo más activo (de elevada superficie específica) de los fosfatos de Aluminio, Hierro y Calcio.

Este fósforo activo se encuentra en equilibrio con la solución del suelo de la cual absorbe la planta sus nutrientes. Por eso, el fosfato soluble en agua generalmente tiene relación con fósforo disponible a la planta, aunque la cantidad extraída es tan pequeña que se presenta problemas en la determinación colorimétricamente. En cambio, ciertos extractantes disuelven fósforo además del fosfato activo y por ello no sirven para la estimación de fósforo disponible.

En un estudio de fósforo, Luna (196-) estudió la absorción de fósforo por maíz bajo de condiciones muy intensivas (200 g. suelo) y en otro Müller (196-) estudió la respuesta a la aplicación de fósforo en macetas de 2 kg. suelo.

Los resultados se presentan en Figuras 2 y 3, en las cuales se puede comparar la disponibilidad de fósforo tanto en términos de absorción de P y respuesta a fósforo aplicado como en análisis químicos por 4 distintos métodos. En los dos estudios la extracción ácida ( $0.05 \text{ N HCl} + 0.025 \text{ N H}_2\text{SO}_4$ ) extrajo mucho más fósforo de algunos suelos que la planta, especialmente en suelos calcáreos. Por el otro lado, la extracción ligeramente alcalina de Olsen ( $0.5 \text{ M NaHCO}_3$ , pH 8.5), dió una correlación con fósforo disponible a la planta sumamente aceptable en todos los suelos del Perú estudiados. Los otros métodos tuvieron cierto valor en los dos estudios, pero la extracción con  $0.03 \text{ N NH}_4\text{F} + 0.025 \text{ N HCl}$  tuvo limitaciones en los suelos muy calcáreos, y el  $0.5 \text{ N NaOH} + 0.3 \text{ Na}_2\text{CO}_2$  tuvo la tendencia de extraer mucho fósforo en algunos suelos altos en hierro.

Aunque no se ha probado todos los métodos que existen para fósforo, se ha probado las distintas clases de análisis, y basado en los estudios no se recomienda el uso de métodos de extracción ácida.

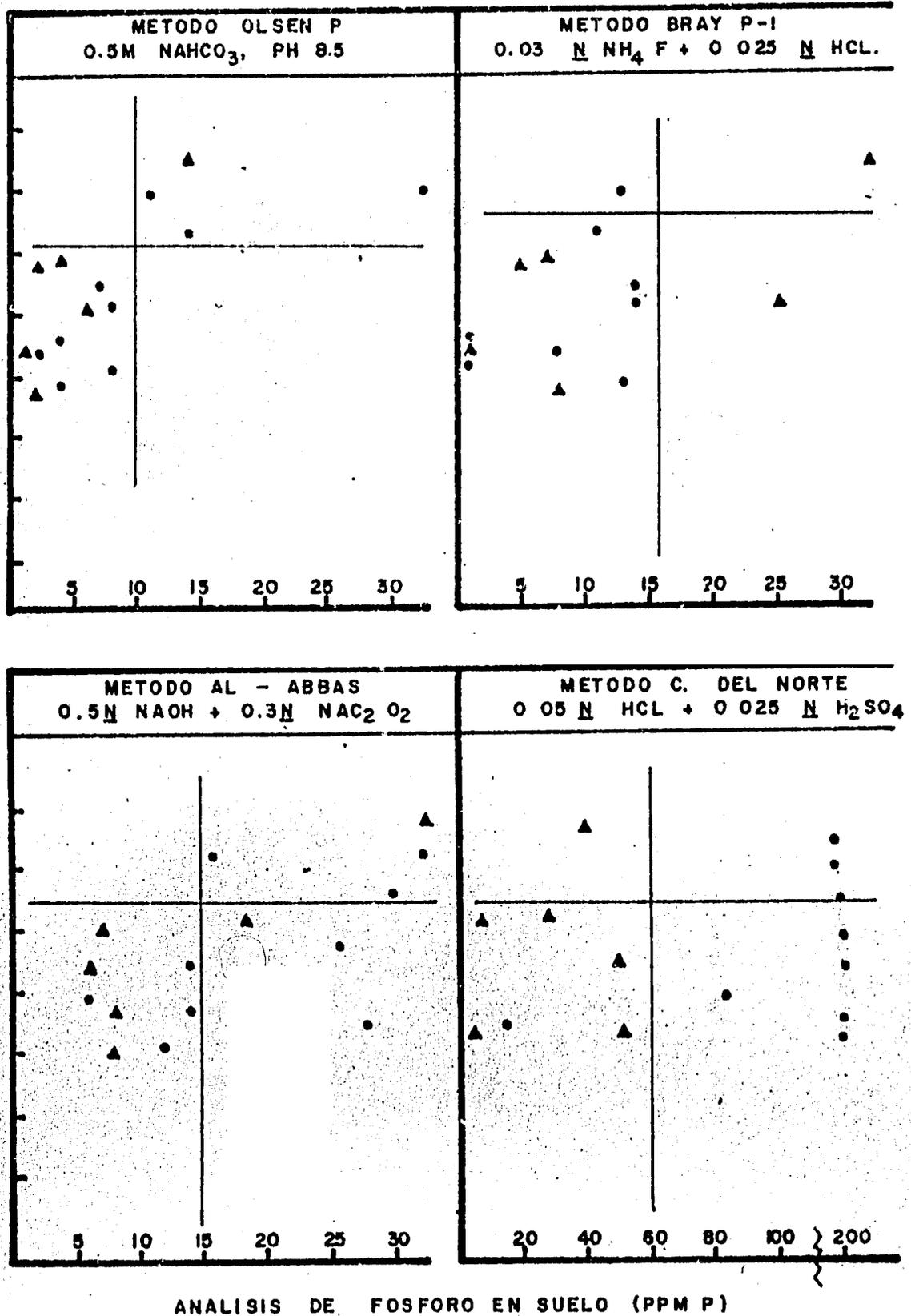
El método de Olsen parece lo mejor por el rango amplio de suelos de la Zona Andina (desde ácidos hasta alcalinos), tanto desde el punto de vista teórico, como en la manera en que se correlacionó con el

FIGURA N° 2

PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE MAIZ EN MACETAS VS. ANALISIS DE P, SEGUN 4 METODOS EN 15 SUELOS DE LA COSTA Y SELVA DEL PERU. DATOS SEGUN MUELLER, TESIS ING. AGR. U. A. LA MOLINA.

- SUELOS DE LA COSTA
- ▲ SUELOS DE LA SELVA

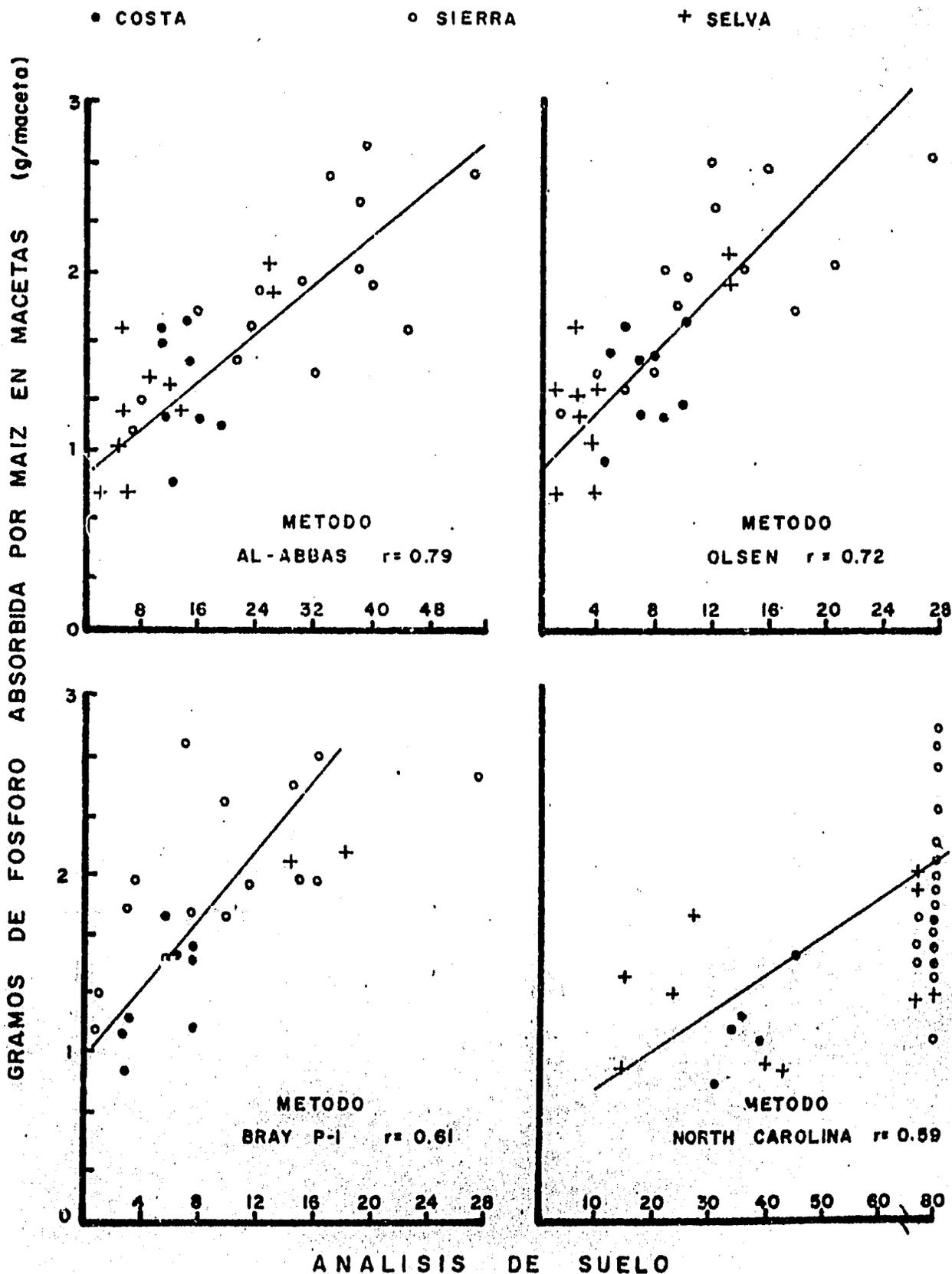
PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (-P/+P x 100)



ANALISIS DE FOSFORO EN SUELO (PPM P)

FIGURA N° 3

CORRELACION ENTRE ANALISIS DE SUELO Y ABSORCION POR MAIZ EN MACETAS BAJO DE CONDICIONES INTENSIVAS, PARA 35 SUELOS DEL PERU. SEGUN LUNA TESIS, ING. AGRONOMO UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA.



fósforo disponible a plantas en estos estudios. La extracción de Olsen se hace de los fosfatos activos de fosfato de aluminio y hierro, según los reactivos indicados:

De fosfato de Calcio.- El producto de solubilidad de  $\text{CaCO}_3$  disminuye la actividad de Ca en suelo, liberando una parte del fósforo de la superficie de los fosfatos de Calcio.

De fosfatos de Aluminio y Hierro.- La formación de aluminatos complejos y la precipitación del hierro como óxido disminuye las actividades de Al y Fe, liberando una parte de los fosfatos de la superficie de Aluminio y Hierro.

El autor modificó el método de Olsen para un sistema de análisis semi-automático, usando una relación de suelo/solución 1/10, agitando 10 minutos, y desarrollando el color azul por medio de una mezola de 3 ml. de alícuota de la muestra extraída y filtrada con 10 ml. de una solución con los siguientes reactivos:

Por litro:	1.0 g. molybdato de amonio
	24 mg. Tartrato doble de Antimonio y Potasio
	16 ml. de $\text{H}_2\text{SO}_4$ conc.
	1 g. de ácido ascórbico

#### Evaluación de Potasio disponible.

El análisis de Potasio se hace generalmente con acetato de amonio normal, pH 7.0, pero también se usa otras extracciones. El potasio medido es una función del potasio cambiante en la mayoría de estas extracciones. Duran (1966) llevó a cabo un estudio de la correlación de métodos de análisis de potasio con respuesta a potasio aplicada a 35 suelos del Perú. A los cuatro métodos probados para la determinación de fósforo también se les probó para potasio y, con

la excepción del método de Al-Abbas, dieron correlaciones aceptables con respuesta de la aplicación de potasio en maíz. La comparación de la cantidad de potasio extraída por los métodos en comparación con la extraída por acetado de amonio, se puede apreciar en la figura 4. Cualquiera de estos métodos puede servir como una evaluación de la fertilidad respecto a potasio, aunque es necesario establecer distintos niveles críticos con cada uno.

Debido a la utilidad del método de Olsen tanto para fósforo como para potasio, se puede determinar los dos elementos con una sola extracción.

#### Aluminio extractable.

En algunos suelos ácidos el contenido de aluminio cambiante viene a ser mayor que el contenido de Calcio y Magnesio cambiante, y en estos casos el aluminio es tóxico a muchas plantas. Estudios sobre la toxicidad de aluminio en suelos ácidos llevados a cabo en varias partes del mundo indican que la mejor evaluación de la acidez del suelo, y a la vez la necesidad de encalamiento, es la determinación de aluminio extraído por ClK N. En esta extracción la mayor parte de los cationes incluyendo Al +++ cambiante, se extraen al pH natural del suelo. La determinación de aluminio extractable se estima por medio de titulación con NaOH, calculando la cantidad de OH gastado, hasta el cambio de color amarillo a azul con fenolftaleína.

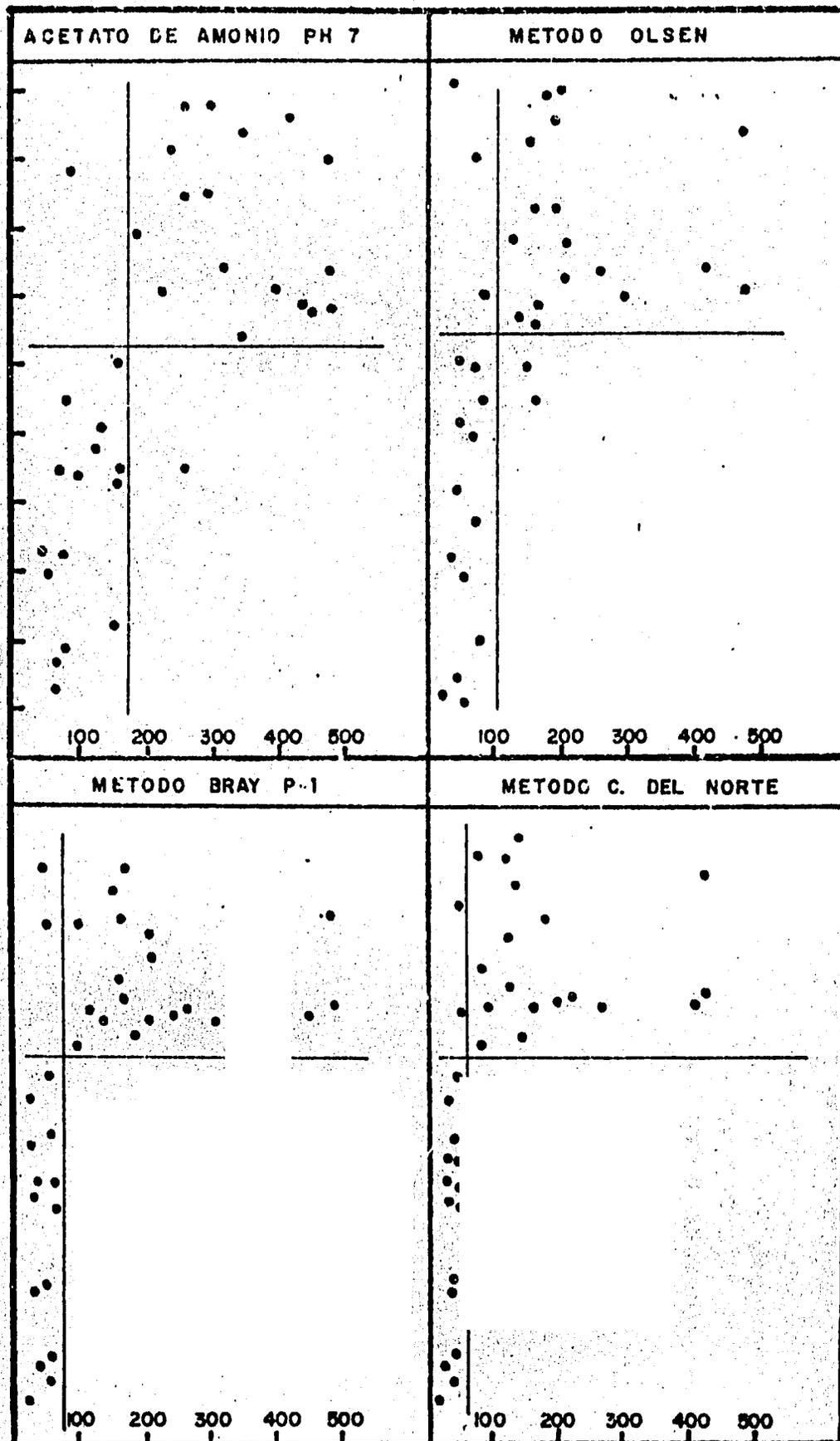
Del Aguila (1967) estudió el efecto de la toxicidad de Aluminio en tres suelos ácidos de Tingo María, Perú. Los datos de los suelos y los resultados de los tratamientos que se presenta en la Figura 6 indica que el aluminio extraído con ClK N fue relacionado con la toxicidad del aluminio. También los datos indican que la fórmula usada para encalamiento en Brasil ( o sea, m.e./100 g. Al +++ x 1.33 = m.e. Ca(OH)<sub>2</sub> necesario para elevar el pH hasta 5.6 a 6.0), tiene

FIGURA Nº 4

PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE MAIZ EN MACETAS VS. ANALISIS DE K, SEGUN 4 METODOS EN 35 SUELOS DE LA COSTA, SIERRA Y SELVA DEL PERU.

DATOS SEGUN DURAN, TESIS, ING. AGRONOMO, U. A. LA MOLINA.

PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (-K/+K x 100)



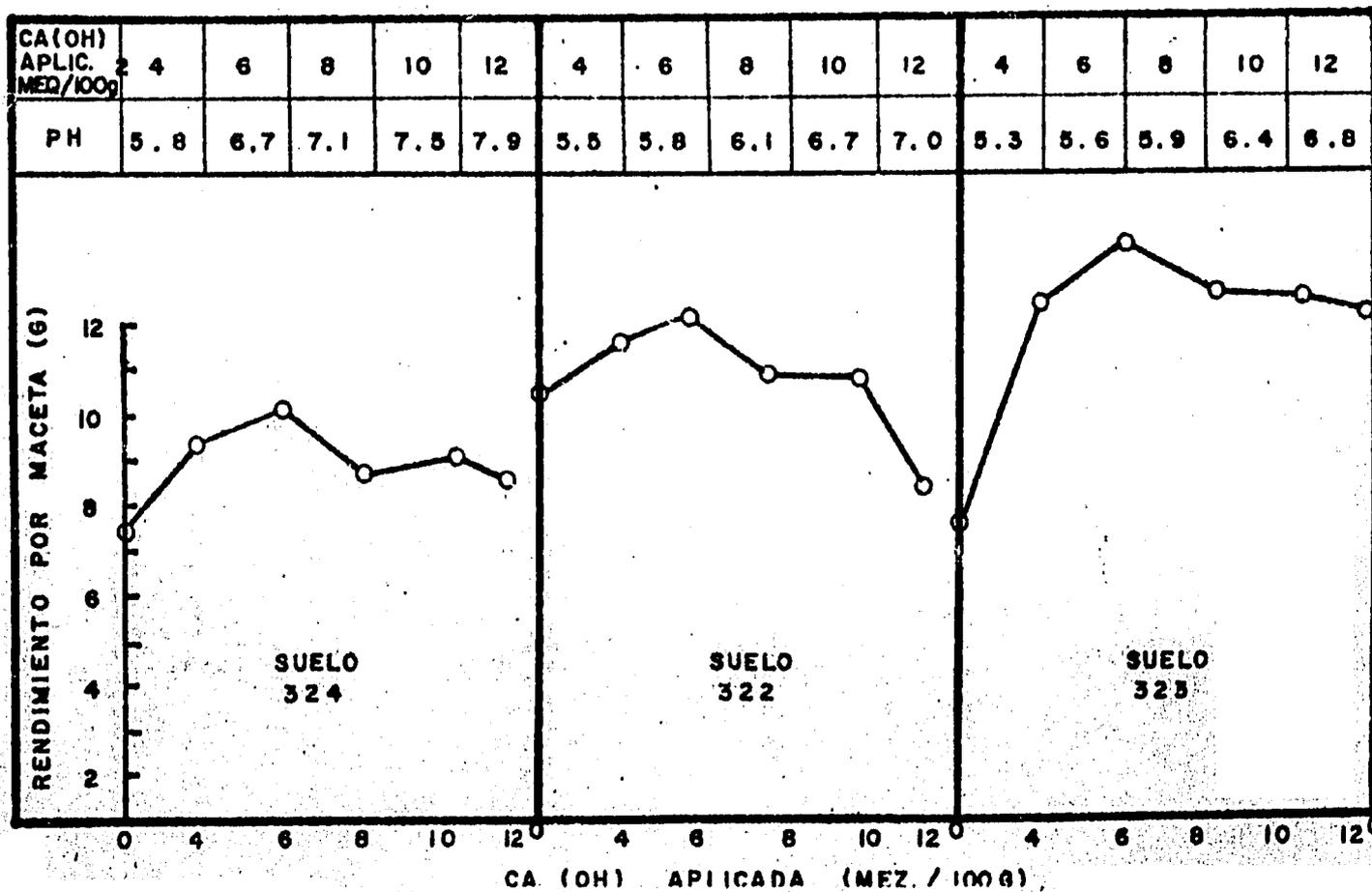
ANALISIS DE POTASIO EN SUELO EN (PPM. K)

FIGURA Nº 5

ESTUDIO DE LA TOXICIDAD DE ALUMINIO VS ENCALAMIENTO EN SUELOS DE LA SELVA PERUANA. SEGUN DEL AGUILA, TESIS, ING. AGRONOMO, UNIV. AGRARIA LA MOLINA.

Nº DEL SUELO	324	322	323
EXTR. AL. MEQ/100G	3.5	4.6	5.0
CA + MG MEQ/100G	2.1	2.2	2.0
PH EN AGUA	5.0	4.4	4.2

CAMBIO DE PH Y RENDIMIENTO DE ALGODON EN RELACION DE CAL APLICADA



utilidad para los suelos ácidos estudiados en el Perú. El encalamiento basado en el contenido de aluminio fue suficiente para elevar el pH al rango de 5.7 a 6.0, punto de acidez del cual no hubo toxicidad de aluminio y a la vez la disponibilidad de microelementos fue el máximo.

Como se indica en la Figura 5, se bajó los rendimientos, cuando el encalamiento elevó el pH en exceso de lo necesario para neutralizar en aluminio (debe anotarse que no había aplicado los microelementos en este estudio para poder evaluar el efecto de la reducida disponibilidad de ellos en suelos sobre encalados).

#### Conclusiones y Recomendaciones.

Los estudios presentados son preliminares y será necesario seguir evaluando los métodos através de más ensayos tanto en macetas como en campo. Sin embargo, los datos obtenidos indican que hay suficiente información para adaptar el método de Olsen para la evaluación de fósforo y potasio disponible en todo el Perú.

Mediante el programa Internacional de Análisis de Suelos, 14 de los países de América Latina están colaborando en estudios de Metodología en la esperanza de poder estandarizar y uniformizar los métodos de análisis hasta lo máximo posible. Así es como la técnica de análisis de suelo puede desarrollarse en toda América, sin que se complique más, que es justificada por verdaderas consideraciones científicas.

Literatura y Trabajo Citado

- 1.- Jackson, M. L. (1964) Análisis químico de suelos.- Ediciones Omega, S. A. Casanova, 220, Barcelona. España.
- 2.- Cate y Nelson (1965). Un método rápido para la correlación de análisis de suelo con ensayos de fertilizantes. Boletín Técnico No. 1 de las series del Proyecto Internacional de Análisis de Suelos, N. C. State University, Raleigh, North Carolina.
- 3.- Waugh y Fitts (1966) Estudios para Interpretación de Datos de Análisis de suelos: Plantas en macetas. Boletín No. 3 de las series del Proyecto Internacional de Análisis de suelos. N. C. State University, Raleigh, N.C.
- 4.- Durán Lazo, Percy (1966) Capacidad de liberación y evaluación del potasio en diversos suelos del país. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Agraria de La Molina.
- 5.- Kamprath (1967) La acidez del suelo y la respuesta al enca-lamiento. Boletín Técnico No. 4 de las series del Proyecto Internacional de análisis de suelos. N. C. State University, Raleigh, North Carolina.
- 6.- Del Aguila (196-) Tesis para Ing. Agr. Imprimiéndose. Universidad Agraria de La Molina.

7. Jaina (196-) Tesis para Ing. Agr. Imprimiéndose. Universidad Agraria, La Molina.
8. Müller (196-) Tesis para Ing. Agr. Imprimiéndose. Universidad Agraria de La Molina.