

## Enseñanza de la Química como base para otras carreras.

### UN ENFOQUE DIDÁCTICO DEL MÉTODO BRAY I PARA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO EN SUELO.

Yaily Rivero<sup>1</sup>, Silvana Flecchia<sup>2\*</sup>

1-Departamento de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias-UDE, Av. Luis Alberto de Herrera 2890, Montevideo, Uruguay.

2- Departamento de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias-UDE, Av. Luis Alberto de Herrera 2890, Montevideo, Uruguay.

E-mail: [sflecchia@gmail.com](mailto:sflecchia@gmail.com)

#### Resumen

Este trabajo es una propuesta didáctica de la asignatura Química para estudiantes de 1º año de la carrera Ingeniero Agrónomo. Pretende integrar diferentes técnicas de análisis de laboratorio a través del método Bray I para determinación de fósforo disponible en suelo, incluyendo la interpretación agronómica de los resultados vinculada a la importancia nutricional del fósforo para los cultivos.

#### Palabras clave

Fósforo - suelo - agronomía - Bray - didáctica

#### Introducción y objetivos de la propuesta

Los estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de la Empresa, de Montevideo – Uruguay, tienen dentro de la malla curricular la asignatura Química distribuida durante el primer semestre (Química I) y segundo semestre (Química II).

El objetivo general de la asignatura en la carrera es promover una estructura de pensamiento que permita interpretar procesos químicos naturales que conducen a cambios en las propiedades de diferentes sistemas agronómicos y ambientales, analizando la influencia de factores que intervienen en dichos procesos y seleccionando los métodos de análisis cualitativos y cuantitativos.

Para integrar las diferentes operaciones básicas de laboratorio como la preparación de soluciones, dilución, técnicas de filtrado y digestión, tratamiento de muestra, uso de instrumentos como balanzas, pipetas automáticas, espectrofotómetro y promoviendo la utilización pedagógica de las tecnologías digitales, proponemos realizar como actividad experimental la determinación de fósforo disponible en una muestra de suelo a través del método Bray I. Para el tratamiento de datos y la interpretación agronómica de los resultados, participan docentes de Suelos que abordan la importancia del fósforo para las plantas desde el punto de vista nutricional.

En 1945, Bray y Kurtz [1] proponen un método rápido para estimar las formas de fósforo disponible para las plantas. El método conocido como Bray I, se emplea como índice del fósforo aprovechable en suelos con pH neutro y ácido, en una relación suelo:solución 1:7. Se basa en la extracción de las formas de fósforo fácilmente solubles, con la combinación de ácido clorhídrico y fluoruro de amonio. El análisis de fósforo incluye la conversión de las formas fosforadas presentes en la muestra en ortofosfato disuelto y su determinación mediante espectrofotometría de absorción visible a través del desarrollo de color por formación de azul de molibdeno.

Desde el punto de vista didáctico se pretende la construcción de conocimientos con significado, [2], [3] permitiendo a los estudiantes de Ingeniero Agrónomo profundizar sobre el análisis y la interpretación de información relevante vinculada con la química agrícola y con el medio o sustrato más importante en el cual se cultiva que es el suelo.

#### Antecedentes y fundamentos

El fósforo es un mineral esencial para todos los organismos vivos. Las plantas lo necesitan para crecer y desarrollar su potencial genético, pero no todo el fósforo presente en los suelos es la

totalidad del que se encuentra disponible. Según el tipo de suelo, el fósforo total puede estar "fijado" (no disponible) en los minerales, esto significa que la planta no puede absorberlo [4].

Para dosificar la cantidad de fertilizante necesaria en un suelo es preciso determinar la concentración de fósforo presente, disponible para la planta [4]. Dada la necesidad, del Departamento de Suelos, de incorporar estas determinaciones de fósforo a la capacidad analítica de los laboratorios de la facultad, se desarrolla la técnica Bray I. La misma se ajusta con fines pedagógicos para incorporar como integración de los conocimientos adquiridos en Química para estudiantes de primer año de la carrera Ingeniero Agrónomo.

La propuesta de trabajo parte de la preparación de los reactivos que se utilizarán durante el desarrollo de la actividad experimental, en la que se incluyen técnicas de preparación de soluciones patrón primario y preparación de solución madre para diluciones.

A partir de las diluciones del patrón primario de fósforo, se realiza el desarrollo de color por formación del azul de molibdeno para medir la absorbancia en el espectrofotómetro. Con los valores obtenidos se construye la curva de calibración utilizando una planilla electrónica y los recursos que ofrece el programa Excel, obteniendo el coeficiente de regresión lineal y la ecuación de la recta para calcular la concentración de fósforo en la muestra de suelo.

La muestra a utilizar para la determinación de fósforo debe estar seca y tamizada. Se le agrega la solución extractiva Bray I que solubiliza el fósforo disponible para la planta. Para obtener una solución límpida se aplican técnicas de filtrado para separar el residuo de suelo y obtener una solución traslúcida apta para el desarrollo de color como requisito para el método espectrofotométrico.

De la medición en el espectrofotómetro se obtiene un valor de absorbancia que es convertido a concentración de fósforo. Determinamos la cantidad de fósforo soluble y disponible en la muestra de suelo tratada.

La propuesta incluye una interpretación de los resultados obtenidos teniendo en cuenta aspectos agronómicos relacionados a la fertilidad de los suelos.

### **Descripción de la propuesta educativa**

A continuación se describe la técnica utilizada:

#### **OBJETIVOS:**

Continuar adquiriendo la manipulación básica en espectrofotometría de absorción visible.

Construir una curva de calibración.

Realizar extracción de fósforo en una muestra de suelo.

Realizar una determinación cuantitativa de fósforo en una muestra de suelo, con desarrollo de color a través de un procedimiento espectrofotométrico.

#### **MATERIALES:**

Espectrofotómetro. Celdas. Pipetas automáticas y graduadas. 4 matraces erlenmeyer 100 mL. 1 matraz erlenmeyer 50 mL. 6 matraces aforados de 25,0 mL. 1 matraz aforado de 100,0 mL. 1 matraz aforado de 50,0 mL. Balanza analítica. Espátulas. Embudo. Papel de filtro.

#### **SUSTANCIAS:**

Agua destilada.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ppa.  $((\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O})$ .  $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{NH}_4\text{F}$ .  $\text{HCl}$  0,5 M –  $\text{HCl}$  conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc.

#### **En el manejo del espectrofotómetro han de observarse una serie de precauciones:**

No dejar huellas en las paredes de la cubeta espectrofotométrica. Utilizar la misma celda para todas las mediciones. Enjuagar cuidadosamente la cubeta espectrofotométrica con la disolución que va a ser medida, antes de llenarla definitivamente. Realizar las medidas empezando por la disolución más diluida y acabando por la más concentrada.

### **PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE REACTIVOS**

#### **SOLUCIÓN PATRÓN DE FÓSFORO**

Utilizamos  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ppa como patrón de fósforo. Preparar una solución estándar de 1000 ppm en fósforo a partir del fosfato diácido de potasio. Reservar para preparar las soluciones patrón para

desarrollar color y construir curva de calibración. Para preparar las diluciones que luego utilizaremos para la curva de calibración, realizar una dilución de 100,0 mL de 2 ppm en fósforo a partir de la solución estándar 1000 ppm. Reservamos.

### **MOLIBDATO DE AMONIO**

Colocar 2,5 g de molibdato de amonio tetrahidrato ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O) en matraz erlenmeyer de 100 mL y agregar 20 mL de agua destilada. Calentar en plancha calefactora a 60 °C. Dejar enfriar. Filtrar, si es necesario. En otro matraz erlenmeyer de 100 mL colocar 40 mL de agua destilada, agregar (¡con cuidado!) 27,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Cuando ambas soluciones se hayan enfriado, se añade la de molibdato sobre la de ácido sulfúrico. Agregar agua destilada hasta completar 100 mL

### **ÁCIDO CLOROESTANNOZO**

Colocar en matraz erlenmeyer de 50 mL 1,1 g de SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. Agregar 5 mL de HCl concentrado. Llevar a 50 mL con agua destilada. Calentar hasta quedar translúcido. Filtrar si es necesario.

### **SOLUCIÓN EXTRACTIVA (Bray I) SOLUCIÓN MADRE**

Colocar 3,7 g de NH<sub>4</sub>F en matraz erlenmeyer de 100 mL. Agregar 4 mL de HCl 0,5 M. Completar con agua destilada hasta 100 mL

### **SOLUCIÓN EXTRACTIVA PARA USAR**

Realizar una toma de 3 mL de la solución madre, colocarla en matraz erlenmeyer de 100 mL. Agregar 5 mL de HCl 0,5 M. Completar con agua destilada hasta 100 mL.

### **PROCEDIMIENTO PARA PREPARAR LAS DILUCIONES PARA DESARROLLO DE COLOR Y CONSTRUCCIÓN DE CURVA DE CALIBRACIÓN.**

Tomar la solución patrón de fósforo (anotar su concentración, que debe ser cercana a 2 ppm) como solución madre. Preparar soluciones patrón de fósforo por dilución de ésta según la tabla que se muestra más abajo. En todos los casos tomar los volúmenes indicados con pipeta automática, homogeneizar, y finalmente enrasar. Calcular la concentración de fósforo en la solución obtenida para completar la siguiente tabla.

SOLUCIÓN	VOLUMEN DE MATRAZ (ML)	VOLUMEN DE SOLUCIÓN PATRÓN 2 ppm DE FÓSFORO (mL)	SOLUCIÓN EXTRACTIVA (mL)	VOLUMEN DE MOLIBDATO DE AMONIO (mL)	ACIDO CLORO ESTANNOZO (gotas)	CONCENTRACIÓN EN ppm DE FÓSFORO (TEÓRICA)	CONCENTRACIÓN EN ppm DE FÓSFORO (PRÁCTICA/REAL)
1	25	2.5	5,0	1	2	0,2	
2	25	5	5,0	1	2	0,4	
3	25	7.5	5,0	1	2	0,6	
4	25	10	5,0	1	2	0,8	
5	25	12.5	5,0	1	2	1	
BLANCO	25	-	5,0	1	2	-	-

Luego de enrasar, dejar reposar 7 minutos para realizar la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro. Fijar la longitud de onda del instrumento en el valor de absorbancia máxima, 660 nm. Con el cero de absorbancia fijado con la cubeta del blanco comenzar a medir las

absorbancias de las soluciones patrón obtenidas anteriormente, desde la más diluida a la más concentrada. Completar el cuadro.

SOLUCIÓN	CONCENTRACIÓN EN ppm DE FÓSFORO	ABSORBANCIA (nm)
1		
2		
3		
4		
5		

Construir la curva de calibración con ayuda de una planilla electrónica. Obtener la ecuación de la recta y el coeficiente de linealidad  $R^2$ .

### PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE SUELO

Tomar una muestra de 2,5 g de suelo y colocarla en un matraz erlenmeyer de 100 mL. Agregar 17,5 mL de solución extractiva Bray N°1 con pipeta graduada. Agitar 1 minuto y filtrar. Del filtrado se toma una alícuota de 10 mL con pipeta automática y se vierte en un matraz aforado de 50,0 mL. Agregar 2,0 mL de molibdato de amonio y luego agua destilada. Agregar 3 gotas de ácido cloroestannoso. Enrasar y dejar reposar 7 minutos para realizar la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro. Determine la absorbancia de la solución problema. Con la ecuación de la curva y la absorbancia determinada, calcule la concentración de fósforo en la muestra.

### Expectativas de la propuesta

Se espera que el estudiante adquiera competencias básicas para la asignatura suelos, internalice los conocimientos y cuente con formación necesaria para integrarse a laboratorios de análisis de interés agronómico, como por ejemplo laboratorios de suelos e investigación, o a tareas de campo en las que un profesional egresado de la carrera Ingeniero Agrónomo debe tomar decisiones como es la dosificación de fertilizantes.

Se prepara a los estudiantes a la resolución de problemas aplicados a la rama de la agronomía ejercitando las capacidades adquiridas en forma significativa.

### Conclusiones

Dada las características de los suelos en el Uruguay, se ha atendido especialmente la determinación de fósforo disponible a través del método Bray I, por el impacto que genera este elemento en los cultivos y en las decisiones de fertilización.

Siendo una metodología que no se aborda desde el punto de vista experimental ni teórico en los programas de Química de las carreras de agronomía del país, consideramos que la propuesta aporta al desarrollo de las competencias analíticas y de interpretación de resultados por parte de los estudiantes desde el primer año de la carrera.

Por la repercusión que tiene el estudio del fósforo en el sustrato de cultivo, sugerimos implementar esta propuesta en las carreras de agronomía, desde el comienzo, en asignaturas del núcleo básico como Química.

### Agradecimientos

A los Ing. Agr. Carlos Belóqui e Ing. Agr. Horacio Rivero del Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UDE por la confianza y el apoyo generoso.

Al Ing. Agr. Caludio Williman y a toda la directiva de la Facultad de Ciencias Agrarias – UDE por apostar a la innovación permanente.

## Referencias bibliográficas

1. BRAY, R.H. and L.T. KURTZ, *DETERMINATION OF TOTAL, ORGANIC, AND AVAILABLE FORMS OF PHOSPHORUS IN SOILS*. Soil Science, 1945. **59**(1): p. 39-46.
2. Alicia W. de Camilloni, M.C.D., Gloria Edelstein, Edith Litwin, Marta Souto, Susana Barco, *Corrientes didácticas contemporáneas*. 1a ed. 1999: Paidós SAICF, pág. 17-39.
3. Varillas, A.E., *Manual de didáctica especial de la Química*. 1a ed. 2012: EUNSA, pág. 14-35.
4. Ginés Navarro, S.N., *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. 2a ed. 2003: Mundi-Prensa, pág 219-247.