

Calibración de análisis de suelos

Niveles y paradigmas *

Ing. Agr. (M. Sc.) María de las Mercedes Ron
Universidad Nacional del Sur – Dpto. Agronomía
San Andrés 850 (Altos del Palihue). 8000 Bahía Blanca, Argentina
mmron@criba.edu.ar

El uso de unidades y términos apropiados es un presupuesto favorable para el desarrollo y difusión de cualquier disciplina. Tan importante como los análisis de suelos, resultan sus respectivas calibraciones. Estas nos permiten definir valores útiles en la toma de decisiones. Conocer los métodos requeridos y sus fundamentos contribuye al mejor uso del recurso, facilitando, a su vez, la comunicación técnica. El objetivo de este artículo es discutir, brevemente, los alcances de la terminología utilizada para definir distintos niveles de provisión de nutrientes en el suelo.

a) Calibración y niveles

En la calibración de un análisis de suelo, para un cultivo y zona, importa su interpretación en términos de la predicción de la respuesta a la fertilización. En general se asume que el incremento de rendimiento será menor cuanto mayor sea el contenido original del elemento en el suelo, estimado por análisis químico. Esta relación a menudo se representa con una función continua exponencial (Fig. 1a). Si en vez de la respuesta absoluta se utiliza el rendimiento relativo (RR), es decir el del cultivo sin fertilizar expresado como porcentaje del rendimiento máximo, la curva tomará una forma inversa (Fig. 1b).

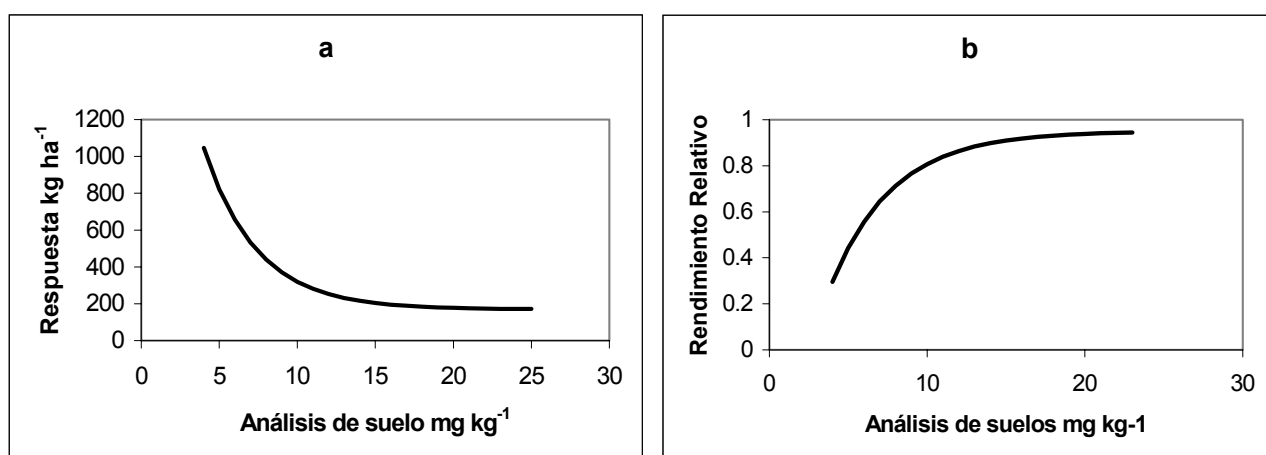


Figura 1. Relación continua entre la respuesta a la fertilización (a) o el rendimiento relativo (b) y el análisis de suelo.

Para la interpretación del análisis, resulta útil contar con niveles de referencia que definan clases de fertilidad, según el análisis de suelo. Los precursores de la calibración de suelo acuñaron dos términos para los puntos que definían niveles de fertilidad, principalmente para elementos poco móviles como P y K:

1. Nivel o umbral crítico (NC)
2. Nivel de suficiencia (NS)

¿Qué significan estos términos?

El término *nivel crítico* nos sugiere que por debajo de este valor se torna críticamente limitante el factor y que la respuesta a la fertilización será, con toda probabilidad, rentable. El uso alternativo de la palabra umbral, tomada prestada probablemente de la fisiología vegetal,

no parece muy feliz porque la producción se ve totalmente comprometida, sólo en suelos muy deficientes. También se lo ha designado como valor límite, cuya única connotación es que separa dos clases (Ron y Loewy, 1990). El *Nivel de suficiencia*, en cambio, tiene un significado directo: la fertilidad edáfica con respecto a ese nutrimento es suficiente.

¿Cómo se determina el nivel crítico?

1) Cate y Nelson

El método gráfico que propusieron estos autores se basa en la prueba de asociación del cuadrante de Olmsted y Tukey, que es fácil de usar y da ponderación especial a los extremos de la variable (Steele y Torrie, 1992).

Aplicar Cate y Nelson implica la maximización de puntos en dos cuadrantes positivos opuestos y sirve también como herramienta para determinar, gráficamente, una correlación (Nelson y Anderson, 1977). En efecto, cuando hay una asociación significativa entre variables, se pueden ubicar los cuadrantes en innumerables posiciones para cumplir con la maximización de puntos en dos cuadrantes opuestos (Fig. 2). Esto es, precisamente, porque las variables están correlacionadas. Sin embargo, calibrar con este método presupone que debe haber una sola posición de los cuadrantes. Así, la línea paralela al eje "y" define inequívocamente al NC.

La salida a este dilema se encuentra en restringir la posición de la línea horizontal, paralela al eje x, en una zona cercana al promedio de las respuestas (es decir, de los valores de "y") o de la mediana, que es el parámetro utilizado en la prueba de Olmsted y Tukey. De esta manera el método gráfico coincide generalmente con el de análisis de varianza (de los mismos autores), en la determinación de dos categorías dentro de la población estudiada. **La ubicación correcta de la línea horizontal, por lo tanto, es clave para la determinación del NC. Cuando las calibraciones se basan en experimentación a campo con un espectro adecuado de fertilidad, por definición corresponde a una categoría intermedia, generalmente no mayor del 80 % del RR (Fig. 2b)**

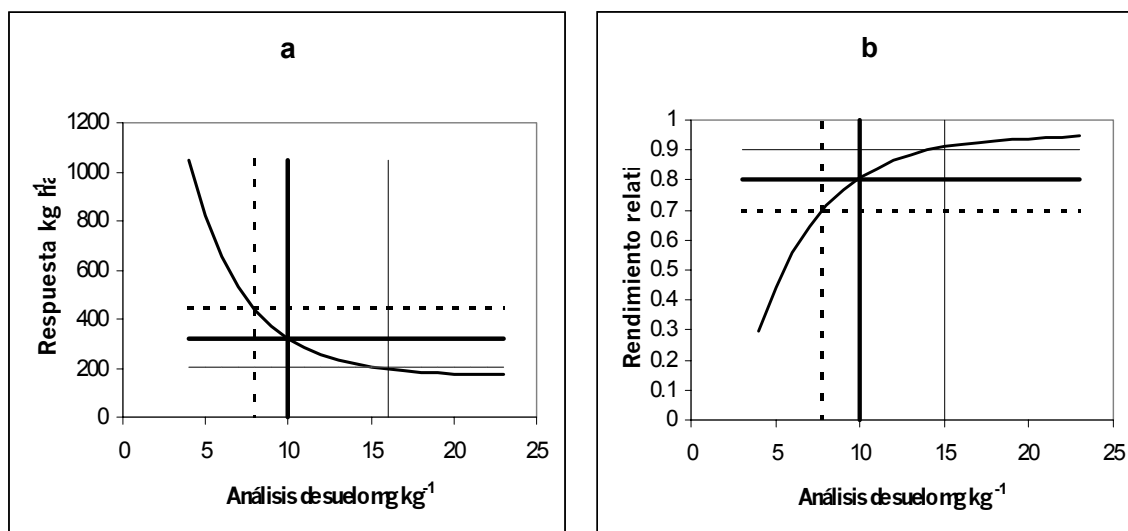


Figura 2. Distintas posiciones de los cuadrantes para Cate y Nelson considerando la respuesta (a) o el rendimiento relativo (b) tomando NC correcto = 10 mg kg⁻¹

2) Modelo lineal y de meseta

Otro método para obtener el NC es el ajuste de un modelo lineal y de meseta. Esta es una función continua, con un punto de quiebre. Aplicado a datos experimentales con la estructura habitual, el punto define un valor diferente al del método anterior (Jáuregui y Llop, 1984). Por debajo de éste, la respuesta disminuye en forma más o menos lineal con el análisis a calibrar y por encima, se mantiene bastante constante, a un nivel de respuesta bajo (Fig. 3). **El NC determinado por el modelo lineal y de meseta es mayor que el de Cate y Nelson, situándose a un 90-95 % del RR, es decir de fertilidad alta a muy alta.**

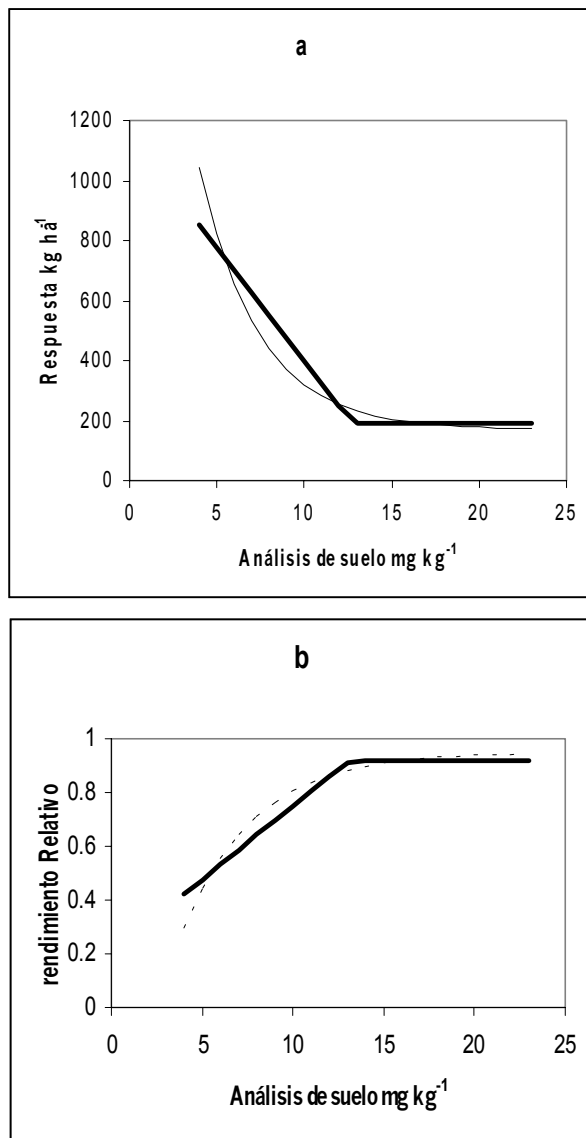


Figura 3. Modelo lineal y de meseta considerando la respuesta (a) o el rendimiento relativo (b), tomando como NC = 13 mg kg⁻¹

3) Clases arbitrarias

Otras funciones continuas, utilizadas para la calibración, no tienen puntos de inflexión que permitan establecer niveles de referencia. En este caso, se toman valores arbitrarios de respuesta o rendimiento relativo para definir este valor (Dahnke y Olson, 1990). Hace unas décadas era frecuente encontrar trabajos en que se definía el NC a partir de lo que se consideraba una respuesta rentable a la fertilización (Berardo et al., 1980). También puede tomarse un valor del RR, caso frecuente en la actualidad.

El problema estadístico importante reside en *que los ajustes brindan ecuaciones de “y” en función de “x” y por su naturaleza, no se deberían usar para determinar valores de “x” en función de “y”* (Webster, 1997). *Convengamos que las herramientas estadísticas son usadas discrecionalmente en agronomía. En última instancia, si asumimos una relación continua de la respuesta con el contenido de un elemento en el suelo, la determinación de niveles representa una contradicción en sí misma.*

Resulta claro que el NC varía con el método empleado para determinarlo: Cate y Nelson, modelo lineal y de meseta, valores arbitrarios de respuesta o RR. De igual

manera, varían las características de las clases de fertilidad determinadas y la probabilidad de respuesta a la fertilización de cada una de ellas.

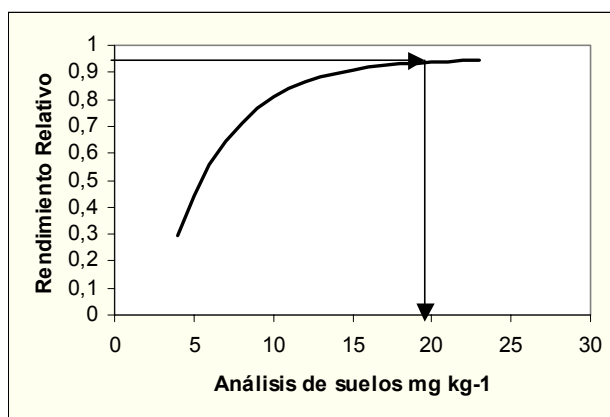


Fig. 4: Nivel de suficiencia (95 % RR) = 19 mg kg⁻¹

¿Cómo se determina el NS?

El NS corresponde al del elemento en el suelo, relacionado con los rendimientos máximos. Si se usa una ecuación exponencial el 100 % de RR ocurre a un valor infinito de la variable independiente. Por esta razón, se fija este punto al 90 o 95 % de RR (Fig. 4). Los niveles de RR se conocen también como porcentajes de suficiencia, cuando aplican los conceptos de Bray (McLean, 1977).

b) Paradigmas y uso de los niveles

Usar el NC (80 % del RR, según Cate y Nelson) como referencia, presupone atender a la rentabilidad de la práctica. Consistente con esto es la aplicación de la dosis óptima económica (DOE), generalmente en forma localizada. Dado que sólo un bajo porcentaje del fertilizante es aprovechado por los cultivos, la DOE tiende a la construcción de la fertilidad. Esto último es más relevante en sitios con análisis de suelo inferior al NC. Para suelos por encima del NC sólo se aplicarían dosis de arranque, con limitada reposición de los elementos, sobre todo en los años de altos rendimientos.

Aplicar el NS (95% del RR) implica satisfacer plenamente los requerimientos del cultivo, para la máxima expresión de los rendimientos. El criterio para definir la dosis, basado en el NS contempla la diferencia entre el nivel actual y el deseado (NS). Se incluye además un coeficiente determinado empíricamente (Berardo y Marino, 2002) o estimado por análisis (Quintero, 2002). En términos de fertilización, esto implica un intento de edificación inmediata de la fertilidad al menos para ese cultivo. Las dosis requeridas superan la DOE y pueden demandar aplicaciones al voleo e incorporadas.

¿Cuál es la diferencia? Llevar del 80% al 95% del RR significa usar dosis bastante mayores. Estas pueden no ser rentables, especialmente cuando los rendimientos máximos están limitados por otros factores de producción.

Los cambios

En la bibliografía actual, como ejemplo podemos mencionar a Havlin et al. (1999), aparecen gráficos que desestiman, de hecho, la diferenciación descrita. Los clásicos cuadrantes de Cate y Nelson muestran el NC en un 95% del RR. El NC queda asimilado al NS. Esto implica la tendencia a la preponderancia de uno de los paradigmas, mientras aún coexisten los dos, sin una terminología adecuada que los diferencie.

La propuesta

La asimilación de términos, conceptualmente distintos, no puede sino desorientar a los usuarios de las calibraciones. Se impone, por lo tanto, la definición de un consenso entre los especialistas, más temprano que tarde. El término nivel crítico está suficientemente difundido y parece acertado usarlo en su interpretación original. Nivel de suficiencia podría ser reemplazado por porcentaje de suficiencia, aclarando en cada caso el valor correspondiente. El objetivo agronómico, de alcanzarlo, dependerá de factores técnicos y económicos. Sería razonable mantener diferenciados estos puntos de referencia, tanto para la evaluación de suelos como para las recomendaciones de fertilización.

Hasta que se logre el consenso, se podrían atender algunos comentarios de Peck y Soltanpour (1990): *En todos los programas de análisis de suelos se preparan tablas o se escriben programas de computación mostrando los resultados del análisis y la fertilización aconsejada para distintos cultivos. Sin embargo, no siempre se indica claramente los criterios sobre los que se basan estas tablas. El método para determinar el nivel de análisis por sobre el cual no se recomienda fertilización de base se omite generalmente en los informes. Actualmente son pocos los suelos agrícolas en que es posible la producción rentable sin el uso eficiente de los fertilizantes. Por otra parte también se encuentran casos en que se sobrefertiliza y hay preocupación sobre el riesgo ambiental.*

Sería saludable, entonces, elaborar un discurso coherente en éste y otros temas, en el marco de una demanda creciente de producción sustentable.

Referencias

- Berardo, A, C A Navarro y H Echeverría. 1980. Relación del contenido de fósforo disponible en el suelo y de nitratos en planta con las respuestas a la fertilización nitrogenada y fosfatada en trigo. Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del suelo II: 515:526
- Berardo, A. y M A Marino. 2000. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. I – Pasturas consociadas. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 11 al 14 de abril del 2000
- Dahnke W C y R A Olson. 1990. Soil test correlation, calibration and recommendation. *En* R.L. Westerman (ed.) Soil testing and Plant Analysis. 3rd. ed. SSSA Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI. pp 45-72.
- Havlin J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale y W. H. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, Inc.
- Jáuregui M A y A A Llop. 1984. Respuesta a los fertilizantes: divergencias entre modelos Cate y Nelson y RLM. Ciencia del Suelo 2: 187-192.
- McLean, E O. 1977. Contrasting concepts in soil test interpretation: sufficiency levels of available nutrientes versus basic cations saturation ratios. *En* Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA Spec. Pub. 29. pp 39-54.
- Nelson L A y RL Anderson. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. *En* Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA Spec. Pub. 29. pp 19-38.
- Peck, T R y P N Soltanpour. 1990. The principles of soil testing. *En* R.L. Westerman (ed.) Soil testing and Plant Analysis. 3rd. ed. SSSA Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI. pp 45-72.
- Quintero C. E., 2002. Dosificación del fósforo según tipos de suelos. *En* Simposio "Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica". XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pto Madryn, Chubut. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°16:8-10. INPOFOS Cono Sur.
- Ron, M.M. y T. Loewy. 1990. Fertilización fosfórica del trigo en el S.O. bonaerense. I. Modelos de la respuesta. Ciencia del Suelo 8: 187-194
- Steel, R.G.D. y J.A. Torrie. 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos. MacGraw Hill
- Webster R. 1997. Regression and functional relations. Eur. J. Soil Sci. 48:557-566.