

# Metodologías microbiológicas de indicadores ambientales de suelo

Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo



# Metodologías microbiológicas de indicadores ambientales de suelo

Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo

María Elena Castelán · Claudina María Hack  
Miriam Porta · Cristina Esther Sotelo

COORDINADORAS

Silvia A. Arzuaga · Karina R. Ávalos Llano  
Natalia Banegas · Sebastián Carnicer  
Mónica M. Collavino · Stella M. Contreras Leiva  
Amilcar Correa · Marcela R. Cossoli  
Mario R. Delfino · Mariana Ferrerira  
Daniela González · Daniel H. Grasso  
María C. Iglesias · Natalia Mansilla  
Cecilia Martin · Gernán L. Pérez  
José M. Recalde · Amalia M. E. Romero  
Julieta Rojas · Matías H. Serafini  
Andrea A. Sirio · Cristina E. Sotelo  
Marcela Toledo · Emilce Viruel

---

Metodologías microbiológicas de indicadores ambientales de suelo / Silvia A. Arzuaga ... [et al.]; coordinación general de María Elena Castelán ... [et al.]. - 1a edición para el alumno - Corrientes : Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE ; Instituto Agrotécnico Pedro M. Fuentes Godo, 2022. Libro digital, PDF - (Ciencia y técnica)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-656-211-3

1. Técnicas de Análisis. 2. Microbiología. 3. Suelos. I. Arzuaga, Silvia A. II. Castelán, María Elena, coord.

CDD 577.57

---

**Edición:** Irina Wandelow

**Corrección:** Facundo Alarcón / Irina Wandelow

**Diseño y diagramación:** Julia Caplan



© EUDENE. Coordinación de Comunicación Institucional, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina, 2023.

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.  
Reservados todos los derechos.

25 de Mayo 868 (cp 3400) Corrientes, Argentina.  
Teléfono: (0379) 4425006  
eudene@unne.edu.ar / www.eudene.unne.edu.ar

# Capítulo 2. La precisión y exactitud en los análisis de suelo

Sebastián Carnicer y Mario R. Delfino

A pesar de que el concepto de calidad es amplio, en los laboratorios dedicados al análisis de suelos este está relacionado a dos atributos: precisión y exactitud. Estos están asociados a controles internos y externos que se realizan tanto en los procedimientos del laboratorio como en las operaciones de muestreo previas al envío de las muestras.

En el presente capítulo se describen brevemente ciertas consideraciones, criterios y sugerencias que deberían ser tenidos en cuenta al momento de poner en práctica el proceso de estandarización de un método analítico, para no desestimar errores que lleven a una falsa lectura de las situaciones o parámetros evaluados por los distintos métodos propuestos en este compendio de análisis biológicos de suelo (Skoog, West y Holler, 1995; Bullock, 2000; Faithfull, 2005; Vázquez, 2005).

## 2.1. PRECISIÓN Y EXACTITUD

La precisión hace referencia a la reproducibilidad de los resultados al analizar un parámetro por un método determinado, es decir, la concordancia entre los valores obtenidos por las distintas réplicas o repeticiones realizadas de la misma manera. Esta se refiere a la dispersión de los datos obtenidos con las repeticiones y, si dicha dispersión es baja, nos indica que obtuvimos una alta precisión. Por lo tanto, esta es una característica propia del laboratorio y depende de los controles internos realizados en busca de la calidad analítica (Skoog, West y Holler, 1995; Faithfull, 2005; Vázquez, 2005; Russi *et al.*, 2010; Martínez y Osorio, 2018).

Por otro lado, la exactitud indica cuán cercano es el valor obtenido en el ensayo realizado respecto del valor verdadero o aceptado como verdadero. En muchos experimentos, la pregunta más importante a realizarse es: ¿Hasta qué punto se aproxima el resultado al valor verdadero? Esto se expresa como exactitud. La Organización Internacional de Estándares (ISO) define a la exactitud como «el grado de concordancia entre el resultado de un ensayo y el valor de referencia aceptado». Al no conocerse el valor verdadero o de referencia del parámetro en evaluación, se debe considerar que experimentalmente solo podemos acercarnos a un valor considerado como aceptado o aceptable. Los controles para disminuir el error en la exactitud están dados por controles externos que se verán en un apartado más adelante, pero en líneas generales se refieren a la utilización de patrones y también están relacionados con el muestreo. Si el muestreo no es representativo del problema, el resultado del análisis tendrá una baja exactitud. Debido a esto, la exactitud se expresa en función de errores absolutos y relativos (Salinas y García, 1985; Skoog, West y Holler, 1995; Roberts y Henry, 2000; Faithfull, 2005; Vázquez, 2005; Conti, 2005; Carretero *et al.*, 2016; Martínez y Osorio, 2018).

El error absoluto ( $E_A$ ) en una medición está dado por la diferencia numérica entre el valor real o aceptado ( $x_a$ ) y el obtenido por el laboratorio ( $x_i$ ).

$$E_{Ai} = x_a - x_i$$

Este error puede tener valores positivos o negativos, dependiendo si es mayor o menor que el valor real o aceptado.

Por otro lado, el error relativo ( $E_r$ ) de cada medición puede definirse como el error absoluto de la misma dividido por el valor considerado como real o aceptado.

$$E_r = E_{ai}/x_a = (x_a - x_i)/x_a$$

El error relativo puede expresarse como porcentaje al multiplicarlo por cien. Es tentador pensar que si uno obtiene una alta precisión esta indique que su exactitud también es alta, pero esto no siempre se da y solo es una de cuatro situaciones posibles de un resultado.

En la Figura N° 1 se representan las posibles combinaciones entre parámetros de alta y baja precisión y exactitud. Estos están representados por puntos que, a medida que se alejan del centro, se alejan del valor real o aceptado (Skoog, West y Holler, 1995; Zamboda Fernández, 2004; Faithfull, 2005; Vázquez, 2005).

Por lo general, lo primero que se busca cuando uno pone a punto un método analítico es aumentar la precisión y luego buscar la exactitud. Como se darán cuenta al mirar la Figura N° 1, una situación que puede darse es obtener una baja exactitud con alta precisión y que ella se confunda con alta exactitud y precisión. Esto sugiere que los análisis están sujetos a, por lo menos, dos tipos de errores. Uno llamado errores aleatorios y otro, sistemáticos. Para evitar tanto esto como los otros resultados posibles, es indispensable, como ya se mencionó, realizar controles internos y externos del proceso analítico (Skoog *et al.*, 1995; Zamboda Fernández, 2004; Faithfull, 2005; Vázquez, 2005).

## 2.2. ERROR ALEATORIO Y SISTEMÁTICO

El error aleatorio, también llamado indeterminado o accidental, genera dispersión de los datos, ya que estos pueden producirse sin regularidad alguna al obtenerse valores que se diferencian por exceso o defecto del valor considerado como aceptable y, por lo tanto, tener distinto signo. Este tipo de error no se puede eliminar, es propio de cualquier proceso analítico y está presente, por más meticulouso que sea el operador, a la hora de realizar el análisis. Lo que se debe intentar es, entonces, minimizarlo tanto como sea posible.

Como puede verse en la Figura N° 1 A y B, allí la dispersión de datos es alta, por lo tanto también lo será el error; en las imágenes C y D de la misma figura se observan casos opuestos. Es así que puede afirmarse que este tipo de error se asocia al grado de precisión que se tenga en el análisis. Este tipo de error generalmente tiene una distribución normal y, al graficarlo, presenta la forma de una típica *curva gaussiana* o *curva normal de error* (Skoog, West y Holler, 1995; Zamboda Fernández, 2004; Vázquez, 2005; Alonso Felipe, 2016).

El error sistemático o determinado provoca que la media de una serie de datos se aleje del valor real y siempre lleve el mismo signo, pues siempre se produce por defecto o por exceso. En la Figura N° 1 A y C puede verse que este tipo de error es alto debido a que la serie de datos está lejos del centro, ocurriendo lo contrario en las Figuras N° 1 B y D. También aquí se encuentran los errores de tipo instrumental, por ejemplo, la precisión e incertidumbre de la balanza o el empleo de recipientes no aptos cuando se necesitan medir volúmenes con exactitud. Por último, se pueden considerar los errores de operación, estos están ocasionados por el cumplimiento poco escrupuloso o incorrecto de las operaciones analíticas (Skoog *et al.*, 1995; Zamboda Fernández, 2004; Vázquez, 2005; Alonso Felipe, 2016).

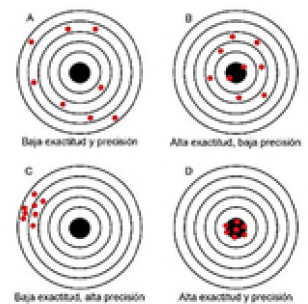


Figura N° 1. Exactitud y precisión.

### 2.3. CONTROLES INTERNOS Y EXTERNOS

Dicho lo anterior, y en pos de la calidad analítica de los resultados, es imperativo realizar determinados controles en los procesos analíticos. Estos controles pueden ser internos o externos.

Los controles internos están asociados a tareas realizadas con elementos propios del laboratorio y se relacionan más que nada con la precisión de los análisis. Para esto, se pueden realizar repeticiones de análisis, tener muestras de patrones (o de referencia) internas y realizar sobreagregados a las muestras a analizar para estudiar la recuperación.

El hecho de realizar repeticiones del análisis sirve para poder determinar el coeficiente de variación (CV) de nuestro análisis. Este dato puede compararse con la bibliografía de la determinación considerada para así saber si nuestros datos son aceptables o no. Este último depende de la dificultad analítica y del significado agronómico del CV admitido, por lo tanto, si nuestro CV es superior al admitido, debería revisarse la metodología.

Otra herramienta a considerar son las muestras de patrones internas. Esto es útil para análisis físicos y químicos, pero debería tenerse más cuidado a la hora de análisis biológicos, ya que es importante que la muestra destinada para esto no se degrade o altere con el tiempo, lo que podría generar incertidumbres a la hora de evaluar nuestro control o erróneamente provocarnos el descarte de nuestros análisis debido a una alta incertidumbre. Para evitar esto, debe tenerse especial cuidado en el acondicionamiento y almacenamiento de la muestra.

El otro tipo de control que se recomienda para asegurar la calidad de los análisis son los realizados o vinculados a factores externos al laboratorio que reciben el nombre de controles externos. Ellos pueden ser materiales de referencia certificados y análisis de intercontroles voluntarios entre laboratorios.

En el caso de materiales de referencia certificados, la mayoría de los análisis biológicos que se realizan en suelo no cuentan con uno, por lo tanto esto podría solucionarse mediante ensayos interlaboratorios. Con esto se busca disminuir los errores sistemáticos, que son los que provocarían la situación mostrada en la Figura N° 1 B y C en cuanto a la precisión y exactitud (Skoog, West y Holler, 1995; Vázquez, 2005; Russi *et al.*, 2010).

**En resumen.** Precisión y exactitud, dos conceptos necesarios para obtener valores aceptados como verdaderos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO FELIPE, J.V. (2016). *Prácticas con técnicas instrumentales de análisis físico-químico en laboratorios industriales. ETS Ingenieros Industriales* (Laboratorio QUÍMICA I). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- BULLOCK, D. (2000). «Análisis de suelos. Algunas ideas acerca de precisión y producción bajo siembra directa» [Conferencia]. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACs. Mar del Plata, Argentina.
- CARRETERO, R., Marasas, P.A., Souza, E. y Rocha, A. (2016). «Conceptos de utilidad para lograr un correcto muestreo de suelo». *Archivos Agronómicos*, 15. Canadá: IPNI. Disponible en <https://bit.ly/3pULWdo>
- CONTI, M. (2005). «Toma de muestra de suelo». En Marbán, L. y Ratto, S.E. (eds.) *Tecnologías en análisis de suelo: alcance a laboratorios agropecuarios* (pp. 55-63). Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- FAITHFULL, N.T. (2005). *Métodos de análisis químico agrícola. Manual práctico* (1a ed.) CAB International. España: Editorial Acribia.
- MARTÍNEZ, M. y Osorio, A. (2018). «Validación de un método para el análisis de color real en agua». *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155. Doi: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- SALINAS, J.G. y García, R. (1985). *Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de Pastos Tropicales.
- ROBERTS, T.L. y Henry, J.L. (2000). «El muestreo de suelo: los beneficios de un buen trabajo». *Informaciones agronómicas del cono sur. Inpofos*, 42. Disponible en <https://bit.ly/3oRLGfP>
- RUSSI, D., Gutiérrez Boem, F.H., Prystupa, P. y Rubio, G. (2010). «Análisis interlaboratorios de sulfatos en suelo. Análisis de precisión» [Actas]. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- SKOOG, D.A., West, D.M. y Holler, F.J. (1995). *Fundamentos de química analítica* (6a ed.) México: Cengage learning.
- VÁZQUEZ, M.E. (2005). «Controles internos y externos de calidad». En Marbán, L. y Ratto, S.E. (eds.) *Tecnologías en análisis de suelos: alcance a laboratorios agropecuarios* (1a ed.) Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- ZAMBODA FERNÁNDEZ, H. (2004). *Análisis químico de los alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.