



NAN: ¿es sólo una herramienta para el diagnóstico de fertilidad nitrogenada?



El NAN es una herramienta apta para un monitoreo integral rápido, sencillo y económico de la salud del suelo.

Gisela V. García^{1,2,*} (MP CIAFBA 3139),
Nahuel I. Reussi Calvo^{1,2} (MP CIAFBA 1008),
Nicolás Wyngaard^{1,2}
Guillermo A. Studdert² (MP CIAFBA 3035)

¹ CONICET

² Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Mar del Plata,
Unidad Integrada Balcarce;

gisela_garcia@mdp.edu.ar

El NAN representa el nitrógeno proveniente de la mineralización de la materia orgánica del suelo durante una incubación anaeróbica corta. Es un parámetro que determinan muchos laboratorios de la Región Pampeana Argentina y muchos de los productores y asesores profesionales del sector agropecuario lo utilizan rutinariamente como herramienta para el diagnóstico de la fertilidad nitrogenada del suelo. La disponibilidad de nitrógeno como nitrato a la siembra o en etapas tempranas del ciclo de los cultivos ha sido frecuentemente utilizada en el diagnóstico de fertilidad nitrogenada y en la recomendación de fertilización. Sin embargo, dicha herramienta de diagnóstico no contempla en forma directa el aporte de nitrógeno por mineralización desde el suelo durante el ciclo de los cultivos. La popularidad del NAN

surgió porque es un buen indicador de la mineralización de nitrógeno que permite conocer la capacidad del suelo de proveerlo y, con ello, mejorar el ajuste de la fertilización nitrogenada. Para el sudeste bonaerense se ha reportado que el NAN se relaciona con aspectos productivos de cultivos de maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) tales como el rendimiento en grano, la biomasa aérea acumulada y el contenido de nitrógeno y fósforo en planta, y la respuesta en rendimiento en grano a la fertilización nitrogenada. De esta manera, la incorporación del NAN a los métodos de diagnóstico tradicionales que sólo contemplaban la disponibilidad de nitrógeno como nitrato a la siembra del cultivo o en algún momento de las etapas iniciales del ciclo, mejoró el ajuste de la dosis para los cultivos de trigo y maíz. Esto ha permi-

tido realizar recomendaciones más precisas y confiables, resultando en beneficios económicos y ambientales. Asimismo, hay evidencias que sugieren que el NAN es también un adecuado indicador de la capacidad del suelo de proveer azufre y fósforo a los cultivos.

El hecho de que el NAN sea un adecuado indicador de la capacidad del suelo de proveer nitrógeno a los cultivos pone en evidencia que es un parámetro que refleja el contenido y el comportamiento de algunas fracciones lábiles de la materia orgánica. Dichas fracciones son muy sensibles a los cambios en el uso y el manejo del suelo, e intervienen en definir su salud. Por lo tanto, se pensó en la posibilidad de proponer al NAN como un indicador indirecto de la salud del suelo. La salud del suelo representa su capacidad de funcionar en el agroecosistema según

su aptitud para las condiciones edafoclimáticas en las que tuvo origen. La salud del suelo no puede ser evaluada *per se*, por lo que se utilizan parámetros edáficos conocidos como indicadores de salud edáfica que permiten inferir sobre si el suelo está o no saludable. Un adecuado indicador de salud edáfica para un monitoreo rutinario debe ser sensible a los cambios en el uso del suelo y a las prácticas de manejo, sencillo y económico de determinar, y fácil de interpretar y, además, debe relacionarse con otras propiedades edáficas. En suelos del sudeste bonaerense, hay evidencias de que el NAN reúne todas esas características, por lo que ha sido postulado como un indicador de salud edáfica.

¿Por qué el NAN es un adecuado indicador de salud edáfica?

En suelos del sudeste bonaerense, el NAN ha resultado ser un adecuado indicador de salud edáfica para ser utilizado en monitoreos de rutina. El NAN es sensible a las prácticas de manejo y a los cambios en el uso del suelo con un comportamiento similar al de la materia orgánica y sus fracciones lábiles, indicando de esta manera cambios en la salud del suelo. Asimismo, en general, el NAN no presenta cambios estacionales de gran magnitud ni en respuesta a efectos de corto plazo que

CAJA 1: ¿POR QUÉ ES NECESARIO MONITOREAR EL ESTADO DE SALUD DEL SUELO?

Un suelo saludable es aquel capaz de proveer servicios ecosistémicos a la sociedad para su bienestar. Es ampliamente reconocido el rol que cumple el suelo en la producción de alimentos. Sin embargo, el suelo brinda muchos otros servicios ecosistémicos, entre los que se destacan: el secuestro de carbono, y con ello la mitigación del cambio climático, la purificación del agua, el procesamiento de contaminantes, la regulación de inundaciones, la resistencia a la erosión, la provisión de nutrientes y del ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas, el mantenimiento de diversidad biológica, el sostén para las infraestructuras humanas, el suministro de materiales de construcción y la herencia cultural.

La salud del suelo, y con ello la provisión de servicios ecosistémicos, está relacionada con sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las que son afectadas por el manejo y el uso del suelo. El cambio en el uso del suelo, junto a la utilización de prácticas de manejo inadecuadas, ha llevado a la pérdida gradual de salud edáfica (conocido también como degradación). Particularmente, en el sudeste bonaerense, la realización de ciertas prácticas de manejo de forma individual o combinadas, como secuencias de cultivo con baja reposición de carbono, escaso tiempo del suelo ocupado con raíces vivas, historia de labores muy agresivos, entre otras, han derivado en una gran pérdida de salud en la mayoría de los suelos de la región. Esto es evidenciado, principalmente, por la reducción del contenido de materia orgánica, de la estabilidad de los agregados, de la capacidad de provisión de nutrientes a las plantas y de la biodiversidad, la restricción del crecimiento radical de ciertos cultivos y el aumento de la compactación. Esto compromete la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria, el suministro de servicios ecosistémicos y la economía. En este contexto, nuestra agenda actual de desarrollo sostenible debe colocar la salud del suelo en el centro de la atención para lograr un manejo sustentable del recurso. Para ello, lo primero que debemos hacer es evaluar la salud del suelo y su sentido de cambio en el tiempo con el fin de diagnosticar y cuantificar el grado de degradación. A partir de ello, podremos planificar prácticas de manejo adecuadas para mantener o mejorar la salud del suelo.

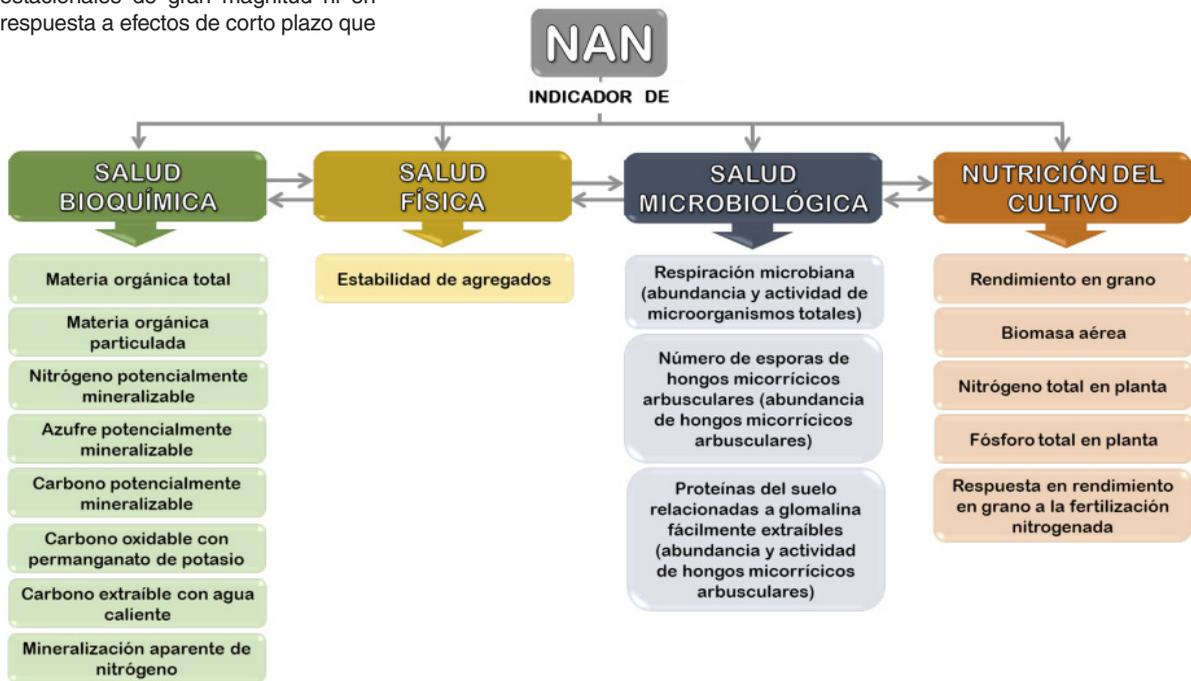


Figura 1 | Síntesis de las variables edáficas bioquímicas, físicas y microbiológicas, y aspectos productivos relacionados con la nutrición del cultivo sobre los que se puede hacer inferencia mediante la determinación del NAN.

no modifican la salud del suelo. La determinación del NAN es una metodología de fácil implementación para los laboratorios comerciales, y su resultado es fácil de interpretar por quienes deben utilizarlo. Además, el NAN se relaciona con otras propiedades edáficas que definen la salud del suelo. De esta manera, a partir de una medición sencilla y económica de un único parámetro, pueden monitorearse cambios en otras variables del suelo sin la necesidad de medirlas. Dichas variables representan el estado de salud bioquímica, física y microbiológica, por lo que, a partir del NAN se podría realizar un diagnóstico integral temprano y accesible de la salud del suelo (Figura 1).

NAN como indicador de salud bioquímica

Diversas investigaciones demostraron que el NAN se relaciona estrechamente con el contenido de materia orgánica total y de sus fracciones lábiles como, por ejemplo, la materia orgánica particulada. Así, el NAN puede ser utilizado para monitorear cambios en estas dos variables bioquímicas que están estrechamente relacionadas con todas las funciones del suelo. Así, si el análisis de NAN muestra valores en aumento, es indicación directa de que

los contenidos de materia orgánica total y particulada aumentaron. Asimismo, se ha demostrado que el NAN se relaciona positiva y estrechamente con otros parámetros bioquímicos como el carbono, el nitrógeno y el azufre potencialmente mineralizables. Del mismo modo, los cambios en el NAN se asocian con cambios en otras fracciones lábiles de la materia orgánica como, por ejemplo, el carbono oxidable con permanganato de potasio y el carbono extraíble con agua caliente.

Indicador de la salud física del suelo

La estrecha relación entre el NAN y la materia orgánica total y particulada, posibilitó la búsqueda de relaciones entre el NAN y otras variables asociadas a la materia orgánica. La formación y estabilización de los agregados del suelo es ampliamente dependiente del contenido de materia orgánica y fracciones lábiles. Así, se ha demostrado que el NAN se relaciona estrechamente con la estabilidad de los agregados. Un aumento de NAN indica un incremento en la cantidad de agregados estables. La estabilidad de los agregados define la salud física del suelo dado que se relaciona con la arquitectura y estabilidad del sistema poroso, la densidad aparente, la infil-



tración de agua y el intercambio gaseoso. Además, la estabilidad de agregados influye sobre otras propiedades como la resistencia a la erosión, el ciclado de nutrientes, la protección de la materia orgánica y la penetración de las raíces. Por ello, el NAN ha sido postulado como un adecuado indicador de la salud física del suelo y permitiría diagnosticar problemas en ciertas funciones edáficas que, en general, no son monitoreadas en los sistemas de producción.

Indicador de la salud microbiológica del suelo

El contenido de materia orgánica total y la estabilidad de agregados están asociados a la actividad microbiológica global y, específicamente, a la de hongos formadores de micorrizas. Así, fue factible pensar que el NAN podría ser un indicador de salud microbiológica al relacionarse con la activi-

dad y la abundancia de microorganismos nativos del suelo. Estudios preliminares demostraron que el NAN se relaciona con la respiración de los microorganismos que es un indicador de la actividad microbiológica global del suelo. Asimismo, el NAN se relaciona con parámetros asociados a la actividad y la abundancia de hongos formadores de micorrizas tales como el contenido de glomalina y el número de esporas de dichos hongos. De esta manera, el NAN sería también un indicador de un aspecto de la salud microbiológica del suelo, lo que contribuye a mejorar su desempeño como indicador de salud edáfica. Un aumento en el NAN indicaría un incremento de la abundancia y la actividad de los microorganismos nativos del suelo. Los microorganismos cumplen un rol fundamental en el suelo al permitir la ocurrencia de todos los procesos que hacen a su funcionamiento. Específicamente, los microorganismos son importantes factores de la salud del suelo a través de su efecto sobre la fisiología de los cultivos (absorción de fósforo, crecimiento y rendimiento en grano), las interacciones ecológicas, el ciclado de nutrientes, la descomposición de residuos, la desactivación de contaminantes y su contribución al secuestro de carbono y la estabilidad de agregados. Sin embargo, el monitoreo de la abundancia y la actividad de microorganismos nativos no es frecuentemente realizado. Así, el NAN permitiría inferir, también, sobre un aspecto de la salud microbiológica del suelo.

El NAN nos permitiría hacer un **diagnóstico preliminar** de cambios en el estado de salud del suelo mediante la determinación de una única variable en ciertas situaciones. Así, podríamos hacer inferencias sobre algunas variables edáficas que no son frecuentemente monitoreadas y detectar posibles problemas en el funcionamiento del suelo. Es importante remarcar que el NAN es una herramienta complementaria a muchas otras con las que contamos como participantes del proceso productivo como apoyo para planificar un manejo sustentable del suelo. Si a partir de aquel diagnóstico preliminar con el NAN se percibieran disminuciones en la salud del suelo, dependiendo de la magnitud y de la naturaleza del problema, podrían requerirse análisis específicos para determinar qué propiedades edáficas son las más afecta-

CAJA 2: EL NAN MEDIDO EN UN DETERMINADO SUELO CON USO AGRÍCOLA PERMITIRÍA:

- ✓ Diagnosticar el estado de salud del suelo.
- ✓ Monitorear en el tiempo el efecto de las prácticas de manejo sobre la salud del suelo.
- ✓ Hacer inferencias sobre cambios en otras propiedades edáficas.
- ✓ Planificar prácticas de manejo que permitan mantener o mejorar la salud del suelo.
- ✓ Diagnosticar la fertilidad nitrogenada del suelo y mejorar las recomendaciones de fertilización nitrogenada.

das y en qué nivel. Una vez realizado el diagnóstico, se pueden planificar prácticas de manejo que contribuyan a preservar la integridad y la capacidad de funcionamiento del suelo, es decir, su salud, orientándolas hacia el logro de soluciones de compromiso entre la provisión de servicios ecosistémicos y la producción agrícola. No obstante, en algunos casos, el NAN por sí solo podría no ser suficiente y/o eficaz para detectar ciertas alteraciones de la salud del suelo como, por ejemplo, en suelos sodificados, gravemente compactados y/o erosionados.

En síntesis, el NAN es una herramienta apta para un monitoreo integral rápido, sencillo y económico de la salud del suelo que puede ser adoptada de manera rutinaria por el sector agropecuario para detectar tempranamente cambios en la salud del suelo asociados con el uso y el manejo en la



mayoría de las situaciones productivas de la región. En la Unidad Integrada Balcarce seguimos investigando sobre el tema para mejorar la posibilidad de monitorear fácil y eficientemente el estado de salud del suelo bajo la mayor cantidad de situaciones posibles. Los investigadores de la Unidad Integrada Balcarce estamos a disposición para responder consultas y colaborar con el proceso de monitoreo de la salud del suelo.

CAJA 3: ALGUNOS ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA USAR EL NAN COMO INDICADOR DE SALUD EDÁFICA

- ✓ Definir áreas de muestreo representativas de cada situación problema.
- ✓ Es recomendable hacer la determinación de NAN en un área de referencia sin disturbio antrópico por muchos años (pseudoprístino) con el fin de conocer el mejor estado de salud del suelo y utilizarlo de forma comparativa con las situaciones a evaluar.
- ✓ Realizar la determinación de NAN preferentemente en otoño-invierno, y antes de cualquier laboreo, fertilización y/o siembra de cultivos.
- ✓ Llevar registros de uso, prácticas de manejo y productividad (por ejemplo, rendimiento) en las áreas de muestreo.
- ✓ Realizar el muestreo preferentemente con el contenido de agua del suelo lo más cercano posible a capacidad de campo (dejar pasar varios días desde un exceso de agua o desde un re-humedecimiento luego de un periodo de sequía).
- ✓ Llevar la muestra lo antes posible al laboratorio y evitar la exposición al sol o a altas temperaturas. Preferentemente, refrigerar a 4°C (no congelar).
- ✓ El NAN no es un indicador de salud edáfica suficiente y eficaz para monitoreos de salud en suelos con prolongada historia de riego, gravemente compactados y/o erosionados.

