

TECNICAS DE DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD NITROGENADA EDAFICA. FUNDAMENTO Y DESARROLLO DE LAS MISMAS

D. Zourarakis (1) y L. A. Barberis (2)

Recibido: 27/8/82

Aceptado: 12/4/83

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Difícilmente exista un tema de interés general en el que resulte fácil, al lanzar una visión retrospectiva, poder resumir en un número relativamente pequeño de palabras el estado actual de los conocimientos relacionados con el mismo.

La diagnosis de la fertilidad nitrogenada de los suelos a través del análisis químico no escapa a la afirmación anterior. La importancia del tema de la predicción de la necesidad del empleo de fertilizantes en cultivos anuales se torna más evidente aún cuando en las consideraciones se incluyen análisis de la eficiencia en el uso de otros recursos o factores de producción: plaguicidas, herbicidas, riego, etc.

Los intentos por consolidar un sistema de predicción basado en uno o más criterios han tenido la naturaleza más variada. Esto tal vez se deba al hecho de que en los modelos elaborados se ha incluido en forma alternativa, simultánea o exclusiva, el contenido de nitrógeno mineral, todo o parte del contenido de nitrógeno orgánico y alguna medida del poder de mineralización de los suelos.

Si bien es evidente el hecho de que estos tres parámetros están vinculados a través de cierto tipo de relaciones, no está del todo

aclarada la forma en que el vegetal y los factores del ambiente edáfico y extraedáfico influyen sobre esta porción del denominado "ciclo del nitrógeno".

Al considerar la situación expuesta se ha realizado un intento por presentar, en forma resumida, el estado actual de la problemática del diagnóstico de la fertilidad edáfica nitrogenada. Se buscó hacer hincapié en aquel grupo de técnicas que están destinadas a estimar las formas nitrogenadas que pasan a estar disponibles para la absorción de los cultivos en el lapso que duren sus ciclos. Finalmente, se procuró delinear las áreas donde se lleva a cabo la acción investigativa, con el fin de esclarecer los nexos entre los diferentes objetivos y metodologías existentes.

DEFINICIONES BASICAS

Se considera necesario, antes de seguir adelante con el tema, aclarar ciertos conceptos básicos que se definen seguidamente:

Fertilidad edáfica

Cualidad que posee un suelo que está en condiciones de proporcionar al vegetal los nutrientes necesarios para su desarrollo equilibrado. Esta oferta de nutrientes deberá pro-

(1) y (2) Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

(1) Becario del CONICET (LAQUIGE), Juan Ramírez Velazco 847, (1414) Buenos Aires, Argentina.

ducirse en conjunción con aireación y temperatura adecuadas, en ausencia de sustancias fitotóxicas y limitantes mecánicas para el desarrollo radicular (Teuscher *et al.*, 1965; Pauli, 1967).

Condición de dotación

Parámetro que representa la cantidad total de un nutriente que se halla disponible para la absorción del vegetal, tanto en forma mediata como inmediata. Está a su vez caracterizado por dos factores (Fried y Broeshart, 1967).

- 1) **Capacidad:** cantidad de nutriente vinculado a la fase sólida del suelo, que se tornará asimilable luego de producido su pasaje a la fase solución.
- 2) **Capacidad lábil:** se refiere a las formas químicas que componen el factor capacidad de determinado nutriente y que presentan una tasa de recambio tal, que las hace responsables de la renovación del nutriente en solución a lo largo de un lapso prefijado, generalmente el tiempo que dura el ciclo de un cultivo.
- 3) **Intensidad:** cantidad de nutriente presente en fase solución y por lo tanto disponible para la absorción del vegetal, en forma inmediata.

Poder de renovación

Parámetro que describe la dinámica del pasaje de una fracción de la capacidad de un nutriente a formas de intensidad. Para el caso del nitrógeno se puede decir que está representando, fundamentalmente, por el proceso denominado "mineralización". Al cabo del mismo, constituido a su vez por la amonificación y la nitrificación, las formas resultantes son, en general, los iones amonio y nitrato. El proceso de desorción de ión amonio, compone, igualmente, aunque en menor proporción, el poder de renovación de nitrógeno.

Pérdidas de intensidad

Se engloba aquí a la mayoría de los procesos que conducen a la desaparición de formas de nitrógeno que integran la intensidad: denitrificación, volatilización, sorción, lixiviación, reacción con la fase orgánica e inmovilización microbiana.

Tasa de renovación neta

Resulta de sumar, con su signo, el poder de renovación y las pérdidas de intensidad.

Tasa de absorción

Mide la absorción, por parte del cultivo, de las formas de intensidad de nitrógeno. Se refiere a la absorción radical neta.

Como consecuencia de las definiciones anteriores, surgen algunas relaciones inmediatas:

- a) Tanto el poder de renovación y las pérdidas de intensidad, así también como la tasa de renovación neta y la tasa de absorción, representan los flujos o tasas de acumulación y desaparición de los compuestos nitrogenados que integran la capacidad e intensidad.
- b) La integración conjunta, a lo largo de un intervalo de tiempo, de las variaciones del poder de renovación, las pérdidas de intensidad y la tasa de absorción resulta en lo que se denominará intensidad de nitrógeno.
- c) La integración, a lo largo de un intervalo de tiempo, de las variaciones de la tasa de absorción del cultivo, constituirá el valor final de nitrógeno absorbido. A esta cantidad se la denominará **demanda global de nitrógeno**.

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE LA FERTILIDAD NITROGENADA EDAFICA

Se presentará, seguidamente, una síntesis de las metodologías de análisis químico.

Intensidad

Los cultivos absorben el nitrógeno, mayormente, bajo las formas nítrica y amoniacal. Esto lleva a la necesidad de cuantificar, por medio del análisis químico, las formas iónicas nitrato y amonio, eventualmente. Los métodos disponibles son razonablemente confiables y rápidos, e involucran el uso de los recursos más variados: colorimetría, potenciometría, espectrofotometría, etc. (Bremner, 1965d).

Capacidad

Atendiendo a la forma en que fueran definidas capacidad y capacidad lábil de nitrógeno, la estimación de estos parámetros está rodeada por un alto grado de incertidumbre. Esto es debido a dos causas fundamentales: la primera de ellas es que aún se discute la naturaleza de los compuestos que sirven de sustrato a las poblaciones microbianas de los suelos, cuya composición y número son afectados por las variables ambientales y, la segunda, está configurada por las dificultades con que se tropieza al intentar separar las fracciones en cuestión.

A. Medidas que tienden a la estimación de la capacidad total

La evaluación del contenido de nitrógeno total orgánico se realiza mediante la medición de la cantidad de ión amonio liberado a través de la digestión de la muestra de suelo, a altas temperaturas, con mezclas de ácidos minerales, oxidantes y agentes catalíticos (Bremner, 1965e).

B. Medidas de la capacidad lábil de nitrógeno

Se distinguen, aquí, dos clases de métodos:

a) **Químicos:** en contraste con la simplicidad operativa de las técnicas aludidas hasta ahora, la medición de las cantidades de nitrógeno orgánico contenidas en las formas más susceptibles al ataque microbiano, presenta un panorama relativamente complejo y variado.

Como la evidencia experimental acumulada en el curso de los años es numerosa, se procedió a agrupar los métodos de análisis en categorías (Cuadro 1). El criterio empleado para efectuar la discriminación de las técnicas de evaluación directa en degradativas o separativas es la presencia o ausencia de ciertos recursos energéticos. El uso de calor externo, sistemas oxidantes, pH extremos, traducen una intención manifiesta de provocar la lisis o degradación de los compuestos orgánicos nitrogenados, sin importar la preservación de la naturaleza de las estructuras originales. Así, se encuentran dos vías:

1) **Estimación directa:** se mide el nitrógeno contenido en todo o en parte del material extraído o separado.

1.1. Técnicas de tipo degradativo

Se procura aquí someter a los complejos orgánicos del suelo a algún tipo de lisis o degradación, con el fin de liberar las fracciones más susceptibles al ataque microbiano. Se pueden reconocer tres grupos de técnicas, más o menos homogéneos:

a) **Oxidación a pH extremos:** existen técnicas que emplean medios alcalinos (permanganato de potasio, hidróxido de sodio, permanganato de potasio, carbonato de sodio, etc.), o

CUADRO 1: Clasificación de las principales técnicas de evaluación química de la capacidad lábil de N.

EVALUACION "DIRECTA"	Técnicas Predominantemente Degradativas	Oxidación en medio ácido	K ₂ Cr ₂ O ₇ - H ₃ PO ₄ (1)
		Oxidación en medio alcalino (destilación simultánea)	KMnO ₄ - (?) (2)
			KMnO ₄ - Na ₂ CO ₃ (3)
			KMnO ₄ - NaOH (4)
		Destilación directa o microdifusión	NaOH (5)
			MgO (6)
			Ca (OH) ₂ , Ba (OH) ₂ (7)
			NaOH - aleación Devarda (8)
		Hidrólisis con calentamiento	H ₂ SO ₄ (9)
			H ₂ O a 100°C (10)
			CaCl ₂ 0,01 M a 100°C (11)
			CaCl ₂ 0,01 M a 121°C (15 lb/pulg ²) (12)
			KCl 2 M a 80°C (13)
		Na ₄ P ₂ O ₇ 0,5 N, pH 7 a 100°C (14)	
Técnicas Predominantemente Separativas	Extracción con ácido	H ₂ SO ₄ (15)	
	Extracción con alcali	Na ₂ CO ₃ (16)	
		NaHCO ₃ (17)	
		NaHCO ₃ -Na ₂ CO ₃ (18)	
	Extracción con sales neutras	KCl 1N, K ₂ SO ₄ 1N (19)	
EVALUACION	"Equivalente glucosa" (extracción con Ba (OH) ₂) (20)		
"INDIRECTA"	C extractable con H ₂ O hirviendo (21)		
	Reducción del Cloruro de trifeniltetrazolio a formazán (22)		

- (1) Nömmik, 1976;
- (2) Gracie y Khalil, 1939;
- (3) Truog *et al.*, 1951; Truog, 1954; Shihata, 1963;
- (4) Clark y Gaddy, 1950; Subbiah y Asija, 1956; Tamhane y Subbiah, 1962; Kresgle y Merkle, 1957; Stanford, 1978; Iruthayaraj *et al.*, 1974; Basundaram *et al.*, 1970;
- (5) Chalk y Waring, 1970; Cornfield, 1960; Osborne, 1973;
- (6) Osborne y Storrier, 1976; Prasad, 1965;
- (7) Prasad, 1965;
- (8) Geist *et al.*, 1970;
- (9) Purvis y Leo, 1961; Richard *et al.*, 1960;

- (10) Keeney y Bremner, 1966b; Livens, 1959a y 1959b;
- (11) Stanford, 1968;
- (12) Stanford y Demar, 1968 y 1970; Smith y Stanford, 1971;
- (13) Øien y Selmer-Olsen, 1980;
- (14) Stanford, 1968;
- (15) Tyurin y Kononova, 1935;
- (16) Gallagher y Bartholomew, 1964;
- (17) MacLean, 1964; Fox y Piekielek, 1978a;
- (18) Prasad, 1965;
- (19) Lathwell *et al.*, 1972;
- (20) Jenkinson, 1968;
- (21) Verstraeten *et al.*, 1970b;
- (22) Wada *et al.*, 1976.

ácido (dicromato de potasio, ácido fosfórico). La cuantificación del amonio liberado puede ser simultánea o no.

- b) Liberación de ión amonio, a través de la difusión o destilación con extracción, previa o no, de la materia orgánica. Este proceso puede ser llevado a cabo en medios más o menos alcalinos, con o sin el concurso de agentes reductores.
- c) Hidrólisis de ciertas fracciones orgánicas por calentamiento del suelo con soluciones ácidas o neutras, fuerte o débilmente salinas, las que pueden o no contener agentes complejantes.

1.2. Técnicas de tipo separativo

Dentro de este reducido grupo de métodos están situados aquellos en donde la extracción se produce a temperatura ambiente y su objetivo es la cuantificación del nitrógeno contenido en las sustancias extraídas. Se emplean con tal fin, soluciones extractantes salinas, alcalinas, ácidas o neutras.

- 2) **Estimación indirecta:** la metodología disponible proporciona, en este caso, datos asociados a las variables mencionadas en el aparato anterior, e indirectamente, a la capacidad lábil de nitrógeno. Los más destacados son parámetros asociados con el carbono: equivalente glucosa y carbono soluble en agua hirviendo.
- b) **Microbiológicos:** se recurre, en este grupo de técnicas, a la incubación de las muestras. A partir de los valores de la tasa de renovación neta se procede al cálculo, a través de la integración, de un valor asociado a la capacidad lábil de nitrógeno. La variante metodológica más difundida es el denominado "nitrógeno potencialmente mineralizable" (simbolizado: N_o), (Beraategui, 1982; Stanford y Smith, 1972).

Poder de renovación

Todos los métodos de incubación, a través de la cuantificación de variaciones en la intensidad de nitrógeno, miden valores relacionados con la tasa de renovación neta. En dichos métodos se procede, regulando las condiciones de humedad y temperatura, a medir la liberación o acumulación neta de ión nitrato o amonio. Los métodos propuestos están situados dentro del rango que va desde la completa anaerobiosis (Waring y Bremner, 1964) hasta grados variables de aerobiosis (Keeney y Bremner, 1966a; Munson y Stanford, 1955; Olson *et al.*, 1960; Gasser, 1961; Eagle y Matthews, 1958). Se conocen, asimismo, versiones que permiten la incubación estandarizada de muestras de suelo (Bremner, 1965c; De Hein y Panigatti, 1980; De Hein, 1980).

MODELOS PREDICTIVOS DE LA FERTILIDAD NITROGENADA EDAFICA

Consideraciones generales

Si se considera al sistema denominado "ciclo del nitrógeno en el continuo suelo-planta-atmósfera", se verá que está compuesto por una serie de compartimentos o niveles entre los cuales se verifican transferencias o flujos del nitrógeno contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas, las que forman parte de sistemas biológicos o abióticos.

En efecto, el nitrógeno atmosférico, el nitrógeno contenido en los tejidos de los simbiontes leguminosa-*Rhizobium*, el nitrógeno orgánico edáfico, los óxidos gaseosos del elemento, presentes en la atmósfera edáfica, el nitrógeno disuelto en las aguas de percolación, etc., son algunos de los posibles ejemplos de niveles del sistema; en tanto que las tasas de denitrificación, fijación asimbiótica, amonificación, lixiviación, etc., son ejemplos de flujo.

Así como las variables de nivel son afec-

tadas por las variables de flujo, éstas se ven, a su vez, afectadas por el valor de aquellas, y ambas son influidas por el complejo de variables externas al sistema: temperatura, precipitaciones, intensidad lumínica, potencial rédox del suelo, etc.

En el subsistema compuesto por la porción del ciclo que transcurre en el ámbito edáfico, las variables ambientales son las propias de dicho ambiente: pH, potencial rédox, temperatura, potencial hídrico, composición de la solución del suelo, composición de la atmósfera edáfica, etc. Los niveles que interesan son, pues, las formas de capacidad e intensidad de nitrógeno. Las transferencias o flujos estarán representados por el poder de renovación, las pérdidas de intensidad y la tasa de absorción.

Una aproximación al estudio del comportamiento de los sistemas edáficos, ya empleada en la predicción del movimiento de las formas de nitrógeno inorgánico en el perfil y discutida por Gardner (1965), es el planteo de sistemas de ecuaciones diferenciales, que definen el comportamiento del sistema físico o, más bien, físico-químico.

En las situaciones que más frecuentemente atañen, los sistemas involucrados son del tipo biofísico y en ellos el comportamiento de las variables relacionadas con el material "viviente" tornan difícil el proceso requerido para alcanzar soluciones analíticas. En estas situaciones la simulación de procesos por medio de sistemas electrónicos es otra de las variantes metodológicas empleada (Campbell, 1978; Aracil, 1978)

La tendencia generalizada, entonces y de modo no muy distinto a lo que ocurre en otros campos de aplicación de las ciencias biológicas, es la de declinar la posibilidad de aproximación, merced al enfoque determinista, a un modelo puramente físico que pueda describir el comportamiento general y detallado del sistema.

El tratamiento predominante consiste en tratar de inferir el vínculo que existe entre los valores de variables de flujo o de nivel.

En este caso, por ejemplo, el nitrógeno

contenido en los aportes de fertilizantes y el nitrógeno absorbido por el cultivo.

Esto se logra con el auxilio de técnicas de inferencia estadística, las que imponen el uso de modelos probabilísticos donde de antemano se incluye un término de error aleatorio en la medición de las variables. Dicho error está destinado a absorber el efecto de las variables no consideradas en el modelo, las que pasan a conformar el azar. Se trata, pues, de inferir el mecanismo responsable de la propagación de determinada perturbación a través del sistema.

Un aspecto secundario, pero que a la vez pone en evidencia el complejo funcionamiento de los sistemas naturales es la frecuencia con que se presentan respuestas de tipo no lineal. Este hecho, sumado al alejamiento de la mayoría de los supuestos básicos, necesarios para el buen empleo de los métodos estadísticos tradicionales, introduce dificultades en el análisis de los datos resultantes de experimentos.

El empleo de átomos marcados (N^{15} ó C^{14}), en experimentos de fertilización o mineralización, representa un refinado recurso de uso cada vez más frecuente. La introducción, en algún punto del sistema, de sustancias portadoras de tales átomos, permite la medición de las tasas de recambio de los elementos contenidos en los diferentes niveles, a través de la cuantificación de las tasas de dilución isotópica. Son, por el momento, el mejor recurso de que se dispone para producir y probar modelos teóricos que describan el comportamiento de ciclos o subciclos de elementos o sustancias.

Técnicas de este tipo permiten superar las dificultades que surgen al introducir el vegetal en el sistema suelo-atmósfera ya que, por definición, el estudio de la fertilidad edáfica es el estudio de las relaciones suelo-planta.

Conocida es, con referencia a esto último, la regulación mútua que se ejercen los centros de producción de nutrientes, en general suelo rizosférico, y los centros de absorción de los mismos, o sea las raíces (Viets, 1965; Alexander, 1977; Rovira y McDougall, 1967).

Diagnosis basada en la intensidad

Por la escasa interacción que sufre el ión nitrato con la fase sólida del suelo y porque, además, compone la mayor porción de la intensidad de nitrógeno, se comprende el hecho de que abunden modelos de predicción de las condiciones de fertilidad nitrogenada durante el ciclo de los cultivos, donde figura la concentración inicial de nitratos como parámetro exclusivo. En algunos casos ha sido demostrada la utilidad del conocimiento de este parámetro en forma previa a la implantación del cultivo, con el fin de elaborar los mencionados modelos predictivos, (Barberis *et al.*, 1980; Bonel *et al.*, 1978; Campbell, 1978; Smith, 1980).

Tres circunstancias llevan al correcto desarrollo y empleo de los sistemas en cuestión:

- 1) **Variabilidad espacial y estacional:** existen estudios donde se ha demostrado la necesidad de tener en cuenta la variación estacional y espacial de los valores de nitrógeno (nitratos), (De Hein y Panigatti, 1980; Giambiagi y Kraljev, 1973; Giambiagi y Cerri, 1970; Barberis *et al.*, 1977; Conti *et al.*, 1980). Esta situación repercute, obviamente, en el grado de precisión con que se estiman los valores medios de la concentración de nitratos. La escasa interacción que presentan dichos iones con la fase sólida del suelo lleva a que desaparezcan de la solución edáfica por acción del lavado, de la reducción o de la asimilación. En los últimos tiempos se ha tomado en cuenta el primero de los procesos mencionados, con el fin de perfeccionar los métodos clásicos, (Barberis *et al.*, 1980; Bonel *et al.*, 1978).
- 2) **Alteración de la muestra por efectos del acondicionamiento:** se ha demostrado la posibilidad de introducir un considerable sesgo en la estimación del valor de la concentración de nitratos a causa del mantenimiento de las muestras en ambientes favorables a la nitrificación durante lapsos variables, (Barberis *et al.*, 1977). Existen,

asimismo, evidencias que señalan la influencia del proceso de secado sobre el mismo parámetro (Vázquez y Barberis, 1982).

- 3) **Evolución de las tasas de renovación neta y de absorción:** en algunos casos el valor de intensidad inicial (concentración de nitratos en parte del perfil en algún momento previo a la implantación del cultivo) puede indicar la necesidad de aplicar fertilizante nitrogenado, de acuerdo con lo que resulte de emplear algún sistema de diagnóstico. Por otro lado, la respuesta del cultivo a la supuesta fertilización puede llegar a ser nula. De las múltiples causas que llevarían a esta situación sólo se analizarán aquellas de origen edáfico, y entre las mismas se tomarán las que estén vinculadas al ciclo del nitrógeno. Pueden imaginarse, por ejemplo, dos situaciones extremas donde:
 - a) La variación de intensidad a lo largo del ciclo del cultivo sea nula, a la vez que las tasas de absorción y de renovación neta se igualan en valor absoluto, siendo su signo contrario.
 - b) La intensidad de nitrógeno sufre variaciones globales negativas, luego de efectuado el cultivo, coincidiendo la disminución de intensidad con la demanda global.

Es evidente, que cualquier método basado exclusivamente en la intensidad inicial fracasará al tratar de predecir el valor de demanda global en el primer caso, al menos que como efecto del azar la concentración inicial de nitratos esté asociada a dicho valor. En el segundo caso, el éxito será seguro a menos que la tasa de renovación neta hubiese tenido valores muy distintos de cero en algún momento del ciclo, con lo que la asociación entre intensidad inicial y demanda global será, nuevamente, fruto del azar.

En la realidad es posible encontrar situa-

ciones comprendidas entre los dos extremos recién descritos, siendo una condición necesaria pero no suficiente el hecho de que la intensidad inicial configure un alto porcentaje del valor de demanda global, para la predicción adecuada de ésta a través de aquella.

Diagnosis basada en el poder de renovación

Se ha mencionado la existencia de diversos tipos de métodos de incubación. Todos los procedimientos empleados para cuantificar la tasa de renovación neta miden la tasa de producción neta de nitratos o amonio. Estas técnicas tienden a estimar la capacidad que los suelos poseen para liberar nitrógeno inorgánico en condiciones predefinidas de humedad y temperatura. Algunos factores deberán ser tenidos en cuenta, empero, para interpretar correctamente los resultados que tales pruebas arrojen:

a) **Efectos de las condiciones de almacenamiento y acondicionamiento de las muestras:** existen, en la literatura, estudios emprendidos para esclarecer la influencia que el proceso de secado, molienda y rehumedecimiento de la muestra tiene sobre la tasa de renovación neta, (Soulides y Allison, 1961; Nevo y Hagin, 1966; Birch, 1960). Asimismo, se ha estudiado la influencia que el tiempo de almacenaje de la muestra tiene sobre las cantidades de nitrógeno liberado (Harpstead y Brage, 1958).

Se ha postulado, además, la existencia de un efecto denominado "memoria de la muestra", producido quizás por la acción conjugada de los factores mencionados y el origen de la muestra, así como por los procesos a que fuera sometida hasta el momento de la incubación (Berasategui, 1982).

b) **Variabilidad de los parámetros ambientales:** es un común denominador a todos los métodos la divergencia entre las condiciones naturales en las cuales se desarrollan los procesos de movilización del nitrógeno

no orgánico. A esto se añade la presencia, en el suelo, de oscilaciones en el régimen térmico e hídrico, principalmente. Así, son conocidos los efectos de los ciclos de secado, humedecimiento y congelado-descongelado sobre la mineralización del nitrógeno orgánico, (Soulides y Allison, 1961).

Otro factor es el orden en que vienen dados los valores de las variables ambientales (Stanford *et al.*, 1975; Campbell y Biederbeck, 1972). Por estar relacionado con esta línea, se mencionará el esfuerzo realizado por intentar vincular la marcha de la tasa de renovación neta, el poder de renovación o la intensidad con la evolución de ciertas variables ambientales (Herlihy, 1972; Herlihy, 1979; Schroedter y Tietjen, 1971; Van Schreven, 1968).

c) **Duración de las experiencias efectuadas para medir el poder de renovación:** los lapsos, generalmente prolongados, requeridos para la liberación de cantidades apreciables de intensidad han hecho que, hasta el momento, la aplicación rutinaria y masiva de esta metodología se haya visto frenada.

Existen modelos de predicción de las condiciones de fertilidad nitrogenada basados en el poder de renovación, en donde se emplean estimaciones del parámetro en forma aislada o combinado con valores de capacidad, intensidad y alguna variable ambiental, tal como agua disponible, etc. (Fogliata, 1977; Smith, 1980).

Es probable que la recolección de series de datos edafoclimáticos, físicos y químicos posibilite la elaboración de modelos de mineralización (Campbell, 1978; Stanford y Epstein, 1974).

Diagnosis basada en la capacidad

El 98 por ciento del nitrógeno edáfico está, en promedio, presente bajo la forma de compuestos orgánicos; además, para el caso de los cultivos no leguminosos estas formas

representan la fuente exclusiva del nitrógeno que absorben, en la enorme mayoría de los casos. La problemática del uso del parámetro capacidad total o lábil de nitrógeno gira en torno del conocimiento de la naturaleza estructural de aquellas fracciones húmicas que pasan a estar a disposición de los sistemas biológicos, merced a lo cual se lleva a cabo la lenta pero constante liberación de formas inorgánicas de nitrógeno (Kowalenko, 1978; Bremner, 1965a).

A esta situación se suma un hecho conflictivo: por un lado, el tiempo de permanencia media de los compuestos carbonados del suelo varía entre algunos cientos de años y dos o tres milenios (Allison, 1973), de acuerdo con mediciones de la actividad del radio-carbono. Por otra parte, las constantes de descomposición de algunas fracciones orgánicas nitrogenadas, obtenidas por procedimientos de incubación, llevan al cálculo de vidas medias del orden de un año (Campbell, 1978; Smith y Stanford, 1971).

Métodos basados en formas de capacidad total

En las técnicas que estiman a la capacidad total de nitrógeno la interpretación de los resultados de este tipo de métodos soslaya, comúnmente, la necesidad de establecer diferencias en cuanto a la disponibilidad de los distintos componentes orgánicos. Se supone, así, que todo el nitrógeno orgánico se liberará a una misma velocidad por acción de la microflora y fauna edáficas.

El contenido de nitrógeno total orgánico es empleado, no obstante lo dicho, para predecir la presencia o ausencia de situaciones carenciales para los cultivos. El parámetro se emplea en forma exclusiva o bien en conjunción con estimaciones de intensidad inicial, poder de renovación y alguna variable ambiental, tal como agua disponible para el cultivo, etc. (Smith, 1980; Berardo y Darwich, 1974; Vivas *et al.*, 1980; Zaffanella, 1975)

Métodos de estimación de la capacidad lábil de nitrógeno

A pesar de que los métodos de diagnóstico de la fertilidad basados en la medición de alguna forma de la tasa de renovación neta o del poder de renovación han tropezado con serias dificultades de interpretación y de aplicación rutinaria, debido a los factores ya expuestos, sus resultados han sido empleados por Stanford y colaboradores (Campbell, 1978; Smith y Stanford, 1971); para la estimación de dos parámetros particularmente importantes: el nitrógeno potencialmente mineralizable (simbolizado: N_o) y la constante de mineralización asociada al mismo. Este autor, basado en consideraciones de tipo cinético, estima el valor de nitrógeno orgánico total disponible para los microorganismos en las condiciones en las que se lleva a cabo la incubación de la muestra de suelo.

Atendiendo al hecho de que la materia orgánica está compuesta por diferentes fracciones, las que se hallan en continuo aporte, síntesis, recombinación y desaparición, puede imaginarse la existencia de una tasa de liberación de nitrógeno inorgánico ponderada. Campbell (1978), presenta ejemplos muy variados e interesantes de diseño de modelos de mineralización teniendo en cuenta que el sistema representa el flujo y reciclaje de nitrógeno a través de cadenas tróficas microbianas. Se recuerda, al respecto, que ciertos autores opinan que una parte del nitrógeno puede estar constituida por cuerpos celulares muertos (Bremner, 1965b).

Como ejemplo final del grupo de técnicas de tipo microbiológico se incluye la de Herlihy y colaboradores (1978), quienes evalúan la "materia orgánica lábil" a través de la tasa de liberación del dióxido de carbono.

Entrando ya en la discusión del grupo de técnicas de análisis químico empleadas en la estimación de la capacidad lábil, nuevamente se observa una divergencia entre las condiciones experimentales establecidas para cada caso y aquellas que llevan a la renovación de la intensidad en el marco del cultivo. La razón es obvia y consiste en el deseo de

umentar el valor de las constantes de liberación del nitrógeno amoniacal, a través de un aumento de la temperatura, o de un cambio en alguna otra variable (pH, potencial rédox. etc.), resultando de este proceso técnicas de tipo empírico.

1) Calibración de los métodos de diagnóstico

1.1. Contraste con la intensidad liberada por incubación

Como primer paso, casi invariablemente, los autores de las diferentes técnicas han procedido a contrastar, mediante estudios de correlación, los valores experimentales obtenidos a través de la aplicación de los nuevos métodos con las cantidades de nitrógeno mineral producido al cabo de un período de incubación, aerobia o anaerobia, de las muestras. Existen así casos en que se contrasta con el nitrógeno mineralizado en aerobiosis (Kresge y Merkle, 1957; Cornfield, 1960; Boswell *et al.*, 1962; Rydalevskaya y Tereshenkova, 1965; Morozova, 1968; Urumova y Klevtsov, 1973; Noemmik, 1976; Øien y Selmer-Olsen, 1980; Verstraeten *et al.*, 1970a; Verstraeten *et al.*, 1970b; Verstraeten y Voets, 1976; Zourarakis y Barberis, 1980) y en anaerobiosis (Stanford, 1968; Stanford y Demar, 1968; Stanford y Demar, 1970). Es de notar el hecho de que, en general, cada nuevo método químico presenta coeficientes de correlación mejores que los que arrojan los métodos hasta ese momento conocidos.

1.2. Contraste con la demanda global

Un nuevo paso lo constituyó el intento por determinar el grado de asociación existente entre algún parámetro, a través del cual se estimaba la capacidad lábil, y la demanda global de los cultivos efectuados en determinadas condiciones

ambientales, generalmente en invernáculo. Existen, al respecto, variantes en cuanto a la metodología con que se cuantifica el nitrógeno originalmente orgánico, mineralizado y absorbido por los cultivos al cabo del ciclo de crecimiento. Algunos autores recurren a la adición de fertilizantes, conteniendo los mismos nitrógeno marcado o no, mientras que otros investigadores simplemente discriminan entre el nitrógeno inorgánico inicialmente presente (nitratos) y el nitrógeno absorbido neto, etc. En general se aprecia una variedad de especies vegetales empleadas como "extractante patrón"; se encuentran: trigo (Purvis y Leo, 1961; Ghosh, 1966; Chalk y Waring, 1970; Dubey *et al.*, 1972; Dubey *et al.*, 1974); rye-grass (Keeney y Bremner, 1966a; Tejada y Gogan, 1970; Storrier *et al.*, 1970; Gasser y Kalembasa, 1976; Collier, 1969); *Pennisetum sp.* (Gallagher y Bartmolomew, 1964; Prasad, 1965); cebada (Mac Lean, 1964; Stanford y Legg, 1968); *Dactylis glomerata* (Smith, 1966); *Sorghum sp.* (Ryan *et al.*, 1971; Lakhani y Mehta, 1971); arroz (Sinha *et al.*, 1976; Ragupathy y Raj, 1973); tabaco (Peterson, 1960).

Un avance, inevitable, fue el contraste de los estimadores en cuestión con la demanda global de los cultivos en condiciones de campo, o con el rendimiento físico de los mismos. Varias han sido las especies empleadas con el fin de efectuar estudios de correlación, siempre a través de modelos bivariados. Dependiendo de las condiciones de suelo, clima y manejo se encuentran casos en que se ha empleado trigo (Storrier *et al.*, 1971; Joshi *et al.*, 1973; Osborne y Storrier, 1976); maíz (Singh y Brar, 1973; Vatsa *et al.*, 1977; Bodarenko y Grigoryeva, 1966; Fox y Piekielek, 1978a; Fox y Piekielek, 1978b); arroz (Chu, 1962; Dolmat *et al.*, 1980; Ramanathan y Krishnamoorthy, 1973); cebada (Ye-Ye Kislykh, 1975; Geist *et al.*, 1970) y otros cultivos (Synghal *et al.*, 1959; Tamhane y Subbiah, 1962; Bronner, 1978)

2) Posibilidades de uso de estos parámetros en técnicas de diagnóstico para cultivos extensivos

Se aprecia que la idea básica consiste en buscar el desarrollo de métodos de diagnóstico basados en algún estimador de la capacidad lábil, o bien en la ampliación de los modelos ya existentes, que tienen al factor intensidad como variable independiente exclusiva.

Se mencionan dos regiones en las que se aprecia un esfuerzo sostenido, en relación a lo expuesto. En el área triguera meridional australiana, en Nueva Gales del Sur; Storrier y colaboradores y Osborne, (Storrier *et al.*, 1971; Osborne y Storrier, 1976; Storrier *et al.*, 1970; Osborne, 1977; Osborne, 1973) parecen producir evidencia favorable a los métodos de destilación directa, entre otros. Por otro lado, en la India, numerosos investigadores se inclinan en forma generalizada por los métodos de destilación oxidativa (permanganato de potasio, hidróxido de sodio) o de extracción alcalina (hidróxido de calcio) (Joshi *et al.*, 1973; Singh y Brar, 1973; Vatsa *et al.*, 1977; Ramanathan y Krishnamoorthy, 1973; Lakhani y Mehta, 1971; Dubey *et al.*, 1972; Dubey *et al.*, 1974; Sinha *et al.*, 1976; Ragupathy y Raj, 1973; Srivastava, 1975; Iruthayaraj *et al.*, 1974).

En este caso, los cultivos en los cuales se estudia la aplicación de este tipo de técnicas de diagnosis es variado: trigo, maíz y arroz, principalmente.

Un hecho anecdótico es que los investigadores hindúes figuran entre los primeros, a fines de la década del 30, en aplicar el permanganato de potasio a los suelos, con el fin de coadyuvar a la mineralización de la fracción orgánica (Iyer y Rajagopalan, 1939a; 1939b; Derbyshire, 1939). Otros autores citan su uso como enmienda, más precisamente como corrector de las condiciones de reducción, junto con el empleo de peróxido de hidrógeno (Gantimurov, 1939).

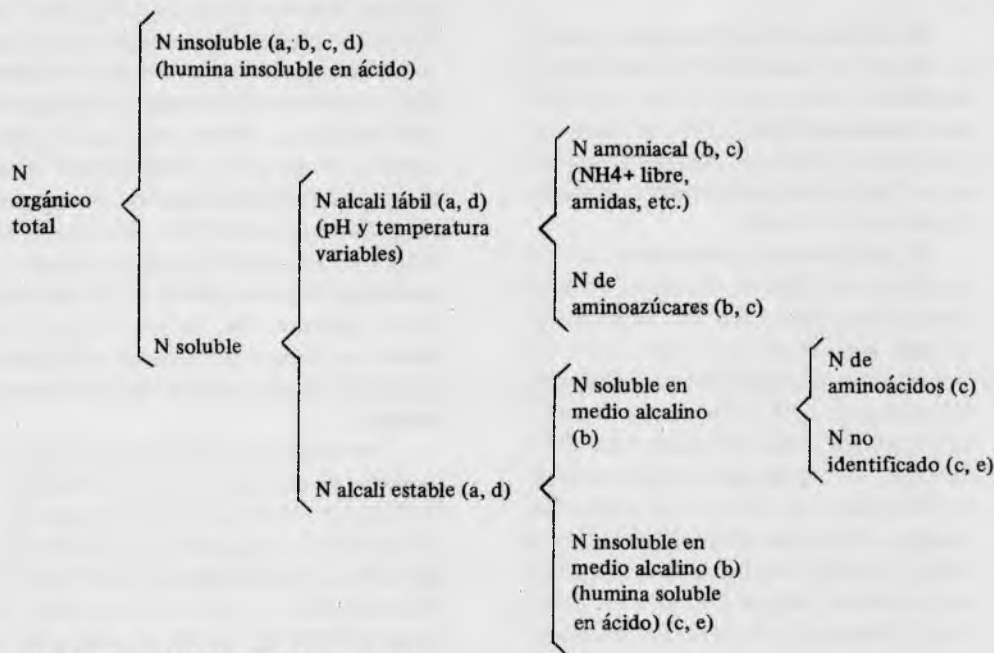
Con respecto al desarrollo de las diferentes técnicas de análisis químico, el criterio parece consistir, básicamente, en graduar las condiciones de extracción. En efecto, la energía del proceso se ajusta, empíricamente, al tipo de suelo, definido éste a través del porcentaje de nitrógeno total orgánico, textura, etc. Parece interesante subrayar los relativamente bajos tenores de nitrógeno orgánico que poseen los suelos existentes en los sitios donde se han llevado a cabo los ensayos en India y Australia. Quizás se pueda inferir de esto, que el aparente éxito de los métodos empleados se deba a una alta tasa de recambio del nitrógeno contenido en la materia orgánica.

Con respecto a las técnicas de tipo separativo, recientemente, Fox y Piekielek, (1978a y 1978b) han empleado con aparente éxito la extracción con bicarbonato de sodio a temperatura ambiente para la determinación, a través de la fórmula de Stanford (1973), de las necesidades de fertilizante nitrogenado del cultivo de maíz. Estudios de este tipo, merecen ser intensificados por tratarse de una técnica no destructiva de medición en extractos obtenidos en condiciones relativamente suaves (temperatura ambiente).

Métodos basados en el fraccionamiento químico de los compuestos orgánicos nitrogenados

Otro grupo de autores planteó, desde los comienzos mismos de este tipo de estudios, la necesidad de estudiar la evolución, temporal y discriminada, de las fracciones que constituyen el nitrógeno orgánico edáfico. En el Cuadro 1 se presenta un esquema, resumen de las principales marchas analíticas halladas en la literatura específica (Porter *et al.*, 1964; Smith y Young, 1975; Cheng y Kurtz, 1963; Perumal y Velayutham, 1977; Keeney y Bremner, 1964; Kadirgamathayah y Mackenzie, 1970; Osborne, 1977). En todos los procedimientos de fraccionamiento se em-

CUADRO 1: Resumen esquemático de las marchas de fraccionamiento, más frecuentes, posteriores a la hidrólisis clorhídrica.



a: Porter *et al.*, 1964; Smith y Young, 1975.

b: Cheng y Kurtz, 1963; Perumal y Velayutham, 1977.

c: Keeney y Bremner, 1964; Kadirgamathayah y Mackenzie, 1970.

d: Osborne, 1977.

e: Indica la suma de las cantidades correspondientes a cada fracción, o a componentes de la misma.

plea el ácido clorhídrico concentrado y en caliente como agente hidrolítico inicial.

Mientras que por un lado algunos autores se han preocupado en seguir la evolución cuantitativa, absoluta o relativa de las fracciones presentadas en dicho esquema, (Smith y Young, 1975; Perumal y Velayutham, 1977; Keeney y Bremner, 1964; Stewart *et al.*, 1963; Maciak, 1973); otro grupo se ha concentrado en seguir la distribución espacial de las mismas, (Sowden, 1956; Stevenson, 1957; Singh *et al.*, 1978; Rendig, 1951; Rosell *et al.*, 1978).

A pesar de que, en general, no se aprecia una tendencia clara en cuanto a la acumulación o desaparición, relativas, de algunas fracciones al cabo de períodos variables de cultivo, (Keeney y Bremner, 1964) existe alguna evidencia según la cual parece probable

la acumulación relativa de aminoácidos básicos, en ciertas condiciones ambientales. Dicho fenómeno parece estar relacionado con el régimen térmico de los suelos, así también como con el número de años de rotación agrícola, (Parsons y Tinsley, 1975; Carles y Decau, 1960a y 1960b; Yamashita y Akiya, 1963).

Algunos de estos autores han pasado, naturalmente, a la etapa del estudio de la correlación existente entre algunos de los parámetros del fraccionamiento del nitrógeno orgánico y la respuesta de los cultivos realizados bajo condiciones controladas (Kadirgamathayah y Mackenzie, 1970). Otros investigadores, en tanto, recurren al uso de fertilizantes marcados con N^{15} en experimentos con lisímetros, en suelos "barbechados" (Cheng y Kurtz, 1963). o en ensayos de in-

vernadero, (Osborne, 1977; Maibaum y Garz; 1978).

Del mismo modo que en el caso de las técnicas empíricas, se han llevado a cabo, finalmente, ensayos de campo (Perumal y Velayutham, 1977). En alguno de estos estudios se ha medido el efecto que la adición de fertilizante produce sobre la distribución absoluta y relativa de las formas de nitrógeno orgánico (Namdeo y Aube, 1973). Se destacan en este tipo de trabajos esfuerzos por hallar modelos de evaluación de alguna fracción de nitrógeno orgánico a través de un índice de extracción empírica, (Srivastava, 1975; Perumal y Velayutham, 1977). Desafortunadamente, y a pesar de que se podría pensar en que la movilidad de las diferentes fracciones no debería ser necesariamente la misma, la evidencia acumulada indica que los microorganismos no parecen mostrar preferencia por alguna en especial (Keeney y Bremner, 1964; Smith y Young, 1975; Bremner, 1965b).

CONSIDERACIONES FINALES

El proceso de elaboración de un modelo de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada está compuesto por una serie de etapas.

- a) Planteo de las definiciones básicas, especialmente en lo referente a los conceptos de fertilidad edáfica, fuentes mediata e inmediatamente disponibles para la provisión de nitrógeno al cultivo, vías de pasaje de formas "no aprovechables" a formas "aprovechables".
- b) Desarrollo de una metodología de análisis que permita evaluar la evolución del estado de determinado sistema edáfico en lo referente a las formas que fueran definidas anteriormente. Aquí se procederá a desarrollar un conjunto de métodos que permitan aislar y cuantificar las formas químicas que integran los parámetros de la fertilidad nitrogenada. Sería, por ejem-

plo, determinar los niveles de nitratos y amonio, que configuran la intensidad de nitrógeno y el contenido de determinadas formas orgánicas a las que se las podría denominar "capacidad lábil de nitrógeno". Asimismo, se deberá poder determinar las constantes de transformación, o pasaje, de unas formas a otras y viceversa.

Subrayamos la necesidad de registrar el mayor número posible de datos correspondientes a las variables edáficas y extra-edáficas, los que servirán para delimitar el recinto de validez del modelo a elaborar.

- c) Elaboración de un modelo basado en técnicas de inferencia estadística y prueba posterior del mismo.

En la Figura 1 se muestra un esquema que puede servir para la comprensión de lo dicho hasta aquí. Nótese que el objetivo final consiste en la elaboración de un modelo que permita predecir la demanda global de nitrógeno, para estar en condiciones, a partir de allí, de prever la necesidad de efectuar un aporte del elemento por vías de la fertilización.

Asimismo, se señala la influencia decisiva que las condiciones del ambiente ejercen sobre la estimación de todos los parámetros del modelo. Esto determina de modo muy especial, la necesidad de seleccionar un patrón de muestreo y/o acondicionamiento que esté de acuerdo con el parámetro a estimar, teniendo en cuenta la variabilidad tanto espacial como temporal del mismo. Así se deberá asignar previamente un patrón de muestreo y/o acondicionamiento a la recolección de muestras de material o información tendiente a caracterizar las siguientes variables:

- 1) Intensidad (muestras de suelo o de solución edáfica).
- 2) Capacidad total y/o lábil (muestras de suelo).
- 3) Poder de renovación (muestras de suelo).
- 4) Demanda global (material vegetal).
- 5) Variables del ambiente edáfico y extra-edáfico (valores de temperatura, hume-

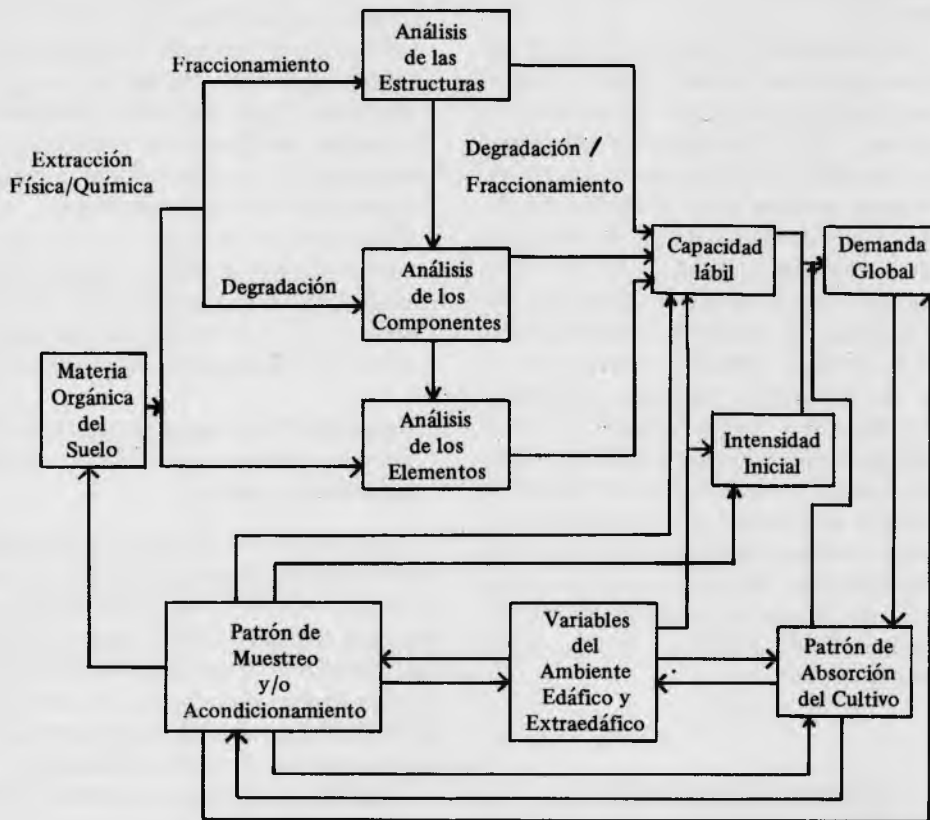


Figura 1: Diagrama que muestra las actividades que conducirían a la elaboración de un modelo de demanda global del cultivo.

dad, irradiación, geotemperatura, potencial hídrico, pH, etc.; manejo del cultivo en general).

- 6) Patrón de absorción del cultivo (valores de índice de área foliar, biomasa radical, contenido de formas nitrogenadas en exudados, etc.).

Con respecto a la metodología de análisis es importante el planteo de fundamentos en los que se debería reconocer los límites entre las estructuras que contienen el nitrógeno orgánico edáfico, los componentes constitutivos de las mismas y el elemento nitrógeno en sí. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de la metodología disponible para

la prosecución de los caminos señalados en la Figura 1, con el fin de caracterizar las fracciones que conforman la capacidad lábil de nitrógeno. La abundancia de recursos analíticos disponibles para lograr dicho objetivo es de considerable magnitud, lo que determina que el comparar las técnicas citadas en el Cuadro 1 con esta clasificación surja como conclusión que los recursos que permanecen aún sin explorar son de una vastedad apreciable.

Finalmente, no son en modo alguno incompatibles el afán por desarrollar métodos rápidos, seguros y precisos para la estimación de fracciones más susceptibles a la acción enzimática y microbiana, y la búsqueda de un mayor conocimiento de la naturaleza de los

CUADRO 2: Metodología disponible para la realización de las actividades mencionadas en la Figura 2. *

Fraccionamiento (Separación de las estructuras)	<ul style="list-style-type: none"> Cromatografía <ul style="list-style-type: none"> Partición (capa delgada, papel) Adsorción (columna líquida de alta presión, etc.) Dialisis Electroforesis en papel (de alto y bajo voltaje) Ultrafiltración Gel filtración Ultracentrifugación Precipitaciones selectivas (marchas tradicionales) 	Extracción física	<ul style="list-style-type: none"> Flotación en líquidos densos <ul style="list-style-type: none"> Orgánicos Inorgánicos Separación por vibración ultrasónica en medio de líquidos densos
Análisis de los componentes	<ul style="list-style-type: none"> Algunas de las técnicas citadas en Fraccionamiento seguidas por marchas convencionales 	Degradación	<ul style="list-style-type: none"> Hidrolítica <ul style="list-style-type: none"> Acuosa (neutra) Ácida Básica Pirólítica <ul style="list-style-type: none"> En asociación con <ul style="list-style-type: none"> Análisis Termogravimétrico Análisis Termogravimétrico diferencial Cromatografía en fase gaseosa y espectrometría de masa Fusión alcalina etc. Por irradiación <ul style="list-style-type: none"> Radiación ionizante (rayos gamma) Partículas de alta energía (electrones) Por degradación biológica
Extracción química (disolución)	<ul style="list-style-type: none"> Reactivos inorgánicos <ul style="list-style-type: none"> Ácidos: HCl, etc. Bases: NaOH, etc. Sales neutras: NaF, NaCl, etc. Complejantes: Na₄P₂O₇ neutro, etc. Intercambiadores iónicos <ul style="list-style-type: none"> Dowex A-1 (ácido iminodiacético) Amberlite IRC-50 (ácido carboxílico) 		

* Schnitzer, 1978; Flaig *et al.*, 1975; Parsons y Tinsley, 1975; Bremner, 1967; Hurst y Burges, 1967; Bremner, 1965b; Kononova, 1966a y 1966b; Allison, 1973; Van Dijk, 1971; Felbeck, 1971; Schnitzer, 1971.

cambios que se producen en las estructuras que contienen el nitrógeno orgánico, a lo largo de su evolución, (Kononova, 1975; Richter *et al.*, 1975; Kononova, 1966a).

Esto determinaría, en caso de ser estos cambios significativos, que la inclusión de los parámetros de capacidad lábil e intensidad en un modelo de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada para determinado tipo de agrosistemas tenga sentido siempre y cuando pudiese preverse la acción de las variables ambientales sobre los procesos que llevan a la liberación y absorción de nitrógeno por parte de los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alexander, M., 1977. Microbiology of the Rhizosphere. En: M. Alexander, 1977. Introduction to soil microbiology. J. Wiley & Sons, Inc., New York, 467 pp.
- 2) Allison, F. E., 1973. The nature and composition of soil organic matter. En: F. E. Allison, 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam 637 pp.
- 3) Aracil, J., 1978. Introducción a la dinámica de sistemas. Alianza Editorial, S.A. Madrid. 303 pp.
- 4) Barberis, L. A.; D. Zourarakis y D. Sunde, 1977. Influencia de las técnicas de muestreo y acondicionamiento en la determinación del nivel de nitratos en suelo. En: Actas de la III Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes; Buenos Aires, Rep. Argentina 28 Nov. - 1 Dic. / 1977. C/8:1 - C/8:14.
- 5) Barberis, L. A.; M. E. Conti; H. Del Campo; A. Nervi y P. Daniel, 1980. Respuestas del trigo a la fertilización nitrogenada en el Norte y Oeste de la Pampa Húmeda; (Campañas 1978/79 y 1979/80). Actas 9a. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná (E.R.); R. Argentina; 537-548.
- 6) Basundaram, C. S.; V. Raganathan; K. Rajakkanni y otros, 1970. Studies on certain problems of N estimations adopted at soils testing laboratories in Tamil Nadu. Madras Agric. Journal 57: 22-25.
- 7) Berardo, A. y N. A. Darwich, 1974. Fertilización del cultivo de trigo en el S.E. bonaerense. Boletín Técnico N° 76, E.E.R.A. Balcarce, INTA. 16 pp.
- 8) Berasategui, L. A., 1982. Comunicación personal.
- 9) Birch, H. F., 1960. Nitrification in soils after different periods of dryness. *Plant and Soil*, 12: 81-96.
- 10) Bondarenko, S. F. and L. V. Grigoryeva, 1966. Nature of the fraction of easily hydrolyzed N in Azov chernozem and of the effect of N fertilizers on maize yield. *Pochvovedenie* 5: 73-79. (en *Soviet Soil Sci.* (1966), 1: 550-555).
- 11) Bonel, J. A.; P. Novello; A. I. Legasa; B. L. Masiero y G. Ayub, 1978. Método de diagnóstico para el asesoramiento técnico de fertilización nitrogenada del trigo y del maíz. Inst. Nac. Tec. Agr.; E.E.R.A. Marcos Juárez. Pub. Téc. N° 5.
- 12) Boswell, F.C.; A. L. Richer and L. E. Casida, 1962. Available soil N measurements by microbiological techniques and chemical methods. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 254.
- 13) Bremner, J. M., 1965a. Organic Nitrogen in Soils. En: W. V. Bartholomew y F. E. Clark, 1965. (Ed.), Soil Nitrogen. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., 615 pp.
- 14) Bremner, J. M., 1965b. Organic Forms of Nitrogen. En: C.A. Black y otros, 1965. (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., Tomo 2: Chemical and Microbiological Properties, 1572 pp.
- 15) Bremner, J. M., 1965c. Nitrogen Availability Indexes. En: C. A. Black y otros, 1965. (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., Tomo 2: Chemical and Microbiological Properties. 1572 pp.
- 16) Bremner, J. M., 1965d. Inorganic Forms of Nitrogen. En: C. A. Black y otros, 1965. (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., Tomo 2: Chemical and Microbiological Properties. 1572 pp.
- 17) Bremner, J. M. 1965e. Total Nitrogen. En: C. A. Black y otros, 1965 (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Soc. of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., Tomo 2: Chemical and Microbiological Properties. 1572 pp.
- 18) Bremner, J. M., 1967. Nitrogenous Compounds. En: A. D. McLaren y G. H. Peterson, 1967. (Ed.), Soil biochemistry. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 1, 509 pp.
- 19) Bronner, H., 1978. Determination of hydrolyzable N as the basis for diagnosing the N supplying capacity of sugar beet soils. *Compte Rendu Congrès d'Hiver Institut International des Recherches Betteravieres*, 41: 63-72.
- 20) Campbell, C. A., 1978. Soil Organic Carbon, Nitrogen and Fertility. En: M. Schnitzer y S. U. Khan, 1978. (Ed.), Soil organic matter. Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 319 pp.

- 21) Campbell, C. A. and V. O. Biederbeck, 1972. Relationships between nitrate in summer-fallowed surface soil and some environmental variables. *Can. J. Soil Sci.*, 55: 213-223.
- 22) Carles, J. and J. Decau, 1960a. Variations in the amino acids of soil hydrolysates. *Sci. Proc. R. Dublin Soc. Serv. A.* 1: 177-182.
- 23) Carles, J. et J. Decau, 1960b. De quelques conditions susceptibles de modifier les proportions des acides aminés du sel. *Ann. Agron.* Paris 11: 557-575.
- 24) Chalk, P. M. and S. A. Waring, 1970. Evaluation of rapid tests for assessing N availability in wheat soils. I: Correlation with plant indices of availability obtained in pot culture. *Aust. Journ. Exp. Ag. An. Husb.* 10: 298-305.
- 25) Cheng, H. H. and L. T. Kurtz, 1963. Chemical distribution of added N in soils. *Soil Sci. Soc. of Am. Proc.* 27: 312-316.
- 26) Chu, C. L., 1962. Investigation of N supplying regime of soils. I - Rate of liberation of NH_4^+ in alkaline hydrolysis as an index for predicting N supplying status of rice fields. *Acta Pedol. Sin.* 10: 55-72.
- 27) Clark, K. G. and V. L. Gaddy, 1950. Evaluation of the official permanganate methods for the quality of water insoluble N in fertilizers. *J. Assoc. Offic. Agr. Chemists* 33: 480-491.
- 28) Collier, M. D., 1969. Controles de la fertilité azotée du sol. *C. r. hebd. des seanc. Acad. Agr. France*, N° 2: 139-143.
- 29) Conti, M. E.; N. Arrigo; R. M. Palma y M. Vázquez, 1980. Efecto de las variaciones estacionales, profundidad de muestreo e influencia de los diferentes manejos sobre los resultados analíticos de C, N, P y pH del suelo. Actas 9a. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná (E.R.), R. Argentina. Tomo I: 273-277.
- 30) Cornfield, A. H., 1960. Ammonia released on treating soils with N sodium hydroxide as a possible means of predicting the nitrogen-supplying power of soils. *Nature* (London), 187: 260-261.
- 31) De Hein, W. H., 1980. Capacidad potencial de mineralización del nitrógeno de suelos con distintos cultivos y pasturas. Actas 9a. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná (E.R.), R. Argentina. Tomo II: 475-483.
- 32) De Hein, W. H. y J. L. Panigatti, 1980. Evolución de nitratos en argüdoles del centro de Santa Fe. Actas 9a. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná (E.R.), R. Argentina. Tomo II: 465-473.
- 33) Derbyshire, J., 1939. Garden uses of potassium permanganate. *Gard. Chron.* 105: 220. En: *Chemical Abstracts*, 34: 1799.
- 34) Dolmat, M. T.; W. H. Patrick Jr and F. J. Peterson, 1980. Relation of soil nitrogen to rice yield. *Soil Sci.*, 129 (4): 229-237.
- 35) Dubey, S. M.; D. C. Bisen; P. N. Bapat and K. K. Bachkaiya, 1972. Evaluation of rapid soil N determination tests for the wheat growing region of Madhya Pradesh. *Technology*, 9 (2/3): 218-219.
- 36) Dubey, S. M. D. C. Bisen; R. S. Thakur and K. S. Patel, 1974. Rapid soil tests for wheat growing soils of Jabalpur district, Madhya Pradesh. JNKV (Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalyaya) *Research Journal*, 8 (2): 132-136.
- 37) Eagle, D. J. and B. C. Matthews, 1958. Measurement of nitrate-supplying power of soils by an incubation method and correlation with crop yield response. *Can. J. Soil. Sci.* 38: 161-170.
- 38) Felbeck, G. T. Jr., 1971. Chemical and Biological Characterization of Humic Matter. En: A. D. McLaren y J. Skujins, 1971 (Ed.). *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 2. 527 pp.
- 39) Flaig, W.; H. Beutelspacher and E. Rietz, 1975. Chemical Composition and Physical Properties of Humic Substances. En: J. E. Gieseking, 1975. (Ed.), *Soil Components*. Springer-Verlag, New York, Tomo I: Organic Components, 534 pp.
- 40) Fogliata, F. A., 1977. Experiencias de fertilización con caña de azúcar. 1a. Parte. en caña "planta". En: Actas de la III Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes; Buenos Aires, Rep. Argentina. 28 Nov. - 1 Dic./1977. CI/1:1 - CI/1:15.
- 41) Fox, R. H. and W. P. Piekielek, 1978a. Field testing of several N availability indexes. *Soil Sci. Soc. Am. Journ.* 42 (5): 747-750.
- 42) Fox, R. H. and W. P. Piekielek, 1978b. A rapid method for estimating the N supplying capacity of a soil. *Soil Sci. Soc. Am. Journ.* 42 (5): 751-753.
- 43) Fried, M. and H. Broeshart, 1967. Soil-plant relationships in ion uptake. En M. Fried y H. Broeshart, 1967. *The soil-plant system*. Academic Press, Inc. London. 358 pp.
- 44) Gallagher, P. A. and W. V. Bartholomew, 1964. Comparison of nitrate production and other procedures in determining nitrogen availability in southeastern coastal plain soils. *Agron. Journal* 56: 179.
- 45) Gantimurov, I. I., 1939. The soils of Moscow filtration fields and their oxidation reduction conditions. *Pedology*, No 9: 105-120.
- 46) Gardner, W. R., 1965. Movement of nitrogen in soil. En: W. V. Bartholomew y F. E. Clark, 1965. (Ed.), *Soil Nitrogen*. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., 615 pp.

- 47) Gasser, J. K. R., 1961. Soil nitrogen. VI. Correlations between laboratory measurements of soil mineral-N and crop yields and responses in pot and field experiments. *J. Sci. Food Agric.* 12: 562-573.
- 48) Gasser, J. K. R. and S. J. Kalembasa, 1976. Soil nitrogen. IX- The effects of leys and organic manures on the available N in clay and sandy soils. *Journ. Soil Sci.*, 27: 237-249.
- 49) Geist, J. M.; J. O. Reuss and D. D. Johnson, 1970. Prediction of nitrogen fertilizer requirements of field crops. II. Application of the theoretical models to Malting barley. *Agron. Journ.* 62: 385-389.
- 50) Ghosh, P. C., 1966. A comparison of some chemical tests for available soil nitrogen. *Plant and Soil* 25: 65.
- 51) Giambiagi, N. y O. C. Cerri, 1970. Fertilización nitrogenada: metabolismo del sulfato de amonio y de la urea en ensayos de campo y en laboratorio. *Revista Agron. N. O. Arg.*, vol. VII: 101-105.
- 52) Giambiagi, N. y L. B. Kraljev, 1973. Actividad nitrificadora de distintos horizontes en perfiles de Florencio Varela (prov. de Buenos Aires); sus causas. *Rev. Inv. Agr. Serie 3. Clima y Suelo*, vol. X (7): 223-236.
- 53) Gracie, D. and F. Khalil, 1939. A method for available nitrogen. *Egypt. Min. of Agr. Tech. and Sci. Serv. Bull.* No 222.
- 54) Harpstead, M. I and B. L. Brage, 1958. Storage of soil samples and its effect upon the subsequent accumulation of $\text{NO}_3^- \text{N}$ during controlled incubation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22: 326-328.
- 55) Herlihy, M., 1972. Some oil and cropping factors associated with mineralization and availability of N in field experiments. *Irish J. of Agric. Res.*, 11 (3): 271.
- 56) Herlihy, M., 1979. Nitrogen mineralisation in soils of varying texture, moisture and organic matter. I. Potencial and experimental values in fallow soils. *Plant and Soil* 53: 255-267.
- 57) Herlihy, M.; P. Sheehan and D. M. McAleese, 1978. Nitrogen uptake efficiency by ryegrass in soils of a textural sequence. 2. Effect of labile organic matter. *Irish Journal of Agr. Research*, 17 (1): 71-77.
- 58) Hurst, H. M. and N. A. Burges, 1967. Lignin and Humic Acids. En: A. D. McLaren y G. H. Peterson, 1967. (Ed.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 1, 509 pp.
- 59) Iruthayaraj, J. R. T. R. Srinivasan and Y. B. Morachan, 1974. A rapid steam distillation method for estimation of available N in soils. *Madras Agric. Journ.*, 61 (9): 615-618.
- 60) Iyer, C. R. H. and R. Rajagopalan, 1939a. Crop responses to chemical oxidizers. *Quart. J. Indian Inst. Sci.*, 2: 171-178.
- 61) Iyer, C. R. H. and R. Rajagopalan, 1939b. Influence of manganese and iron salts on the oxidation of organic matter and release of plant nutrients. *Quart. J. Indian Inst. Sci.* 2: 179-202.
- 62) Jenkinson, D. S., 1968. Chemical tests for potentially available N in soil. *J. Sci. Food Agr.* 19: 160-168.
- 63) Joshi, M. D.; S. R. Bishnoi and R. Singh, 1973. Verification of organic carbon content as an index of available N in soils. *Indian Journ. of Agric. Research*, 7 (2): 123-124.
- 64) Kadirgathayah, S. and A. F. Mackenzie, 1970. A study of soil N organic fractions and correlation with yield response of Sudan-sorghum hybrid grass on Quebec soils. *Plant and Soil* 33: 120-128.
- 65) Keeney, D. R. and J. M. Bremner, 1964. Effect of cultivation on the nitrogen distribution in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 653-656.
- 66) Keeney, D. R. and J. M. Bremner, 1966a. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. *Agron. Journal* 58: 498-503.
- 67) Keeney, D. R. and J. M. Bremner, 1966b. A chemical index of soil nitrogen availability. *Nature* (London) 211: 892-893.
- 68) Kononova, M. M., 1966a. Methods of investigating soil organic matter. En: M. M. Kononova, 1966. *Soil organic matter*. Pergamon Press, Oxford. 544 pp.
- 69) Kononova, M. M., 1966b. *Soil Organic Matter*. Pergamon Press, Oxford. 544 pp.
- 70) Kononova, M. M., 1975. Humus of Virgin and Cultivated Soils. En: J. E. Gieseking, 1975. (Ed.), *Soil Component*. Springer-Verlag, New York, Tomo I: Organic Components, 534 pp.
- 71) Kowalenko, C. G., 1978. Organic Nitrogen, Phosphorus and Sulfur in Soils. En: M. Schnitzer y S. U. Khan, 1978. (Edit.), *Soil organic matter*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 319 pp.
- 72) Kresge, C. B. and F. G. Merkle, 1957. A study of the validity of laboratory techniques in appraising the available nitrogen producing capacity of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21: 516-520.
- 73) Lakhani, K. G. and B. V. Mehta, 1971. Evaluation of N supplying ability of Gujarat soils for crop production. *Bansilal Amrital College of Agriculture Magazine*, 23: 35-42.
- 74) Lathwell, D. J.; H. D. Dubey and R. H. Fox, 1972. Nitrogen supplying power of some tropical soils of Puerto Rico, and methods for its evaluation. *Agron. Journ.* 64: 763-766.
- 75) Livens, J., 1959a. Contributions to a study of mineralizable nitrogen in soil. *Agricultura Louvain* 7: 27-44.
- 76) Livens, J., 1959b. Studies concerning ammo-

- niacal and organic soil nitrogen soluble in boiling water. *Agric. Louvain* 7: 519-532.
- 77) Maciak, F., 1973. Nitrogen forms in peat soil and its humus fractions following long-term grassland arable or alternate grassland/arable utilization. *Roczniki Gleboznawcze*, 24 (2): 399-414.
- 78) Mac Lean, A. A., 1964. Measurement of nitrogen supplying power of soils by extraction with NaCO_3H . *Nature* (London), 203: 1307.
- 79) Maibaum, W. and J. Garz, 1978. The results of a longterm model experiment on the transformation of the organic nitrogen compounds of soil. *Archiv für Acker - und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 22 (5): 299-308.
- 80) Morozova, A. V., 1968. Method of determining reserves of available N in dernopodzolic soils. *Agrokhimiya* N° 9: 62-69.
- 81) Munson, R. D. and G. Stanford, 1955. Predicting nitrogen fertilizer needs in Iowa soils. IV. Evaluation of nitrate production as a criterion of nitrogen availability. *Soil Sci. Am. Proc.* 19: 464-468.
- 82) Namdeo, K. N. and J. N. Dube, 1973. N transformations in a tropical virgin grassland oxisol. *Journ. Ind. Soc. of Soil Sci.* 21 (3): 245-249.
- 83) Nevo, Z. and J. Hagin, 1966. Changes occurring in soil samples during air-dry storage. *Soil Science* 102 (3): 157-160.
- 84) Noemmik, H., 1976. Predicting the N supplying power of acid forest soils from data on the release of CO_2 and NH_3 on partial oxidation. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, 7 (6): 569-584.
- 85) Øien, A. and A. R. Selmer-Olsen, 1980. A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. *Acta Agric. Scand.* 30 (2): 149-156.
- 86) R. A. Olson; M. W. Meyer; W. E. Lamke, A. D. Woltemath and R. E. Weiss, 1960. Nitrate production rate as a soil test for estimating fertilizer nitrogen requirements of cereal crops. *Transact. 7th. Int. Cong. Soil Sci.*, Madison. 2: 463-470.
- 87) Osborne, G. J., 1973. A rapid method for the assessment of total nitrogen levels in soils. *Journ. Aust. Inst. Ag. Sci.* 39: 145.
- 88) Osborne, G. J., 1977. Chemical fractionation of soil N in six soils from southern New South Wales. *Aust. Journ. of Soil Research*, 15 (2): 159-165.
- 89) Osborne, C. J. and R. R. Storrier, 1976. Influence of different sources of nitrogen fertilizer on the value of soil nitrogen tests. *Aust. Journ. Exp. Agr. An. Husb.*, 16 (83): 881-886.
- 90) Parsons, J. W. and J. Tinsley, 1975. Nitrogenous Substances. En: J. E. Gieseking, 1975. (Ed.), *Soil Components*. Springer-Verlag, New York. Tomo 1: Organic Components, 534 pp.
- 91) Pauli, F. W., 1967. Fundamentals of fertility, p. 14. En: F. W. Pauli, 1967. *Soil Fertility. A biodynamical approach*. A. Hilger Ltd. London. 204 pp.
- 92) Perumal, R. and M. Velayutham, 1977. Relative contributions of forms of soil N, P and K to rice and soil test methods. *II Riso*, 26 (4): 275-281.
- 93) Peterson, L. A.; O. J. Attoe and W. B. Ogden, 1960. Correlation of nitrogen soil tests with nitrogen uptake by the tobacco plant. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 205-208.
- 94) Porter, L. K.; B. A. Stewart and H. J. Haas, 1964. Effects of long-time cropping on hydrolyzable organic nitrogen fractions of some great plains soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 368-370.
- 95) Prasad, R., 1965. Determination of potentially available N in soils. A rapid procedure. *Plant and Soil* 23: 261.
- 96) Purvis, E. R. and M. W. M. Leo, 1961. Rapid procedure for estimating potentially available soil nitrogen under greenhouse conditions. *Journ. of Agric. and Food Chemistry*, 9: 15-17.
- 97) Ragupathy, B. and D. Raj, 1973. Availability fluctuation of soil N fractions during paddy growth under flooded conditions. *Madras Agric. Journ.*, 60 (8): 724-728.
- 98) Ramanathan, K. M. and K. K. Krishnamoorthy, 1973. Study of the relationship between organic carbon and available N in rice soils at successive growth stages of rice. *Madras Agric. Journ.*, 60 (8): 720-723.
- 99) Rendig, V. V., 1951. Fractionation of soil nitrogen and factors affecting distribution. *Soil Sci.* 71: 253-267.
- 100) Richard, T. A.; O. J. Attoe; S. Moskal and E. Truog, 1960. A chemical method for determining available soil nitrogen. *Trans. of the 7th. Int. Congress of Soil Sci.* 2: 28.
- 101) Richter, M.; I. Mizuno; S. Aranguéz and S. Uriarte, 1975. Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes. *J. Soil Sci.* 26 (2): 112-123.
- 102) Rosell, R. A.; J. C. Salfeld and H. Soechtig, 1978. Organic components in Argentine soils. I: N distribution in soils and their humic acids. *Agrochimica*, 22 (2): 98-105.
- 103) Rovira, A. D. and B. M. McDougall, 1967. Microbiological and biochemical aspects of the rhizosphere. En: A. D. McLaren y G. H. Peterson, 1967. (Ed.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 1, 509 pp.
- 104) Ryan, J. A.; J. L. Sims and D. E. Peaslee, 1971. Laboratory methods for estimating plant available N in soil. *Agron. Journ.* 63: 48-51.
- 105) Rydalevskaya, M. D. and I. A. Tereshenkova, 1965. Comparative study of some methods of

- determining mobile forms of N in soils. *Agrokhimiya* N° 8: 124-132.
- 106) Schnitzer, M., 1971. Characterization of Humic Constituents by Spectroscopy. En: A. D. McLaren y J. Skujins, 1971 (Ed.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 2. 527 pp.
- 107) Schnitzer, M., 1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions. En: M. Schnitzer y S. U. Khan, 1978. (Editores), *Soil organic matter*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 319 pp.
- 108) Schroedter, H. und C. Tietjen, 1971. Statistische Betrachtungen zur Frage der Abhängigkeit der Nitrifikation von Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit. *Agric. Meteorol.*, 9: 77-91.
- 109) Shihata, M. M., 1963. Tests for available soil nitrogen. PhD Thesis. Univ. of Wisc., Madison.
- 110) Singh, R. and S. P. S. Brar, 1973. Correlation of different soil tests with maize response to N and P at different soil fertility levels. *Journ. of the Indian Soc. of Soil Sci.*, 21 (2): 213-217.
- 111) Singh, B. R.; A. P. Uriyo and B. J. Lontu, 1978. Distribution and stability of organic forms of N in forest soil profiles in Tanzania. *Zoil Biology and Biochemistry*, 10 (2): 105-108.
- 112) Sinha, H.; R. N. Prasad and R. N. Singh, 1976. Evaluation of soil N availability. *Beitrage zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin*, 14 (3): 269-276.
- 113) Smith, J. A., 1966. An evaluation of nitrogen soil test methods for Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Sci.* 46: 185.
- 114) Smith, C. M., 1980. Interpreting inorganic nitrogen soil tests: sample depth, soil water, climate and crops. En: *Soil Testing: correlating and interpreting the analytical results*. ASA Spec. Pub. N° 29, 1980. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America & Soil Science Soc. of America, Publishers. Ma., Wisc., 117 pp.
- 115) Smith, S. J. and G. Stanford, 1971. Evaluation of a chemical index of soil N availability. *Soil Sci.* 111: 228-233.
- 116) Smith, S. J. and L. B. Young, 1975. Distribution of N forms in virgin and cultivated soils. *Soil Sci.* 120: 354-361.
- 117) Soulides, D. A. and F. E. Allison, 1961. Effect of drying and freezing soils on CO₂ production, available nutrients, aggregation and bacterial population. *Soil Science* 91 (5): 291-298.
- 118) Sowden, 1956. Distribution of amino acids in selected horizons of soil profiles. *Soil Sci.* 82: 491-496.
- 119) Srivastava, O. P., 1975. Available N in relation to forms of soil Nitrogen. *Journ Ind. Soc. of Soil Sci.*, 23 (3): 349-352.
- 120) Stanford, G., 1968. Extractable organic nitrogen and nitrogen mineralization in soils. *Soil Sci.* 106 (5): 345-351.
- 121) Stanford, G., 1973. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. *J. Environ. Qual.* 2: 159-166.
- 122) Stanford, G., 1978. Evaluation of ammonium release by alkaline permanganate extraction as an index of soil N availability. *Soil. Sci.*, 126 (4): 244-253.
- 123) Stanford, G. and W. H. Demar, 1968. Extraction of soil organic nitrogen by autoclaving in water: I. The NaOH distillable fraction as an index of nitrogen availability in soils. *Soil Sci.* 107: 203-205.
- 124) Stanford, G. and W. H. Demar, 1970. Extraction of soil organic nitrogen by autoclaving in water: III. Diffusible ammonia, an index of soil nitrogen availability. *Soil Sci.* 109: 190-196.
- 125) Stanford, G. and E. Epstein, 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soils. *Soils Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 103-107.
- 126) Stanford, G.; M. H. Frere and R. A. Vanderpol, 1975. Effect of fluctuating temperatures on soil nitrogen mineralization. *Soil Sci.* 119 (3): 222-226.
- 127) Stanford, G. and J. O. Legg, 1968. Correlation of soil N availability indexes with N uptake by plants. *Soil Sci.* 105: 320-326.
- 128) Stanford, G. and S. J. Smith, 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36: 465-472.
- 129) Stevenson, F. J., 1957. Distribution of the forms of nitrogen in some soil profiles. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31: 283-287.
- 130) Stewart, B. A.; L. K. Porter and D. D. Johnson, 1963. Immobilization and mineralization of nitrogen in several organic fractions of soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27: 302-304.
- 131) Storrer, R. R.; A. T. Hanly and H. I. Nicol, 1970. An evaluation of indices of available soil nitrogen. *Aust. Jour. Exp. Agr. An. Husb.* 10 (42): 89.
- 132) Storrer, R. R.; A. T. Hanly, T. B. Spence and A. N. Smith, 1971. Wheat yields and indices of available soil N in southern New South Wales. A preliminary evaluation. *Aust. J. Exp. Agr. An. Husb.* 11: 295-298.
- 133) Subbiah, B. V. and G. L. Asija, 1956. A rapid procedure for the estimation of available nitrogen in soils. *Current Sc.* 25: 259.
- 134) Synghal, K. N.; J. A. Toogood and C. F. Bentley, 1959. Assessing N requirements of some Alberta soils. *Can J. Soil Sci.* 39: 120-128.
- 135) Tamhane, R. V. and B. V. Subbiah, 1962. Correlation of soil tests with pot and field trials in the evaluation of soil fertility. *Soil Sci. Plant Nutr.* 8: 97-106.
- 136) Tejda, H. y G. L. Gogan, 1970. Métodos para

- determinar nitrógeno disponible en suelos con diferente origen y contenido de materia orgánica. *Agricultura Técnica* 30: 57-64.
- 137) Teuscher, H.; R. Adler y J. P. Seaton, 1965. Parte VI: Las leyes de la fertilidad del suelo, p. 397. En: H. Teuscher, R. Adler y J. P. Seaton, 1965. El suelo y su fertilidad. C.E.C.S.A. (1a. edic.), México, 510 pp.
- 138) Truog, E.; H. H. Hull and M. M. Shihata, 1951. A new soil test for available nitrogen. Memo. Univ. Wisc. Madison.
- 139) Truog, E., 1954. *Com. Fertilizer* 88: 72-73.
- 140) Tyurin, I. V. and M. M. Kononova, 1935. Methods of determining the N requirements of soils. I. Trans. Dokuchaev. Soil Inst. (URSS), 12, 159-79. En: Chemical Abstracts, 37: 5500.
- 141) Urumova, A. und A. Klevtsov, 1973. Comparative testing of Cornfield's modified procedure under routine conditions. *Pochvoznamiye i Agrokhimiya*, 8 (4): 87-92.
- 142) Van Dijk, H., 1971. Colloid Chemical Properties of Humic Matter. En: A. D. McLaren y J. Skujins, 1971 (Ed.), Soil Biochemistry. Marcel Dekker, Inc., New York, Tomo 2, 527 pp.
- 143) Van Schreven, D. A., 1968. The production of mineral nitrogen by soil samples, contained in polyethylene bags, under field conditions and in the laboratory. *Plant and Soil* 29: 170-183.
- 144) Vatsa, N. K.; K. V. Raman and R. S. Sachan, 1977. Soil N fractions in relation to availability of N to maize. *Pautnagar Journal of Research*, 2 (1): 47-51.
- 145) Vázquez M. y L. A. Barberis, 1982. Efecto del procesamiento de las muestras edáficas sobre la concentración de los nitratos del suelo. Revista de la Facultad de Agronomía (Trabajo en prensa).
- 146) Verstraeten, L. M. J.; K. Vlassak and J. Livens, 1970a. Factors affecting the determination of available soil N by chemical methods: I- Comparison of extractable with mineralized N. *Soil Sci.* 110: 299-305.
- 147) Verstraeten, L. M. J.; K. Vlassak and J. Livens, 1970b. Factors affecting the determination of available soil N by chemical methods: II- Comparison of extractable carbon with mineralized N. *Soil. Sci.* 110: 365-370.
- 148) L. M. J. Verstraeten and J. P. Voets, 1976. N mineralization tests and potentials in relation to soil management. *Pedologie*, 26 (1): 15-26.
- 149) Viets, F. G. Jr., 1965. The plants' need for and use of Nitrogen. En: W. V. Bartholomew y F. E. Clark, 1965. (Ed.), Soil Nitrogen. American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Ma., Wisc., 615 pp.
- 150) Vivas, H.; R. Moresco; S. Gambaudo y O. Quaino, 1980. Fertilización nitrogenada de maíz en los departamentos San Justo y La Capital (Pcia. de Santa Fe). Información para Extensión Nº 25. 9 pp.
- 151) Wada, H.; K. Iseki and Y. Takai, 1976. Use of TTC reduction to measure easily decomposable N in paddy soils. *Journ. of the Soil and Manure* (Japan), 47 (11): 518-523.
- 152) Waring, S. A. and J. m. Bremner, 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201: 951-952.
- 153) Yamashita, T. and T. Akiya, 1963. Amino acid composition of soil hydrolysates. *J. Soil Sci. Tokyo* 34: 255-258.
- 154) Ye-Ye Kislykh, 1975. Dynamics and composition of alkali hydrolyzable N in the podzols of the Kola peninsula. *Pochvovedenie*, No 10: 45-50 (en Soviet Soil Sci. (1975), 7 (5): 626).
- 155) Zaffanella, M. J. R., 1975. Posibilidades de fertilizar trigo, maíz y pasturas en la pampa húmeda. Información del INTA interpretada agroecológicamente. SUELOS. Tirada Interna Nº 60. I.N.T.A.
- 156) Zourarakis, D. P. y L. A. Barberis, 1980. Estudio comparativo del valor de algunos métodos químicos como elemento diagnóstico de la fertilidad nitrogenada en suelos de la pradera pampeana. Actas 9a. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná (E.R.), R. Argentina, 413-424.