

LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR EL USO EXCESIVO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN EL CULTIVO DEL TOMATE

Olga Yepis Vargas, Onelio Fundora Herrera, Carlos Pereira Marín y Tomás Crespo Borges.

Facultad de Ciencias Agropecuarias UCLV e ISP "Felix Varela", Villa Clara

RESUM

Les dosis elevades de fertilitzants nitrogenats proposades pel MINAGRI per al conreu del tomàquet en sòls arenosos (180 kg N/ha), per als quals les dades experimentals són insuficients, han estat investigades a la ECV Manacas, municipi de Santo Domingo, província de Villa Clara. S'hi ha determinat el nivell òptim de nitrogen i la seva dinàmica aplicada com a fertilitzant, en diferents dosis compreses entre 0 i 240 kg N/ha durant 8 setmanes en petites parcel·les dedicades al conreu per trasplantament del tomàquet varietat Rossol. S'hi va constatar un augment remarcable de nitrogen en el sòl respecte del testimoni, a una profunditat de 0-20 cm quan s'hi aplicaven quantitats iguals a 240 kg N/ha. També es va constatar que, amb el temps, les formes nítriques predominen sobre les amoniacals per l'acció dels microorganismes, de manera que quan les dosis superen excessivament la de 120 kg N/ha, considerada òptima, apareix una acumulació de nitrats de 10 mg de $\text{NO}_3/100$ g, que pot ser alarmant. Es van recopilar dades sobre el contingut de NO_3 de les aigües dels pous d'abastament de la zona durant un període de 10 anys i en el 60 % dels casos els valors màxims van ser iguals o van superar els 50 mg NO_3/l que la OMS considera admissibles per al consum humà. En aquest sentit, l'estudi de la dinàmica del pou de Mordazo, molt proper a les àrees dedicades al conreu del tomàquet, mostra increments d'aquestes formes nitrogenades que oscil·len des de 20 mg de NO_3/l l'any 1987 fins a 56 mg de NO_3/l l'any 1995. Aquests valors són prohibitius per al consum humà i animal. Cal una alerta sobre l'ús dels fertilitzants, ja que el nivell de contaminació de les aigües continuarà incrementant-se encara que s'aturi durant uns anys la utilització de fertilitzants.

RESUMEN

Las elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados propuestas por el MINAGRI para el cultivo del tomate en suelos arenosos (180 kg N/ha), debido a insuficientes datos experimentales, ha sido el motivo de esta investigación, realizada en la ECV Manacas, municipio de Santo Domingo, provincia de Villa Clara, donde además de determinar el nivel óptimo para el N se estudió su dinámica aplicada como fertilizante en diferentes dosis comprendidas entre 0-240 kg N/ha durante 8 semanas en pequeñas parcelas dedicadas al cultivo por trasplante del tomate variedad Rossol. Se apreció un notable aumento de este elemento en el suelo sobre el testigo, a una profundidad de 0-20 cm cuando se aplican cantidades iguales a 240 kg N/ha. También se constató que con el transcurso del tiempo las formas nítricas predominan sobre las amoniacales por la acción de los microorganismos, lavándose hacia abajo. Se considera óptima la dosis de 120 kg N/ha. Cuando las dosis son excesivas, como las de 180 kg N/ha aparece una acumulación de nitratos de 10 mg de $\text{NO}_3/100$ g, lo que podría ser alarmante. Por ello se procedió a recopilar los datos del contenido de NO_3 , presentes en las aguas de pozos de abasto de la zona de un período de 10 años. En el 60 % de los casos las máximas se igualaron o superaron los 50 mg NO_3/l , contenido máximo admisible según la OMS para las aguas de consumo humano.

En este sentido el estudio de la dinámica del pozo de Mordazo, muy cercano a áreas dedicadas al cultivo del tomate en la antes mencionada empresa, muestra incrementos de estas formas nitrogenadas desde 20 mg de NO_3^-/l en el año 1987 hasta 56 mg en el año 1995, lo cual corresponde a un valor prohibitivo para el consumo humano y animal, y debe constituir una alerta en el manejo de los fertilizantes, pues aún cuando se detenga, durante algunos años el nivel de contaminación de las aguas seguirá incrementándose.

INTRODUCCIÓN

El exceso del uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura no es sólo un problema que afecta a la economía desde el punto de vista de adquisición de los mismos, sino también un problema que puede traer asociado desequilibrios en el suelo que perjudiquen su fertilidad además de provocar contaminación en el medio ambiente, donde las aguas utilizadas para el consumo humano, animal y vegetal pueden estar afectadas.

Abelenda y col. (1996) denominan contaminación a toda causa que contribuya a que un determinado medio o recurso sea inapropiado para su uso, considerándose contaminadas las aguas cuando se altera su composición, de suerte tal que resulte menos apta para cualquiera o todas las funciones y propósitos para las que sería apropiada en estado natural. En este sentido, Hallberg (1989), Merino y Arozarena (1991), Ramos y col. (1992), Sagardoy (1993), entre otros, plantean que la agricultura que utiliza elevadas aplicaciones de fertilizantes minerales, especialmente los nitrogenados, es la principal responsable del contenido de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, el cual puede llegar a ser tóxico a determinados niveles (Domínguez y Domínguez, 1994); de ahí que en nuestro estudio realcemos, al tratar de reducir las dosis de N aplicado como fertilizante al suelo dedicado al cultivo del tomate sin disminuir los rendimientos, las variaciones que éste experimenta en el transcurso del tiempo a distintas profundidades, a la vez que se precisa la presencia de nitratos en las aguas de los pozos de abasto con el fin de demostrar los perjuicios que en el transcurso de los años puede provocar el uso inadecuado de elevadas cantidades de nitrógeno aportadas por el abonado mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un experimento de campo realizado en la ECV de Manacas, municipio de Santo Domingo, provincia de Villa Clara, y sobre suelos ferralíticos cuarcíticos amarillo-rojizos lixiviados dedicados al cultivo del tomate industrial por trasplante variedad Rossol y en parcelas de 4,80 m de ancho por 13 m de largo en un marco de plantación de 1,60 por 0,20 m, se estudió paralelamente con la determinación del nivel óptimo de N, que resultó ser 120 kg N/ha, la dinámica del N apli-

cado como fertilizante durante 8 semanas, realizando muestreos semanales a una profundidad de 0-20 cm que comenzaron una semana después de la primera aplicación del fertilizante, que se fraccionó en 3 momentos en los siguientes tratamientos:

- A-----Testigo absoluto
- B-----N₀PK
- C-----N₆₀PK
- D-----N₂₄PK

Donde P y K iguales a 90 y 120 kg/ha de P₂O₅ y K₂O respectivamente.

Las otras dos aplicaciones de fertilizantes se realizaron entre las semanas II y IV y V y VI.

En la quinta semana se efectuaron muestreos en las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm para los tratamientos N₀, N₆₀ y N₁₈₀.

En todos los casos se analizó la muestra en estado natural inmediatamente después de tomada, determinándose el N total inorgánico mediante la suma de las formas nítrica y amoniacal que fueron obtenidas a partir de la agitación de la muestra húmeda con KCl 1N y su posterior destilación en el equipo Parnas Wagner, según el método Kjeldhal. La valoración se realizó con H₂SO₄ 0,005 N utilizando reductor Devarda para el N total.

Además, se determinó el contenido de nitratos presentes en los pozos de abasto de la zona. Para ello se recopilaron los datos existentes en el Instituto de Recursos Hidráulicos de Villa Clara de los contenidos de nitratos presentes en los pozos de abasto de la zona en estudio de un período de tiempo de 10 años, seleccionando por pozo los valores máximos y mínimos además de calcular el valor medio.

Se evaluó su contenido en agua según las normas impuestas por la OMS.

A partir de los valores máximos de nitrato en el pozo de Mordazo, se confeccionó una curva que muestra la dinámica de los mismos en un período de 9 años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica del nitrógeno aplicado como fertilizante

Dentro de las pérdidas de los "elementos primarios" en el suelo, son sin duda las de nitrógeno las que revisten mayor importancia, tanto por la necesidad que de este elemento tienen los cultivos como por los perjuicios que desde el punto de vista medioambiental pueden ocasionar los lavados de las formas nítricas a las aguas subterráneas.

En la figura 1 se observa la dinámica del nitrógeno total inorgánico en los cuatro tratamientos. Se aprecia que el abonado nitrogenado entre la dosis de 60 y 240 kg/ha aumentó el contenido de éste en el suelo de manera considerable con respecto al testigo. El grado del incremento dependió de las dosis de nitrógeno aplicado,

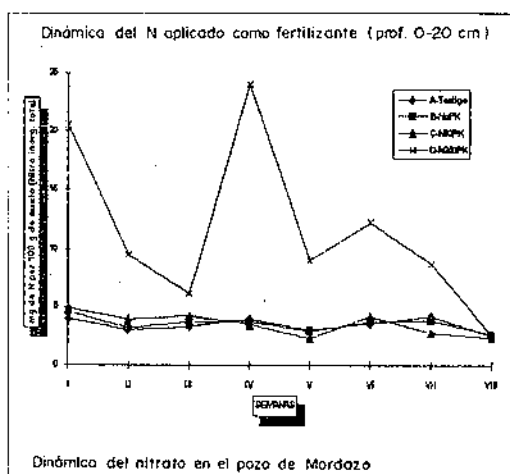


Figura 1. Dinámica del N aplicada como fertilizante.

siedo mayor en el tratamiento D (240kg/ha). Los valores del nitrógeno inorgánico total en los tratamientos se mantuvieron superiores a los de los testigos durante las 8 semanas del ciclo.

En los tratamientos I, IV y VI se notan incrementos del nitrógeno total, debido a las aplicaciones del nitrógeno antes de éstos, mientras que en los demás muestreos los valores son más bajos debido a que una parte se utilizó por la planta y la otra se lavó.

En la tabla 1 aparecen las transformaciones del N a medida que transcurre el tiempo (5 semanas después de la primera fertilización), las formas nítricas predominan sobre las amoniacales, sobre todo en las profundidades de 20-40 y de 40-60 cm, ya que el amonio aplicado como fertilizante a la capa arable se nitrifica bajo la acción de los microorganismos del suelo y se lava hacia abajo, por lo que las pérdidas de nitrógeno por lixiviación hacia las capas mas profundas donde se hace inaccesible para las plantas deben ser notables; de ello resultan consecuencias económicas y la posible contaminación del medio. Estos problemas serán más agudos a medida que se

Dosis	Prof. (cm)	N total	N-NH ₄	N-NO ₃
0	0-20	2,92	1,15	1,77
	20-40	3,38	1,16	2,22
	40-60	3,52	1,18	2,34
60	0-20	4,11	1,16	2,95
	20-40	4,40	1,54	2,86
	40-60	5,32	1,12	4,08
180	0-20	9,50	2,37	7,13
	20-40	6,41	2,10	4,32
	40-60	12,60	2,49	10,11

Tabla 1. Transformaciones del N aplicado como fertilizante en la quinta semana después de la primera fertilización (mgN/100g).

aumente innecesariamente la dosis de nitrógeno. Obsérvese como a la profundidad de 40-60 cm la dosis excesiva de 180 kgN/ha originó una acumulación de nitrógeno como nitrato (gran contaminante) de más de 10 mg de $\text{NO}_3/100\text{g}$, a diferencia del testigo y la dosis de 60 kg N/ha, que representaron acumulaciones de solamente alrededor de 2 a 4 mg de N/100 g respectivamente.

Atendiendo a estas razones, derivadas del estudio acerca del destino de las distintas formas de nitrógeno proveniente de la fertilización en el suelo, y con el conocimiento previo de que con aplicaciones de 120 kg N/ha se obtienen rendimientos adecuados y aún superiores a 28 t/ha, se reafirma la necesidad de disminuir las dosis de nitrógeno para estos suelos y para este cultivo hasta valores aproximadamente iguales a 120kg N/ha.

Presencia de nitratos en las aguas subterráneas

La aplicación excesiva de abonos nitrogenados, especialmente en suelos con niveles freáticos superficiales, textura arenosa y aplicación excesiva de aguas de riego, ha resultado en niveles extremadamente altos de nitrato en algunas localidades (Mason, 1992). Tal puede ser el caso de algunos pozos cercanos a diferentes áreas cultivadas de tomate en la ECV Manacas. En la tabla 2 se muestran las máximas, que en el 50 % de los casos corresponden a valores iguales o superiores a 50 mg de NO_3/l , contenido máximo admisible para las aguas de consumo humano y animal, superando en el 100 % de los casos al valor guía de 25 mg de NO_3/l .

Todas las medias están por encima de 10 mg de NO_3/l , contenido máximo que pueden alcanzar las aguas naturales y que ni siquiera deben estar presentes en las aguas de consumo para los bebés, a fin de evitar la metahemoglobinemia.

<i>Pozos (abasto)</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>
Sto. Domingo	2	50	17,25
Manacas	3	74	27,68
Sabino Hernández	10	48	24,78
Mordazo	7	99	26,11
Cervecería	6	30	20

Tabla 2. Contenidos de NO_3 en pozos de la zona (mg NO_3/l). Resultados de 10 años.

La presencia de nitrato en agua de consumo constituye un problema relevante tanto por su evolución ascendente como por la dificultad de tratamiento de las aguas contaminadas por ellos (Gárate, 1994). La prevención sería la medida más

inteligente, que en el caso de la agricultura se traduciría fundamentalmente en la reducción de las dosis de fertilizantes nitrogenados sin perjudicar los rendimientos, lo cual constituye uno de los objetivos de este trabajo.

Dinámica del comportamiento de los nitratos en los pozos de la zona

El comportamiento de los nitratos depende de factores muy diversos y en ocasiones desconocidos (Cederstom, 1971). En este sentido, por la lenta circulación de las aguas subterráneas, debe transcurrir un largo período de tiempo para que el problema sea perceptible (Arena, 1982). Así, en la figura 2 se muestra la evolución de contenido de nitrato en el pozo de abasto de Mordazo durante 9 años. Dicho pozo se encuentra situado muy cerca de las áreas de Copa y La Pista, lugares que habitualmente han sido dedicados al cultivo del tomate por la empresa. Obsérvese que ya a partir del año 1987 los contenidos de nitratos en este pozo estaban por encima de los 10 mg/l, valor límite para las aguas naturales. El año 1989 se sobrepasó el valor de 25 mg/l, para alcanzar en 1995 valores prohibitivos en cuanto a consumo (56 mg NO_3/l).

Situaciones similares fueron descritas por Fundora y Moreno (1993) al analizar el pozo de abasto de Manacas durante 10 años (80-90), tiempo en el cual se produjo un incremento alarmante de aproximadamente 50 mg NO_3/l . Estos mismos autores explican que el incremento de nitratos a nivel de la provincia de Villa Clara es

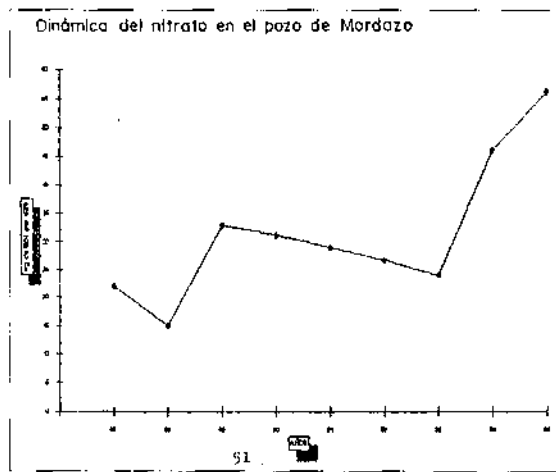


Figura 2. Dinámica del nitrato en el pozo de Mordazo.

de 200 % (1992) y que de mantenerse las mismas condiciones de fertilización, vertido de residuales, lluvia, riego, etc. en el año 2000 tendremos 40 mg NO_3/l como promedio provincial. Este efecto es lógico si se tiene en cuenta la fertilización agrícola nitrogenada, un 20% de la cual va a parar a las aguas subterráneas, y la explotación de éstas últimas, ya que cuando el terreno y el manto freático contienen altas concentraciones iónicas y el pozo está en régimen estático la migración es nula; pero si el pozo

pasas al régimen dinámico, tanto los nitratos como sus formas intermedias de reducción pasan significativamente al cuerpo del agua (Alegret, 1986).

Como se ve en lo que al área de estudio compete, para evitar o disminuir la situación pronosticada para el año 2000 deben reducirse en lo posible las dosis de fertilizantes nitrogenados, ya que cuando la contaminación ha sido continua, la recuperación del acuífero resulta imposible o sumamente costosa. Aún cuando se

detenga la contaminación, durante algunos años el nivel de la contaminación de las aguas seguirá incrementándose (Fundora y Moreno, 1993).

CONCLUSIONES

1. Dosis iguales o superiores a 180 kg N/ha provocan un incremento de las formas nítricas en la profundidad que pueden resultar alarmantes.
2. Se ha detectado que el contenido de nitratos en los pozos de abasto cercanos a las áreas sometidas a elevadas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados pueden llegar a ser tóxicos para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

1. En suelos arenosos y para el cultivo del tomate industrial no deben aplicarse dosis de N superiores a 180 kg N/ha con vistas a evitar incrementos en las formas nítricas en las aguas subterráneas.
2. Además de la reducción de la fertilización nitrogenada, es necesario tomar todo tipo de medidas que contribuyan a disminuir la contaminación de las aguas por nitratos.

Bibliografía

- ABELENDA, C.; GONZÁLEZ, D.; LÓPEZ, A.; LUNGO, J.; NÚÑEZ, T. y PÉREZ, E.: El agua subterránea es más que H₂O. *Revista Tierra Amiga. Población de redes amigos de la tierra*. Uruguay. p. 29-36, 1996.
- ALEGRET, M.; MOLINA, M.: *Los problemas de la nitrificación, un problema para la calidad de las fuentes de abasto y la salud*. CPHE. Villa Clara. p. 12-15, 1986
- ARENAS, M.; DICHTT, L. y FERNÁNDEZ, J.: *Study of the contamination of suterranean water by fertilizer and residual water of country of the plain of Albacete*. España p. 100-115, 1982.
- CEDERSTON, D. J.: *Introducción al agua subterránea*. Instituto Cubano del Libro. La Habana. p. 15-45, 1971.
- DOMÍNGUEZ, P. y DOMÍNGUEZ, A.: Nitratos en hortalizas españolas. *Agrícola Vergel*. Año XII. Nº 147. Valencia. España. p. 18-20, 1994.
- FUNDORA, A. y MORENO, M.: *Nitrificación en Villa Clara: un proceso evolutivo en ascenso 1975-1992*. Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos. Villa Clara. p. 5-10, 1995.
- GÁRATE, A.: Contaminación en el sistema suelo-planta. Fertilización y medio ambiente. Curso Master. Dpto. de Química Agrícola. Universidad Autónoma de Madrid. *Libro de Resúmenes*. Hidro-Agrí. España. p. 16, 1994.
- HALLBERG, G. R.: Nitrate in groundwater in the United States. En: Nitrogen management and groundwater protection. R. F. Follet (Ed). Elsevier, Amsterdam. p: 69-73. 1989.
- MASON, S.: El sistema agrícola: pasado, presente y futuro: una perspectiva global. *Agricultura y medio ambiente: conflicto y convivencia*. ITEA. Vol. extra. Nº 12. Zaragoza. España; p. 50-69, 1992.

- MERINO, D. y AROZARENA, J.: Nitratos en hortalizas. *Agrícola Vergel*. Año X, Nº 120. Ediciones y promociones L.A.V.S.L. Valencia. España. p. 25-27, 1991.
- RAMOS, N.: Influencia de la fertilización diferenciada fosfórica y potásica sobre la fertilidad del suelo. Trabajo de Diploma. Fac. de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Cuba. p. 20-25, 1988.
- SAGARDOY, J. A.: Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. En: Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informe sobre temas hídricos. FAO. Roma. Italia. p. 50-52, 1993.