

CONTAMINACION POR NITRATOS EN AGUA, SUELO Y CULTIVOS EN LA COMARCA LAGUNERA

Ma. Del C. Medina-Morales¹ y P. Cano-Ríos¹

¹ Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP. Apartado Postal # 247. 27000 Torreón Coahuila, México.

RESUMEN

La sobrefertilización con nitrógeno puede ocasionar un exceso de nitratos (que son tóxicos a los animales y al hombre), en el agua de bombeo, suelos y cultivos de la región. Se revisó información regional donde se han detectado niveles tóxicos de nitratos en varios cultivos. Los años donde se han reportado niveles tóxicos de nitratos son los siguientes: a) en 1981 en el agua de 187 norias de varias áreas de la región, b) en 1989, en peciolas del cultivo de la vid, en 20 viñedos c) en 1990-1991, en suelo, agua y peciolas de 22 predios de melón y d) en 1995, en suelo y agua de 16 huertas de nogal pecanero. La contaminación con nitratos en agua, suelo y cultivos de la región se está incrementando y se sugieren algunas prácticas para reducirla.

Palabras clave: Nitrógeno, Fertilización excesiva, Manto freático.

SUMMARY

Nitrogen overfertilization can cause nitrate excess (toxic to animals and human), in irrigation water, soils, and crops of the Comarca Lagunera region. Regional information was reviewed where toxic levels of nitrates were detected in various crops. Toxic levels of nitrate were reported as follows: a) 1981, in irrigation water of several areas in the region, b) 1989, in grape petioles, c) 1990-991, in soils, irrigation water and petioles of muskmelon and d) 1995, in soil and irrigation water of pecan tree orchards. Nitrate contamination of water irrigation, soils and crops of the Comarca Lagunera region is increasing. Therefore, some practices to reduce that problem are suggested

Key words: Nitrogen, Overfertilization, Groundwater.

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede ocasionar pérdidas de nitrógeno hacia el subsuelo en forma de nitratos (N-NO_3), los cuales contaminan los mantos acuíferos y por consiguiente el agua de bombeo que se utiliza para regar los cultivos. Los nitratos se pueden volver tóxicos en las plantas y afectar su calidad. Una concentración alta de nitratos en el agua y plantas consumidas por los animales de sangre caliente y por el hombre generalmente afectan su salud.

El exceso de nitratos se encontró por primera vez en 1981, en la Comarca Lagunera, en el agua de bombeo y en el período de 1989 a 1995 en varios cultivos. El objetivo del presente trabajo fue revisar literatura regional donde se reporta el exceso de nitratos en agua, suelo y cultivos y

hacer sugerencias para reducir y prevenir la contaminación por este compuesto en el futuro.

Uso de Fertilizantes Nitrogenados

En la agricultura moderna es absolutamente necesario el uso de agroquímicos para mantener altos rendimientos en los cultivos. Sin embargo, algunas desventajas de los fertilizantes químicos son los siguientes: alimentan a la planta y no al suelo, alteran las propiedades químicas y biológicas del suelo y los fertilizantes nitrogenados propician que haya una mayor lixiviación de nitratos que a la larga contaminan los mantos acuíferos (Ruiz, 1996).

La aplicación del fertilizante nitrogenado es el que mas influencia ha tenido sobre el incremento en el rendimiento de los cultivos. El consumo mundial de fertilizantes nitrogenados se ha incrementado 15 veces en el período de 1938 a

1976, mientras que los otros dos nutrimentos: fósforo y potasio se han incrementado tan sólo 8 veces (Olson, 1978, citado por Castellanos, 1981).

Alrededor del 76% de la población mundial vive en países en desarrollo donde se aplica más fertilizante nitrogenado que en países desarrollados. Durante 1980 a 1990, el consumo anual de fertilizante nitrogenado se incrementó alrededor del 63, 7 y 30% para países en desarrollo, países desarrollados y el mundo, respectivamente. En el futuro, con el incremento de las dosis aplicadas de fertilizante nitrogenado, la probabilidad de contaminación por nitratos del agua del subsuelo en países en desarrollo va a estar fuertemente ligada con la eficiencia en el uso de fertilizantes (Kessler, 2001; Singh *et al.*, 1994).

En México, la producción de fertilizantes químicos para la agricultura en 1991 fue de 4.3×10^6 de toneladas, de las cuales el 63% son fertilizantes nitrogenados (35% de urea y 28% de sulfato de amonio) (Ruiz, 1996)

Debido al fuerte impacto que tiene la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de los cultivos, los agricultores de áreas tecnificadas aplican dosis elevadas de nitrógeno sin darse cuenta de que gran parte de éste puede estar sufriendo pérdidas por lixiviación, desnitrificación o volatilización. La magnitud de tales pérdidas repercute negativamente sobre la economía del productor y sobre la contaminación del medio ambiente, ya que los nitratos resultan tóxicos para los animales de sangre caliente. El nitrógeno en forma de nitratos ($N-NO_3$) es lixiviado y transportado lentamente y eventualmente llega al manto acuífero en donde puede ocasionar su contaminación. El excedente de nitrógeno aplicado y la lámina de agua de drenaje son las dos variables más importantes que controlan las emisiones de nitratos al subsuelo (Castellanos, 1981).

La sobrefertilización con nitrógeno, además de ser asociada con niveles altos residuales de nitratos en el suelo y agua (que contribuyen a la contaminación), también puede afectar adversamente la productividad y calidad de frutos a causa de efectos directos e indirectos sobre floración, amarre y crecimiento de fruto como resultado del vigor vegetativo que incrementa el sombreado dentro de los árboles frutales.

Desórdenes fisiológicos y patológicos así como susceptibilidad a plagas y enfermedades son influenciados por la dosis de nitrógeno aplicado. La sobrefertilización con nitrógeno parece ser más seria en árboles frutales que en otras especies de cultivos, el hábito de crecimiento perenne de árboles caducifolios y vid es asociado con una aplicación incrementada de fertilizante nitrogenado (y pérdidas) durante el período dormante (Weinbaum *et al.*, 1992)

Es importante saber que cantidad de fertilizante nitrogenado se debe aplicar, para no tener una sobrefertilización, por ejemplo en nogal pecanero, las diferencias en concentración foliar de nitrógeno fueron muy pequeñas (de 2.13 a 2.35%), entre árboles que no recibieron nitrógeno y los que recibieron la dosis más alta (Cuadro 1). Estos datos indican una relativa insensibilidad de la concentración foliar de nitrógeno a dosis de nitrógeno aplicado en exceso para maximizar la productividad del árbol, ya que el rendimiento acumulado en seis años casi no varió con 56, 112 y 224 Kg/ha de nitrógeno aplicados (Figura 1) (Smith *et al.*, 1985, citado por Weinbaum *et al.*, 1992). Algunos economistas han pronosticado que el precio del fertilizante nitrogenado debería incrementarse arriba del 200%, para estimular un uso más juicioso (Newbould, 1989, citado por Weinbaum *et al.*, 1992).

Cuadro 1. Influencia de dosis de nitrógeno sobre la concentración foliar del nogal pecanero cv Western, en un período de seis años.

Dosis de nitrógeno aplicado (Kg/ha)	Concentración foliar (%)
0	2.13
56	2.21
112	2.26
224	2.35

Concentración de Nitratos ($N-NO_3$) en el Manto Acuífero.

En 1981, se realizó en la Comarca Lagunera un muestreo intensivo en 187 norias. La región se dividió en tres áreas: 1) Laguna Seca (Viesca, Coah.), 2) región cercana al Río Nazas (Villa Juárez, Dgo.) y 3) zona Norte (Gómez Palacio, Dgo., Torreón, Matamoros, Fco. I. Madero y San Pedro, Coah.) que ocupa la mayoría de la superficie (Cuadro 2).

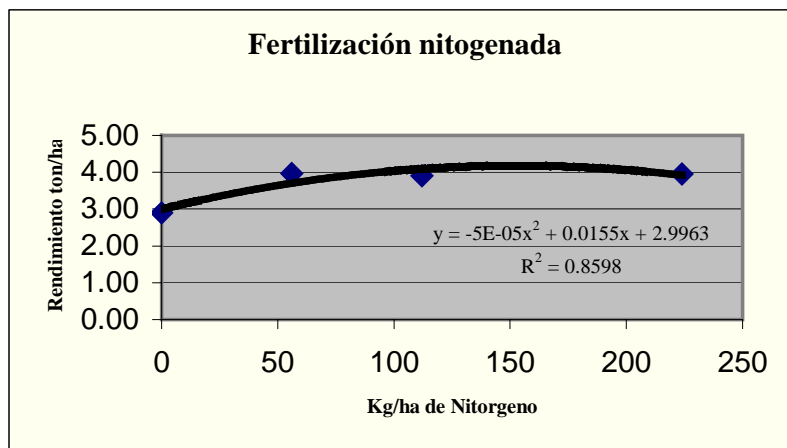


Figura 1. Rendimiento acumulado de nuez , en seis años y dosis de nitrógeno aplicado en Kg/ha en nogal pecanero.

El rango de nitratos detectado fue de 0.06 a 207.2 ppm, cuyo valor máximo resulta inadecuado incluso para uso agropecuario. El promedio general fue de 23.4 ppm (Castellanos, 1981, 1987). Este último valor también está arriba del límite permisible para agua potable que es de 10 ppm (Heredia, 2000)

Cuadro 2. Concentración de nitratos (N-NO₃) en el agua de los pozos de tres áreas de la Comarca Lagunera. 1981.

Area	Número de pozos muestreados	Concentración de nitratos (ppm) ^z	
		Promedio	Rango
Norte	85	8.0	0.1 – 67.6
Laguna Seca	58	37.0	3.6 – 207.2
Río Nazas	44	27.9	1.7 – 184.7
Total	187	23.4	0.1 – 207.2

^zNiveles máximos permitidos: Uso humano: 10 ppm; Uso agropecuario: 100 ppm.

La concentración de nitratos es variable para cada área de la Comarca Lagunera, siendo la zona norte la que mostró los niveles mas bajos. Los niveles altos de nitratos en la rivera del Río Nazas resulta fácil explicar en base a la escasa distancia de la superficie al manto acuífero (10 ó 15 m) y de la textura ligera de dichos suelos . En el área de Laguna Seca , la distancia al manto freático es de cerca de 100 m, por lo que resulta difícil explicar los altos niveles en base a lixiviación de nitratos de la agricultura, es probable que la situación geológica de esta área en particular, de roca fracturada provoque una permeabilidad excesiva (Castellanos, 1981; 1987).

Concentración de Nitratos en Predios de Melón (*Cucumis Melo L.*), (Suelo, Agua y Tejidos).

En un diagnóstico nutrimental realizado en 1990-1991 en 22 predios de melón en la Comarca Lagunera, se encontró exceso de nitratos en suelo, agua y peciolas y exceso de nitrógeno en las hojas (Cuadro 3) (Medina y Cano, 1994). El promedio de nitratos en peciolas encontrado en todos los predios de melón fue de 0.79% , que es mayor al valor adecuado de 0.40% (Piggott, 1986). El promedio de la concentración de nitrógeno encontrado en las hojas de todos los predios de melón, fue de 3.67% el cual también es mayor al valor adecuado de 2-3% (Piggott ,1986).

Cuadro 3. Valores adecuados y concentración de nitratos encontrados en predios de melón en la Comarca Lagunera.

	Valores adecuados	Concentración de nitratos encontrados	Predios con exceso (%)
Suelo	11.8 - 23.6 ppm	32.7 - > 44.6 ppm	61
Agua	< 5 ppm	5 - > 30 ppm	48
Peciolas	0.40%	0.12 - 2.19%	77
Hojas (nitrógeno)	2 - 3%	3.08 - 4.90%	100

El exceso de nitrógeno y nitratos detectados, indican que las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo son altas o que la recomendación de fertilización actual para melón (100-60-00) no es la adecuada para la región, ya que el 47% de predios si la aplica y el 41% aplica menos de 100 Kg/ha . El exceso de nitrógeno ocasiona un crecimiento vegetativo excesivo que inhibe la acumulación de carbohidratos o azúcares del fruto (grados brix), ya que se encontró una correlación negativa entre la concentración foliar de nitrógeno y los grados brix del fruto (r = -0.83**).

El exceso de nitrógeno también influye en la deficiencia de calcio en melón (86% de los predios), ya que se encontró una correlación negativa de nitrógeno con calcio ($r = -0.62^*$) en las hojas (Medina y Cano, 1994)

El exceso de nitratos en el suelo de los predios de melón, es probable que se deba a las aplicaciones excesivas de fertilizante nitrogenado, pero el análisis foliar reveló que también los esta absorbiendo la planta. El 48% de los predios tienen agua con problemas de nitratos el cual tenderá a incrementarse según valores de Reisenauer (1976).

Concentración de Nitratos en Pecíolos del Cultivo de la Vid (*Vitis Vinífera*).

Un diagnóstico nutrimental realizado en 1989 en 20 viñedos en producción con cuatro variedades: Málaga roja, Queen, Bola dulce y Carignane, detectó un exceso de nitratos en el 60% de los predios (Medina *et al.*, 1993). El mayor exceso de nitratos se observó en las variedades Málaga roja y Queen (Cuadro 4) y coincide con Christensen, (1984), citado por Medina *et al.*, (1993), quien también encontró diferencias entre variedades y sugirió que esto refleja variación genética en el metabolismo del nitrógeno.

Los valores adecuados de nitratos utilizados para detectar el exceso en pecíolos en floración fueron los propuestos por Christensen *et al.*, (1978). El promedio de la concentración de nitratos encontrado en las cuatro variedades de vid fue de 2374 ppm, que es superior a los valores adecuados.

Cuadro 4. Valores adecuados de nitratos y predios con concentración de nitratos en pecíolos de cuatro variedades de vid. Comarca Lagunera.

Valor adecuado	Variedad de vid	Nitratos en pecíolos (ppm)	Predios con exceso de nitratos (%)
500-1200 ^z	Málaga roja	3216	26
	Queen	3366	20
	Bola dulce	1422	16
	Carignane	1492	8

^z > 1200: Excesivo
> 3000: Tóxico

El cultivo de la vid en la Comarca Lagunera no se fertiliza con nitrógeno, porque no se recomienda. Sin embargo, se encontró exceso de nitratos en los pecíolos, lo que está sugiriendo que están en el suelo o el agua y la planta los absorbe en niveles ya tóxicos.

Concentración de Nitratos en Suelo y Agua de Huertas de Nogal Pecanero (*Carya Illinoensis Koch*).

En una evaluación de 16 huertas de nogal pecanero en la Comarca Lagunera, realizada en 1995 (Medina *et al.*, 1995), se observó que en el suelo existe un nivel de nitratos de moderado a alto y el promedio (28.6 ppm) se acerca al valor alto (>30 ppm) (Cuadro 5). La fertilización que se aplica con nitrógeno varía desde 55 hasta 154 Kg/ha con un promedio de 97 Kg/ha (Medina, 1995). La sugerencia del Campo Experimental La Laguna para árboles en producción, es de 500 Kg/ha de sulfato de amonio (100 Kg/ha de nitrógeno) (Chávez y Medina, 1994); la mayoría aplica lo recomendado, pero se encontró exceso de nitratos en el suelo, es posible que las dosis de nitrógeno a aplicar puedan ser menores, para evitar residuos de nitratos en el suelo. Además, no se observaron deficiencias de nitrógeno en el análisis foliar de esas huertas, los valores fueron un promedio de 2.63%. Los valores óptimos son 2.5 - 3.0% según O'barr y McBride (1980), la mayoría de las huertas estuvieron dentro del valor óptimo.

Cuadro 5. Valores de nitratos y concentración de nitratos encontrados en huertas de nogal pecanero . Comarca Lagunera.

Valores de nitratos (ppm)	Huertas %	Concentración de nitratos (ppm)	Promedio de nitratos (ppm)	
Suelo ^z	< 10 Bajo	31	6 - 95	28.6
	10-30 Moderado	37		
	> 30 Alto	31		
Agua ^y	< 5 No problema	50	0.96 - 64.0	9.4
	5-30 Problema	43		
	>30 Problema severo	7		

^z Glover (1975); ^y Reisenauer (1976)

Efecto Tóxico de los Nitratos en los Animales y el Hombre .

Una fertilización alta de nitrógeno en los zacates para el ganado vacuno, lleva a un crecimiento vigoroso y una acumulación de nitratos. Los nitratos por si mismos no son muy tóxicos, ya que son reducidos a amonía la cual es metabolizada en la forma usual; sin embargo, los problemas se incrementan al fracasar esta reacción debido a la falta del poder reductivo o carbohidratos disponibles insuficientes en la dieta. Bajo condiciones de esta insuficiencia del rumen,

se producen los nitritos. El nitrito es tóxico a organismos del rumen y al animal. La digestión *in vitro* de la celulosa es inhibida y los nitritos absorbidos a través de la pared del rumen se combinan con la hemoglobina para formar metahemoglobina. La capacidad de acarreo de oxígeno se reduce y el animal puede morir por asfixia. La prevención o tratamiento depende de reducir los nitritos, administrando suficiente azúcar o almidón. Si la dieta es adecuada en carbohidratos solubles, los animales rumiantes van a tolerar grandes cantidades de nitratos en la dieta (Wright y Davison, 1964; citados por Van Soest, 1982)

Las principales sustancias identificadas en 59 plantas tóxicas para el ganado, en las regiones áridas y semiáridas del Norte de México son: alcaloides, nitratos, ácido cianhídrico, oxalatos, saponinas, y selenio (Alejos *et al.*, 2000)

Las aguas con 20 miligramos por litro y más de nitrógeno nítrico pueden ser consumidas por los adultos, pero no por los niños, cuando se utiliza esta agua para la dilución de leches concentradas o en polvo pueden producir cianosis. A estos niños se les llama en Inglaterra "niños azules". La enfermedad no parece afectar mas que a niños menores de ocho semanas y que no están alimentados con leche materna. Tenemos derecho a preguntarnos si el efecto inmediato y visible de esta aguas en los niños no se traducirá en un efecto acumulativo, lento y traidor, en los adultos (Voisin, 1971).

La concentración de nitratos en el organismo humano por ingerir alimentos con residuos químicos, causan cánceres (Ruiz, 1996). Recientemente, en algunos países de Europa se ha detectado exceso de nitratos en la sangre de personas adultas y en los hombres lo han relacionado con la reducción del número de espermas. Esto es atribuido al exceso de nitratos en los alimentos que se consumen (Ruiz, 2000).

Sugerencias para Reducir y Prevenir la Contaminación por Nitratos en Agua, Suelo y Cultivos de la Comarca Lagunera.

Newbould (1989), citado por Weinbaum *et al.*, (1992), sugirió lo siguiente para reducir la contaminación por nitratos: a) definir suelos sensitivos, sistemas agrícolas y desagües o drenajes; b) desarrollar sistemas de manejo apropiados y estrategias de fertilizantes para colocar cultivos y suelos en un rango de condiciones climáticas; c) determinar el perfil de

nitratos a profundidades bajas, bajo sistemas agrícolas contrastadas donde estos se ubiquen sobre acuíferos usados para abastecer agua pública y d) monitorear el efecto de cambios en prácticas agrícolas sobre los perfiles de nitratos en el suelo y sobre la aparición de nitratos en el agua subterránea

Castellanos (1981), sugiere también lo siguiente para reducir la contaminación por nitratos: a) usar las dosis recomendadas de fertilización; b) evitar aplicaciones excesivas de nitrógeno al principio del ciclo; c) dividir la aplicación en varias partes, o aplicarlo a través del agua de riego; d) utilizar fuentes nitrogenadas de lenta transformación o usar inhibidores de nitrificación; e) cambiar al sistema de riego por goteo o aspersión; f) aplicar riegos frecuentes y ligeros de acuerdo a las necesidades de evapotranspiración para mantener el nitrógeno en el sistema radical; g) afinar las recomendaciones de nitrógeno de acuerdo a las necesidades del cultivo a lo largo del ciclo y h) realizar diagnósticos nutrimentales (suelo, agua y foliar) para detectar deficiencias o excesos de nutrimentos y no caer en la sobrefertilización.

CONCLUSIONES

En 1981, se reportó un exceso de nitratos en el agua de las norias para uso agrícola en la Comarca Lagunera y durante el período de 1989 a 1995 también se detectaron excesos de nitratos en los cultivos de melón, vid y nogal pecanero. La sobrefertilización con nitrógeno es la causa mas probable de la contaminación por nitratos en el agua del subsuelo, suelos y cultivos de la Comarca Lagunera. Como la contaminación por nitratos en la región se esta incrementando, se sugiere realizar algunas prácticas agrícolas para reducirla.

LITERATURA CITADA

ALEJOS DE LA F., J. I.; ORTEGA S., J. L.; FAVELA R., J. E.; GONZÁLEZ P., A; SEPÚLVEDA B., M.; J. L. BLANDO N. 2000. Las plantas tóxicas para el ganado en las regiones áridas y semiáridas del norte de México. Revista Chapingo. Serie: Zonas Aridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo., México. 1(1):57-61.

CASTELLANOS R., J. Z. 1987. La contaminación por nitratos en las aguas del subsuelo de la Comarca Lagunera. *In*: 20º. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Resúmenes. Zacatecas, Zac. p. 65.

- CASTELLANOS R., J. Z.** 1981. La contaminación del agua por nitratos provenientes de la agricultura CIAN-INIA-SARH Seminarios Técnicos. Comarca Lagunera. 6(9): 139-158..
- CHÁVEZ G., J. F. J.; M. D . C. MEDINA M.,** 1994. Suelos y fertilidad. *In:* Godoy A. C. *et al.* El Nogal Pecanero. Campo Experimental La Laguna. Libro Técnico N° 1. Primera Edición.
- CHRISTENSEN, L. P.; KASIMATIS, A.N. and F. L. JENSEN.** 1978. Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley. Division of Agricultural Sciences. University of California. U.S.A. Publication 4087.
- HEREDIA C., S.** 2000. Calidad del agua. 1a. Semana Nacional de Sanidad Agropecuaria. 7ª. Reunión anual de CONACOFI. Puebla, Puebla, México. pp. 78-84.
- KESSLER, K.** 2001. Nitrógeno: no use más del necesario. *El surco* (México) 106 (3):2-4.
- MEDINA M., M. D. C.y P. CANO R.** 1994. Diagnóstico nutricional del melón tipo cantaloupe en la Región Lagunera. *Revista Información Técnica Económica Agraria* (ITEA) Zaragoza, España. 90V.(.3):151-161.
- MEDINA M., M. D . C.; FAZ C., R.; RAMIREZ D., M.; ADAME C., D.; SAMANIEGO G., A; HERRERA P., T.; GONZÁLEZ C., G.: ROMERO F., E.y J. SANTAMARÍA C.** 1995. Estudio Integral de la alternancia en la producción del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP. Matamoros, Coah., México. Informe de Investigación 165 p..
- MEDINA M., M. D. C. ; CUETO W., J. A. y E. MADERO T.** 1993. Diagnóstico nutricional de la vid, con dos valores óptimos de nutrientes en la Región Lagunera. *Revista Información Técnica Económica Agraria* (ITEA) Zaragoza, España.. 89V (1):3-11.
- MEDINA M., M. D.C.** 1995. Relación entre la concentración foliar de nutrientes y la alternancia del nogal pecanero. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC. INIFAP. Matamoros, Coah., Méx. Informe de investigación de Fruticultura. 165 p.
- O'BARR, R. D. and J. H. MCBRIDE.** 1980. Pecan leaf sampling for commercial growers. *Pecan South.* (7): 42-45.
- PIGGOTT, T. J.** 1986. Vegetable crops. *In:* Plant Analysis. An Interpretation Manual. Eds. D. J. Reuther and J. B. Robinson. Inkata Press. Melbourne, Sidney , Aust. p. 176-177.
- REISENAUER, H. M.** Editor 1976. Soil and plant tissue testing in California. Division of Agricultural Sciences. University of California. Bulletin 1879. p. 50.
- RUIZ F., J. F.** 1996. Fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. *In:* 1er Foro Nacional sobre Agricultura orgánica. Colima, Col. México. p. 23-47.
- RUIZ F., J. F.** 2000. La agricultura orgánica y la conservación de tierras en zonas productoras de nogal en México. Notas de la conferencia. 8o. Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC. Memorias. Torreón Coah., p. 21-23.
- SINGH, B.; SINGH, Y. and SEKO, G. S.** 1994. Fertilizer nitrogen and nitrate pollution of groundwater in developing countries. *In:* Volume 5a. Commission IV Symposia. Simposium IVb Integrated nitrogen management in relation to leaching and groundwater quality. 15th. World Congress of Soil Science. Acapulco, Gro. México. p. 174-191.
- VAN SOEST, P. J.** 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Rumen anatomy and function. Chapter 11. O and B Books, Inc. Corvallis Oregon U.S.A. p. 194.
- VOISIN, A.** 1971. Suelo, hierba, cáncer. TECNOS Madrid, España. p. 367.
- WEINBAUM, S. A.; SCOTT, J. R. and T. M. DEJONG.** 1992. Causes and consequences of overfertilization in orchards. *American Society for Horticultural Sciences. HortTechnology* 2(1): 112-121.