



## **FERTILIZACIÓN NITROGENADA, IMPACTOS SOBRE LOS RENDIMIENTOS Y EL MEDIO AMBIENTE**

Juan Almaguer López<sup>1</sup>  
[almaguer@fame.suss.co.cu](mailto:almaguer@fame.suss.co.cu)

### **RESUMEN**

El presente artículo tiene como objetivo fundamental mostrar los resultados de una investigación realizada sobre la fertilización mineral con nitrógeno en el cultivo del maíz sembrado en un suelo Pardo Grisáceo en la zona premontañosa del Escambray en la región Central de Cuba. En la misma se evaluó el efecto de diferentes dosis de nitrógeno (0; 60; 120; 180; 240 y 300 kg./ha) sobre los rendimientos del maíz, así como las pérdidas de nitrógeno ocurridas por la lixiviación de nitrato y el porcentaje de aprovechamiento del fertilizante nitrogenado aplicado en función de las dosis evaluadas. Los resultados mostraron que hubo un incremento de los rendimientos tanto en frío como en primavera cuando se aplicó este nutriente en comparación con las parcelas que no recibieron ningún fertilizante; sin embargo también se puso de manifiesto que las mejores dosis estuvieron entre 120 y 180 kg./ha por encima de las cuales la producción no aumentó, o sea que los niveles de 240 y 300 kg./ha deprimieron los rendimientos en vez de aumentarlos. También se encontró que las altas dosis tuvieron un bajo aprovechamiento del fertilizante aplicado y que las mismas provocaron un aumento considerable del contenido de nitrato en las aguas lixiviadas.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada. Maíz. Rendimientos agrícolas. Aguas lixiviadas.

### **INTRODUCCIÓN.**

Los elementos esenciales para la nutrición de las plantas se clasifican desde el punto de vista agroquímico en macroelementos y microelementos. Los primeros son aquellos que las plantas necesitan en mayor cuantía y que a su vez juegan un papel ponderante en las funciones del vegetal y no pueden ser adquiridos por este de la atmósfera como el oxígeno y el carbono. Estos elementos a su vez se dividen en macroelementos primarios y secundarios; el grupo de los

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, M.Sc en Agricultura Sostenible y profesor auxiliar de la Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray, del Centro Universitario de Sancti Spiritus del Ministerio de Educación Superior de Cuba.

primarios está compuesto por el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). De estos tres macroelementos, el nitrógeno es el que más influye en el crecimiento de los cultivos, denominado por muchos especialistas como " el rey del crecimiento".

No hay dudas de que la fertilización mineral nitrogenada incrementa los rendimientos agrícolas, hecho que ha sido demostrado en numerosas investigaciones a través de los años. Los productores con el afán de incrementar las producciones de sus cosechas, lo utilizan indiscriminadamente, obviando las consecuencias negativas que puede acarrear esta actividad, porque el uso excesivo del mismo perjudica el adecuado desarrollo de las plantas provocando un enorme crecimiento de las mismas ocasionando lo que llamamos " encamado" de los cultivos lo cual deprime los rendimientos agrícolas. Además de los efectos nocivos que tiene la aplicación de altas dosis de nitrógeno sobre los cultivos, existe otro aspecto fundamental que debe valorarse y que constituye un riesgo potencial para la salud humana y animal y es la contaminación ambiental que puede ocasionar el empleo indiscriminado de este fertilizante.

El nitrógeno es absorbido por las plantas en forma de iones de nitrato( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio( $\text{NH}_4^+$ ) disueltos en la solución acuosa que se forma en el suelo producto de la humedad existente a causa de las lluvias o regadío artificial. A esta solución acuosa se le denomina solución del suelo. De estos iones el nitrato por estar cargado negativamente está expuesto a mayores pérdidas por lixiviación o lavado, lo que hace que estos aniones arrastrados por el agua hacia capas inferiores del suelo pasen a formar parte de las aguas subterráneas, contaminándolas, a niveles tóxicos para la salud humana y animal. En tal sentido, Fundora y Moreno(1993) informaron que en las aguas de pozos de la provincia de Villa Clara en la Región Central de Cuba se encontró un incremento del 200% del contenido de nitrato debido al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y que si las condiciones de fertilización continuaban se alcanzarían concentraciones de 40 mg/l en estas aguas haciéndolas inutilizables para el consumo humano y animal, pues el límite máximo permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 10 mg/l. Además de las pérdidas por lavados de nitrógeno existen otras como la volatilización en forma de amoniaco que aunque no sean contaminantes no son menos importantes desde el punto de vista agrícola pues contribuyen a un gran desaprovechamiento de este elemento y por tanto afectan la economía de los productores y a medida que las aplicaciones de este nutriente se hacen mayores se incrementan las pérdidas y disminuye el aprovechamiento del mismo.

En sentido general hemos expuesto algunas consideraciones sobre los beneficios y las consecuencias negativas que puede tener la fertilización química nitrogenada en la agricultura. En el presente trabajo queremos exponer algunos de los resultados obtenidos en una investigación realizada, donde se evaluó el efecto de la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno sobre los rendimientos del cultivo del maíz, cuantificándose también el contenido de nitrato de las aguas lixiviadas en las diferentes dosis aplicadas, donde arribamos a conclusiones que corroboran lo planteado anteriormente.

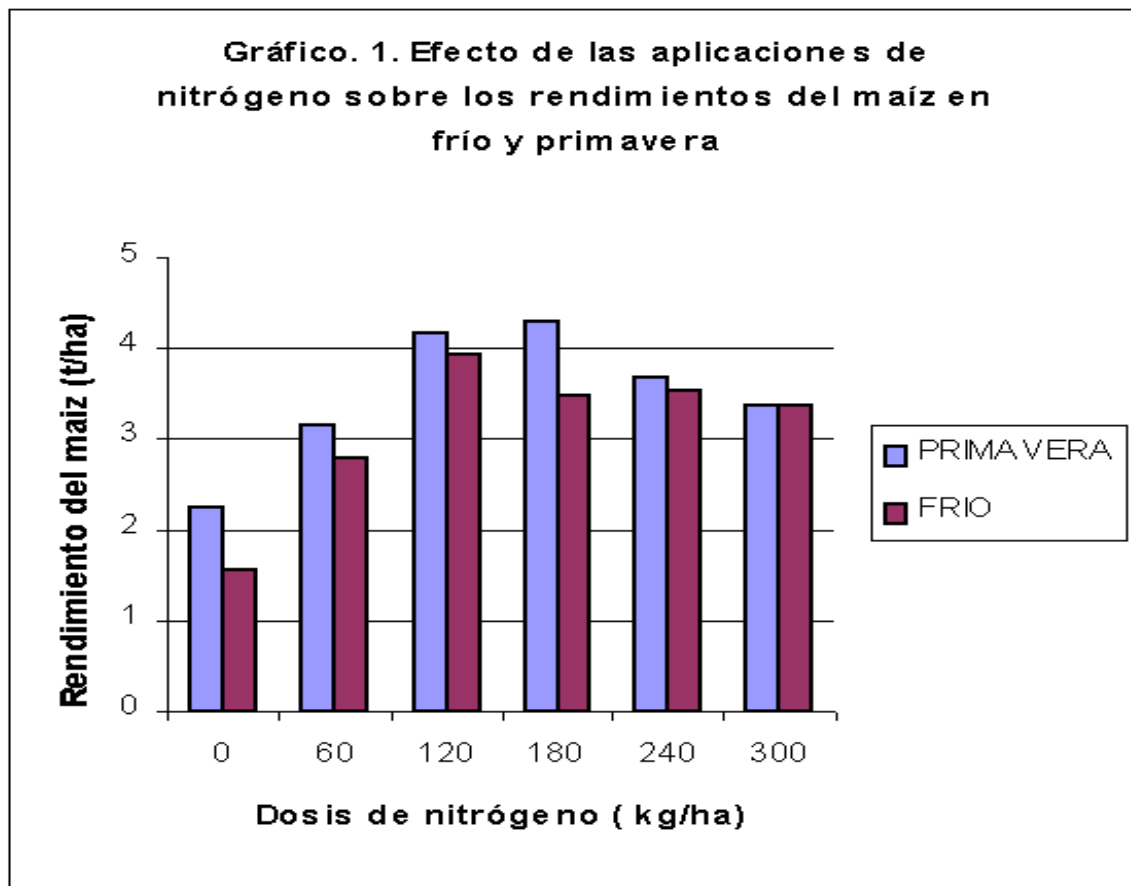
## **MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación se realizó en áreas premontañas del Escambray, en la región central de Cuba, sobre suelo Pardo Grisáceos de fertilidad natural baja. Se evaluaron cuatro cosechas de maíz, dos en la campaña de primavera (mayo - noviembre) y dos en la de frío (noviembre - mayo). El experimento se montó en cuatro bloques distribuidos al azar, donde se sembraron las parcelas de maíz y en las mismas se aplicaron las diferentes dosis de nitrógeno (0- 60 - 120 - 180 - 240 y 300 kg./ha en cada campaña) utilizando un tercio de la dosis en forma de sulfato de amonio en el momento de la siembra y el resto en forma de urea a los 35 días de esta. Para coleccionar las aguas lixiviadas cada vez que se regó o se produjo algún evento lluvioso, se colocaron bandejas plásticas a 40 cm. de profundidad en uno de los cuatro bloques ubicado en la zona aledaña a un lisímetro en el cual se coleccionaban las aguas lavadas en cada una de las parcelas donde se ubicaron las bandejas. A estas aguas, se les midió el volumen y se les determinó la concentración de nitrato. Al final de cada campaña se midió el rendimiento de maíz seco en todas las parcelas y se enviaron muestras de plantas para un laboratorio para realizarles análisis de nitrógeno y determinar el porcentaje de nitrógeno aprovechado del aplicado. Los datos fueron procesados estadísticamente para garantizar la confiabilidad de los resultados.

## **RESULTADOS**

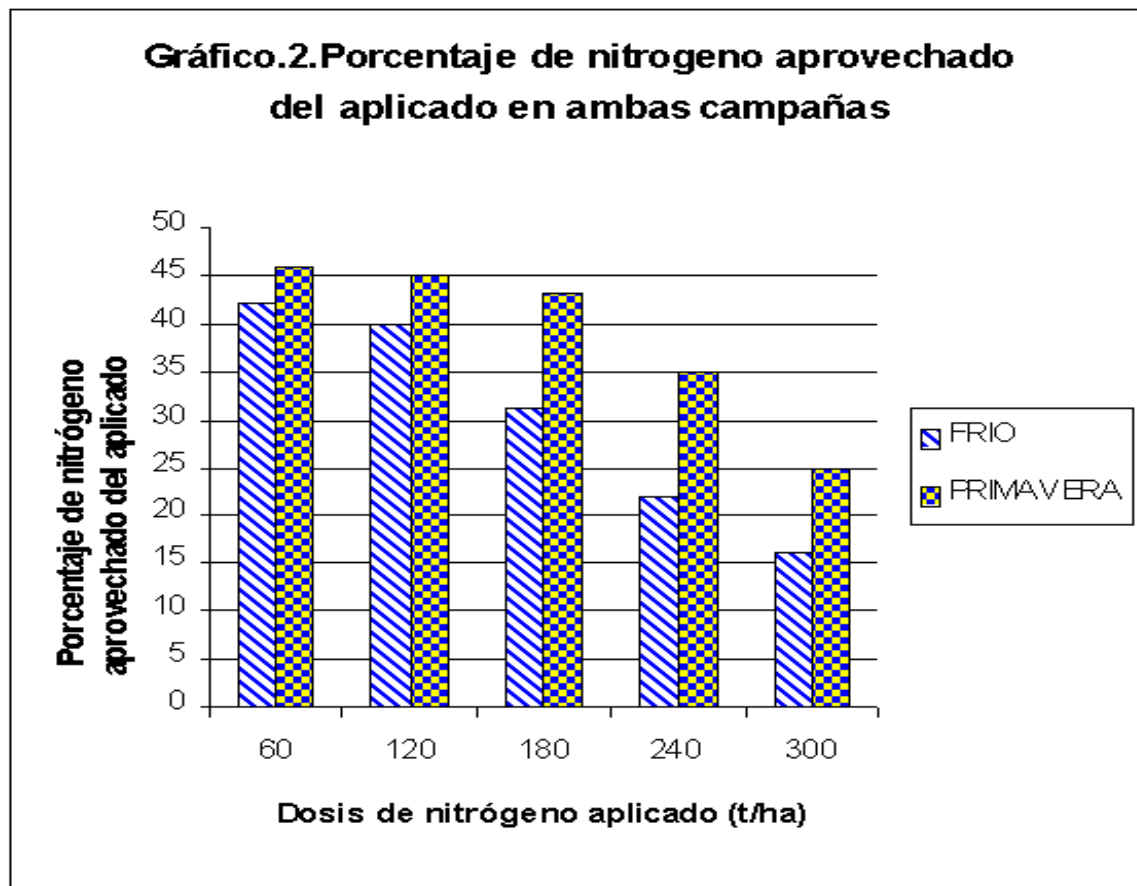
En Cuba están establecidos dos períodos estacionales, el lluvioso y el poco lluvioso, al primero se le denomina desde el punto de vista agrícola operativo campaña de primavera y se extiende desde el 15 de mayo hasta el 15 de noviembre y al segundo, campaña de frío y se extiende desde el 15 de noviembre hasta el 15 de mayo. Todos los resultados que exponemos se obtuvieron de los valores promedios de dos campañas de frío y dos de primavera.

En el gráfico. 1. Se presenta el efecto de dosis crecientes de nitrógeno sobre los rendimientos del maíz en ambas campañas, apreciándose claramente como hubo un incremento de los rendimientos tanto en frío como en primavera cuando se aplicó este nutriente en comparación con las parcelas que no recibieron ningún fertilizante; sin embargo también se puso de manifiesto que las mejores dosis estuvieron entre 120 y 180 kg./ha por encima de las cuales la producción no aumentó, o sea que los niveles de 240 y 300 kg./ha deprimieron los rendimientos en vez de aumentarlos. Este hecho como se comentaba anteriormente se debe a que con las dosis excesivas el cultivo crece mucho, desarrolla un gran follaje de un color verde intenso pero se afecta el desarrollo del fruto agrícola, que en este caso son las mazorcas, no alcanzando las mismas el tamaño y peso deseado por lo que se afecta la producción.



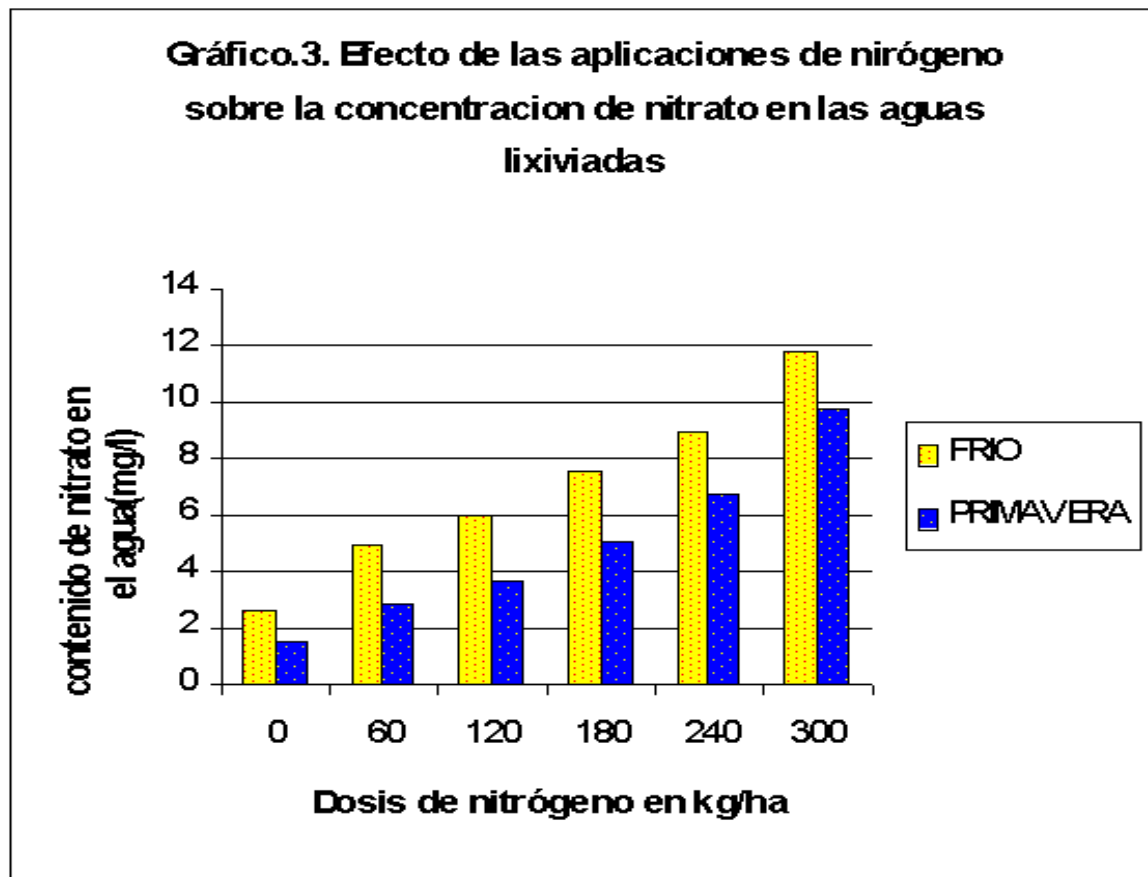
Además de deprimir los rendimientos, las altas dosis de nitrógeno incrementan las pérdidas de este nutriente ya sea por lavado o volatilización disminuyendo el aprovechamiento del mismo por los cultivos, esto se puede apreciar en el gráfico.2. donde se observa que el mayor aprovechamiento del nitrógeno ocurrió en las dosis de 60 y 120 kg./ha, que estuvieron alrededor de un 40% del Nitrógeno aprovechado del aplicado, con la dosis de 300 kg./ha el aprovechamiento se redujo hasta un 25%.

Este hecho ya lo hemos comentado y se debe fundamentalmente a que los fertilizantes químicos nitrogenados tienen una alta solubilidad y al ponerse en contacto con la humedad del suelo rápidamente se ionizan quedando estos iones expuestos a la volatilización y al lavado y a medida que las cantidades que se apliquen sean mayores ocurrirán mayores pérdidas y menor aprovechamiento de los mismos.



Como se explicaba en la introducción del presente artículo, las pérdidas de nitrógeno por lavado o lixiviación hacia capas inferiores del suelo ocurren fundamentalmente en forma de iones nitratos por estar cargados negativamente y como generalmente el mineral arcilloso predominante en los suelos tiene cargas negativas (aunque no en todos los suelos ocurre esto porque hay suelos donde predominan arcillas que tienen cargas positivas) estos iones son lavados más fácilmente que los de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) lo que trae como consecuencia que la contaminación por nitrato de las aguas subterráneas se produzca con mucha frecuencia cuando se hacen aplicaciones indiscriminadas de portadores químicos de fertilizantes nitrogenados.

Este hecho puede observarse en el gráfico.3. donde se aprecia que a medida que se incrementaron los niveles de nitrógeno aplicados en ambas campañas, el contenido de nitrato en las aguas lixiviadas se incrementó considerablemente, verificándose incluso que con la dosis de 300 kg./ha las concentraciones de este ión en las aguas sobrepasó o estuvo muy cerca del límite permisible por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de 10 mg/litros, lo que evidencia el peligro real a que nos exponemos cuando por el interés de obtener altas producciones agrícolas se hace un uso indiscriminado de los fertilizantes químicos nitrogenados



En sentido general esto es un tema algo complejo porque el interés de los que producen es obtener grandes cosechas desafiando los retos de las consecuencias negativas que pueden acarrear para la salud humana y animal la contaminación ambiental y muchos se muestran insensibles a esta realidad. Sin embargo existen algunas alternativas que permiten reducir la fertilización mineral sin que se afecten los rendimientos de los cultivos.

En tal sentido la utilización de algunos biofertilizantes como el azotobacter, que es una bacteria que fija el Nitrógeno de la atmósfera y lo puede poner a disposición de los cultivos, el Rhizobium, Bacteria que vive en simbiosis con plantas leguminosas y que fija el nitrógeno atmosférico y también es aprovechado por estas plantas, los hongos micorrizógenos que son microorganismos que se asocian a las raíces de los cultivos aumentando la capacidad de exploración de las mismas y hacen un mejor aprovechamiento de la fertilidad natural del suelo.

Estos y otros biofertilizantes son alternativas que los productores pueden emplear para obtener buenas cosechas sin necesidad de aplicar tantos fertilizantes químicos. Existe sin embargo otra gran posibilidad y que es bien conocida desde tiempos remotos a través de la historia y es la utilización de los abonos orgánicos como el estiércol de corral, la cachaza que es un residuo de la industria azucarera, el guano de murciélago, el residuo del beneficio húmedo del café, el humus de lombriz entre otros.

Estos abonos orgánicos tienen las características de liberar lentamente los nutrientes que poseen en su constitución a través de la mineralización de la materia orgánica que hacen los microorganismos del suelo y ponerlos a disposición de los cultivos por lo que son una reserva duradera de la nutrición vegetal, pero además tienen la facultad de mejorar las características físicas de los suelos, como la retención de humedad y la estructura del mismo lo que posibilita un mejor desarrollo de las plantas. En tal sentido por ejemplo, Almaguer y colaboradores (1999) informaron que en una investigación realizada en el cultivo de la yuca donde aplicaron diferentes dosis de humus de lombriz solo y combinado con la fertilización química, obtuvieron que con la dosis de 6 toneladas / hectáreas de humus sustituían la mitad de la fertilización química nitrogenada y todo el fósforo y potasio en la primera cosecha, sin que se afectaran los rendimientos en comparación con las parcelas que recibieron las dosis completas de fertilización mineral; similarmente Brunet y colaboradores (2002), Caballero y colaboradores (2005) encontraron que utilizando el humus de lombriz podían sustituir total o parcialmente la fertilización mineral en diferentes cultivos como tomate, pastos, tabaco etc.

## **CONCLUSIONES**

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos en esta investigación se llega a las siguientes conclusiones

- Las dosis de nitrógeno incrementaron los rendimientos del maíz hasta un límite, pues con las dosis altas de 240 y 300 Kg./ ha de N hubo un efecto depresivo sobre los mismos, lo cual demuestra que el exceso de nitrógeno lejos de beneficiar perjudica la producción agrícola
- El mayor aprovechamiento del fertilizante nitrogenado aplicado ocurrió en las dosis más bajas, lo que demuestra que cuando se aplican dosis muy altas lo que hacemos es derrochar el fertilizante
- El contenido de nitrato en las aguas lixiviadas se incrementó considerablemente con el aumento de los niveles de nitrógeno aplicados, llegando a alcanzar valores superiores o cercanos al límite permisible por la OMS para el consumo humano o animal que es de 10 mg/litros

## **RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda en primer lugar que los productores conozcan las necesidades reales de nutrientes que poseen sus cultivos para que apliquen las dosis adecuadas. Esto pueden realizarlo por mediación de las instituciones científicas que investigan las formas y metodología de la fertilización de los cultivos agrícolas
- Utilizar abonos orgánicos y biofertilizantes que puedan sustituir parcial o totalmente la fertilización química, lo cual reduce considerablemente el efecto contaminante de los mismos. Para el uso de estos abonos y biofertilizantes también existen instructivos técnicos y guías metodológicas mediante las cuales pueden capacitarse y hacer un uso correcto de estos abonos

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Almaguer, J; Elisa Brunet; W. Espinosa; G. J. León y Blanca Moreno (1999). Efecto del humus de lombriz combinado con la fertilización mineral y su residualidad en el cultivo de la yuca. Centro Agrícola.26 (4): 15- 17.
- Brunet Elisa; J. Almaguer y W. Espinosa (2002) Respuesta del tomate y tabaco a dosis de humus. En V Sem. Cient. Tec.Est. Exp. "Escambray Cienfuegos, Cuba, p.57
- Caballero; J. Gandarilla Y Denia Pérez (2005) Uso del residuo de la producción de biogás en la fertilización de hortalizas. Centro Agrícola.26 (4): 35- 38
- Fundora, O y M. Moreno(1993). Nitrificación en Villa Clara un proceso evolutivo en ascenso 1975 - 1992. Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos. Villa