

# EL REUSO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO EN UN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) UNA ALTERNATIVA AMBIENTAL Y PRODUCTIVA

Edmundo Umaña Gómez

Departamento de Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria UNA Managua, Nicaragua Tel: 2331501, 2331146 ext. 308 e-mail: edmundou@una.edu.ni



## RESUMEN

Un estudio de reúso de aguas para el riego de una parcela de cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se realizó en la comunidad de El Aguacate municipio de Jinotepe aprovechando los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jinotepe, con el objetivo de evaluar los efectos de esta práctica sobre las características físicas y químicas del suelo y los rendimientos obtenidos con respecto a una parcela de referencia. El manejo que se dio al cultivo fue el que tradicionalmente realizan los agricultores de la zona excepto que no se aplicó ningún fertilizante para aprovechar los nutrientes contenidos en el agua residual tratada. El monitoreo de las características del suelo se realizaron en una etapa inicial, una etapa intermedia y una etapa final del ciclo del cultivo. Los resultados obtenidos indican que estadísticamente las variaciones experimentadas en las características del suelo en la parcela de estudio no fueron significativas. Por otro lado, la calidad del efluente en cuanto al contenido de nutrientes, compensa el no uso de fertilizantes por cuanto los rendimientos obtenidos en el estudio superaron hasta en un 60 % la media de rendimientos de maíz en la zona reportados que es de 1.61 t/ha

**Palabras claves:** reúso, efluente, nutrientes, rendimientos

## ABSTRACT

A study using treated sewage water as source of water for irrigation was carried on a corn (*Zea mays*, L.) field in the community of El Aguacate of Jinotepe municipality. The main objectives were to evaluate the effects of this source over the physical and chemical soil properties, and to evaluate the obtained yield with a reference plot with chemical fertilizer. The crop management was as much as possible similar with the traditionally local knowledge but with an exception about the source of nutrients for the crop stand. The soil sampling was taken at the beginning, intermediate, and ending of the maize grow the development. The results showed not significant differences in soil properties among the three sampling moments. The reported local maize yield is about 1.6 ton/ha, and in this study we found an increased over 60% on the crop yield of the treated sewage water compared with a chemical fertilized corn plot.

**Key words:** nutrients, soil properties, yield, sewage water.

Nicaragua es un país que basa su economía en el sector agropecuario. Sin embargo, los fenómenos climáticos asociados a la alta vulnerabilidad de sus recursos entre otras cosas, no han contribuido a potenciar este sector que se ve afectado año con año por la irregularidad del período lluvioso.

El aprovechamiento de las aguas residuales para la agricultura una vez tratadas, representa una alternativa viable ya que no solo contribuiría a asegurar las cosechas en algunas zonas ante la variabilidad climática, sino que se tendría un destino provechoso para los efluentes evitando con ello la contaminación de las fuentes de agua.

Un estudio para implementar el riego de una pequeña zona con el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) usando los efluentes de la planta de tratamiento de la ciudad de Jinotepe, cobra mucha importancia no solo por el aprovechamiento del recurso y protección al medio ambiente sino también para contribuir a crear una cultura diferente en el sector urbano y rural con respecto a los desechos.

Este estudio tiene por objetivo determinar y evaluar los efectos sobre el suelo por el uso del riego con aguas correspondientes a los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jinotepe para el cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) considerando además, el aprovechamiento de los nutrientes, los rendimientos y la percepción de los potenciales usuarios del agua residual para la irrigación.

## REVISION DE LITERATURA

En los últimos años se han realizado en la Comunidad Valenciana algunos estudios sobre el empleo de aguas residuales para el riego. En uno de ellos (Ramos, 1997) se comparó la producción y calidad de la uva de mesa cuando se regaba con agua normal o con agua residual (diluida al 50 % con agua normal), en la cuenca media del río Vinalopó (Alicante).

Los resultados indicaron que el riego con agua residual dio producciones ligeramente superiores al riego con agua normal; no se observó ningún efecto negativo sobre la calidad de la uva en el riego con agua residual. Tampoco se detectó la presencia de microorganismos patógenos presentes en el agua residual en la uva regada con estas aguas (Amorós *et al.* 1989; citado por Ramos, 1997)

En otra investigación, en la provincia de Castellón, Cerezo *et al.* (1995) citado por Ramos (1997), estudiaron el efecto del riego con aguas residuales en naranjos jóvenes. Después de tres años de riego con estas aguas, las diferencias del contenido foliar de N, P y K fueron pequeñas cuando se compararon con las obtenidas con riego con agua subterránea, y no se observaron problemas de fototoxicidad por Na, Cl y B.

Estudios generales realizados en el año 2001 en 18 lugares y 14 países latinoamericanos incluido Nicaragua, dirigidos a evaluar los principales aspectos técnicos y económicos del tratamiento y uso de las aguas residuales revelan dos situaciones en común: la primera establece que el manejo de las aguas residuales constituye un problema de primer orden por sus implicaciones sobre la salud humana y la segunda expone que los aspectos legales, sociales y económicos del adecuado manejo del agua residual se encuentra aún en proceso de concertación en muchos países de la región (CEPIS, 2002).

Existe información acerca del menor requerimiento de agroquímicos y de mayores rendimientos en los cultivos irrigados con aguas residuales en México, Argentina, Perú, Vene-

zuela y Colombia, entre otros, pero no se cuenta con mayor información respecto al aporte de materia orgánica al suelo. En algunos casos se reporta que el suelo está constituido hasta con 20 % de materia orgánica, mientras que en las zonas aledañas y no regadas con aguas residuales el contenido de materia orgánica del suelo es menor de 5 %, lo que constituiría una valiosa contribución a la calidad del suelo (CEPIS, 2002).

En Masaya, Nicaragua se han implementado ensayos de riego en parcelas con carácter investigativo irrigadas con el efluente de la Planta Piloto del Biofiltro instalada desde 1996. Los resultados de estos ensayos reportados por el CIEMA-UNI (1999) demostraron que en todos los casos, el rendimiento obtenido en los diferentes cultivos fue mayor que el rendimiento promedio obtenido por los agricultores de la zona.

El riego agrícola con aguas residuales tratadas representa la mayor fracción del total de la demanda mundial de agua para el reúso. El éxito del reúso agrícola depende de una correcta estrategia. Básicamente, depende de una correcta selección del cultivo y de los métodos de riegos, así como del apropiado manejo integrado de todo el sistema, donde el impacto a la salud es clave (Gutiérrez, 1998).

## MATERIALES Y METODOS

**Descripción general de la zona de estudio.** El estudio se realizó en el Municipio de Carazo, en la comunidad de El Aguacate situada entre la ciudad de Jinotepe y el poblado de Güisquilapa a una altitud de 529 msnm entre las coordenadas 11° 49' 40" latitud Norte y a los 86° 11' 12" longitud Oeste (INETER, 1988) En este sector está ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jinotepe y en ella se estableció una parcela de maíz (*Zea mays* L.) para ser regada con los efluentes de la misma planta.

Esta zona posee un clima semi-húmedo, de sabana tropical; con temperaturas entre los 18 y 25 °C, en la época fría y 25 – 37 °C, en la época calurosa. La precipitación oscila entre los 1,200 a 1,800 mm durante el año.

Las fuentes de aguas superficiales en la zona son escasas y el agua subterránea se encuentra a grandes profundidades con niveles dinámicos de mas 200 m lo que significa una limitante para el desarrollo de esta zona (POSAF-MARENA, 2002).

La planta de tratamiento de aguas residuales es del tipo Fosa Filtro y recoge las aguas servidas de aproximadamente un tercio de la población de Jinotepe y con un área agrícola cercana potencialmente regable.

**Metodología del estudio.** Es estudio consistió en el monitoreo de las características físicas y químicas del suelo en una etapa inicial, intermedio y final del ciclo vegetativo en una parcela de 1096.31 m<sup>2</sup> sembrada del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo un régimen de riego utilizando para ello el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jinotepe.

El manejo agronómico del cultivo durante el período del estudio, fue exactamente igual al que comúnmente se le da a este cultivo en la zona, excepto la fertilización que en este caso se suprimió totalmente para aprovechar y evaluar los nutrientes contenidos en las aguas residuales. Para evaluar los rendimientos se tomó como testigo una parcela cercana cultivada en el período lluvioso y aplicando fertilizantes químicos.

Se tomaron muestras de suelo en cada una de las etapas considerando profundidades de 20 a 40 cm en sitios esco-

gidos al azar dentro de la parcela y mediante una calicata se establecieron las características del perfil del suelo. Se hicieron los análisis estadísticos y comparación de medias para establecer el grado de significancia de los parámetros evaluados considerando las fases inicial, intermedia y final del estudio.

Basado en la información climática y edáfica de la zona se estimaron las necesidades de agua del cultivo y la correspondiente lámina de riego que se aplicó con intervalo de 3 días utilizando la técnica de riego por surcos.

Se establecieron las características químicas y bacteriológicas del efluente así como su caudal medio para establecer su calidad de acuerdo a lo que señala la legislación nicaragüense en el decreto 33-95 y las normativas de la FAO para las aguas para riego.

Se tomaron muestras del follaje para hacer análisis del contenido de nutrientes en la planta específicamente del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio y una vez concluido el ciclo del cultivo se cuantificaron los rendimientos tomando como referencia los rendimientos promedios de la zona y de la parcela testigo. Como uno de los aspectos más importantes en este estudio, se hicieron consultas con agricultores de la zona que pudieron observar el desarrollo de la práctica y basados en su experiencia brindaron su opinión principalmente relacionado a:

a) Desarrollo del cultivo, b) economía por el no uso de insumos, c) aprovechamiento de terrenos ociosos en período seco y d) posibilidades de repetir esta práctica.

## RESULTADOS

**Características químicas y físicas del suelo.** En la comparación de medias de los parámetros químicos del suelo analizados, no se reflejan, en la mayoría de los casos, diferencias significativas en los valores obtenidos con respecto a las tres fases estudiadas (inicial, intermedia y final) en la mayoría de estos parámetros.

Lo anterior refleja que el riego con aguas residuales no alteraría significativamente en principio las características químicas de los suelos cultivables, sin embargo, existen variaciones propias de la práctica ya que se ha desarrollado un cultivo únicamente con los nutrientes contenidos en el agua residual.

Las Figuras 1 y 2, muestran los valores comparativos de algunos de los parámetros más importantes desde el punto de vista edafológico como son: materia orgánica y el nitrógeno.

Los valores obtenidos de Materia Orgánica y Nitrógeno en el suelo, no reflejan diferencias significativas entre una fase

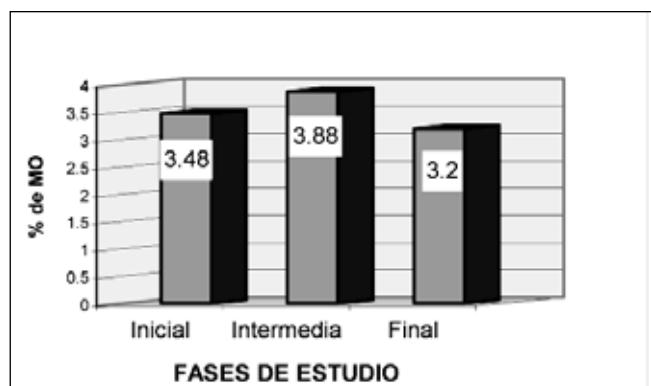


Figura 1. Materia orgánica contenida en el suelo

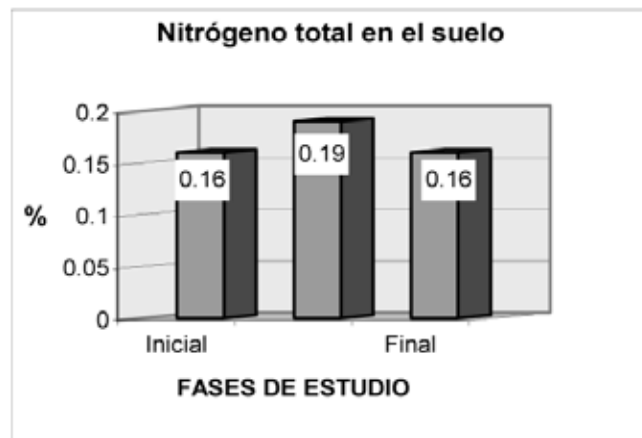


Figura 2. Contenido de nitrógeno total en el suelo

inicial intermedia y final del ciclo por lo que se establece que no se tuvieron efectos sobre el suelo con respecto a estos importantes parámetros por el uso del agua residual en el riego del cultivo de maíz en ese suelo.

Lo anterior sugiere que la aplicación al suelo de una solución conteniendo nutrientes, puede ser una de las prácticas más eficientes y seguras para el aprovechamiento oportuno y efectivo de estos nutrientes.

En el caso del fósforo y potasio se reflejan incrementos en la fase intermedia con valores de hasta 6.33 ppm y 1.63 meq/100g respectivamente lo cual indica el aporte de nutrientes al suelo durante el estudio y el aprovechamiento por la planta ya que estos parámetros disminuyendo nuevamente en la fase final a valores de 0.27 ppm y 0.49 meq/100g menores aún a los reportados en la fase inicial.

Los valores de la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo regado con aguas residuales tratadas varía de 27.8 meq/100g en la fase inicial, a 25.3 meq/100g en la fase final que son valores altos según Quintana *et al*, 1992. Por lo que se desprende que la práctica no altera negativamente las características del suelo.

En cuanto a propiedades físicas, como se observa en la Figura 3, y 4, la densidad aparente como una de las propiedades más importantes y útiles del suelo, no presenta diferencias significativas entre una fase inicial y final del estudio con valores que van de 1.31 a 1.28 g/cm<sup>3</sup> en tanto la Capacidad de Campo tiene un comportamiento coincidente con el de la Materia orgánica y no refleja variación por el uso de aguas tratadas para riego.

El caudal máximo del efluente durante un día típico corresponde a 14.8 l/s y se presenta alrededor de las 10:30 AM en un período de medición de las 7:30 AM a las 3:30 PM.

### Características químicas y bacteriológicas del efluente.

Los valores que reflejan los parámetros químicos y bacteriológicos del efluente analizado no cumplen en su totalidad los requerimientos especificados para vertidos a los cuerpos de aguas superficiales establecidas en las normativas nicaragüenses. Sin embargo de acuerdo a lo que señalan las Directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud (1989) estos efluentes son aptos para el reúso para riego restringido a plantaciones forestales, cereales, cultivos industriales, frutales y forrajes, excepto por la concentración de huevos de helminto.

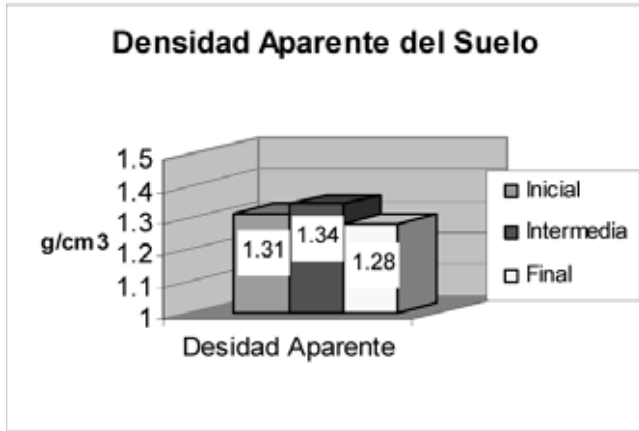


Figura 3. Densidad Aparente del suelo

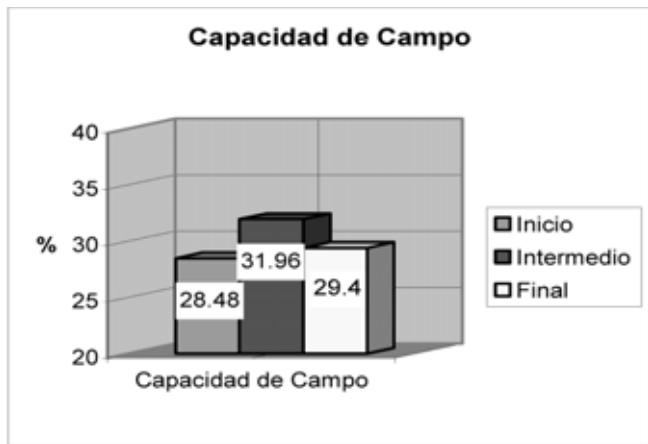


Figura 4. Capacidad de campo del suelo

Por otro lado, los nutrientes contenidos en el agua residual tratada como el nitrógeno, el fósforo y potasio, calcio, magnesio y sodio, reflejan valores que están dentro de los rangos de valores normales en aguas de riego que ha establecido la FAO (1984) y es una evidencia de que estos nutrientes pueden ser aprovechados por los cultivos.

**Contenido de nutrientes en la planta.** En la Figura 5 se presentan los resultados de análisis de plantas (específicamente en el follaje) que fueron regadas con agua residual y plantas que no fueron regadas con agua residual pero sí fertilizadas con el tratamiento que tradicionalmente hacen los agricultores de la zona con el cultivo de maíz que se siembra en la época lluviosa. Los nutrientes analizados corresponden al nitrógeno, fósforo y potasio, por cuanto son los elementos comúnmente contenidos en los fertilizantes que aplican los agricultores de la zona.

Como se observa en la Figura 5, el porcentaje correspondiente al contenido de nitrógeno en las plantas regadas con agua residual supera en un 153 % al contenido en el follaje de plantas que no se regaron con agua residual tratada.

En cuanto al fósforo hay una diferencia muy pequeña en la que la planta regada con agua residual es ligeramente inferior con respecto a la plantación fertilizada y en el caso del potasio nuevamente se tienen valores superiores en las plantas

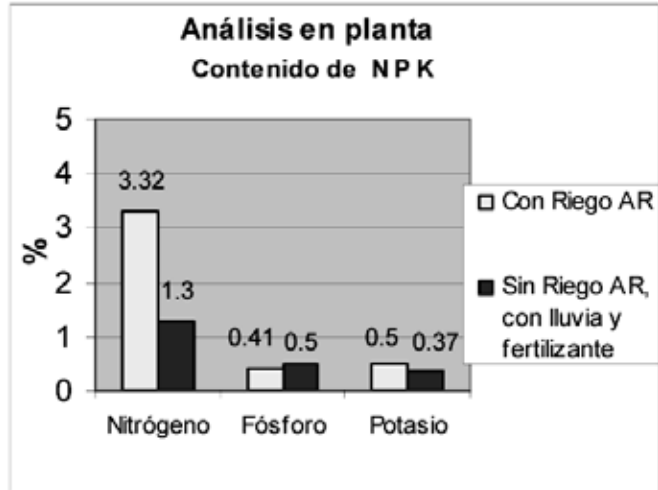


Figura 5. Nutrientes en la planta

regadas con agua residual correspondientes a un 35 % con respecto a las plantas fertilizadas.

Reuter y Robinson (1986), reportan rangos de nitrógeno en plantas que van de 2.6 a 4.0 % en la etapa final del cultivo y valores de fósforo en rango de 0.25 a 0.4 % en algunos sitios y hasta de 0.41 a 0.5 % en otros. Con ello se demuestra el aprovechamiento de los nutrientes contenido en el agua residual tratada y también refleja el ahorro económico que significa la no aplicación de fertilizantes si se riega con aguas residuales.

**Rendimientos del cultivo.** El maíz es uno de los cultivos de mucha importancia para la seguridad alimentaria del país y por consiguiente, la preocupación por lograr mejores rendimientos es un aspecto compartido por todos los miembros de la sociedad nicaragüense en general y del sector agropecuario en particular.

Los rendimientos obtenidos en la parcela corresponden a 2.58 ton/ha muy por encima de la parcela testigo y de la media tradicional que es de 1.61 ton/ha como se muestra en la Figura 6 donde se refleja un incremento del 60% con respecto al testigo que se puede traducir en mayores ingresos para los agricultores

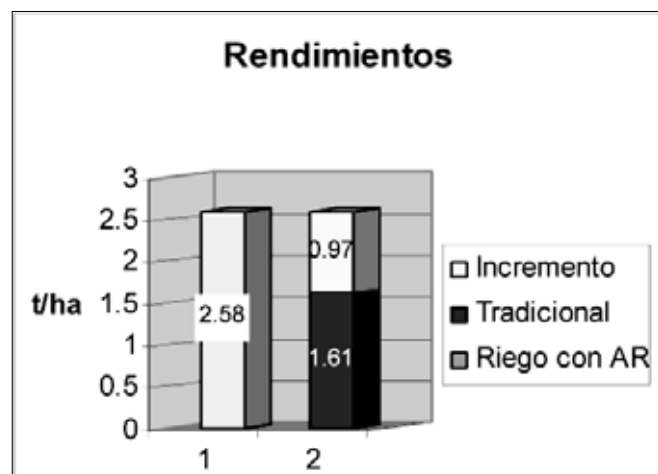


Figura 6. Rendimientos del cultivo

*Aceptación de la práctica.* La percepción de los agricultores sobre el uso del agua residual para regar sus cultivos es variada. Como aspectos positivos se indican el buen desarrollo del cultivo y mejor rendimiento, la economía por el no uso de fertilizantes, el aprovechamiento de terrenos ociosos y la disminución de la contaminación hacia el río pero como aspectos negativos se señalan los malos olores, la inexperiencia en la práctica del riego con esta agua y recelos al consumir los productos regados con agua residual.

De lo anterior se desprende que la implementación del riego con agua residual en el país no será una tarea fácil ya que a pesar de las bondades que esta práctica puede tener, existen prejuicios que hay que diluir. Es necesario acompañar la promoción de esta práctica con un fuerte componente de capacitación a los agricultores y a los potenciales consumidores de los productos que se obtengan de estas prácticas.

### CONCLUSIONES

El uso de aguas residuales para riego en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con los efluentes de la Planta de Tratamiento

de la ciudad de Jinotepe, no representó para el suelo variaciones significativas en sus características físicas y químicas evaluadas.

El desarrollo del cultivo de maíz regado con agua residual tratada es normal y los rendimientos obtenidos superaron hasta en un 60 % con respecto a los rendimientos medios tradicionales en la zona donde se realizó el estudio. El contenido de nutrientes de los efluentes garantizó el no uso de fertilizantes significando con ello, un ahorro sustancial en comparación con el manejo tradicional de este cultivo en la zona sin el uso de aguas residuales.

La práctica del riego con aguas residuales tratadas es aceptada por los agricultores de la zona por sus bondades visibles, sin embargo, hay aspectos negativos como la inexperiencia en el riego y recelos por lo nuevo de esta práctica, por lo que el reúso de aguas debe considerarse como un proceso integral, que debe tomar en cuenta percepción de la población usuaria y consumidora.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**CEPIS** (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2002. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Eds. J Moscoso; L Egocheaga. Lima Perú. 33p.

**CIEMA** (Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente) 1999. Estudio Microbiológico de los cultivos irrigados con el efluente del Biofiltro de Masaya. Universidad Nacional de Ingeniería. Proyecto ASTEC. Nicaragua,

**FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1984. Calidad del agua para la agricultura. Estudios FAO: Riego y Drenaje. Boletín N° 29. Roma. 85p.

**Gutiérrez Díaz, J.** 1998. Reúso de agua y nutrientes: Principales tipos y aplicaciones del reúso (en línea). Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). Consultado 13 de agosto 2003. Disponible en <http://www.medioambiente.cu/revistama/articulo41.htm>

**POSAF- MARENA** (Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal - MARENA) 2002. Plan de Ordenamiento de la Subcuenca Río grande de Carazo. Helsinki Consulting Group Ltd. Managua, Nicaragua. 60p.

**QUINTANA, J; BLANDÓN, J; FLORES, A; MAYORGA, E.** 1992 Manual de Fertilización para Suelos de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria e INDOCONSUL S. A. Managua, Nicaragua.

**RAMOS, C.** 1997. El uso de aguas residuales en riegos localizados y en cultivos hidropónicos. Instituto valenciano de investigaciones agrarias Consultado el 27 Diciembre 2003 Disponible en <http://www.horticom.com/fitech3/ponencia/text/cramos.html>

**REUTER, D; ROBINSON, J.** 1986 Plant analysis and interpretation manual. Innata Press. Sydney, Australia.