

CRITERIOS TÉCNICO-AGRONÓMICOS PARA EL USO DE AGUAS TRATADAS EN LA AGRICULTURA (CASO ISLA MARGARITA, VENEZUELA)

Rosa Orellana Gallego¹ y Xilema Fuentes²

¹Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), Calle 2 esquina a 1 Santiago de las Vegas, Ciudad de la Habana, Cuba. E-mail: orellana@inifat.co.cu

²Unidad Ejecutora de Saneamiento Ambiental Nueva Esparta MARN, Isla Margarita, Venezuela

RESUMEN

El Estado Nueva Esparta en su generalidad está constituido por ecosistemas frágiles. El clima es del tipo semiárido, por lo que el balance hídrico está caracterizado por un déficit de agua durante todo el año. Por tanto, para desarrollar una agricultura sustentable en el Estado se requiere de fuentes de agua que no deben provenir del sistema de agua potable desde tierra firme. En este sentido, la existencia de cinco plantas de tratamiento de aguas negras en funcionamiento, además de favorecer las condiciones de saneamiento ambiental, pueden ampliar las potencialidades agrícolas de los productores. Se realizó un diagnóstico de la calidad de las aguas tratadas y de pozos representativos de Isla Margarita teniendo en cuenta indicadores de contaminación y de salinidad, así como se evaluó la calidad del suelo y el estado del clima. A partir de la información disponible se definieron criterios técnico-agronómicos para recomendar el uso de las aguas tratadas en la agricultura. Se valoró que las aguas, a pesar de tener conductividades eléctricas superiores a las indicadas tradicionalmente para el riego, debido a la presencia de altos contenidos de cloruros, bicarbonatos y sulfatos, son aptas para su uso si se manejan convenientemente en correspondencia con las propiedades de los suelos, las características fisiológicas de los cultivos a regar, métodos de riego y las particularidades del paisaje. Se destaca la necesidad de implementar únicamente técnicas orgánicas en armonía con el ambiente físico-natural de la isla para garantizar la conservación de los agroecosistemas.

ABSTRACT

The State of Nueva Esparta is constituted by fragile ecosystems. The climate is of the semi-arid type. Therefore, to develop a sustainable agriculture in the State it is required of sources of water that they should not come from the system of drinkable water from mainland. In this sense, the existence of five plants of treatment of black waters in operation, besides favouring the conditions of environmental health, they can enlarge the agricultural potentialities of the producers. It was carried out the diagnose of the quality of the treated waters and of representative wells of Island Margarita keeping in mind indicators of contamination and of salinity, as well as it was evaluated the quality of the soils and climate. Starting from the available information they were defined technician-agronomic approaches to recommend the use of the waters tried in the agriculture. It was valued that the waters are capable for their use if they are managed in correspondence with the properties of the soils, the physiologic characteristics of the plants, watering methods and the particularities of the landscape. It stands out the necessity to only implement technical organic in harmony with the physical nature of the island to guarantee the conservation of the agro-ecosystems

INTRODUCCIÓN

El agua es y será un problema para la Agricultura, en general, y para la Agricultura Urbana en particular. El 98 % del agua que hay en el planeta es salada; el 2 % restante, agua dulce, la mayor parte se localiza en los casquetes polares y acuíferos, por lo que solo queda disponible el 0.014 % en lagos y ríos de la superficie terrestre. Se ha planteado que uno de los desafíos mas graves

que enfrenta el mundo de hoy es la crisis de agua que se avecina, por lo que de no mejorar la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas conexos, en el 2025 dos tercios de la humanidad padecerán problemas de penuria de agua grave o moderada (Matsuura, 2002).

La gestión de un recurso está básicamente relacionada con el hecho de que existe una cierta cantidad y hay que usarla en la mejor forma posible de modo que ello permita a los beneficiarios el máximo beneficio tanto en términos económicos como sociales. Ello implica tomar una serie de acciones de cuya bondad y eficacia depende la consecución de este objetivo. Por lo tanto el concepto de gestión del agua para la agricultura puede aplicarse a cualquier espacio geográfico en la que ésta venga utilizada (Sagardoy y Playán, 2003).

Según Miracle (1998), si se entiende por desarrollo sostenible aquel que permita compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas, entonces las buenas practicas en la gestión del recurso agua serán las que tengan por finalidad: (1) disminuir el gasto de agua, disminuyendo su consumo o reciclando y reutilizando al máximo el suministro, (2) extraerla con el menor deterioro posible de los ecosistemas, es decir dejando una parte para el desarrollo normal de ríos, humedales y acuíferos subterráneos, (3) devolverla a las aguas naturales en condiciones aceptables para que el impacto sobre los ecosistemas sea mínimo, para ello la mejor solución es contaminarlas lo menos posible en su uso y proceder luego a su tratamiento de depuración, y (4) realizar esta depuración o descontaminación con un mínimo gasto energético e impacto ecológico. La conservación del suelo y de la vegetación son consideradas también buenas prácticas, y es que el hombre influye sobre el ciclo del agua en dos formas diferentes: directamente, mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas, o indirectamente, alterando la vegetación y la cobertura del suelo.

El tratamiento de las aguas residuales en áreas densamente pobladas constituye una de las medidas más eficaces para su aprovechamiento controlado, puesto que permite definir estrategias de desarrollo de programas

agrícolas como una buena opción para mejorar la disponibilidad de alimentos en las ciudades, a la vez que favorece el saneamiento del entorno urbano.

La Isla Margarita del Estado Nueva Esparta en Venezuela presenta un balance hídrico caracterizado por déficit de agua durante todo el año. Sin embargo, las tecnologías de tratamiento de aguas desarrolladas en el Estado permitirán disminuir la contaminación ambiental y aprovechar sus efluentes para la agricultura, lo que generará alimentos y empleos con el consiguiente mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.

El objetivo del presente trabajo consistió en realizar el diagnóstico de la calidad de las aguas tratadas y de pozos representativos de la Isla Margarita para su uso en la Agricultura Urbana y Periurbana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Isla Margarita está ubicada entre los 10° 51' 50" y 11° 11' 06" de latitud norte y los 63° 46' 40" y 64° 24' 32" de longitud oeste. Es la mayor de las islas que componen el Estado Nueva Esparta, al norte de Venezuela, en el mar Caribe, a unos 38 Km. de la costa nor-oriental.

Tiene una superficie de 1 071 Km.² con una población aproximada de 400 000 habitantes. A partir de la década del 70, la población creció vertiginosamente debido a la implantación de los decretos de Zona franca y Puerto Libre.

En la tabla 1 se muestra la información físico-geográfica general de la Isla.

Superficie	1 071 Km ²
Precipitación media anual	911 – 297 mm
Temperatura Media Anual	27° C
Humedad relativa media anual	88%
Evaporación anual	1 600 – 2 000 mm
Vientos	Predominantes noreste
Altura Máxima	Macizo Geoestructural "El Copey" - 930 msnm
Clima	Árido y semiárido, predomina el árido cálido

El diagnóstico se realizó en 5 plantas de tratamiento de aguas servidas construidas por el estado, a través del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales renovables, HIDROCARIBE y la Gobernación del Estado Nueva Esparta. Estas plantas cubren aproximadamente el 60% de la población del estado.

No.	Denominación	Beneficia a:	Capacidad
1	Los Cerritos	3 municipios: Mariño, Maneiro y Arismendi	450 L.s ⁻¹
2	Aricagua	Municipio Antolín del Campo (25.000Hab)	45 L.s ⁻¹
3	Los Bagres	3 municipios: Díaz, García y parte de Mariño	300 L.s ⁻¹
4	Juan Griego	Municipio Marcano (80.000personas)	116 L.s ⁻¹
5	Boca de Río	Municipio Macanao 20.000 Hab.	45 L.s ⁻¹

Para el análisis de salinidad de las aguas de las plantas de tratamiento y de los pozos representativos se utilizaron los métodos establecidos por el Laboratorio de Física de suelos del Instituto de Edafología de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

Los indicadores de contaminación de las aguas tratadas fueron determinados por la Dirección Estatal Ambiental, perteneciente al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Venezuela. Se tomaron las medias de una serie de muestreos realizados por ese laboratorio en diferentes épocas del año.

La información edafológica del Estado fue brindada por la Dirección Estatal del Ministerio de Agricultura y Tierras a partir de un estudio realizado por el Ing. Stalin Torres de la UCV en el año 2001.

La información climática fue aportada por la Dirección Estatal Ambiental a partir de las series de datos registradas por sus Estaciones Meteorológicas.

RESULTADOS

- **Calidad de las aguas**

Según los resultados analíticos, la calidad de las aguas tratadas no constituyen un peligro para la salud, y su uso en la agricultura permitirá mejorar su composición al pasar a través del suelo hacia los acuíferos. Los indicadores de contaminación (Tabla 2) reflejan valores dentro del rango de permisibles según las directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los tratamientos primario, secundario y terciario a que se someten las aguas residuales son lo suficientemente efectivos durante el proceso como para eliminar en gran medida los microorganismos patógenos (los coliformes fecales se hayan en cantidades mucho menores que 100 NMP/100 ml), descomponer la materia orgánica de tal manera que el producto final no permita el desarrollo de microorganismos heterótrofos, reducir a niveles permisibles las sustancias tóxicas (el balance de industrias en el estado dio como resultado que no existe peligro potencial), cumplimentándose los principales objetivos que persigue una planta de tratamiento (Jiménez y Ravelo, 2002).

Tabla 2. Comportamiento de los Indicadores de contaminación.

Indicadores	Valores
Sol. Sedim., mg/L	≤ 0.1
D.Q.O., mg/L	< 100
D.B.O., mg/L	< 65
Deterg., mg/L	< 0.28
Fenoles, mg/L	≤ 0.3
Fósforo total, mg/L	1.31 - 5.34
Aceites y Grasas, mg/L	< 10
Sulfuro, mg/L	< 0.01
Fluoruro, mg/L	< 1.40
Sólidos flotantes	Prácticamente ausentes
Cianuro, mg/L	< 0.01
Cloro residual, mg/L	< 0.4
Oxígeno disuelto, mg/L	< 15

Según su salinidad (Tabla 3), los efluentes de las aguas tratadas pueden ser clasificados como aguas moderadamente salinas (Rhoades *et al.*, 1992) con conductividades eléctricas (CEs) comprendidas entre 2 y 10 dS.m⁻¹, consideradas del tipo de agua de drenaje primario o manto freático.

El pH no constituye un criterio de calidad del agua de riego ya que tiende a ser tamponado por el suelo y la mayor parte de los cultivos toleran un amplio rango de pH, independientemente de las ventajas que supone su ajuste en las disoluciones de fertirriego (Alarcón, 1999). Los altos valores de pH indican que los contenidos de carbonatos pueden llegar a ser significativos.

Según las directrices de la FAO (1987) para caracterizar las aguas para su utilización en el regadío de los cultivos, las aguas tratadas analizadas no tienen ninguna restricción de uso con relación a la infiltración del suelo; los niveles de la relación de adsorción de sodio (RAS) no causan afectaciones sobre los cultivos y el contenido de los cloruros y bicarbonatos no deben constituir un problema si las aguas se manejan convenientemente mediante riegos superficiales o localizados directamente al suelo sin mojar las plantas.

De las 5 plantas, la de “Los Cerritos” es la que presenta una mejor calidad. Por su CE, se clasifica como agua de irrigación ligeramente salina. Precisamente estos efluentes sirven a los grandes centros urbanos de Porlamar, Pampatar y La Asunción en el riego de la jardinería de sus avenidas y deben ser utilizados en los organopónicos «vitriñas»

La planta de Juan Griego es la que contiene los mayores tenores de sales, y específicamente, de sodio, y es la que presenta los mayores riesgos potenciales. Esta planta está situada en el plano costero que se extiende entre los dos bloques

montañosos que conforman la isla, con alturas inferiores a los 100 metros, caracterizada por desniveles muy débiles en relación con el nivel medio del mar, constituyendo ésta la causa fundamental de la poca jerarquización de la red hidrográfica.

Tabla 3. Comportamiento de los indicadores de salinidad

Indicadores	Aricagua	Los Cerritos	Juan Griego	Boca del Rio	Los Bagres
pH	10.08	8.21	10.35	9.43	8.12
CE dS/m	2.48	1.21	4.80	2.53	2.34
SST, mg/L	1488.5	691.7	2923.1	1444.5	1357.1
Ca ⁺² , me/L	3.59	4.06	3.28	2.20	2.95
Mg ⁺² , me/L	13.66	5.83	3.61	13.66	13.33
Na ⁺ , me/L	3.13	1.56	39.33	5.30	8.61
K ⁺ , me/L	0.58	0.38	1.11	1.13	0.39
∑ cat	20.96	11.83	47.33	22.29	25.28
CO ₃ ⁻² , me/L	0.8	-	0.5	0.2	-
HCO ₃ ⁻ , me/L	4.5	2.3	2.9	3.1	2.4
SO ₄ ⁻² , me/L	2.6	1.0	5.3	3.3	1.3
Cl ⁻ , me/L	20.7	8.5	40.0	20.2	20.2
∑ an	28.6	11.8	48.7	26.8	23.9
E.R. %	26.71	0.25	2.8	16.82	5.45
RAS	1.07	0.70	21.14	1.88	3.02

Existe una correspondencia entre los indicadores de salinidad obtenidos para las aguas de las plantas de tratamiento y los que presentan las aguas de pozos representativos muestreados en diferentes partes de la Isla de Margarita (Tabla 4). El pozo del asentamiento campesino El Salado (Municipio Gómez) está situado en la misma línea costera que la planta de Juan Griego, también con altos valores de sodio y cloruros, y sin embargo son reconocidas las producciones agrícolas que los agricultores del lugar alcanzan, sin traer consigo problemas de salinidad de suelos por la textura arenosa de los mismos y el método de riego por superficie utilizado.

Los bloques montañosos de fuertes pendientes, cuyas alturas no sobrepasan los 1000 metros, están constituidos básicamente por rocas ígneas y sedimentarias metamorfozadas, intensamente plegadas y ricas en minerales útiles (magnesita, níquel, manganeso, calizas) lo que pueden conferirle una composición a las aguas subterráneas con altos contenidos de magnesio y bicarbonatos entre los principales cationes y aniones. Las aguas naturales contienen cantidades muy pequeñas de micronutrientes y de otros elementos traza, generalmente las concentraciones son inferiores a 0.1 mg.L⁻¹ y no existen problemas de toxicidad, solamente es de considerar si existen industrias portadoras de estos elementos (Alarcón, 1999).

Las aguas naturales de Isla Margarita presentan contenidos de Cl⁻ de medios a altos si se tiene en cuenta que muchos cultivos manifiestan sensibilidad a valores menores, sobre todo si se riega por aspersión. Estas altas concentraciones se pueden encontrar en regiones llanas que presentan gran agrietamiento o fallas, donde los horizontes acuíferos someros se ponen en contacto con otros más profundos. También en algunos pozos artesianos, que se han abierto a grandes profundidades durante los trabajos de prospección geológica o de búsqueda petrolífera; así como en las zonas litorales donde las aguas del acuífero kárstico se mezclan con las del mar y

como resultado de este proceso se incrementa la solubilidad de los minerales carbonatados (efecto de mezcla de agua y efecto salino o de fuerza iónica) (Fagundo, 1998).

La calidad química que presentan las aguas de las plantas de tratamiento y los pozos de agua subterránea no determina su utilización en la agricultura. Para tomar una decisión es imprescindible considerar la calidad agronómica, de la cual la calidad química forma parte. Esta calidad agronómica está determinada, además, por los siguientes factores: adaptabilidad fisiológica de los cultivos, características de los suelos, condiciones climáticas, métodos de riego, drenaje del territorio y prácticas de manejo del sistema agua-suelo-cultivo-clima.

Tabla 4. Comportamiento de los indicadores de salinidad en pozos representativos de Isla Margarita.

Indicadores	La Estancia (Carisombra)	La Fuente (Conuco del abuelo)	La Mira (Avigail)	Guaramé (Eduardo Cifontes)	Catalán (Juan Navarro) (Munic. Arismendi)	El Salado Asent. Campesino (Valle Pedro Glez) Munic. Gomez	San Juan (Entrada Fuentidueño) (Jaime Villarrtuel) Munic. Diaz		Cuenca de Cancamire (Munic. García)
	Municipio Antolín del Campo						A	B	
pH	7.33	7.61	7.72	7.85	7.26	7.29	7.41	7.28	7.68
CE dS/m	1.37	2.50	3.20	1.17	2.47	4.28	1.54	1.37	1.64
SST, mg/L	924.1	1517.9	1814.2	801.74	1421.59	2281.15	1027.7	889.18	1142.02
Ca ⁺² , me/L	0.41	0.87	1.54	0.11	0.54	4.50	1.94	1.3	5.23
Mg ⁺² , me/L	12.33	21.55	26.60	11.00	18.50	16.66	13.00	9.50	7.75
Na ⁺ , me/L	0.87	2.26	4.0	0.87	2.08	12.70	1.13	1.56	1.86
K ⁺ , me/L	0.56	0.10	0.09	0.07	0.10	0.22	0.07	0.05	0.86
∑ cat	14.2	24.78	32.23	12.05	21.22	34.08	16.14	12.41	15.71
CO ₃ ⁻² , me/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCO ₃ ⁻ , me/L	8.30	10.20	6.6	7.50	10.4	6	8.8	6.5	10.4
SO ₄ ⁻² , me/L	1.4	2.6	4.3	0.5	1.3	0.6	1.8	1.9	0.1
Cl ⁻ , me/L	4.3	12.4	21.4	4.6	12.4	36.5	5.1	6.3	6.45
∑ an	14.0	25.2	32.3	12.6	24.1	43.1	15.7	14.7	16.9
E.R. %	1.40	1.66	0.21	4.36	11.95	20.9	2.73	15.57	7.04
RAS	0.34	0.67	1.06	0.37	0.67	3.90	0.41	0.67	0.73

- **Calidad de los suelos**

Los principales suelos que predominan en la Isla Margarita han sido clasificados como Luvisoles (férrico, crómico y háplico) y Cambisoles (ferrálico, crómico y eútrico) por la clasificación de la FAO. En su mayoría, presentan más de 100 cm de profundidad en la capa arable.

Desde el punto de vista de su fertilidad, son suelos con una muy baja a media capacidad de retención de humedad y de nutrientes, con buen drenaje y sin ningún riesgo de salinidad (Tabla 5).

Tabla 5. Calidad de los suelos más representativos de Isla Margarita

Parámetro	La Asunción	La Estancia	San Juan	Pedro González	Macanao
Retención de Humedad	Muy Baja	Moderada	Baja	Muy Baja	Muy Baja
Disponibilidad de Oxígeno	Apta	Apta	Apta	Muy apta	Muy apta
Disponibilidad de Nutrientes	Moderada	Moderada	Moderada	Baja	Baja
Riesgo de erosión	Moderada	Moderada	Moderada	Severa	Muy severa
Trabajabilidad	Apta	Apta	Apta	Ninguno	Apta
Riesgo de inundación	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Moderada	Ninguno
Riesgo de degradación	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Salinidad	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguno

Es conocido que los suelos con textura arenosa y loam-arenosa tienen una débil capacidad de retención de humedad, son permeables y por tanto drenarán con facilidad, por lo que su salinización será muy difícil.

Los sistemas organopónicos o huertos con canteros altos bien mezclados con materia orgánica, sobre todo de lenta descomposición, favorecen las condiciones físicas para el desarrollo de cultivos sin detrimento del recurso suelo.

El diagnóstico de residuales sólidos en la Isla arrojó la existencia de un número considerable de materiales en cantidad suficiente para ser utilizados como componentes de sustratos, y que no tienen competencia para otros fines. Se pueden mencionar la concha o cáscara de coco, la poda de los jardines,

hojas y tusas de maíz resultantes de la elaboración de las “cachapas”, residuos del mar como los exoesqueletos marinos y algas, que arriban en cantidades grandes a las playas y constituyen un problema ambiental de gran dimensión. Además, hay amplios volúmenes de gallinaza mezclada con aserrín, y en menor cuantía, estiércoles de bovinos, chivos y caballos.

También, aún sin explotar, están los lodos de las plantas de tratamientos acumulados durante varios años.

- **Clima.**

El clima de Isla Margarita es de tipo semiárido presentando un régimen bimodal: dos períodos lluviosos y dos secos, existiendo un déficit hídrico en todos los meses del año. La distribución general promedio de la precipitación es bimodal con 2 picos de altas precipitaciones entre junio y agosto y de diciembre a febrero; su origen tiene vinculaciones directas con la atmósfera como factor dinámico y el relieve como factor superficial. De esta forma, las precipitaciones son de carácter marcadamente orográfico.

La baja pluviosidad y la alta evaporación determinan que la mayoría de los ríos y quebradas sean de régimen esporádico. Por tal motivo, el balance hídrico de Margarita está caracterizado por un déficit de agua durante todo el año (Fig. 1).

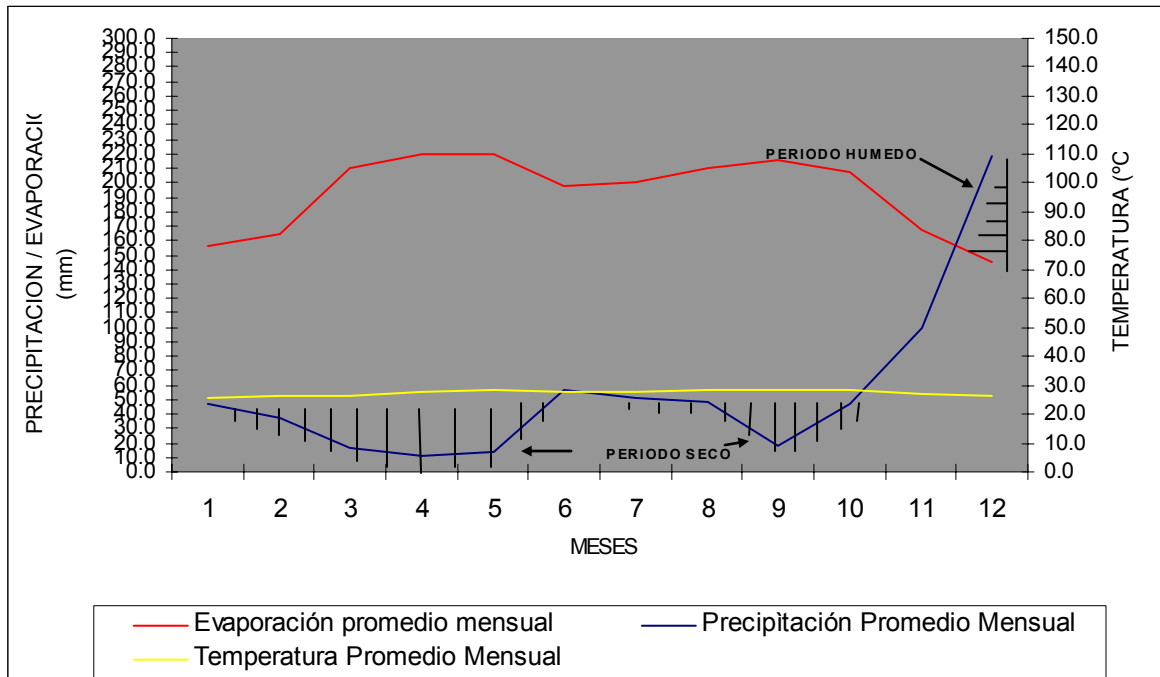
El desarrollo de programas agrícolas bajo este clima tan agresivo requiere del establecimiento de coberturas vivas o muertas (Orellana, 2003). Además, se precisa la plantación de árboles frutales o forestales alrededor de los campos cultivables para mejorar el ambiente, y a la vez prevenir el desarrollo de procesos erosivos. En huertos y organopónicos pueden ser utilizadas mallas negras que reduzcan la evaporación. Todas estas medidas contribuyen a utilizar racionalmente el agua a aplicar para el riego de los cultivos.

Bajo este clima intenso, no es recomendable la utilización de abonos orgánicos elaborados como el compost y el humus de lombriz, y también los estiércoles, en grandes cantidades sobre la superficie del suelo, sino en pequeñas dosis como fertilizante localizado a la planta. Esos materiales se mineralizan muy rápido y no participan en la creación del fondo húmico de los suelos (Tuiev, 1989).

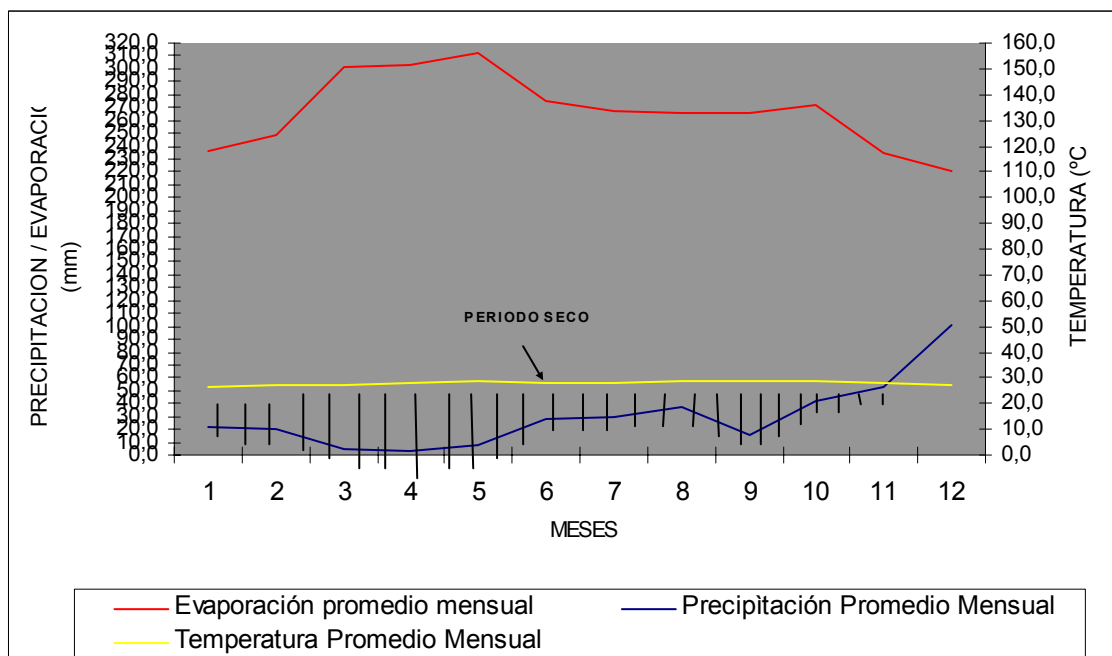
Los compost deben ser elaborados bajo determinadas condiciones de anaerobiosis, en hoyos en la tierra y en lugares con sombra parcial o completa, de tal forma que pueda ser mantenida la humedad. Para evitar la pérdida de grandes cantidades de nitrógeno durante el proceso, es importante utilizar gallinaza que tiene altas concentraciones de amonio y urea, incrementar la relación C:N a 40:1 ó 50:1 y reducir el intercambio gaseoso con menos volteo.

Fig. 1. Climagramas confeccionados a partir de los datos meteorológicos de 2 estaciones.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA ASUNCIÓN



ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUNTA DE PIEDRAS



CONCLUSIONES

1. Las aguas de las plantas de tratamiento (Aricagua, Los Cerritos, Juan Griego, Boca del Río y Los Bagres), pertenecientes a la Gobernación del Estado Nueva Esparta, clasificadas como de salinidad de ligera a moderada, son aptas para su utilización en la agricultura si son manejadas convenientemente de acuerdo al tipo de suelo, cultivo a regar, método de riego, drenaje del territorio y prácticas agronómicas adecuadas.
2. La composición química de las aguas no constituye el único indicador para determinar su uso en la agricultura.
3. Los suelos del Estado no presentan limitaciones en cuanto a drenaje, profundidad y granulometría para el uso de las aguas tratadas en la agricultura.
4. El manejo adecuado de las aguas tratadas debe sustentarse sobre la base de prácticas agronómicas que reduzcan la alta evaporación que caracteriza el clima del Estado.
5. Es necesario la promoción de actividades de extensión y capacitación para el uso de las aguas en la Agricultura.

RECOMENDACIONES

- Para desarrollar la agricultura en las condiciones de clima, suelo y agua del Estado Nueva Esparta (Isla Margarita) se recomienda :
 - Crear un estado físico favorable del suelo y/o sustrato mediante la aplicación sistemática (al concluir cada ciclo de cultivo) de materia orgánica disponible en el Estado, preferentemente de descomposición lenta, en cantidades superiores al 50 %.
 - Mantener un adecuado drenaje del suelo con una buena relación agua-aire en el suelo y/o sustrato.
 - Producir las plántulas por el método de bandejas, para evitar en la medida de las posibilidades la siembra directa.
 - Utilizar variedades y especies adaptadas a las condiciones tropicales.
 - Mantener un adecuado suministro de nitrógeno al suelo y/o sustrato
 - Aplicar portadores cálcicos para favorecer la relación calcio/magnesio en suelos y sustratos
 - Manejar en forma localizada el agua de riego, procurando aplicar la misma al suelo y no al cultivo.
 - Conformar adecuadamente el lecho de siembra y la ubicación de las semillas y/o plántulas si se utiliza el riego por superficie.
 - Aprovechar las limitadas precipitaciones que caen en el territorio.
 - Mantener húmeda la zona rizosférica (zona de distribución de las raíces) para garantizar un flujo de agua a favor del menor potencial (de la parte más húmeda a la más seca).
 - Utilizar coberturas muertas (hojas secas, fibra de coco, aserrín, etc.) sobre el suelo y/o sustrato para reducir la evaporación.
 - Garantizar el cumplimiento estricto de la disciplina tecnológica.

REFERENCIAS

- Alarcón, A.L. 1999.** Calidad del agua de riego para fertirrigación. III Parte. Horticultura. Rev. De Frutas, hortalizas, flores ornamentales y plantas de vivero, 136, 18(3):50-52
- Fagundo Castillo, J.R. 1998.** Control de la calidad de las aguas en zonas costeras. En Materiales impartidos en el Curso Técnicas Automatizadas de control. CNIC, Cuba. Tema 8, Tomo I.
- FAO. 1987.** La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO. Riego y Drenaje. 29. Rev. 1. 174 pp.
- Jiménez Peña, Y. y Ravelo Ron, D. 2002.** Tratamiento de aguas residuales, una necesidad para disminuir la contaminación ambiental. Rev. Agr. Orgánica, Año 8, No. 3, pp. 32 – 34.
- Matsuura, K. 2002.** Día Mundial del agua, mensaje del director general de la UNESCO con motivo del día mundial del agua (22 de marzo de 2002). Tomado de http://www.unesco.org/water/water_celebrations/index_es.html. En Rev. Agr. Orgánica, Año 8, No. 1, pp. 31 – 32.
- Miracle, M. R. 1998.** Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid., pp. 1 – 12 (tomado de internet, conectado el 5 de agosto del 2003)
- Orellana Gallego, R. 2003.** Los recursos hídricos y el efecto del mulcheo sobre el suelo. En: Manual de Agricultura Orgánica Sostenible. FAO-INIFAT, pp. 11 - 14
- Rhoades *et al.* 1992.** Uso de aguas salinas en la agricultura. Boletín FAO, Rome, Italy, 147 pp.
- Sagardoy Alonso, J.A. y E. Playán. 2003.** La modernización de la gestión de los sistemas de riego. Memorias Congreso Internacional de Riego y Drenaje Cuba-Riego 2003. 20-24 de octubre. Palacio de las Convenciones de la Habana, Cuba, 17 pp.
- Tuiev, N.A. 1989.** Microbial Processes of humus formation. WASCHNIL. – M., Agropromizdat, 239 pp.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo sólo pudo ser posible por el apoyo material y humano brindado por la Gobernación del Estado Nueva Esparta, especialmente, por su Gobernador Dr. Alexis Navarro Rojas. Se agradece la colaboración prestada por IRMANE y las Direcciones Estadales de Medio Ambiente y Agricultura y Tierras, así como otras entidades, organizaciones y personas individuales, sin cuya participación no se hubiese desarrollado este proyecto de colaboración científico-técnica entre Cuba y Venezuela.