



INIA  
Instituto Nacional  
de Investigaciones  
Agrícolas

Vol. 55, N° 2, 2005

# Agronomía Tropical

**55** *Aniversario*

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

## AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, anteriormente FONAIAP.

**AGRONOMÍA TROPICAL** publica trabajos inéditos sobre resultados de investigación obtenidos en las ciencias agrícolas y sus diferentes disciplinas: mejoramiento agronómico, recursos fitogenéticos, biotecnología, fisiología vegetal, edafología, fertilidad y nutrición de suelos, riego, protección vegetal, malezas, ecología y medio ambiente, maquinaria, sistemas de producción y tecnología de alimentos, entre otros.

La remisión de un trabajo a la revista implica que no ha sido publicado ni enviado simultáneamente para su publicación en otro medio. Los artículos y notas son revisados y evaluados por reconocidos especialistas para asegurar su calidad científica. El contenido de los trabajos (artículos, notas, ensayos...) es de la exclusiva responsabilidad de los autores.

### INDIZACIÓN

**AGRONOMÍA TROPICAL** es reseñada e indizada por CAB Internacional (Reino Unido); TROPAG, Royal Tropic Institute (Holanda); REFERATIVNYI ZHURNAL, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information (Rusia); AGRIS, FAO (Roma); Base Agrícola Venezolana, INIA (Venezuela); Centro de Información y Documentación (Cuba); REVENCYT, Fundacite Mérida (Venezuela); PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (México); REDPAV, Fundación Polar (Venezuela); WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS, NISC Colorado (USA); BIOSIS Zoological Record (Reino Unido); AGRÍCOLA, National Agricultural Library (USA); Pest Directory, International Society for Pest Information (Alemania); LATINDEX, Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina; Bibliografía Edafológica Venezolana, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo; MegaBase AGRI 2000, IICA-CATIE; Catalogue en Ligne del Institute de l'Information Scientifique et Technique, Francia; Base de Datos REVIS, CATIE, Costa Rica, Science citation index.

### SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 125 000,00

Países en desarrollo: US\$ 95, incluyendo costos de envío  
(Developing countries) (including shipping)

Países desarrollados: US\$ 100, incluyendo costos de envío  
(Developed countries) (including shipping)

### DIRECCIÓN

La correspondencia debe dirigirse a: **AGRONOMÍA TROPICAL**, Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103. Maracay 2105. Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agropueciarias, INIA. Apartado 4653. Maracay 2101. Aragua-Venezuela.

Correo Electrónico: [agrotrop@fundacite.org.gov.ve](mailto:agrotrop@fundacite.org.gov.ve)

Página Electrónica: <http://www.redpav-polar.info.ve.agrotrop>

# **AGRONOMÍA TROPICAL**

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Maracay, Venezuela**

---

**Agronomía Trop. / Vol. 55 / No. 2 / Abril - Junio 2005 / ISSN 0002-192X**

---

## FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani<sup>†</sup>, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guiseppe Ravello, Luis A. Salas F., S. Horovitz, P. Obregón y Dora M. de Zerpa.

**EDITOR:** Milagros Fernández

**EDITOR ASISTENTE:** Andreina Muñoz

## COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández  
María González

Félix San Vicente  
Klaus Jaffé

## CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José. IVIC. Caracas

Gustavo Trujillo. UCV. Fac. de Agronomía

María A. Sobrado. USB. Caracas

José Pérez Roa. CIDIAT. Mérida

Jean Marie Hétier. ORSTOM. Francia

Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía

Jorge Salas. INIA. CIAE Lara

Eva García. UCV. Fac. de Agronomía

Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay

Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina

Gloria I. Puerta. CINECAFÉ. Colombia

Jon Lizaso. Iowa State University

Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala

María L. Izaguirre. IVIC. Caracas

Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear

Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay

Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México

Alfredo Layrisse. UCV. Fac. de Agronomía

Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo

David Beck. CIMMYT. México

Zaida Lentini. CIAT. Colombia

Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía

Marisol Castrillo. USB. Caracas

José Barreiro Méndez. USB. Caracas

Juan Blanquer. Univ. Politec. Valencia. España

Ramón Rossel. Univ. Nac. del Sur. Argentina

Lelys Bravo. USB. Caracas

Berto Arias. INIA. CIAE Monagas

María Juana Pérez. INIA. CENIAP. Maracay

Segundo Urquiaga. EMBRAPA. Brasil

Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit)  
el apoyo financiero otorgado para la edición de este número

## AGRONOMÍA TROPICAL

---

Vol. 55-2005

Abril - Junio

No. 2

---

ISSN 0002-192X

Depósito Legal pp 195102AR73

---

### ÍNDICE

<b>Trabajo Especial:</b>	<b>Pág.</b>
R. DELGADO. Un sistema integral de evaluación y transferencia de tecnologías para una agricultura sustentable en Venezuela..... An integral system to teach, to evaluate and to transfer technologies for a sustainable agriculture in Venezuela.	<b>163</b>
<b>Artículos:</b>	
O. I. ABARCA. Metodología de bajo costo para el levantamiento planimétrico de predios agrícolas con sistemas de información geográficos..... A lower cost methodology based in geographical information systems to elaborate land maps.	<b>183</b>
N. MEZA y D. BAUTISTA. Fenología de la floración en dos variedades de níspero..... Phenology of flowering of two sapodilla cultivars.	<b>203</b>
Y. ACOSTA y J. PAOLINI. Actividad de la enzima deshidrogenasa en un suelo Calciorthids enmendado con residuos orgánicos..... Deshidrogenase enzyme activity in a Calciorthids soil amended with organic residues.	<b>217</b>
O. I. ABARCA y S. RODRÍGUEZ. Caracterización ambiental e hidráulico-estructural de la red de acueductos de la población de El Limón, estado Aragua..... Environmental and hydraulic-structural characterization of the aqueduct system or the El Limon twon, Aragua State, Venezuela.	<b>233</b>

<b>Artículos:</b>	<b>Pág.</b>
E. E. MONTEVERDE, G. LABOREME., W. AVILÁN, J. R. RUIZ y M. RODRÍGUEZ. Evaluación del naranjo California (Washington navel) <i>Citrus sisnensis</i> Obs., sobre diez portainjertos en los valles altos de Carabobo-Venezuela.....	265
Evaluation of California orange (Washington Navel) <i>Citrus sisnensis</i> Obs., under ten rootstocks in the highlands valleys of Carabobo State, Venezuela	
O. I. ABARCA. Conflictos de intensidad de uso de la tierra en las Estaciones Experimentales de la Universidad Central de Venezuela. Análisis espacial con sistemas de información geográfica.....	289
Conflict of land uses into the Experimental Stations of the Universidad Central de Venezuela: Spatial analysis with geographical informatios systems.	

Instrucciones a los autores

**TRABAJO ESPECIAL**

**UN SISTEMA INTEGRAL DE ENSEÑANZA,  
EVALUACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS  
PARA UNA AGRICULTURA  
SUSTENTABLE EN VENEZUELA**

**Rodolfo Delgado\* y Evelyn Cabrera de Bisbal\***

**RESUMEN**

El desarrollo de tecnologías sustentables (TS) es un elemento fundamental en el logro de una agricultura sustentable (AS), en la cual el objetivo fundamental es la obtención de una condición en donde el productor-agricultor pueda cubrir, mediante la actividad agrícola, las necesidades básicas actuales, y expectativas futuras, de su núcleo familiar, mientras se mantiene un medio ambiente sano, hospitalario y productivo que garantice la preservación de esta condición para las generaciones futuras. El desarrollo de TS debe considerar tanto las capacidades económicas y características socio-culturales de los productores, así como las características bio-físicas y condiciones agro climáticas específicas de las unidades de producción. En este artículo se presenta una propuesta-modelo para el desarrollo de un sistema integral de evaluación, transferencia, y enseñanza de TS en Venezuela, en el cual se integran los aspectos de 1) investigación; 2) sistemas modernos de información; 3) modelos bio-físicos de simulación interactivos del sistema suelo-cultivo-clima y efecto de prácticas de manejo; 4) índices de sustentabilidad. Con este sistema se podría evaluar, entre otros aspectos, el desempeño ex-ante de sistemas de producción para condiciones particulares a nivel de finca de producción, detectar necesidades de investigación, para contribuir a la enseñanza y formación tanto de los productores como de los agentes de extensión e investigadores.

**Palabras Clave:** Sustentabilidad; agricultura sustentable; tecnologías amigables; enseñanza; Venezuela.

**INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a las definiciones más comunes de sustentabilidad (Swift y Woome, 1993), los sistemas sustentables deben considerar la capacidad

---

\* Investigadores. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RECIBIDO: junio 09, 2005

del sistema de proveer, cubrir, o satisfacer las necesidades humanas, mientras preserva o mejora el medioambiente, conserva los recursos naturales, y es económicamente rentable. Otros aspectos como la aceptación social y soporte político, deben ser considerados en la evaluación de la sustentabilidad de tecnologías agrícolas.

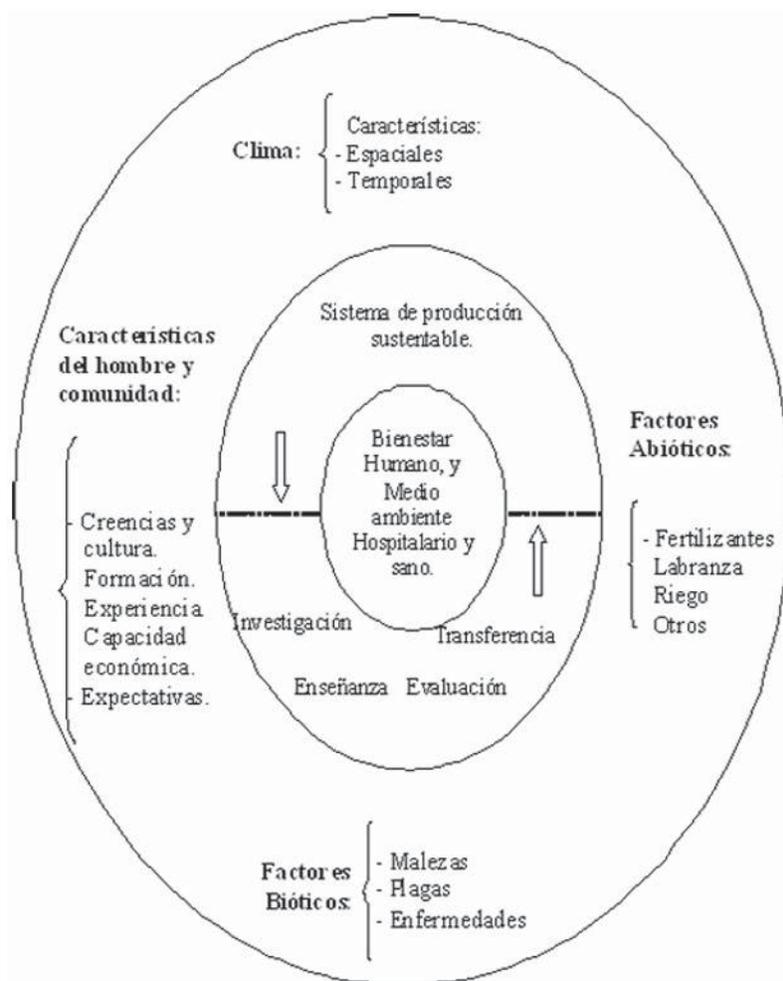
La agricultura en Venezuela se desarrolla en una amplia diversidad de condiciones edafo-climáticas, empleando diversos sistemas de producción y de manejo de los sistemas agrícolas, y donde existen pequeños, medianos, y grandes productores con amplias diferencias en formación, capacidades económicas y de adopción de tecnologías. Más aún, desde el punto de vista de disponibilidad de información, las áreas agrícolas del país han sido caracterizadas, con diferente intensidad y/o nivel de detalle: aunque el 95% del país está caracterizado a una escala 1:250 000, sólo algunas áreas agrícolas están caracterizadas a niveles de detalle mayores a 1:50 000, lo cual dificulta la evaluación y transferencia de tecnologías, así como los resultados de investigación, lo cual se basa principalmente en la utilización de las denominadas áreas análogas (mapas).

Los aspectos indicados anteriormente deben ser considerados al momento del desarrollo de mecanismos de evaluación y transferencia de tecnologías, y de investigación que permitan dar respuesta a la demanda de tecnologías adecuadas y sustentables, esto último como base de una agricultura sustentable (AS) en condiciones tropicales.

La diversidad de condiciones en las cuales se realiza actividades agrícolas, y de las condiciones socio-económicas de los productores, amerita un sistema de desarrollo, evaluación, transferencia de tecnologías, y enseñanza que considere las principales características del sistema suelo-cultivo-clima-manejo-factores (bióticos y abióticos), igualmente los aspectos socio-económicos de los productores, como garantía, de la apropiabilidad de las tecnologías desarrolladas y su adopción, y de preservación de las mismas. Esto último, sugiere la activa participación del productor desde el momento inicial en la selección de los sistemas o tecnologías a evaluar y en el proceso de evaluación, e inspira la formación del productor como elemento fundamental para garantizar la sustentabilidad de la agricultura.

En la Figura 1 se indica los principales componentes a considerar en el desarrollo de una AS. Se destaca en el mismo el componente de enseñanza

y formación, el cual contribuye, además de la adopción de tecnologías sustentables (TS), a la preservación de la sustentabilidad integral de la agricultura mediante la formación integral de productores, científicos, extensionistas, empresarios, y ciudadanos.



**FIGURA 1.** Principales componentes a considerar para el desarrollo de una agricultura sustentable

El enfoque integral sugerido, contrasta con la visión ampliamente difundida de desarrollo de tecnologías universales y de generalización inductiva (MacRae *et al.*, 1989), los cuales, aunque han contribuido al diseño de estrategias de manejo de sistemas agrícolas y difusión de las mismas, no permite prescribir prácticas de manejo específicas para cada condición donde se realizan actividades agrícolas. Algunas consideraciones sobre el desarrollo de una AS han sido señaladas por Rivera (1991), quien indica que el desarrollo de una AS debe estar basado en transferencia y extensión de tecnologías que se hayan desarrollado considerando la conservación de aguas, suelo y ambiente como eje central de la misma.

El desarrollo de una AS en el país requiere, además de mecanismos que garanticen la apropiabilidad y adopción de las tecnologías generadas, de una revisión continua de los aspectos relevantes a investigar, la integración de los resultados de investigación en un sistema funcional y efectivo, y un programa continuo de enseñanza a nivel de productores agropecuarios, técnicos, extensionistas e investigadores como base para la construcción de un sistema de desarrollo-enseñanza-difusión de AS.

#### **Propuesta de un “Sistema integral de evaluación, transferencia, y enseñanza para una agricultura sustentable en Venezuela”**

De lo antes señalado, se destaca la necesidad del desarrollo de sistemas integrales de evaluación y transferencia de TS, en cuanto a enseñanza se refiere, con suficiente sensibilidad para que sea aplicable en diferentes condiciones agro ecológicas en un amplio rango de condiciones socio-económicas de los productores. Dicho sistema integral debería estar fundamentado en:

1. la integración cuantitativa e interactiva de los principales factores y procesos biofísicos y bióticos que afectan el desempeño de los sistemas de producción; así como la consideración del impacto de estos sistemas de producción en las principales características del sistema suelo-ambiente en el corto, mediano, y largo plazo,
2. la consideración de los principales atributos de suelo y clima que reflejan o caracterizan la variación natural espacio-temporal dentro y entre unidades de producción,
3. sistemas de información geográfica de características espacio temporal relevantes e impactantes de suelo, clima, y manejo de los sistemas agrícolas,

4. índices integrales de evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción,
5. capacidad de adopción de tecnologías y capacidades económicas de los productores y
6. Tecnologías modernas de información y comunicación.

En la Figura 2 se indican algunos de los componentes y factores que los afectan, los cuales podrían considerar para el desarrollo de un “Sistema integral de evaluación de agricultura sustentable”, como algunos de los aspectos de utilidad del mismo.

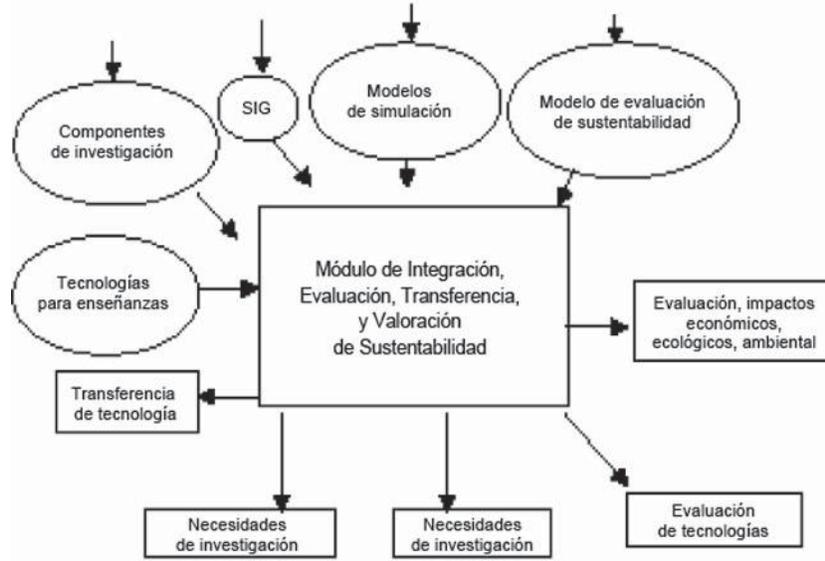
**En el Sistema de evaluación de agricultura sustentable propuesto (Figura 2) se destacan los componentes relacionados a:**

1. generación de información necesaria sobre procesos claves en el sistema suelo-cultivo-clima-manejo-factores-bióticos (componente de investigación),
2. integración efectiva de los componentes (modelos de simulación),
3. integración de información espacio-temporal de suelo, clima, manejo (sistema de información geográfico-SIG).
4. evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas (modelo de evaluación de sustentabilidad).

La implementación de un sistema de la naturaleza propuesta permitirá contribuir, entre otros aspectos, a la:

- 1) evaluación y transferencia de sistemas de producción y/o prácticas sustentables,
- 2) detección de necesidades y/o vacíos importantes de información,
- 3) elaboración de estudios de impactos ecológicos, económicos, ambientales y evaluación de riesgos climáticos,
- 4) enseñanza y/o educación de productores, técnicos, extensionistas e investigadores.

Suelo, clima, factores bióticos, manejo, cultivo, sistema de producción, productor, educador, extensionistas, necesidades de la comunidad y/o productores, de enseñanza, y extensionistas



**FIGURA 2.** Sistema integral de evaluación, transferencia y enseñanza de una agricultura sustentable

### Descripción y análisis de los componentes del sistema propuesto:

**Investigación:** El desarrollo de una AS requiere, y debe estar basado, en una estrategia de investigación que oriente 1) los aspectos relevantes a investigar dentro de los componentes suelo, planta, clima, prácticas de manejo y factores económicos, sociales y políticos, 2) el establecimiento de mecanismos que garanticen la complementariedad e integración efectiva de los procesos dentro de los diferentes componentes y los procesos que permiten la integración entre componentes, 3) el nivel de detalle espacial y escala temporal adecuados o para evaluación y extrapolación de tecnologías a nivel de finca de producción, y que permita evaluaciones durante el ciclo de crecimiento o desarrollo del o los cultivos, y 4) desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico, apropiados para evaluación en condiciones de sistemas sustentables, de métodos, e índices de evaluación de sustentabilidad de las sistemas agrícolas.

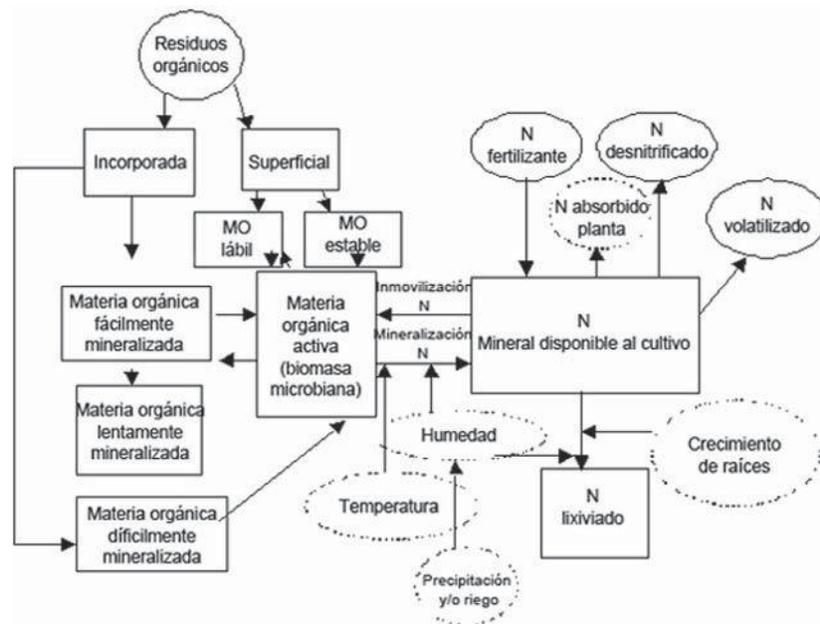
La selección de las variables y procesos claves que se deben estudiar, referentes a las variables que impulsan estos procesos en el sistema de cultivo, se debe basar, entre otros aspectos, en:

- 1) la intensidad con la cual la acción de las variables y/o procesos (ejemplo: pérdida de suelo por erosión, agregación del suelo, compactación del suelo, N y P disponibles en el suelo; efecto de plagas, enfermedades, y malezas, entre otros, afectan el desempeño de los cultivos que componen los sistemas de producción, y la calidad o productividad del suelo del ambiente, la producción y calidad de los productos;
- 2) el período de tiempo necesario (corto, mediano, y/o largo plazo) para la evaluación del impacto de los sistemas de producción, y prácticas de manejo en el desempeño de los cultivos y propiedades importantes de suelo, y ambiente, y para la evaluación de riesgo de prácticas de manejo (principalmente químico) para la calidad de vida o salud pública;
- 3) la escala temporal de ocurrencia de procesos importantes de la planta durante el ciclo del cultivo;
- 4) la intensidad y duración de procesos importantes del suelo que impactan tanto el desempeño de cultivos en períodos tan cortos como su ciclo de crecimiento (por ejemplo: capacidad de suplencia de nutrientes), hasta en períodos más prolongados (ejemplo: pérdida de suelo por erosión que afecta productividad del suelo), y procesos en el suelo que perjudican calidad del ambiente (ejemplo: emisión de gases invernadero);
- 5) los procesos y variables importantes del suelo que son afectados por prácticas de manejo de los sistemas agrícolas (ejemplo: porosidad y densidad aparente del suelo, infiltración, entre otros.);
- 6) los procesos y variables que permiten la integración dentro, y entre componentes del sistema suelo-cultivo-clima factores bióticos y el efecto de manejo.

Un ejemplo donde se consideran algunos de los aspectos indicados anteriormente en la selección de variables y procesos dentro de un componente en particular (suelo), y de la relación entre componentes (suelo-planta-clima), ha sido presentado por Delgado y Núñez (2004) en la determinación de N disponible en el suelo.

En el primer caso, selección de variables y procesos dentro de un componente, en la estimación del N disponible en el suelo se considera, entre otros aspectos, los diferentes compartimientos de N orgánico en el suelo y los procesos mineralización e inmovilización, lixiviación, y absorción de N por el cultivo (Figura 3).

En el segundo caso, relación entre componentes suelo-planta-clima, en la estimación diaria de producción de materia seca, se considera la radiación solar diaria, de manera conjunta con la eficiencia de utilización de esa radiación, los requerimientos de N para la producción de materia seca y el N disponible en el suelo, así como la capacidad de redistribución del N previamente acumulado por el cultivo. Ejemplos de procesos en el suelo y la planta que pueden afectar en el corto plazo, son observados en los trabajos de Delgado (2001; 2002) quien señala tasas de mineralización de N en el suelo desde 3,7 a 5,2 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> entre los 15 y 60 días, y las tasas de absorción de N por el maíz de hasta 8 kg N ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.



**FIGURA 3.** Factores y procesos considerados en la determinación de N disponible en el suelo (Fuente: Delgado y Núñez, 2004).

En la estimación del N disponible (Figura 3) se consideró, además de los procesos de corta duración, el N proveniente de residuos de plantas incorporados en el suelo, donde la cantidad de residuos incorporada depende del tipo de labranza, donde se afecta la cantidad de N en los diferentes compartimientos orgánicos del elemento. El proceso de alteración de la capacidad de suministro de N, debido a la incorporación de diferentes cantidades y calidad de los residuos orgánicos incorporados, podría ocurrir en el corto plazo (semanas), dependiendo de la cantidad de residuos de rápida mineralización (Kuo y Sainju, 1998), hasta en períodos más prolongados (años) como lo sugiere Maskina *et al.* (1993), dependiendo de la cantidad de residuos más recalcitrantes de más lenta mineralización.

La incidencia de malezas, insectos y enfermedades son los factores biológicos a considerar en el desarrollo de sistemas sustentables, por: 1) afectar el desempeño de los cultivos (producción) al competir por nutrientes, agua y en la utilización de la radiación solar; 2) afectan directamente las plantas (Ejemplo: consumen la parte aérea, follaje o grano), y con ello la producción, o la calidad de los productos; 3) efecto indirecto debido al control físico o químico que se realiza para contrarrestar su efecto, en la calidad del suelo, el aire, y las aguas de drenaje o escorrentía, y en el equilibrio de las relaciones tróficas en el suelo y el agro ecosistema.

De lo antes indicado se sugiere la necesidad de asociar el volumen y patrón de exploración del suelo por el cultivo, y el patrón de acumulación de nutrientes, materia seca y utilización de agua del suelo por malezas, con la real disponibilidad de nutrientes y agua para el cultivo. Evaluaciones de esta naturaleza permitirían efectivamente determinar el impacto de la incidencia de determinado tipo de malezas en la producción de los cultivos del sistema de producción, y determinar la real necesidad y el grado de control requerido, y con ello racionalizar el uso de herbicidas y el uso de control biológico. Con ello se promueve una disminución de los riesgos de contaminación del suelo y aguas, así como del deterioro físico del suelo promoviendo el uso más eficiente. Sobre esta base algunos ejemplos en cuanto a la importancia que representan las malezas como sumidero de N y algunos elementos que de su manejo para incrementar la eficiencia de uso de N por el cultivo ha sido señalado por Crozier *et al.* (1994) y Cabrera-Bisbal *et al.* (2001).

Por otra parte, para poder predecir la incidencia de las plagas y enfermedades en el tiempo, y establecer sistemas de manejo apropiadas para su

control, es necesario la caracterización cuantitativa del patrón de incidencia y variables que la impulsan; la determinación de los mecanismo de acción en la alteración del desempeño del cultivo, y la determinación de los umbrales sobre los cuales es necesario ejercer acciones para su control. Ejemplos de la importancia en la implementación de prácticas de manejo, como rotación de cultivos, en el control de plagas y malezas han sido destacados por Flint y Roberts (1988).

Algunos aspectos a ser abordados por la investigación, para el desarrollo de una AS, pueden estar enmarcados dentro de las siguientes áreas:

1. Desarrollo de índices integrales para evaluación de sustentabilidad.
2. Caracterización funcional de los principales procesos en el suelo, impulsados por las variables más importantes de suelo y clima que reflejen la variación espacial a nivel de finca, alterables o no por prácticas de manejo, que afectan características o propiedades del suelo asociadas con el crecimiento de las plantas, y calidad del suelo.
3. Identificación del impacto de sistemas de producción y prácticas de manejo, en propiedades de suelo y ambiente, y del efecto interactivo de estos cambios en la productividad de los sistemas de producción en el corto, mediano y largo plazo.
4. Caracterización funcional de procesos importantes de cultivo, impulsados por variables de clima, suelo, y planta que permitan la evaluación del desempeño de nuevos híbridos o variedades (con diferentes patrones de crecimiento, eficiencia de uso de agua, nutrientes, radiación, entre otros, y el efecto de variaciones climáticas (ejemplo: variación en temperatura del aire, patrón de precipitación y concentración de CO<sub>2</sub>) en el desempeño de los cultivos.
5. Identificación y caracterización funcional de la incidencia de factores bióticos (ejemplo: plagas, enfermedades, malezas, entre otros), en procesos y variables de los componentes suelo y cultivo, que afectan el desempeño de los sistemas de producción y calidad de los recursos.
6. Desarrollo de procedimientos para la estimación de variables climáticas a nivel de fincas o de unidades de producción, mediante el desarrollo de funciones espacio-temporales que utilicen data histórica de estaciones climáticas, características de paisaje de terreno, y SIG de clima, y suelo.

7. Desarrollo de métodos de levantamiento de información relevante de suelo y manejo a nivel de finca, en explotaciones agrícolas de diferentes características y dimensiones.
8. Desarrollo de SIG con módulo de procesamiento impulsado por variables o funciones para predecir nuevas variables requeridas en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción: información de incidencia de plagas, enfermedades (impulsadas por condiciones climáticas y el tiempo), información sobre pérdidas de suelo e incidencia en variables de suelo asociadas a disponibilidad de agua y nutrimentos en el tiempo.

**Modelos de simulación: como medio de integración de resultados de investigación, y diagnóstico de comportamiento de sistemas de producción:**

Debe estimularse el desarrollo de modelos de simulación integrales que consideren los principales factores (suelo, clima, cultivo, factores bióticos) que afectan el desarrollo de cultivos, y de manera interactivo el efecto de estos cultivos en propiedades importantes de los factores considerados. Los modelos son considerados como herramientas útiles para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción y prácticas de manejo en diferentes escenarios de suelo y clima, bajo diferentes prácticas de manejo, en el corto, mediano y largo plazo.

Monteith (1990) destaca la posibilidad de utilizar modelos de simulación basados en procesos, de manera conjunta con el uso de sensores remotos, para la evaluación temprana de la sustentabilidad de sistemas agrícolas.

A su vez, Paustian (1994) destaca la modelización de los procesos biológicos y bioquímicos en la investigación en AS. Los modelos de simulación se pueden emplear para la evaluación a distintas escalas temporales del impacto de diferentes factores, ejemplo es la simulación del efecto de la aplicación de materia orgánica de diferente calidad y de fertilizantes nitrogenados en la dinámica de la materia orgánica del suelo en largos períodos de tiempo (Paustian *et al.*, 1992), hasta la evaluación de procesos como inmovilización de N en cortos períodos de tiempo (Hadas *et al.*, 1992).

La importancia de los modelos de simulación, con las características indicadas anteriormente, en la evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas, y como ayuda en la toma de decisiones oportunas y apropiadas,

se fundamenta en: 1) su condición de elemento integrador, e interactivo de los diferentes componentes y procesos que ocurren en los agro ecosistemas; 2) por la incorporación de procesos en escalas de tiempo tan cortos o más cortos que el ciclo de vida de los cultivos (días) y períodos suficientemente largos para permitir la evaluación de procesos menos dinámicos (ejemplo: erosión de suelos); 3) considerar las propiedades más importantes de suelo y clima, como variables que impulsan procesos, que reflejan la variabilidad espacial y temporal en la cual se desarrollan actividades agrícolas.

Los modelos de simulación, con las características indicadas anteriormente, pueden ser considerados una aproximación holística de los agro ecosistemas, y de allí la posibilidad de ser empleados en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción y prácticas de manejo.

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el desarrollo y aplicación de modelos de simulación es la consideración efectiva de los elementos o aspectos incluidos en la conceptualización de sustentabilidad, previamente señalados, y el establecimiento de los límites y alcance de los modelos apropiados para la evaluación de sustentabilidad a nivel de finca de productores, los cuales, y como se ha indicado previamente, se distribuyen en una amplia diversidad de condiciones agro ecológicas.

Más aún, debido a que se desea modelar el efecto de los sistemas de producción, y las prácticas de manejo en el ambiente físico y en la productividad del suelo, así como el efecto de los componentes del medio ambiente y prácticas de manejo en la producción de un cultivo o sistema de producción, los modelos deben ser capaces de predecir procesos y efectos desde el corto plazo (ejemplo: base diaria para evaluación del patrón de absorción de nutrientes por el cultivo), hasta el mediano, y largo plazo (ejemplo: base anual para evaluación de la agregación del suelo y capacidad de suministro de N por el suelo).

Por consiguiente algunas consideraciones en el desarrollo de los modelos de simulación que determinan el alcance, y límite de los mismos, lo cual está asociado al objetivo para lo cual se desarrolla el modelo, para predecir el desempeño del sistema de producción, a nivel de finca se dan a continuación:

- 1) Predicción de disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo en una base de horizonte por horizonte;

- 2) determinar de parámetros o procesos del sistema suelo-cultivo afectados en el corto, mediano, y/o largo plazo (días, años, décadas);
- 3) establecer el efecto de las propiedades físicas y químicas de suelo, a nivel de horizonte, en el desarrollo radical de los cultivos;
- 4) incorporar características de los cultivos que expresen adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima, de igual manera, las características de crecimiento y requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos integrantes de los sistemas de producción;
- 5) considerar las variables importantes de suelo y clima que expresen la variabilidad espacial de esos componentes y permiten que el modelo sea sensible a cambios espaciales y temporales de estos componentes;
- 6) incorporar variables impulsoras de los principales procesos en el suelo que sean alterables por condiciones de manejo;
- 7) considerar los efectos de prácticas de manejo o tecnologías y de utilización de insumos con potencialidad de adopción de acuerdo a las posibilidades socio-económicas de los productores;
- 8) considerar el efecto interactivo de las características de suelo y clima en el desempeño de un sistema de producción, así como el impacto de este en las principales propiedades y características del suelo, y del medio ambiente (ejemplo: agua y atmósfera);
- 9) considerar el efecto de factores bióticos sobre procesos, y variables del suelo, y cultivo que alteran el desempeño de los sistemas de producción.

Debido a la necesidad de evaluar diversos sistemas de producción, los cuales pueden variar desde cultivos anuales continuo (ejemplo: cereal-cereal) hasta cultivos asociados (ejemplo: Leguminosa-cereal), los modelos deben incluir aspectos fundamentales de los cultivos que permita la evaluación de la competencia o el uso paralelo de recursos del suelo como agua o nutrimentos, de radiación solar, y aspectos particulares de cada cultivo como la fijación de elementos como N (en el caso de las leguminosas), y /o desarrollo diferencial del sistema radical.

**Sistemas de información geográfico (SIG), y características orientadas de unidades de producción:**

Debido al alcance y características del sistema de evaluación y transferencia de tecnología que se desea implementar, en el cual se considera interactivamente sistemas de producción:

1. el desempeño de los efectos en el medio ambiente biofísico a nivel de finca de producción,
2. las capacidades y características socio-económicas de los productores, y
3. el uso de modelos de simulación impulsados por materiales de suelo y clima en una base diaria y horizonte por horizonte, se hace necesario contar con sistemas de información geográfica con la capacidad de suministrar, y procesar información en una base diaria y detallada (horizonte por horizonte del perfil del suelo), y con técnicas de levantamiento o captura de información a nivel de finca.

El uso de modelos de simulación asociado a sistemas de información geográfico ha sido destacado por Thornton en 1992 (en la evaluación de aspectos de sustentabilidad y calidad ambiental, bajo diferentes condiciones de manejo, dosis de la fertilización, sistemas de producción).

Aún sobre los requerimientos del sistema de evaluación propuesto, el sistema debe ser capaz de integrar información propia del sitio de estudio (finca del productor) con información generada de sistemas de información geográfica del área de estudio (ejemplo: información climática precipitación, radiación, temperatura de aire y suelo), información de suelo (erosión), e información de incidencia de plagas y enfermedades, entre otros.

El procedimiento para la caracterización de áreas homogéneas a nivel de finca de productor, debido a la notable diversidad entre unidades de producción, debe ser suficientemente flexible para que pueda ser utilizado en diversas condiciones. Sobre todo, la caracterización estaría basada en un conjunto mínimo de propiedades o características a evaluar, las cuales obviamente serían relevantes, tanto individual o asociadas a otras, en el desarrollo o crecimiento de los cultivos.

Las metodologías, y parámetros de suelo de gran importancia e impacto que podrían ser considerados en estudios de caracterización de fincas han sido señalados por Buol y Smith (1992), quienes dan especial atención al desarrollo de procedimientos para la evaluación de la potencialidad de campos de productores, y de parámetros o propiedades asociadas a la fertilidad del suelo, especialmente de la capa de suelo que es soporte primario y de exploración del sistema radical.

### **Sistema de evaluación de sustentabilidad de sistemas agrícolas:**

La determinación de sustentabilidad de un sistema de producción, práctica de manejo o tecnología agrícola, debe estar basada en la evaluación del efecto de la misma en el mejoramiento o mantenimiento de las características deseables del sistema suelo-ambiente, conservación de los recursos naturales y mejoramiento o mantenimiento de la condición socio-económica de los productores agrícolas.

La evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción y de las condiciones socio-económicas de los productores, lo cual perfectamente puede invocarse en un sentido más amplio como AS, a diferencia de la evaluación de sustentabilidad de componentes individuales del sistema, como por ejemplo, el suelo en el cual el contenido de materia orgánica ha sido destacado como un buen índice de sustentabilidad (Swift y Woome, 1993), requiere del desarrollo de índices que realmente reflejen la sustentabilidad integral del sistema.

La evaluación del impacto de una tecnología o sistema de producción en el ambiente físico, requiere tanto de la valoración o cuantificación de los cambios en propiedades importantes del suelo, así como el efecto de esas variaciones en la productividad del sistema. Así mismo, es necesaria la valoración del efecto de los sistemas de producción en la contaminación de fuentes de agua y atmósfera, y los costos asociados a la recuperación y/o saneamiento de los mismos.

Finalmente, otro de los componentes a considerar en la evaluación integral de sustentabilidad lo constituye el balance de egresos e ingresos asociados a la producción agrícola, y lo cual podría establecer el ingreso neto disponible por el productor o núcleo familiar para cubrir las necesidades mínimas para su desempeño. En la evaluación de la sustentabilidad económica, es necesario el desarrollo de nuevos índices que integren los aspectos de eficiencia de utilización de nutrimentos, productividad y producción de cosechas con las expectativas del productor para cubrir las necesidades del núcleo familiar.

**Enseñanza y sustentabilidad:**

Como el elemento fundamental que podría garantizar la adopción y/o aplicación de prácticas o sistemas sustentable, es la concientización de los productores de las bondades del mismo (Figura 1). Esto podría lograrse mediante; 1) la incorporación de productores aun desde el inicio de planificación de proyectos de investigación y transferencia, y mediante; 2) el proceso de enseñanza de manera formal a nivel de escuelas de primaria, secundaria, técnico, y universitaria, y/o talleres días de campo, etc. El proceso de formación podría utilizar desde las herramientas tradicionales de enseñanza, hasta técnicas más modernas que utilicen los nuevos tecnologías de información y comunicación (ejemplo: educación dirigida a distancia, uso de la Internet).

Lo antes señalado sugiere que el proceso de generación de sistemas de producción sustentables, o AS, en su concepción más amplia, debe ir a la par con el mejoramiento de las condiciones de educación, servicios, salud, seguridad, y esparcimiento y actividades culturales, como garantía del mantenimiento del sistema rural sustentable, y del mantenimiento o mejoramiento de la calidad de vida de los productores. Esta última consideración, obviamente, sugiere una articulación de los diferentes componentes de la sociedad, pero sólo así se podría garantizar el desarrollo armónico y sustentable de una comunidad agrícola. Corresponde a otras instancias, posiblemente, el liderazgo de un proyecto integral de esta naturaleza, pero, a nosotros nos corresponde la responsabilidad de hacer consideraciones e identificar los puntos de integración de nuestro componente con los de otras áreas para facilitar y garantizar la integración.

**SUMMARY**

Development of sustainable technologies (ST) are fundamental to achieve a sustainable agriculture (SA), where the actual and future needs of the farmer are met, while the environment is healthful, hospitable, and productive as a warranty to maintain this condition for future generations. To obtain ST the economical and social-cultural characteristics of the farmers must be taken in account, as well as the specific bio-physical and agro climatic conditions in the farm. In this paper we present a proposal-model to develop an integral system to evaluate, and to transfer ST, and to teach sustainable issues, where the 1) research, 2) modern system of

information, 3) interactive bio-physical models of the soil-crop-climate, and management practices effects, and 4) sustainable indices, are taken in account. An approach like this, could allow, in addition to others aspects, to evaluate in advance technologies for specific conditions of a farm, to detect needs to be investigated, and to contribute to teach farmers, as well as agents of extension, and researchers.

**Key Words:** Sustainability; sustainable agriculture; friendly technologies.

## BIBLIOGRAFÍA

BUOL S., W. and C. W. SMITH. 1992. Data collection and presentation for improving interpretations for agriculture. Proceedings of the International Interactive Workshop on Soil Resources: their inventory, analysis and interpretation for use in the 1990's. Minneapolis, MI. USA.

CABRERA de BISBAL, E., M. ESPAÑA and B. RODRÍQUEZ. 2001. Nitrogen Use and <sup>15</sup>N-fertilizer fate in maize under conservation tillage systems in a tropical semiarid region of Venezuela 11 th Nitrogen Workshop. Reims, France. 9-12. pp. 281-282.

CROZIER, C. R., L. D. KING and G. D. HOYT. 1994. Tracing nitrogen movement in corn production systems in the north Caroline piedmont: Analysis of nitrogen pool size. *Agron. J.* 86:642-649.

DELGADO, R. 2001. Evaluación de la mineralización del N orgánico en un Mollisol del estado Aragua mediante el método de incubación *in situ* y el N absorbido por el cultivo. *Agronomía Trop.* 51:421-437.

DELGADO, R. 2002. Evaluación de crecimiento del maíz y absorción de nitrógeno bajo diversas condiciones de disponibilidad del elemento en un Mollisol de Venezuela. *Agronomía Trop.* 52:5-22.

DELGADO, R. y M. C. NUÑEZ U. 2004. La modelización interactiva en la evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción y practicas de manejo, y en la transferencia de tecnología. CENIAP Hoy. Revista Digital CENIAP HOY # 6, Maracay, Aragua, Venezuela. URL: [ww.ceniap.gov.ve/eniaphoy/articulos/n6/art/delgado\\_r/arti/delgado\\_r.htm](http://ww.ceniap.gov.ve/eniaphoy/articulos/n6/art/delgado_r/arti/delgado_r.htm).

FLINT, M. L. and P. A. ROBERTS. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples. *American J. of Alternative Agriculture*. 3(4):163-167.

HADAS, A., J. A. E. MOLINA, S. FEIGENBAUM and C. E. CLAPP. 1992. Factors affecting nitrogen immobilization in soil as estimated by simulation models. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1 481-1 486.

KUO, S. and U. M. SAINJU. 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biol. fertil. Soils*. 26:346-353.

MacRAE, R. J., S. B. HILL, J. HENNING and G. R. MEHUYS. 1989. Agricultural science and sustainable agriculture: a review of the existing scientific barriers to sustainable food production and potential solutions. *Biological agriculture and horticulture* 6:173-219.

MASKINA, M. S., J. F. POWER, J. W. DORAN and W. W. WILHELM. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1 555-1 560.

MONTEITH, J. L. 1990. Can sustainability be quantified?. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*. Vol.5(1-2):1-15.

PAUSTIAN, K. 1994. Modelling soil biology and biochemical processes for sustainable agriculture research. **In:** C.E. Pankhurst, D.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P. R. Grace (eds.). *Soil Biota: Management in sustainable farming systems*. CSIRO, Australia. p. 182-193.

PAUSTIAN, K., W. J. PARTON and J. PERSSON. 1992. Modeling soil organic matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long term plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:476-488.

RIVERA, W. 1991. Sustainable agriculture: a unifying concept for agriculture and a central strategy for extension. **In:** W. Rivera y D. J., Gustafson (eds.) *Agricultural extension: worldwide institutional evolution and forces for change*. Elsevier science publishers. NY. pp. 189-201.

SWIFT, M. J. and P. WOOMER. 1993. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. **In:** Mulongoy, K. and Merckx, R. (eds.). Soil organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture. Wiley and Sons Co., New York. p. 3-18.

THORNTON, P. K. 1992. Application of computer modeling to evaluate sustainability. Documents of the "Training program on plant nutrient management for sustainable agriculture". September 14-25, IFDC, Muscle Shoals, Alabama. USA.



## **METODOLOGÍA DE BAJO COSTO PARA EL LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO DE PREDIOS AGRÍCOLAS CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA<sup>1</sup>**

**Oscar I. Abarca\***

### **RESUMEN**

El objetivo de este estudio es elaborar un mapa de uso de la tierra con un procedimiento de bajo costo, en un sector agrícola de unas 10 000 ha que corresponde al área de influencia de la laguna La Caicara, municipio Urdaneta del sur del estado Aragua, Venezuela. Para ello se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas que fueron digitalizadas, georeferenciadas y corregidas geométricamente empleando las técnicas de procesamiento digital de imágenes de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se identificaron los usos de la tierra mediante fotointerpretación y supervisión de campo y posteriormente se cuantificó la superficie de cada uno de los usos cartografiados. Se evaluó gráficamente el nivel de precisión obtenido en el mapa de uso, superponiéndolo con el mapa hidrográfico, digitalizado para control, y con el modelo digital de elevación de la zona. El nivel de precisión observado fue satisfactorio para los fines de planificación y gestión agrícola. También se comparó el costo del procedimiento con un levantamiento equivalente a partir de fotogrametría y de topografía convencional, resultando sumamente económico y de rápida ejecución.

**Palabras Clave:** Sistemas de Información Geográfica; fotografías aéreas; fotogrametría; uso de la tierra; cartografía; procesamiento digital de imágenes; topografía.

---

<sup>1</sup> Estudio financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), ahora Fonacit) a través del Proyecto S1-2540.

\* Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. Apdo. Postal 4800. Maracay 2101-A, estado Aragua. Venezuela.  
E-mail: abarcao@agr.ucv.ve

RECIBIDO: abril 30, 2001.

NOTA: Trabajo en manos del autor desde 2001.

## INTRODUCCIÓN

La planificación, desarrollo y gestión de unidades de producción agrícola, o de espacios rurales dedicados a la producción, en ocasiones frecuentes requieren el análisis planimétrico cuantitativo de un determinado recurso. Tal es el caso de la medición de superficies de los predios o la cuantificación de la superficie dedicada a diferentes rubros o usos de la tierra.

La situación económica del sector agrícola en general hace prohibitiva para muchos productores la ejecución de estudios para el levantamiento de la información en la finca, razón por la cual muchas acciones de desarrollo son emprendidas sin ningún estudio básico o empleando documentos cartográficos, de existir, completamente desactualizados, actuando en consecuencia contra la sustentabilidad ambiental.

Las fotografías aéreas representan una valiosa fuente de información que tiene una buena cobertura en el país, especialmente al norte del Orinoco, las cuales pudieran generar documentos cartográficos con un adecuado nivel de precisión y a un costo, en tiempo y dinero, sumamente bajo en comparación con los métodos fotogramétricos y topográficos convencionales.

La gestión de unidades de producción agrícola requiere la disponibilidad y el manejo de información oportuna, precisa y abundante sobre los factores que intervienen en el proceso productivo. Muchos de estos factores, que pudieran agruparse en factores físicos, biológicos y socio-económicos, tienen una incidencia espacial y por tanto representación cartográfica. La información que caracteriza estos factores generalmente está desactualizada, sumamente dispersa o no existe, dificultándose el proceso de desarrollo y gestión. El proceso de levantamiento de información es costoso, llegando a niveles prohibitivos, especialmente en unidades de producción agrícola, en las cuales los niveles de rentabilidad hacen difícil la inversión en estudios (Abarca, 2001).

No sólo la gestión de unidades de producción agrícola requiere el levantamiento de variables espaciales. En los estudios de línea base, necesarios para evaluar los posibles impactos del desarrollo de un proyecto, se debe hacer una descripción válida de las condiciones ambientales de un sistema o sistemas antes del desarrollo del proyecto (MARNR, 1997). Esta descripción amerita levantamientos de campo, en muchas ocasiones a bajo costo y rápidamente.

Frecuentemente los planificadores regionales deben dar respuestas rápidas o inmediatas acerca del efecto de cambios en el uso de la tierra. Por tanto deben conocer el uso actual para estimar el impacto ambiental de nuevas propuestas de uso. Si el inventario y los datos del estudio de impacto ambiental son insuficientes, se deben coleccionar datos adicionales, lo cual puede ser costoso y requerir mucho tiempo de trabajo. Para prevenir que se tomen decisiones sin una adecuada información puede ser suficiente el uso de un método rápido de captura de datos que quizás sea menos preciso (Westinga *et al.*, 1985).

El problema de la reducción de costos y tiempo invertido en los levantamientos de información ambiental concierne no sólo a los productores o gerentes de las unidades de producción agrícola, sino también a instituciones y organizaciones locales gubernamentales o no, que tienen poco presupuesto y un reducido equipo de profesionales. Estos entes deben velar por la selección e implantación de un adecuado sistema de levantamiento y manejo de información que no necesariamente tienen que ser de alta tecnología e inversión.

Harries *et al.* (1997) evaluaron el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) contra técnicas manuales para análisis de la cobertura terrestre encontrando que el empleo de esta herramienta incrementa el costo en tiempo y dinero invertido en análisis sin obtener incremento en la precisión de los datos mapeados, aunque su estudio fue realizado en planicies de inundación que son paisajes muy inestables y requieren constante actualización cartográfica (inversión en digitalización). En este sentido, sugiere el uso de SIG en proyectos a gran escala con necesidad de manejo de datos complejo.

Las fotografías aéreas son documentos gráficos que como un banco de datos contiene un gran volumen de información (Pernía, 1989). Esta información puede ser extraída y convertida en mapas, apoyándose en fotointerpretación, reduciendo enormemente el trabajo de medición en campo que requieren los levantamientos terrestres tradicionales. Sin embargo, el control de campo no es prescindible y se deben ejecutar procedimientos de corrección de la aerofoto.

Cuando se toma la fotografía aérea se producen variaciones de escala como consecuencia de los cambios de altura del avión al momento de la toma (Arocha, 1978). Igualmente se produce el desplazamiento de

los objetos terrestres producto de la inclinación del eje de la cámara por el balanceo del avión y el desplazamiento ocasionado por la diferencia de altura de los detalles del terreno, como consecuencia del sistema de proyección central de la aerofoto (Pernía, 1989).

La corrección o compensación de estos errores ha sido uno de los grandes problemas de la fotogrametría. El control terrestre vertical y horizontal es indispensable. Aunque el desarrollo de la triangulación aérea y los métodos sofisticados de ajuste de bloque han reducido enormemente los requerimientos de control, particularmente del control planimétrico (Zarzycki, 1992).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con cámaras integradas y plataformas inerciales, es capaz de proporcionar las coordenadas X, Y, Z del centro de perspectiva de cada fotografía, al momento de la exposición, con suficiente exactitud para satisfacer las especificaciones de los mapas a gran escala (Zarzycki, 1992).

El GPS acoplado a la cámara del avión puede ahorrar cerca del 75% del costo de un procedimiento convencional de control terrestre con GPS (Slijepcevic y Mochty, 1996). Sin embargo, cualquier procedimiento de control amerita cierta inversión para poder confeccionar mapas, y más aún en áreas inaccesibles.

En la técnica de la cámara-GPS aerotransportada, las coordenadas obtenidas al momento de la toma son procesadas y usadas en triangulación matemática, como medio para densificar y extender el control geodésico. Los resultados de la triangulación son usados para geo-referenciar los estereo-modelos a las coordenadas de tierra durante el proceso fotogramétrico (Slijepcevic y Mochty, 1996). Para grandes áreas, la fotogrametría se ha considerado como el método más económico para el desarrollo de mapas. Otros métodos, tales como las técnicas topográficas convencionales, que incluyen el uso de tránsito, teodolitos y estaciones totales, pueden producir mapas precisos, pero, usualmente más costosos en tiempo y trabajo (Clark y Lee, 1997). Nuevas tecnologías disponibles, tales como las estaciones totales robóticas, el GPS y sistemas láser combinados con GPS, pueden ofrecer alternativas económicas (Clark y Lee, 1997).

Comparadas con las imágenes de satélite, que constituyen una alternativa de menor costo, las aerofotos tienen la ventaja de la alta resolución y

la alta calidad geométrica para la producción de mapas topográficos. Además de que su contenido de información es infinitamente mayor (Naithani, 1990).

Para confección de mapas, es esencial que cualquier tipo de imagen de sensor remoto sea referenciada con exactitud al mapa base en proyecto. Con las imágenes de satélite, dada la muy elevada altitud de la plataforma del sensor, se produce un mínimo desplazamiento de la imagen debido al relieve, como consecuencia, la geo-referencia puede ser obtenida con un proceso de transformación sistemático conocido como “hoja de goma”, el cual deforma suavemente la imagen (a través de ecuaciones polinómicas) con base en la posición conocida de un conjunto de puntos de control ampliamente disperso.

Con las fotografías aéreas, sin embargo, el proceso es más complejo. No sólo existe la distorsión sistemática producida por el balanceo y la variación de altitud del avión, sino que también el relieve topográfico variable conduce a distorsiones muy irregulares (diferencias de paralaje) que no pueden ser removidas a través del procedimiento de transformación de “hoja de goma”. En este caso es necesario el uso de rectificación fotogramétrica para remover estas distorsiones y proporcionar medidas exactas del mapa. A pesar de esto la porción central de fotografías de gran altitud puede ser corregida con cierto éxito (Eastman, 1999).

En regiones relativamente planas, como los llanos venezolanos, las distorsiones producidas por el relieve son mínimas, por lo que las fotografías aéreas en ambientes de este tipo pudieran procesarse para generar cartografía corregida en su deformación planimétrica.

La base aerofotográfica del país, en las regiones agrícolas de relieve plano, puede ser utilizada para estas actividades de levantamiento, aplicando las técnicas de procesamiento digital de imágenes de los SIG (transformación de “hoja de goma”) sobre aerofotos digitalizadas, para la corrección geométrica planimétrica. Este procedimiento sería similar, aunque sin la precisión del caso, al uso de las coordenadas dadas por el GPS, para la triangulación matemática que permite georeferenciar las aerofotos con la técnica de la cámara-GPS. El procesamiento con SIG permitiría obtener aerofotos con corrección geométrica que pudieran ser utilizadas para confección de mapas planimétricos de manera rápida y a muy bajo costo, para el uso en actividades que no requieran elevada precisión.

Elaborar el mapa de uso de la tierra de un sector del sur del estado Aragua empleando técnicas de bajo costo basadas en el procesamiento digital de imágenes con SIG y fotografías aéreas disponibles de la zona.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio se utilizaron los siguientes materiales:

**Equipos:** computadora personal, mesa digitalizadora, escaner de mesa, impresora, GPS.

**Programas:** IDRISI para Windows (Eastman, 1999), ROOTS versión 2,4 (LCGSA, 1997), Microsoft Excel, todos con Licencia UCV.

**Datos:** Fotografías aéreas de la misión 0301118 de noviembre de 1991 a escala 1:40000, cartas topográficas a escala 1:100000 y 1:25000 y plano topográfico a escala 1:10000.

El trabajo se desarrolló bajo la siguiente secuencia metodológica:

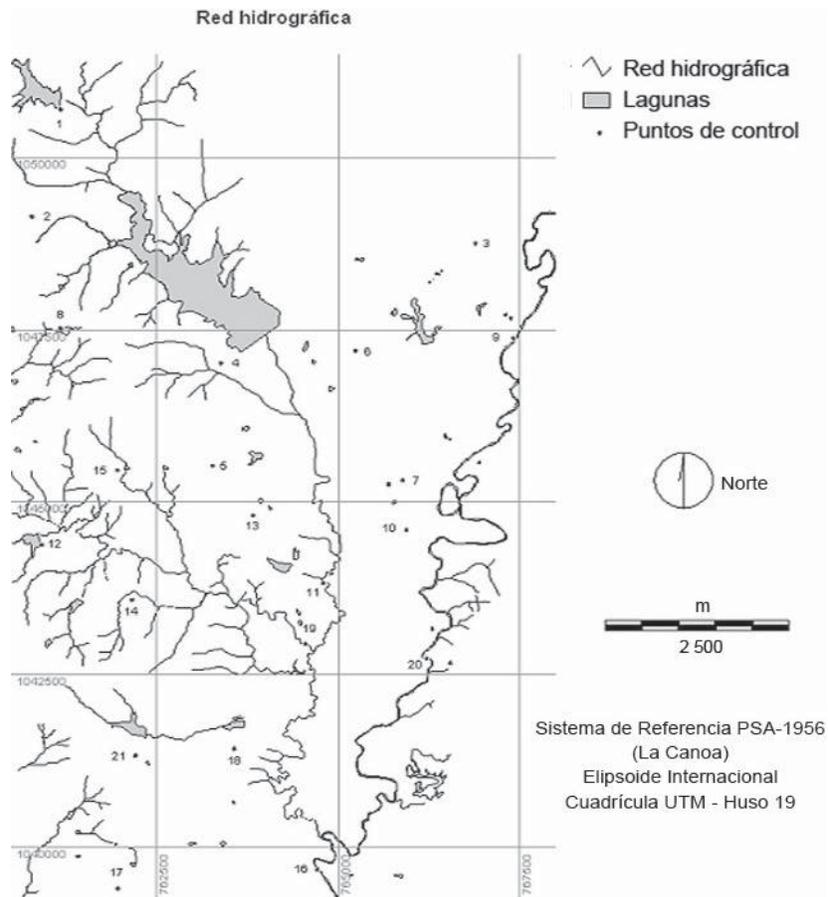
### Área de estudio

Se trabajó en el área de influencia de la laguna La Caicara, municipio Urdaneta, sur del estado Aragua (Figura 1). Esta área tiene un potencial agrícola considerable, con una fuente de agua apreciable, constituida por el pequeño embalse La Caicara y carece de información físico natural básica, a pesar de contar con una misión aerofotográfica relativamente reciente.

### Digitalización del plano de control

Se digitalizó la red hidrográfica del área de estudio para utilizarla como mapa base de geo-referencia y control. De este mapa y de la red vial del plano topográfico se extrajeron las coordenadas de los puntos de control empleadas en el proceso de corrección de las aerofotos. En la Figura 2 se observa la red hidrográfica del área.





**FIGURA 2.** Red hidrográfica y red puntos de control.

### Fotointerpretación de las aerofotos

Se analizaron los pares estereoscópicos del área de estudio dibujando las líneas de interpretación sobre película transparente. Con cada foto se obtuvo un documento de fotointerpretación como primera aproximación al mapa de uso. Los polígonos de uso fueron verificados con recorrido de campo y controlados con GPS en modo de medición simple (navegación).

### **Digitalización de los documentos de fotointerpretación**

Las películas de transparencia, obtenidas de la fotointerpretación (dos en total para el área de estudio), se digitalizaron, utilizando un rastreador de mesa (escáner) con una resolución óptica de 400 puntos por pulgada.

### **Corrección geométrica de las aerofotos y asignación de geo-referencia.**

Se decidió aplicar el procedimiento “hoja de goma” en el área seleccionada ya que reúne condiciones de relieve plano suficientes para hacer correcciones planimétricas de precisión tolerable. De cualquier manera se hará una evaluación gráfica y cuantitativa de las distorsiones de la imagen digital para verificar si la aplicación del procedimiento tiene validez para las condiciones altimétricas del área y para los fines indicados.

El procedimiento de corrección consistió en tomar, sobre el mapa de referencia, puntos de control que fueran identificables en la aerofoto y pudieran ser volcados sobre el documento de fotointerpretación. Estos puntos de control se seleccionaron como elementos geográficos fácilmente identificables, tales como los cruces de carreteras, cercas o ríos.

Se leyeron las coordenadas de los puntos de control sobre el plano topográfico a escala 1:10000 disponible, utilizando su sistema de geo-referencia (Provisional de Suramérica 1956 – Cuadrícula UTM – Huso 19). También se leyeron las coordenadas de los mismos puntos de control, pero ahora en el documento obtenido por fotointerpretación de las aerofotos, previamente digitalizado, el cual tiene un sistema de referencia relativo, con coordenadas planas asignadas por el escáner en función a la resolución seleccionada para el proceso de digitalización.

El sistema IDRISI, aplicado en este estudio, utiliza ecuaciones polinómicas que permiten transformar las coordenadas de los puntos de control seleccionados, en la aerofoto o documento de fotointerpretación digitalizado, al sistema de coordenadas UTM del mapa de referencia. De esta manera se corrige la aerofoto, eliminando sus distorsiones naturales y a la vez se asigna el sistema de geo-referencia.

Según Eastman (1999), las ecuaciones polinómicas empleadas por el sistema IDRISI son:

$$\text{LINEAL: } E = N = b_0 + b_1X + b_2Y$$

$$\text{CUADRÁTICA: } E = N = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2$$

$$\text{CÚBICA: } E = N = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2 + b_6X^3 + b_7X^2Y + b_8XY^2 + b_9Y^3$$

En el procedimiento de ajuste la ecuación lineal requiere un mínimo matemático de 3 puntos de control, la cuadrática 6 puntos y la cúbica 10 puntos. Sin embargo, en la práctica, se debería tener de 2 a 3 veces el mínimo de puntos para tener un ajuste razonable. En general se debería usar el polinomio de orden más bajo que proporcione una solución razonable, dado que el efecto negativo de puntos de control de baja calidad empeora cuando se incrementa el orden de la ecuación (Eastman, 1999).

### Validación de resultados

Se hizo una validación cualitativa de los resultados del procedimiento, mediante una interpretación visual de la aerofoto digitalizada, comparándola con la planimetría del área, obtenida de la cartografía disponible. Así mismo, se realizó una validación cuantitativa de los resultados, evaluando los errores medios cuadráticos (RMS) derivados por el SIG cuando se aplicó el procesamiento digital de la imagen.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Obtención del mapa de uso de la tierra

A partir del análisis de las aerofotos del área de estudio y con apoyo en chequeo de campo, se generó un documento de fotointerpretación que posteriormente fue digitalizado. Se identificaron 20 puntos de control y se extrajeron sus coordenadas, tanto del mapa topográfico analógico como del documento de fotointerpretación digitalizado. Se aplicó el procedimiento de transformación para una ecuación lineal, con resultados pobres que se observaron cuando se superpusieron la aerofoto procesada y el plano hidrográfico del área. Las ecuaciones cuadrática y cúbica dieron similares resultados gráficos, sin embargo se deberían tener más puntos de control para poder aplicar el procedimiento con una ecuación cúbica. En los Cuadros 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos para una ecuación cuadrática.

**CUADRO 1.** Coeficientes de la ecuación de transformación.

Coeficiente	Coordenada Este (E)	Coordenada Norte (N)
b0	50126,8564262390137000	-167395,2739276885990000
b1	0,0551228131334938	0,0254739676365716
b2	-0,3505864014696272	0,0185576744042919
b3	0,0000001880979897	0,0000000424046338
b4	-0,0000000514563961	-0,0000000904978423
b5	0,0000001890124972	0,0000001627412226

Esta transformación generó una imagen corregida que luego fue vectorizada y rasterizada para obtener el mapa de uso presentado en la Figura 3. De acuerdo a este mapa en la zona se identifican los usos mostrados en el Cuadro 3.

La superposición del mapa hidrográfico de control, sobre el mapa de uso generado con el procedimiento de corrección, permite observar gráficamente el grado de precisión obtenido (Figura 3). En la Figura 4 se detalla este nivel de concordancia al observar la coincidencia de un polígono de uso con los márgenes del río Memo, sin embargo, existen desplazamientos en algunas áreas, tal como se observa en el espejo de agua de la laguna La Caicara (Figura 5).

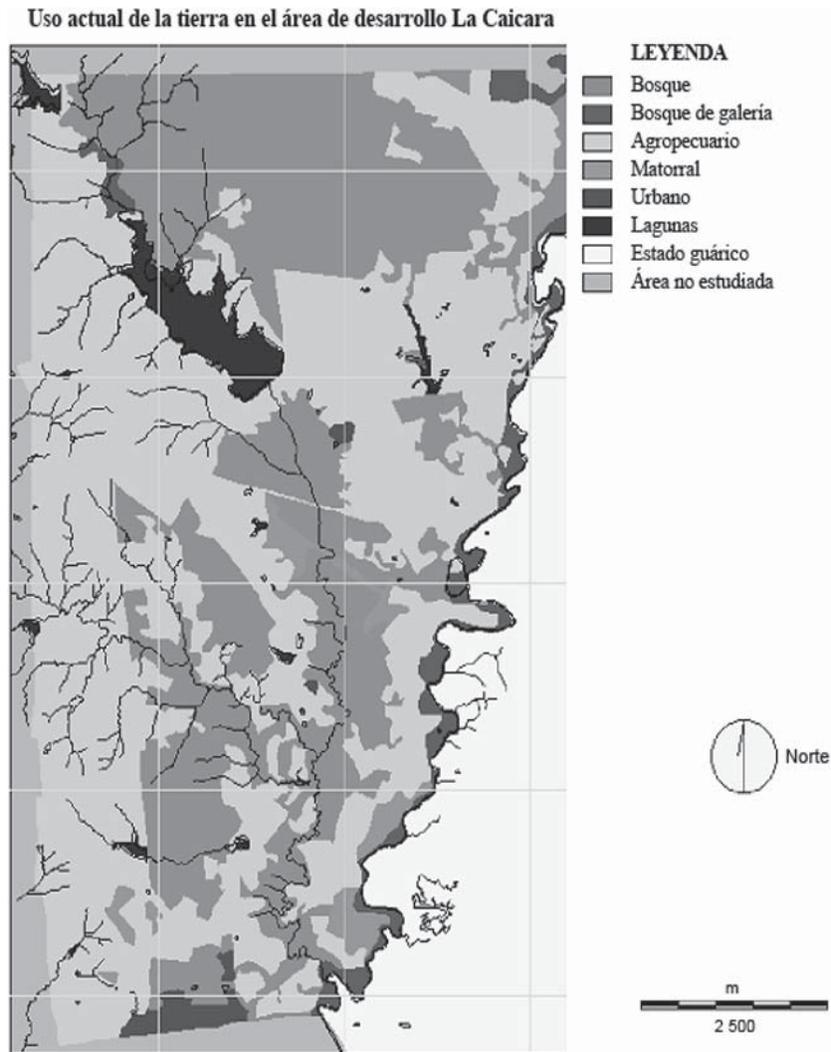
La asignación de geo-referencia y corrección geométrica de las aerofotos permitió superponerlas sobre el modelo digital de elevación del área, tal como se observa en la Figura 6.

En la Figura 3 se observa que el desplazamiento del río Memo con relación a las unidades de uso de la tierra es mayor al noreste que al sur. Esto puede ser debido a que en esa zona se tomaron menos puntos de control, por falta de información topográfica (Figura 2). También en esa zona se encuentra un relieve más accidentado (Figura 6) y las distorsiones ocasionadas por el relieve no pueden ser ajustadas con este procedimiento. También se observan desplazamientos al noroeste y al suroeste, cerca de los márgenes de la imagen, lo cual puede ser ocasionado por la distorsión intrínseca de la aerofoto que se produce en los sectores alejados del centro de la imagen, distorsión difícil de corregir.

**CUADRO 2.** Puntos de control usados en la transformación.

Point	Old X	Old Y	New X	New Y	Residual (m)
1	219,0237	3338,2330	761199,1250	1050689,3750	6,67816
2	104,7614	2900,2020	760806,8750	1049141,3750	7,96946
3	1840,9660	2741,9610	766875,9375	1048747,7500	11,63597
4	836,2363	2274,4630	763398,2500	1047026,0000	8,66471
5	780,5242	1828,9650	763280,8750	1045541,6250	12,22856
6	1367,4770	2311,5910	765239,0625	1047200,1250	3,67602
7	1535,6390	1755,3740	765881,0000	1045318,5000	7,19295
8	203,6059	2427,1780	761192,5000	1047528,0000	5,65599
9	2003,5410	2364,0730	767409,7500	1047384,3125	14,27279
10	1552,1410	1553,9700	765931,6250	1044607,1250	1,48231
11	1229,3950	1344,0270	764800,6250	1043844,1250	10,42528
12	102,9185	1505,8920	760930,6875	1044401,4375	11,82955
13	966,3010	1597,0800	763834,4375	1044827,3750	omitted
14	462,0632	1282,3870	762169,0000	1043601,5625	3,46662
15	408,7648	1821,4590	761970,0000	1045467,3125	2,88581
16	1184,2290	141,9127	764719,3750	1039699,5625	4,10723
17	385,6282	75,0785	761974,6250	1039418,4375	2,05921
18	857,9517	655,5526	763576,5000	1041449,7500	3,33018
19	1145,4060	1083,3940	764555,3125	1042967,4375	3,32198
20	1612,3850	1017,7640	766207,6875	1042756,6875	10,38893
21	463,5680	629,7670	762213,8125	1041338,2500	3,85078

Overall RMS = 7,766067



**FIGURA 3.** Cobertura vegetal y uso de la tierra 1 000 m.

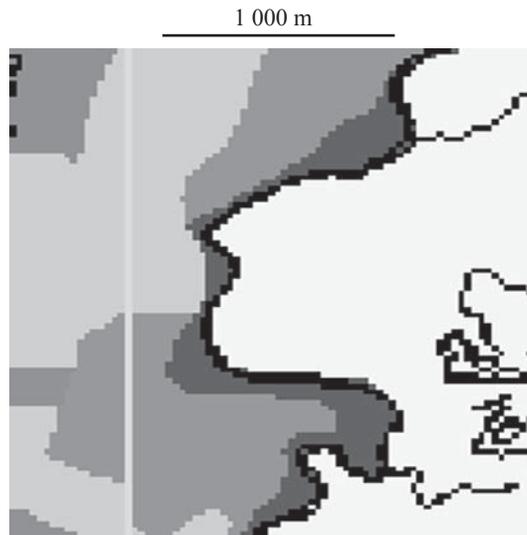
**CUADRO 3.** Cobertura vegetal y uso de la tierra en el área de desarrollo.

Uso de la tierra	Superficie (ha)	Superficie (%)
Bosque	2 517,25	27,40
Bosque de galería	243,00	2,64
Agropecuario	3 729,25	40,59
Matorral - barbecho	139,00	1,51
Urbano	68,00	0,74
Infraestructura	207,50	2,26
Estado Guárico	1 497,75	16,30
Área no estudiada	785,75	8,56
<b>TOTAL</b>	<b>9 187,75</b>	<b>100,00</b>

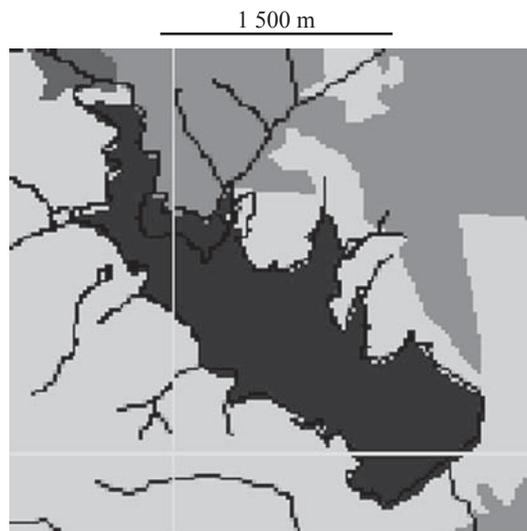
Los valores de los residuales de los puntos de control (RMS), presentados en el Cuadro 2, se graficaron en orden ascendente mostrándose en la Figura 7. Allí se observan 3 grupos de datos: uno de valores bajos (1,48 a 4,11), uno de valores medios (5,66 a 8,66) y otro de valores altos (10,39 a 14,27). Los puntos de control 3, 9, 12 y 20 (Figura 2), ubicados en el rango de valores altos de RMS y los puntos 1, 2, 7 y 8, ubicados en el rango de valores medios, se localizan geográficamente en los bordes del área de estudio, por lo que se pudiera asociar el alto valor de RMS a su localización separada del centro de la aerofoto. Los puntos 1,2, 4, 8, 9 y 12 se ubican en áreas de relieve ondulado, lo que pudiera explicar sus valores altos y medios de RMS. En general los puntos con valores bajos de RMS se ubican en las zonas planas del sector central de la fotografía.

El valor promedio de RMS fue de 7,77 m, ubicándose por debajo de la resolución de 10 m asignada a la aerofoto digital.

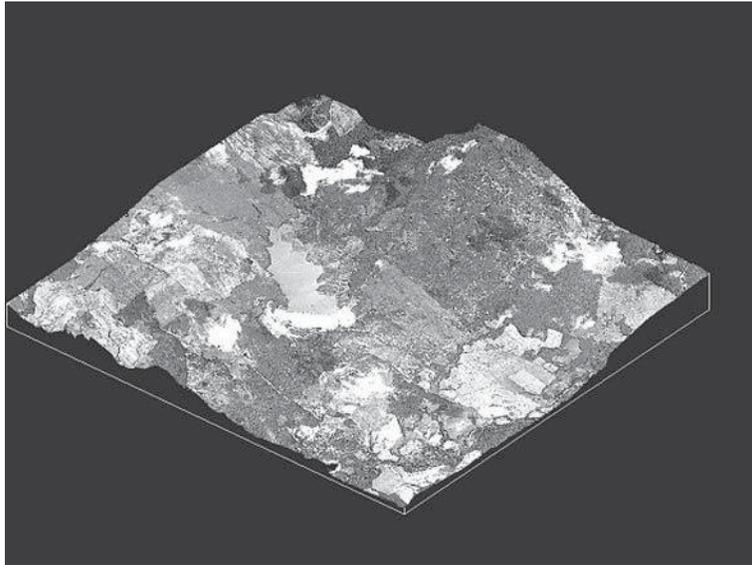
La escala original de la aerofoto es de 1:40 000, por lo que el RMS máximo permitido para la elaboración de documentos cartográficos es de unos 20 m. Si se van a confeccionar mapas a escala 1:10 000 el RMS permitido es 3 m y si la escala es 1:20 000 el RMS permitido es de 10 m (Eastman, 1999).



**FIGURA 4.** Sector ampliado del mapa de uso. Márgenes del río Memo (sector sur-este).1500M.



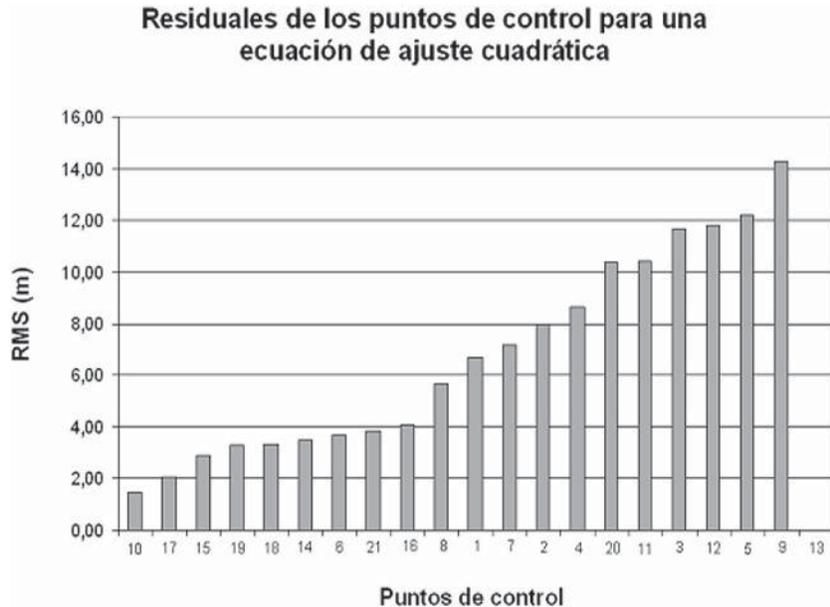
**FIGURA 5.** Sector ampliado del mapa de uso de la tierra. Laguna La Caicara (sector nor-oeste).



**FIGURA 6.** Superposición de la aerofoto corregida en el modelo digital de elevación.

Se concluye por tanto que el procedimiento utilizado permite confeccionar mapas de cobertura y uso de la tierra en la zona de estudio a escala 1:20000. Para la utilización de este procedimiento se debe tener la precaución de aplicarlo en regiones de relieve plano o suavemente ondulado y procesar sólo la porción central de la aerofoto. Si el área es extensa y ocupa más de una fotografía se pueden confeccionar mosaicos y aprovechar el solape de las fotos procesando sólo la porción central.

La rapidez y economía del procedimiento descrito lo hace muy útil para la generación de información planimétrica cuando se carece de información y se tienen limitaciones presupuestarias, sin embargo se deben evaluar más profundamente los niveles de precisión obtenidos en la confección de los mapas. En este sentido es recomendable su uso para actividades que no requieren elevados niveles de precisión, tales como planificación del uso de la tierra, inventario de recursos, identificación predial, cuantificación de superficies de producción, estudios de impacto ambiental e inclusive para el diseño de obras de infraestructura al nivel de ingeniería conceptual.



**FIGURA 7.** Residuales de los puntos de control (RMS).

El costo de todo el proceso de elaboración del mapa fue de 3 000 000,00 Bs, aproximadamente. Este costo incluye el valor del par estereoscópico fotográfico del área (4 vistas), la cartografía básica, el servicio de digitalización del plano topográfico a escala 1:10 000, las horas de servicio requeridas para la aplicación del procedimiento (fotointerpretación, chequeo de campo y procesamiento) y el costo de 3 días de trabajo de campo.

A manera de referencia, un levantamiento y restitución fotogramétrico para la zona de estudio es de unos 90 000 000,00 Bs (9 000 Bs ha<sup>-1</sup>). Este incluye el costo de un vuelo para la toma de vistas aéreas, el trabajo de laboratorio fotográfico, la restitución y el control terrestre, para la generación de planos topográficos plani-altimétricos (no incluye el levantamiento de uso de la tierra). Un levantamiento topográfico convencional de los polígonos de cobertura y uso de la tierra, incluyendo planimetría y altimetría, empleando Estación Total Electrónica, tendría un costo aproximado para la zona de 200 000 000,00 Bs (unos 20 000 Bs ha<sup>-1</sup>).

### SUMMARY

The objective of this study was to elaborate a land use map with a low cost procedure, in an agricultural sector of 10 000 ha corresponding to the La Caicara Lagoon area, located at the Urdaneta county, Aragua State, Venezuela. We used digitized panchromatic aerial photographs, which were geo referenced and geometrically corrected using the images digital processing techniques of a SIG. The land uses were identified and quantified by means of photo interpretation and field supervision. The level of precision obtained in the land use map was evaluated graphically, by superimposing it to the hydro graphic map, digitized for control, and to the digital elevation model of the area. The observed level of precision was satisfactory for planning and agricultural management. The cost of the map obtained by the proposed procedure was compared against the cost of a map made for a photo grammetric mapping and one for conventional topography, being extremely economic and quickly executed.

**Key Words:** Mapping; land use; GIS; aerial photographs.

### BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, O. 2001. Desarrollo de una base de datos espacial para la gestión de plantaciones agrícolas con Sistemas de Información Geográfica. **In:** I Jornadas Nacionales de Topografía. San Carlos, estado Cojedes.

AROCHA, J. 1978. Fundamentos de Cartografía. Ediciones del autor-JOLAR. 4<sup>a</sup> edición. Caracas. 320 p.

CLARK, R. and R. LEE. 1997. Topographic mapping with GPS: collecting ground surface contour data electronically. E&TSW, v4, n5, p11-12.

EASTMAN, R. 1999. Idrisi32. Guide to GIS and Image Processing. Volume 1. Clark Labs. Clark University. Worcester. 192 p.

HARRIES, R., P. HOPKINSON; S. MCCAFFREY and L. HUNTSINGER. 1997. Comparision of a geographical information system versus manual techniques for land cover analysis in a riparian restoration project. JSWC, v52, n2, p112-118.

LAB FOR COMPUTER GRAPHICS AND SPATIAL ANALYSIS (LCGSA). 1991. ROOTS-Digitizing System. User's Manual. Decision Images, Inc. N.J., EE.UU. 141 p.

MARNR. 1997. Exploración y producción de hidrocarburos en los bloques de apertura. Requisitos mínimos de los estudios de línea base. DGSCA. Material mecanografiado. Caracas.

NAITHANI, K. 1990. Can satellite images replace aerial photographs? A photogrammetrists' view. ITCJ. P. 29-31.

PERNÍA, E. 1989. Guía práctica fotointerpretación. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. 1<sup>era</sup> edición. Mérida. 278 p. ISBN 980-221-278-4.

SLIJEPCEVIC, S. and T. MOCHTY. 1996. Testing airborne vs. conventional GPS. AC&C, v111, n12, p54.

WESTINGA, E. and W. WIJNGAARDEN. 1985. A rapid vegetation mapping method for environmental impact assessment in a Netherlands' dune area, ITCJ. p 242-251.

ZARZYCKI, G. 1992. Trends in topographic mapping – from quill pens to digits. ITCJ. 339-342.



## FENOLOGÍA DE LA FLORACIÓN EN DOS VARIEDADES DE NÍSPERO<sup>1</sup>

Norkys Meza\* y Dámaso Bautista\*\*

### RESUMEN

La fenología de la floración del níspero, *Manilkara achras* van Royen, fue estudiada mediante observaciones diarias realizadas en las variedades Santiago y Delfina, desde el inicio de la brotación de las yemas floríferas hasta la antesis. El estudio se realizó sobre 5 ramas de 6 plantas de cada variedad, las cuales fueron marcadas para observar y describir las fases evolutivas de la yema floral hasta la antesis. El desarrollo floral se presentó hacia la porción apical del eje ortotrópico y en las ramas plagiotrópicas y la duración fue cronológicamente muy similar en las dos variedades. Junto con la brotación de la yema terminal, los primordios florales y foliares inician su desarrollo simultáneamente desde posiciones subapicales. La floración fue observada mediante técnicas de microscopía de barrido. Acorde con las observaciones, el proceso de floración fue dividido en 5 fases distinguibles. La primera fase se inicia con la entrada en actividad meristemática y culmina cuando se hace visible el botón floral y el primordio foliar alcanza 6 mm, lo que ocurrió en 8 d. Durante la segunda fase se hacen distinguibles el pedúnculo y los sépalos, con una duración de más o menos 20 d; la tercera fase finaliza cuando, además de los sépalos, pétalos se hace visible también el androceo, con una duración de 3 a 4 d. En la cuarta fase se completan la formación del pedúnculo, los sépalos más externos se observan separados y el estigma queda completamente formado y receptivo, con una duración de 7 d; durante la quinta fase se completa el desarrollo de la flor y se inicia la antesis. La flor presentó receptividad estigmática antes de ocurrir la dehiscencia de polen y su desarrollo se cumplió aproximadamente en 45 d, en las 2 variedades.

**Palabras Claves:** *Manilkara achras* van Royen; fenología floral; yema; desarrollo.

---

1 Proyecto financiado por el Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

\* Investigadora. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Estado Trujillo. Pampanito. Venezuela.

\*\* Profesor Jubilado. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Postgrado de Horticultura. Decanato de Agronomía. Apdo. 400, Barquisimeto, estado Lara. Venezuela.

RECIBIDO: marzo 12, 2004.

## INTRODUCCIÓN

El Níspero, *Manilkara achras* van Royen, pertenece a la familia Sapotaceae, la cual comprende unos 40 géneros y unas 800 especies (Bailey y Bailey, 1976; Pennington, 1990). La planta es un árbol nativo de América tropical y se extiende desde el suroeste de México, América Central y norte de Sur América (Aristiguieta, 1950). La flor, una por axila foliar, es completa y hermafrodita; con pedúnculo verde oscuro y piloso, de longitud similar al del pecíolo foliar (Gilly, 1943; González y Feliciano, 1953). El receptáculo al cual se insertan los verticilos florales, tiene forma de disco (León, 1968).

El cáliz, está formado por 6 sépalos dispuestos en 2 series, una externa de 3 sépalos gruesos y ligeramente más cortos que los de la segunda serie. La corola está formada por 6 pétalos fusionados a manera de una estructura tubular con 6 lóbulos erguidos, oblongos o elípticos, blanco amarillentos, muy pubescentes y de tamaño igual o ligeramente mayor al cáliz (León, 1968; Avilán *et al.*, 1992; Pennington, 1990).

El androceo está conformado por una serie externa de 6 petaloides estaminados no funcionales y alternando con éstos, otra serie más interna de 6 estambres insertados en la parte alta de la corola; las anteras son ovoides oblongas, de color café amarillentos y abren longitudinalmente (Lindorf *et al.*, 1985; Pennington, 1990).

El gineceo está formado por el pistilo, el cual presenta un ovario súpero con hasta 12 lóculos, de los cuales cada uno puede contener un óvulo. El estilo normalmente es corto, pero, excede ligeramente la longitud de los estaminoides para el momento de su madurez, lo que favorece la polinización cruzada, el estigma es pequeño de forma globosa y de color marrón oscuro cuando es receptivo (Gilly, 1943; Pennington, 1990).

El desarrollo de las flores, así como la floración, progresa de manera acrópeta en la rama, por lo que la última flor en formarse también es la última en abrir (Bautista y Meza, 2001). La flor aparentemente presenta protandria, y la dehiscencia de polen ocurre a partir del tercer día después que el estigma ha sobresalido de la corola. El polen que descargan las anteras se localiza alrededor del estilo. La receptividad del estigma se aprecia por el cambio de color de blanco y seco a marrón y húmedo, cubierto por una secreción mucilaginoso, lo que ocurre al cuarto día después que el estigma ha sobresalido de la corola; mientras el proceso de

maduración estigmática ocurre de las 8:00 a.m. a las 5:00 p.m. La apertura floral ocurre al día siguiente y se inicia a las 3:00 a.m., quedando las flores completamente abiertas a la 1:00 p.m., después de aproximadamente 9 h de duración del proceso; polinizadas o no, las flores vuelven a cerrarse a las 72 horas siguientes a la apertura (González y Feliciano, 1953).

La flor hermafrodita del níspero aparentemente presenta el fenómeno de la autoincompatibilidad, lo que favorece también la polinización cruzada; sin embargo, este fenómeno ha sido muy poco estudiado (Knight y Campbell, 1993).

Estudios sobre fenología de la floración en las Sapotaceas y en especial en el cultivo de níspero son pocos conocidos o nulos en el país; sin embargo, en frutales tropicales como aguacate (Salazar-García, 1988); en mango (Aubert y Lossois, 1972) y en cítricos (Krajewski y Rabe, 1995), estos procesos han sido ampliamente estudiados. El objetivo de esta investigación consistió en hacerle un seguimiento a la evolución de la diferenciación floral en dos variedades de níspero (Santiago y Delfina) para evaluar los cambios ocurridos durante el desarrollo floral.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en terrenos de Postgrado de Horticultura del Decanato de Agronomía de la Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado", ubicado en Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara, (10° 05'LN; 510 m.s.n.m.).

### **Metodología para la fenología de la floración**

Diez plantas por cada variedad fueron seleccionadas completamente al azar para establecer la secuencia de cambios, y eventos anatomorfológicos que ocurren en el curso del desarrollo de la flor. A cada planta seleccionada, se le marcaron 8 ramas con signos evidentes de desarrollo reproductivo, sometiendo los botones florales a observaciones diarias a lo largo del desarrollo de la flor.

Las observaciones consistieron en medir la longitud del pedúnculo y el diámetro del botón floral. Paralelamente, se recolectaron semanalmente 10 materiales en varios estados de desarrollo para observar el crecimiento interno de cada una de las estructuras florales. En este caso, los materiales

florales fueron fijados en una solución de formol- acético- alcohol (FAA), para su estudio posterior en laboratorio. Los materiales ya fijados, fueron examinados bajo una lupa óptica; posteriormente, se realizaron cortes longitudinales y transversales, los cuales fueron fijados y llevados al centro de microscopía electrónica para ser observadas mediante la técnica de microscopía de barrido.

Las muestras, antes de ser microfotografiadas fueron colocadas en acetona por espacio de 3 minutos aproximadamente, luego se colocaron sobre bases porta-muestras previamente identificadas; secándose más tarde mediante la técnica de punto crítico en un equipo SSPC marca BALTEC, modelo CPD-030 computarizado. Este procedimiento se usa para procesar muestras blandas prefijadas con glutaraldeído y osmio para evitar el colapso si son secadas por los métodos convencionales, siguiendo las técnicas recomendadas por Castillo (1999).

Luego las muestras fueron metalizadas para posteriormente ser observadas en el microscopio Philips MEB (XL-20) en el Centro de Microscopía Electrónica de la Facultad de Agronomía (CENMEFA), Maracay. Los datos se analizaron estadísticamente, utilizando la prueba de t de Student para establecer las diferencias entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

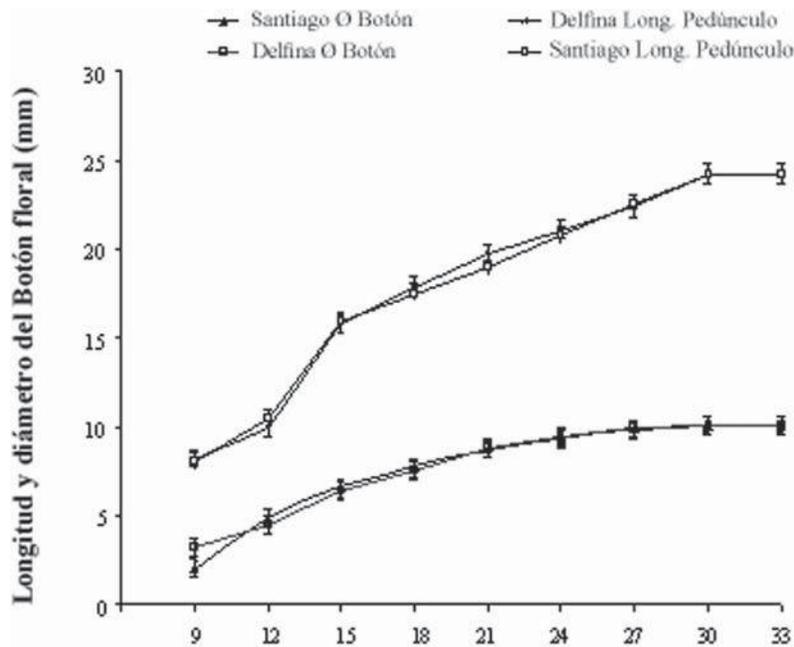
**Desarrollo de la yema floral.** La Figura 1 muestra el desarrollo expresado en la longitud del pedúnculo y del diámetro del botón floral en las variedades Santiago y Delfina. El pedúnculo y el diámetro de la flor alcanzaron sus mayores valores entre los 28 y 33 d, no mostraron diferencia significativa por lo que se considera como variedades muy similares en morfología y cronológicamente en cuanto a su desarrollo floral.

Las ramas laterales ortotrópicas en crecimiento paralizado, pero, con capacidad de floración, presentan en el ápice una yema en reposo con 7 a 8 primordios (Figura 2A y 2B), los cuales corresponden a primordios foliares de forma alargada y con abundante pubescencia.

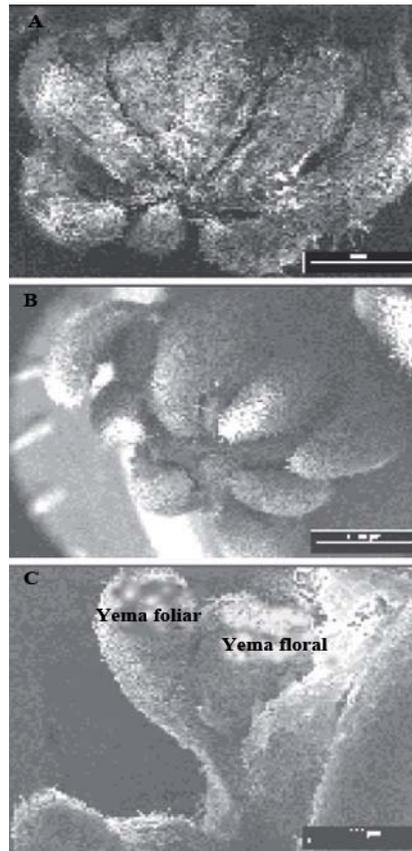
En la axila de cada uno de estos primordio, se forma otro mucho más pequeño redondeado y muy piloso, el cual se corresponde con el primordio floral (Figura 2C). Cuando la yema entra en actividad los primordio foliares y florales iniciaron simultáneamente el crecimiento

desde posiciones subapicales de la yema (Figura 2B). El desarrollo del primordio foliar fue mucho más rápido e intenso que el floral (Figura 2C), al punto que a los 8 d después que inició su crecimiento el foliar medía 20 mm, mientras que el floral midió solo 6 mm.

La prefoliación de primordios en la yema terminal, para la época de paralización del crecimiento, se corresponde de manera similar con los eventos de formación de yemas en otras especies; tal es el caso del durazno (Warriner *et al.*, 1985), manzana (Pratt, 1984) y vid (Srinivasan y Mullins, 1981). Después de desarrolladas las estructuras preformadas, el meristemo apical continua normalmente formando nuevas estructuras de manera similar al caso del *Quercus petraea* (Fontaine *et al.*, 1999).

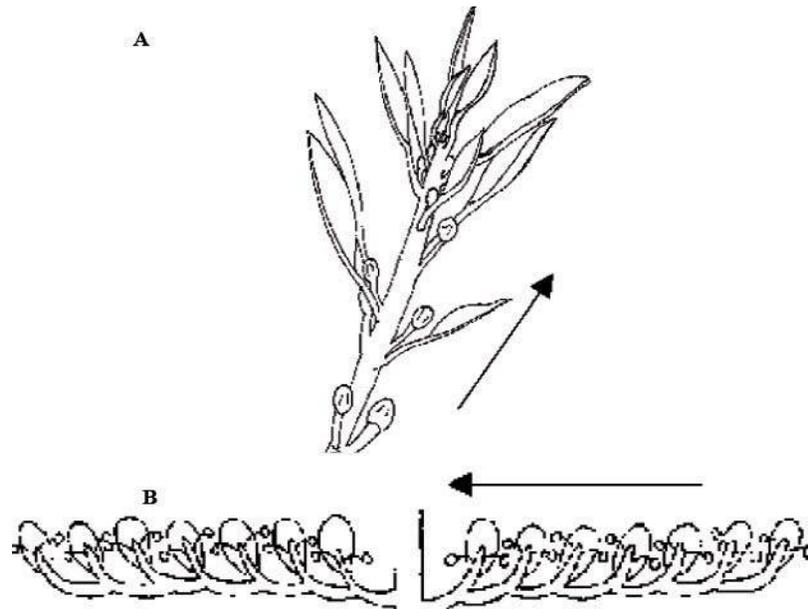


**FIGURA 1.** Crecimiento longitudinal del pedúnculo y el diámetro del botón floral (mm) de las variedades Santiago y Delfina durante la floración.



**FIGURA 2.** Micrografía electrónica de barrido donde se muestra el inicio del desarrollo floral. (A) Primordios en estado de reposo, (B) brotación de la yema y (C) desarrollo de la yema foliar y floral.

La aparición de flores en la rama ortotrópica progresa de manera acrópeta (Figura 3A); mientras que sobre la rama plagiotrópica, la floración aparece desde el extremo apical hacia la base (Figura 3B). Una situación contrastante se presenta en el caso de la floración del guayabo, la cual ocurre de manera lateral sobre la rama plagiotrópica. En este caso, la floración se presenta sólo en los nudos, 2, 3 y 4 de manera acrópeta, sobre el actual flujo de crecimiento (Añez y Bautista, 1994).



**FIGURA 3.** Posición ortotrópica de los ápices de crecimiento donde se iniciará la floración (A), Vista frontal del verticilio donde se ubicarán los brotes florales. (B) Detalle del inicio de la floración en uno de los ejes ortotrópicos  
**Nota:** La flecha indica la dirección de la floración.

**Fenología floral.** La fenología floral del níspero se estudió desde el momento en que se inició la brotación de la yema hasta la maduración estigmática y la antesis (Figura 4), la cual fue similar para las dos variedades y quedó definida para Santiago en cinco fases que se describen a continuación:

**Fase 1.** Para el momento de iniciarse la brotación de la yema, el primordio foliar se presentó una estructura alargada y de mayor tamaño que la floral, la cual muestra una estructura redondeada y ubicada en la axila del anterior. Esta primera fase culmina cuando en el botón floral se comenzó a observar la formación del pedúnculo y el botón alcanzó 8 mm de diámetro, lo cual sucedió aproximadamente en 8 d, desde el inicio de la floración de la yema (DIF).

**Fase 2.** El pedúnculo se hace completamente visible y el verticilo más externo de los sépalos, queda completamente formado y las suturas entre ellos quedan plenamente marcadas. Al corte longitudinal, el estilo ya ha iniciado su desarrollo y ocupa una pequeña parte de la cavidad floral (Figura 5A). Para este momento han transcurrido aproximadamente 28 DIF.

**Fase 3.** El botón floral completa su desarrollo. El pedúnculo tiene una longitud de 25 mm y se va tornando a una coloración rojiza, mientras que el diámetro del botón floral alcanza 10 mm. Hasta este momento han transcurrido aproximadamente 29 a 31 DIF.

**Fase 4.** Los sépalos externos comienzan a separarse por las suturas y los internos han alcanzado su tamaño final, mientras tanto el desarrollo del estilo y el estigma hace que esta estructura comience a sobresalir por la parte apical de la flor. El estigma, una vez afuera del botón floral, le aparece una sustancia viscosa transparente que lo recubre y permanece así durante aproximadamente 3 d, período durante el cual el estigma se considera receptivo (Figura 5B) y el estilo presenta una longitud de 7,40 mm y ecuatorialmente mide 2,36 mm. La base donde se inserta el ovario es un disco aplanado de 2,3 mm y presenta abundantes tricomas; el ovario, cuando esta completamente desarrollado, es de forma esferoidal y tiene un diámetro de 2,69 mm. Para este momento han transcurrido aproximadamente 42 DIF de la yema.

**Fase 5.** Durante esta fase el cáliz y la corola se abren y ocurre la dehiscencia de las anteras; este período tiene una duración de 5 DIF, después de los cuales se cierra y ya no vuelve abrir; mientras tanto el estigma se torna marrón o negruzco indicando que ha terminado el tiempo de receptividad. La antesis ocurre a los 46 d en promedio desde el inicio del desarrollo.

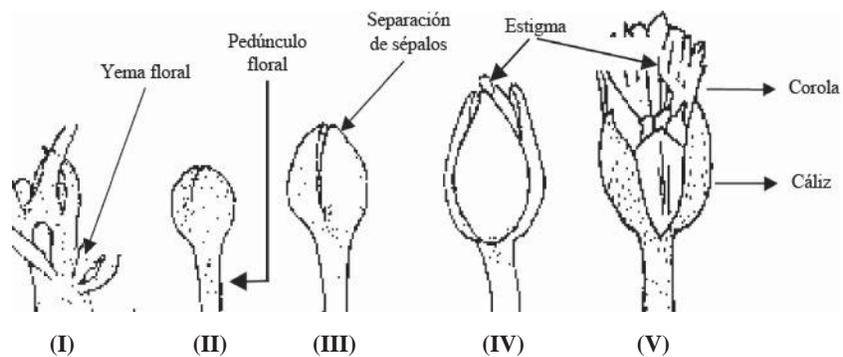
Después de la antesis, las flores de níspero permanecen abiertas por un período de 72 h hasta que se fecundan o absisan y la duración de apertura, al parecer, está controlada por los ritmos diarios de luz, temperatura y humedad (Essau, 1977). El botón floral se desarrolla a lo largo de un período de 45 a 47 d, en ambos cultivares DIF hasta la antesis.

De acuerdo con Bailey y Bailey (1976); y estas observaciones, la flor del níspero es hermafrodita, completa, con perianto doble o diclamídeo y cáliz dialisépalo, biseriado, de tres sépalos en cada uno de los verticilos de posición imbricada, de color verde oscuro y más pubescente el externo

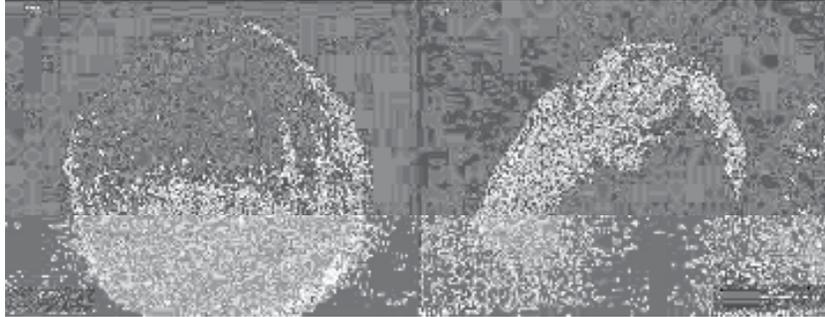
que el interno, el cual es verde claro. La corola es gamopétala, tubular cilíndrica, de color blanco-rosado, con simetría actinomorfa, con lóbulos generalmente en número igual a los sépalos. Los estambres son 6, libres entre sí, opuestos a la corola y su tamaño es tal que no alcanzan a sobresalir del perianto; por su adnación al perianto se consideran epipétalos. Los estaminoides en número de 6 están insertos en un simple verticilo.



0-8 días      9-28 días      29-31 días      32-42 días      43-46 días



**FIGURA 4.** Fases de desarrollo de la flor del níspero variedad Santiago. (I) Inicio de la brotación de la yema. (II) Crecimiento del pedúnculo y formación de sépalos. (III) El botón floral completa su desarrollo. (IV) Se separan los sépalos, emerge el estigma y se hace receptivo. (V) Ocurre la antésis de la flor.



**FIGURA 5.** (A) Corte longitudinal del botón floral, (B) Comienzo de la receptividad estigmática.

El gineceo está conformado por un ovario súpero que tiene entre 3 a 12 lóculos, por lo que se le considera pluricarpelar. En la base del ovario se encuentran abundantes discos nectaríferos fusionados en forma anular y están cubiertos por abundantes tricomas que impiden ser visualizados.

El tiempo desde que emerge el botón floral para hacerse visible hasta la antesis, es variable en los diferentes frutales perennes y este es afectado por las condiciones climáticas; en la lechosa es de aproximadamente de 43 a 46 d (Storey, 1986), Chadha y Pandey (1982) realizaron un estudio similar y concluyeron que el desarrollo floral del guayabo ocurre a través de 8 fases, desde que la yema floral es visible hasta cuando ocurre la apertura floral.

### CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias ni morfológicas, ni cronológicas apreciables en el desarrollo de la floración en ambas variedades.
- El primordio floral se desarrolla simultáneamente con el foliar en el meristemo apical de la rama.
- La floración progresa de manera acrópeta en el eje ortotrópico de la rama plagiotrópica.
- El botón floral se desarrolla a lo largo de un período aproximadamente de 46 DIF hasta la antesis, en ambas variedades.

## SUMMARY

The phenology of sapodilla, *Manilkara achras* van Royen, was studied, by means of daily observations carried out in the varieties Santiago and Delfina, from the initiation of flower bud breaking to anthesis. The study was carried out on five branches of six plants of each of the evaluated varieties, which were marked to observe and to describe the evolutionary phases of the floral shoots until anthesis. The flowering was observed by means of technical of sweeping microscopy. The floral development and the flowering were observed in the extreme apical and orthotropic and in the plagiotropic branches, and the duration was chronologically very similar in the two varieties. Together with the breaking of the terminal shoot, the floral and foliar primordial began their development simultaneously from the sub apical position. The flowering process was divided into five phases: the first phase start with the beginning of the meristematal activity and finish when the floral button become visible and the primordia reaches 6 mm, which took about 8 days. During the second phase, which last about 20 days, the peduncle and sepals are visible. The third phase, which last between 3 and 4 days, concludes when the petals and stamens become visible. In the fourth phase, which last seven days, the peduncle is totally developed, the most external sepals are already observed, and the stigma was totally formed and receptive. Finally, during the fifth phase the flower is totally developed, and the anthesis begins. The flower presented stimatic exudates before the begging of the dehiscence of pollen and its development was completed approximately in 45 days, in the two varieties.

**Key Words:** *Manilkara achras* van Royen; floral phenology; bud; development.

## BIBLIOGRAFÍA

AÑEZ, M. y D. BAUTISTA. 1994. Características de la floración y fructificación de cinco clones de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología 12(2):166-124.

AUBERT, B. and P. LOSSOIS. 1972. Consideration sur la phenologie des especes fruitires arbustivs. Fruts 27(4):269-286.

ARISTIGUIETA, L. 1950. Frutas comestibles de Venezuela. Sociedad Botánica Venezolana de Ciencias Naturales. 13(76):57-104.

- AVILÁN, L., F. LEAL y D. BAUTISTA. 1992. Manual de Fruticultura. Principios y Manejo de la Producción. Tomo 2. 2<sup>da</sup> Edición. Edición América. Caracas – Venezuela. pp. 1 353-1 367.
- BAILEY, H. and E. BAILEY. 1976. Hortus Third. Mcmillan Cornell University. Publishing. Company N.Y.600 p.
- BAUTISTA, D. y N. MEZA. 2001. Caracterización del crecimiento del níspero desde plantación en campo hasta inició de floración. Proceeding of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 43:130-134. Lima – Perú.
- CASTILLO, J. 1999. Universidad Central de Venezuela–Maracay. Microscopia Electrónica de Barrido. Guía Teórica. 30 p.
- CHANDHA, K. and M. PANDEY. 1982. *Psidium guajava* L. **In:** Handbook of flowering. M.H. Haley (Ed.) Boca de Raton, Florida, USA. Volumen V: 287-294.
- ESSAU, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. New York. John Wiley and Sons. Inc. 420 p.
- FONTAINE, F., H. CHAAR, F. COLON, C. CLEMENT, M. BURRUS and J. DRUELLE. 1999. Preformation and neof ormation of growth units on 3-year-old seedlings of *Quercus petraea*. Canadian Journal of Botany 77:1 623-1 631.
- GILLY, C. 1943. Studies in the sapotaceae. II. The sapodilla-níspero complex. Tropical Woods. 7(3):1-22.
- GONZÁLEZ, L. and P. FELICIANO. 1953. The blooming and fruiting habits of the sapota Philippine Agriculturist. 27(7):384-398.
- KNIGHT, R. and C. CAMPBELL. 1993. Pollination requirement for successful fruiting of tropical fruit species. Proceeding of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 37:167-170.
- KRAJEWSKI, A. and E. RABE. 1995. Citrus Flowering a Citrical Evaluation. J. Hort. Sci. 70 (3):357-374.
- LEÓN, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Costa Rica. Instituto Interamericano Ciencias Agrícolas. 400 p.

LINDORF, H., L. PARISCA y P. RODRÍGUEZ. 1985. Botánica. Clasificación, Estructura y Reproducción. Caracas. Edic. Bibl. UCV. 700 p.

PRATT, C. 1984. Apple flower and fruit: Morphology and anatomy. Horticultural Review 10:273-308.

PENNINGTON, T. 1990. Flora-Neotropica Sapotaceae. Bronx, New York. The New York Botanical Garden. 384 p

SALAZAR-GARCÍA, E., M. LORD and C. J. LOVATT. 1988. Inflorescence and flower development of the 'Has'avocado (Persea americana Miller) during "on" and "off" crop year. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(4):537-544.

SRINIVASAN, C. and M. MULLINS. 1981. Physiology of flowering in the grapevine-A. Review Armerican Journal Enology Viticulture. Vol. 32(1):47-63.

STOREY, W. B. 1986. Carica papaya. C.R.C. Handbook of flowering. Vol IV. Edit. Abraham H. Halevy. C.D.R. Press. Inc. Boca Ratón. Florida. 600 p.

WARRINER, C., J. JOHNSON and M. SMITH. 1985. Cooperation of the initiation and development of 'Redhaven' peach flower in standard and meadow orchard tress. J. Amer. Soci. Hort. Sci. 110(3):379-383.



## ACTIVIDAD DE LA ENZIMA DESHIDROGENASA EN UN SUELO CALCIORTHIDS ENMENDADO CON RESIDUOS ORGÁNICOS<sup>1</sup>

Yudith Acosta y Jorge Paolini

### RESUMEN

Se evaluó la dinámica de la actividad de la enzima deshidrogenasa (ADH) en un suelo Calciorthids de la Península de Paraguaná (estado Falcón) enmendado con tres residuos orgánicos: lodo residual proveniente del tratamiento de aguas servidas, estiércol de chivo, y residuo del procesamiento industrial de la sábila, *Aloe vera*, a dosis de 1 y 2%. Suelo y tratamientos fueron incubados aeróbicamente, en condiciones de laboratorio, durante 64 días. La cuantificación de la ADH es uno de los métodos más usados para determinar la actividad de los microorganismos en el suelo, y se basa en la determinación colorimétrica del producto liberado 2,3,5-trifenilformazan (TFF) que se origina después de incubar la muestra con cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (CTT) a 37 °C por 24 horas. La incorporación de materiales orgánicos al suelo incrementó significativamente ( $P=0,05$ ) la actividad de esta enzima con respecto al control. Este incremento se mantuvo hasta el final del período de incubación, alcanzando valores de 474  $\mu\text{g TFF g}^{-1}$  suelo 24  $\text{h}^{-1}$  sobre base seca para el tratamiento con el residuo vegetal a dosis de 1% y 466  $\mu\text{g TFF g}^{-1}$  suelo 24  $\text{h}^{-1}$  para el tratamiento con estiércol de chivo al 2%. Para los tratamientos orgánicos el incremento inicial en la actividad de la enzima fue mayor con la dosis más alta, observándose una clara tendencia a disminuir con el transcurso del tiempo.

**Palabras Clave:** Actividad enzimática; deshidrogenasa; residuos orgánicos; suelo calciorthids; Península de Paraguaná; estado Falcón.

---

<sup>1</sup> Parte de la tesis de postgrado de la primera autora, financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit).

\* Profesora Titular. La Universidad del Zulia (LUZ). Núcleo Punto Fijo. Laboratorio de Investigaciones y Servicios Ambientales. Prolongación Av. Táchira, al lado del Hospital Calles Sierra. Punto Fijo, estado Falcón. Venezuela. E-mail: yacosta@luz.edu.ve

\*\* Investigador Asociado Titular. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Laboratorio de Ecología de Suelos II. Apdo. 21827, Caracas 1010-A. Carretera Panamericana, km 11. Altos de Pipe, estado Miranda. Venezuela. E-mail: jpaolini@ivic.ve

RECIBIDO: marzo 20, 2003

## INTRODUCCIÓN

La actividad bioquímica total del suelo está constituida por una serie de reacciones catalizadas por enzimas (Skujins, 1967). Las enzimas son proteínas solubles, de naturaleza orgánica y estado coloidal, elaboradas por las células vivas, que actúan independientemente de éstas, tienen poder catalítico específico y se destruyen por el calor húmedo a 100 °C.

De las enzimas determinadas en suelos, son las oxidorreductasas las más estudiadas dentro de las cuales se encuentran la deshidrogenasa, catalasa, peroxidasa, fenoloxidasa y glucoxidasa si bien también lo han sido otros grupos como las hidrolasas, liasas y transferasas. Las enzimas del suelo pueden dividirse, además, en dos grupos: extracelulares (exoenzimas o abióticas) e intracelulares (endoenzimas).

En general, se ha demostrado ampliamente que las enmiendas orgánicas incrementan la actividad de las enzimas en el suelo (Fraser *et al.*, 1988; Martens *et al.*, 1992; Perucci, 1992); al menos que estas contengan ciertos contaminantes como metales pesados o compuestos orgánicos tóxicos en concentraciones inhibitorias (Frankenberger *et al.*, 1983; Bonmati *et al.*, 1985). Estos compuestos contaminantes afectan negativamente la composición y la actividad de la microflora del suelo (Bäåth, 1989; Brookes, 1995). Ceccanti y García (1994) han indicado que la importancia del conocimiento de las actividades enzimáticas en los suelos deriva fundamentalmente del papel que juegan éstas en los procesos de degradación y evolución de la materia orgánica (MO). A esto se agrega el hecho de que procesos como la mineralización y humificación de la MO se rigen en gran medida por reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis; de ahí la importancia del conocimiento de las oxidorreductasas (Pascual, 1995).

La determinación de la actividad de la deshidrogenasa (ADH) es un reflejo de las actividades oxidativas de la microflora del suelo (Ladd, 1978; Skujins, 1978). Esta enzima intracelular está asociada a los microorganismos proliferantes, y no es estabilizada por los coloides inorgánicos (arcillas) y orgánicos (sustancias húmicas) del suelo (Rossel *et al.*, 1997). Esta enzima es la encargada de la oxidación biológica de los compuestos orgánicos mediante el proceso de deshidrogenación; el cual procede según la siguiente reacción general:  $XH_2 + A \rightarrow X + AH_2$ ; donde  $XH_2$  es un compuesto orgánico dador de hidrógenos y A es el correspondiente aceptor de los mismos (Trevors, 1984).

La ADH ha sido propuesta como un indicador de la actividad biológica de un suelo (Skujins, 1976) y es uno de los métodos comúnmente usados para determinar la actividad de los microorganismos (Trevors, 1984; Casida *et al.*, 1964). La alta correlación encontrada entre la ADH con otros parámetros involucrados con la actividad biológica del suelo tales como: el C de la biomasa, la relación C-biomasa/COT y la respiración basal (Reddy y Faza, 1989) hacen aún confiable su determinación como índice de actividad microbiana.

El objetivo principal de este estudio consiste en determinar la dinámica de la ADH, tanto en el suelo sólo como en los tratamientos derivados de la adición a éste de tres residuos orgánicos de naturaleza diferente, mediante un experimento de incubación llevado en condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el Horizonte A de un Calciorthids (USDA, 1992, Soil Taxonomy) ubicado en el Sector “El Taparo”, al noreste de la ciudad de Punto Fijo, Península de Paraguaná (estado Falcón) a 11° 47' latitud norte -70° 08' longitud oeste. La altitud de la zona es menor de 50 m.s.n.m. La precipitación anual varía entre 300 y 600 mm (promedio por 8 años: 315 mm) y la temperatura media anual de 27 °C (máximo: 28,1 °C y mínimo: 25,5 °C).

La provincia de humedad correspondiente es semiárida. El relieve es predominantemente plano y el basamento geológico está constituido por calizas y rocas arcillosas calcáreas. La vegetación es de un tipo fisonómico siempre-verde espinoso, cuya cubierta vegetal está constituida casi enteramente por *Prosopis juliflora* y *Bastaria viscosa* (COPLANARH, 1975).

El suelo fue muestreado en un área de 3 200 m<sup>2</sup> aproximadamente, dividida en 8 unidades iguales de 400 m<sup>2</sup> aproximadamente, a una profundidad de 15 cm. De cada unidad se obtuvo una submuestra formada por 5 muestras individuales de igual volumen. Las 8 submuestras, tomadas por cada unidad, se combinaron en una muestra compuesta uniforme. La muestra compuesta obtenida fue secada al aire y pasada a través de un tamiz de 2 mm. Este suelo resultó ser franco-arenoso, con porcentajes de 57, 18 y 25 para arena, limo y arcilla, respectivamente (FONAIAP, 1990).

Se emplearon tres tipos de residuos orgánicos procedentes del estado Falcón: estiércol de chivo recolectado en los criaderos de la Península de Paraguaná, residuo del procesamiento de la sábila, *Aloe vera* Linné, recolectado en una planta procesadora industrial de sábila (PIZCA) en la ciudad de Coro; lodo residual proveniente del tratamiento de aguas servidas, recolectado en los lechos de secado de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas del Centro de Refinación Paraguaná de PDVSA en Cardón.

Los tres residuos orgánicos mencionados fueron incorporados al suelo hasta elevar su contenido de carbono orgánico total en 1% y 2%. Previa caracterización del suelo y los residuos orgánicos (Cuadro 1), se tomaron 50 g de suelo y fueron colocados en frascos de vidrio de 120 ml de capacidad, adicionando al mismo por separado, cada uno de los residuos orgánicos a las dosis mencionadas para obtener 6 tratamientos. A estos tratamientos se sumó el control (suelo sin aplicación de residuo), considerando 3 repeticiones para cada uno, obteniendo un total de 21 muestras por cada tiempo de muestreo. Estas muestras se humedecieron con agua destilada hasta una humedad correspondiente a un 60% de la capacidad de retención hídrica, considerando que los niveles óptimos son del 50 al 70%.

**CUADRO 1.** Caracterización química del suelo y los residuos orgánicos usados en el estudio\* (Acosta *et al.*, 2003).

Parámetro	Suelo	Lodo Residual	Estiércol de chivo	Residuo de sábila	Fuente
pH (H <sub>2</sub> O)	8,06	6,5	8,8	5,3	FONAIAP (1990)
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,09	1,93	7,66	2,36	FONAIAP (1990)
COT (%)	0,64	25,33	32,66	39,75	Anderson e Ingram (1993)
N Total (%)	0,06	2,04	2,16	0,66	Keeney y Nelson (1982)
C / N	10,16	12,5	15,1	60,4	FONAIAP (1990)
P Total (%)	0,07	0,13	0,06	0,04	Kuo (1996)

\*Valores promedios (n=3). CE: Conductividad Eléctrica; COT: Carbono Orgánico Total.

Por debajo del nivel inferior la actividad microbiana decae considerablemente (los microorganismos necesitan agua para su metabolismo; esta constituye también un medio de transporte de los nutrientes solubles y de los productos de reacción) y por encima del nivel superior aparecen problemas de anaerobiosis por el desplazamiento del aire por el agua (Costa *et al.*, 1991).

El suelo control y los tratamientos fueron incubados por 64 días, empleando el sistema de aireación continua (incubación aeróbica) propuesto por Stotzky (1965), el cual permite remover cada muestra independientemente en los diferentes tiempos de evaluación, durante todo el período de incubación, sin que el suelo en las demás muestras sea perturbado. En el sistema se incluyeron réplicas de las diferentes muestras correspondientes a los 9 tiempos diferentes (0, 7, 14, 21, 28, 35, 43, 57 y 64 d) en los cuales se procedió con la determinación de la ADH; procesando para tal fin un total de 168 muestras.

La ADH del suelo se basa en la determinación colorimétrica del producto liberado 2,3,5-trifenilformazan (TFF) a 485 nm tras la incubación a 37 °C por 24 h de muestras de suelo con cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (CTT, Casida *et al.*, 1964), usando como referencia metanol. La curva de calibración se preparó en función de las siguientes concentraciones: 4, 12, 20 y 40 µg de TFF ml<sup>-1</sup>. La absorbancia del blanco se restó de las absorbancias de cada una de las muestras, y a partir de la curva de calibración se calcularon las concentraciones de las mismas en µg TFF ml<sup>-1</sup>. La ADH, expresada en µg TFF g<sup>-1</sup> PS 24 h<sup>-1</sup>, se calculó mediante la fórmula:

$$ADH = (M-B) * VF / PS$$

donde:

- M:** concentración de la muestra (µg TFF ml<sup>-1</sup>)
- B:** concentración del blanco (µg TFF ml<sup>-1</sup>)
- VF:** volumen final en el matraz aforado (25 ml)
- PS:** peso seco de la muestra (g)

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en la caracterización química se efectuó empleando estadística básica y para la ADH se usó el método de Análisis de Varianza (ANOVA) de una sola vía, aplicando la prueba de rangos críticos de Newman-Keuls. La comparación de medias

*a posteriori* mediante la prueba de mínima diferencia significativa (MDS) a un nivel de probabilidad del 5%. Se empleó el paquete estadístico STATISTICA. Versión 6.0 (Stat Soft, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los valores obtenidos para la ADH durante los 64 d del experimento de incubación, en el suelo (S) y en los tratamientos con lodo residual (L), estiércol de chivo (CH) y residuo de sábila (Z) a dosis de 1 y 2%.

Para los distintos tratamientos del suelo la ADH se manifestó en el siguiente orden: estiércol de chivo > residuo de sábila > lodo residual; demostrando que este último MO genera una menor actividad microbiana; mientras que los residuos de sábila y el estiércol de chivo mostraron una mayor ADH como consecuencia de poseer un mayor contenido de MO fácilmente biodegradable.

**CUADRO 2.** Actividad deshidrogenasa ( $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ ) del suelo y los tratamientos durante los 64 días del ensayo de incubación.

Días	Muestras								MDS
	S	L-1%	L-2%	CH-1%	CH-2%	Z-1%	Z-2%		
0	62	337	508	1 474	3 358	1 161	1 671	<b>164</b>	
7	58	111	184	369	751	277	375	<b>26</b>	
14	47	138	181	416	752	229	210	<b>27</b>	
21	35	133	182	436	868	248	261	<b>19</b>	
28	48	144	237	243	572	220	388	<b>30</b>	
35	57	174	241	384	699	305	448	<b>50</b>	
43	25	96	143	262	499	241	367	<b>26</b>	
57	30	84	133	233	344	249	366	<b>23</b>	
64	69	88	190	383	466	474	383	<b>38</b>	
<b>MDS</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>47</b>	<b>55</b>	<b>52</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	

MDS: Mínima Diferencia Significativa.

Al momento de la incorporación de los residuos (día 0) para todos los tratamientos se presentó el mayor valor de la ADH, ya que es en este momento cuando se crean las condiciones óptimas de humedad y temperatura; lo que sumado a la adición de sustratos fácilmente biodegradables estimula la población microbiana natural y por consiguiente la síntesis de la enzima en mayor cantidad durante los primeros días de la incubación (Pascual, 1995, Sopper y Seaker, 1987). Por otro lado, es de esperar que se incorporen junto con los residuos otros microorganismos (zimógenos), los cuales también pueden contribuir a un aumento en los niveles de la enzima (Contreras, 2001).

En general los resultados indican que la incorporación de los residuos al suelo incrementa la actividad de esta enzima, sugiriendo a su vez un aumento de su actividad biológica; lo que hace suponer que el tipo de MO incorporada es biológicamente más activa que la del suelo, o bien los compuestos incorporados con ella son capaces de activar la biomasa microbiana autóctona del mismo (Trevors, 1984).

En todos los tratamientos, el suelo enmendado con la dosis mayor (2%) desde el primer día, al inicio de la incubación, presentó mayor ADH que la dosis menor (1%) y esta a su vez fue mayor que para el suelo sólo. El incremento de la actividad registrada al final del experimento (día 64), en relación al control, fue significativo en todos los tratamientos, excepto en el caso del lodo residual a dosis de 1%. Esto, podría significar que los residuos orgánicos aplicados al suelo no contienen compuestos tóxicos que, al aumentar la dosis, pudieran afectar la actividad biológica a tal punto de inhibir la ADH (Perucci, 1992; Reddy y Faza, 1989). La actividad de la enzima en el suelo control disminuyó inmediatamente en los primeros 7 d y luego se mantuvo muy baja, aunque con variaciones intermedias, hasta registrarse un ligero, aunque significativo, aumento al final del experimento.

En todos los tratamientos, para ambas dosis, existe una clara tendencia a la disminución de la ADH en el transcurso del tiempo, lo cual es lógico si se toma en cuenta que el aporte de nutrientes y carbono fácilmente mineralizables tiende también a agotarse con el tiempo, por lo que a su vez la población microbiana va decreciendo hasta que finalmente muere. Se ha determinado que la adición de abonos orgánicos aumenta la ADH durante cierto tiempo (hasta meses), y luego disminuye. Se ha encontrado que esto ocurre también con otros tipos de enzimas (Albiach *et al.*, 2001; Giusquiani *et al.*, 1994; Goyal *et al.*, 1993; Martens *et al.*, 1992).

En lo que respecta a los desechos de origen urbano, algunos han tenido un efecto positivo sobre la actividad de esta enzima (Wittling *et al.*, 1995; Giusquianni *et al.*, 1994); y otros, como en el caso de algunos lodos residuales municipales e industriales, han tenido un efecto negativo, y éste ha sido atribuido principalmente a altas concentraciones de metales pesados (Reddy *et al.*, 1987; Doelman y Haanstra, 1979). En el caso del tratamiento con lodo residual empleado en el estudio, no se verificó ningún efecto negativo sobre la actividad de esta enzima, y aunque ésta fue menor que para los tratamientos con los otros residuos orgánicos empleados, resultó siempre mayor en relación al suelo control; incluso, hasta el final de la incubación.

Kelly *et al.* (1999) indicaron una disminución significativa en la ADH en un suelo enmendado con lodo residual ( $315 - 86 \mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ ); este resultado fue similar para el lodo de estudio aplicado al suelo a la dosis de 1% ( $337 - 88 \mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ ).

En sus investigaciones, Kelly y Tate (1998) han expresado que una concentración elevada de metales pesados puede producir una disminución de la ADH, mientras que Moreno *et al.* (2001) determinaron una inhibición de la ADH en diferentes suelos contaminados con Cd, de dos áreas diferentes de Italia, e indicaron que la actividad de la enzima disminuyó al incrementarse la concentración de este metal.

La disminución en el tiempo de la actividad de esta enzima, para todos los tratamientos con residuos orgánicos, fue significativo tomando en cuenta los valores registrados en el primer día de la incubación (día 0) con respecto al día final de la misma (día 64); aunque se presentaron constantes variaciones en la actividad durante el experimento. El intervalo de valores obtenido en el día 64 del experimento de incubación para esta enzima varió significativamente, para los distintos tratamientos en relación al suelo control, para el cual se registró un valor de  $69 \mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ ; obteniéndose un valor máximo para el residuo de sábila, a la dosis menor, de  $474 \mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ .

La aplicación al suelo de diferentes residuos orgánicos puede provocar diferentes efectos en la mineralización del nitrógeno, atendiendo a su relación C/N (Hirose, 1973). Relaciones C/N menores de 20 hacen posible una aceleración de los procesos de mineralización de nitrógeno desde el primer día, promoviendo la presencia de  $\text{NO}_3^-$ ; que inhibe la ADH ya que este puede actuar como aceptor de electrones (Casida *et al.*, 1964).

Adicionalmente, es probable que se produzcan fenómenos de inmovilización de N en forma orgánica durante un tiempo y posteriormente comiencen los procesos de mineralización. La población microbiana tomaría todo el N mineralizado necesario para su actividad. El N incorporado a las células microbianas (inmovilizado en su biomasa) no podría estar disponible hasta la muerte de los microorganismos. Los cambios potenciales en las poblaciones microbianas y la disponibilidad de componentes fácilmente mineralizables en el sustrato, puede explicar las constantes variaciones en la actividad de la enzima durante el período de incubación. Esta actividad tiende a estabilizarse en el tiempo.

Para el tratamiento con estiércol de chivo al tiempo de 0 días se obtuvo una actividad de 1474 y 3358  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ , para las dosis de 1 y 2%, respectivamente. Estos valores son marcadamente diferentes al valor obtenido para el suelo control, y son entre 11 y 24 veces mayores a los valores más altos encontrados por Herrero *et al.* (1998) para tratamientos con diferentes estiércoles y sus composts. Estos autores estudiaron los efectos de la aplicación de 14 productos orgánicos sobre un suelo franco-arenoso a dosis de 25 y 50  $\text{t ha}^{-1}$ , durante 4 meses en un ensayo realizado a nivel de invernadero (25 °C, 70% de humedad del aire).

Los valores obtenidos al final de su experimento para la ADH, variaron para los diferentes residuos entre 69  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$  para el suelo no tratado y 139  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$  para un estiércol compostado a la dosis mayor. La alta actividad metabólica en los tratamientos se debe probablemente al alto contenido de MO aplicada al suelo usado en su experimento; y aunque determinaron que la ADH se incrementaba después de los tratamientos orgánicos, no encontraron un efecto aparente de la dosis de aplicación.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron más altos que los indicados por Giusquiani *et al.* (1994) y diez veces mayores a los encontrados por Martens *et al.* (1992) después de la adición de lodo residual, estiércol y residuos verdes. Estas diferencias entre los resultados obtenidos en distintos experimentos, demuestran que la actividad de la enzima está influenciada, no solamente por la calidad del MO aplicado, sino también por las dosis de aplicación, las condiciones y el tiempo de incubación.

En este caso, una mayor dosis de aplicación promovió a una mayor actividad de la enzima, lo cual puede significar que un suministro abundante de residuos orgánicos permite una mejor eficiencia en el uso de

los nutrientes, especialmente de nitrógeno, lo cual ha sido evidenciado por Campbell y Zentner (1993), al detectar pérdidas menores de  $\text{N-NO}_3$ , en sitios donde se incorporaron residuos orgánicos.

En suelos de Venezuela se conocen pocos estudios realizados con respecto a la enzima deshidrogenasa. Sin embargo, la ADH ha sido determinada en suelos en regiones distintas del país, mostrando resultados muy diferentes. Así, Hernández *et al.* (2003) evaluaron el efecto de tres sistemas de labranza: convencional, reducida y siembra directa en un inceptisol de Turén (estado Portuguesa) durante un ciclo de maíz, *Zea mays* L., y esta varió entre 13 y 137  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ . Las variaciones estuvieron relacionadas con las prácticas de manejo del cultivo y las variaciones estacionales de la precipitación. El tratamiento siembra directa mostró los mayores valores probablemente asociados con un mayor suministro de sustratos orgánicos disponibles para los microorganismos del suelo, derivados de los residuos de cosecha dejados en la superficie del suelo.

Ruiz y Paolini (2001) determinaron la ADH en suelos aluviales y lacustrinos localizados en la Cuenca del Lago de Valencia. Los valores de la actividad de esta enzima variaron entre 18 y 746  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ . Los valores más altos de actividad fueron observados en los suelos bajo vegetación natural y los menores en los suelos cultivados regados con aguas residuales industriales y domésticas. Estos autores sugieren que metales trazas y/o otros contaminantes pudieron afectar de forma negativa la ADH.

Paolini (2004) en un estudio realizado en una toposecuencia de la región de Calabozo (estado Guárico) perteneciente a los Altos Llanos Centrales indica valores comprendidos entre 47 y 618  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ , correspondiendo al suelo de vegetación de bosque en la Mesa disectada de Calabozo la más alta actividad y al suelo de bajío o sabana estacional inundable la más baja.

En sus trabajos Contreras (2001) señaló para un suelo andino venezolano natural cercano a una escombrera de mina (Contreras, 2001), al final de un período de incubación de 42 d, un valor promedio en la actividad de esta enzima de 15  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ . Este valor es aproximadamente cuatro veces menor al encontrado, para el suelo control, en el presente estudio al tiempo 0. Este autor indicó también, para otro suelo agrícola de la misma región andina, enmendado con estiércoles (gallina y chivo)

y vermicompost, valores para la ADH que luego de 21 d se estabilizaron entre 80 y 100  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ , observándose el valor más alto para el estiércol de chivo.

En el estudio se registraron valores entre 88 y 474  $\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$  para el suelo enmendado con los residuos orgánicos; resultando los valores más elevados para el tratamiento con estiércol de chivo 2% y el residuo de sábila 1%, entre los cuales no hubo diferencias estadísticamente significativas. Ambos tratamientos fueron significativamente diferentes al del suelo enmendado con lodo residual.

Goyal *et al.* (1999) también determinaron un incremento significativo en la ADH en un suelo de la India tratado durante once años con una combinación de fertilizantes inorgánicos y enmiendas orgánicas (paja, estiércol y abono verde). La ADH fue significativamente mayor en los suelos enmendados con paja, y en los otros tratamientos la actividad de esta enzima fue similar.

## CONCLUSIONES

- La ADH en el suelo enmendado con los diferentes residuos orgánicos, tanto al momento de la incorporación como al final del experimento a los 64 d de incubación, resultó mayor con respecto al suelo control. Este efecto se mantuvo durante todo el período de incubación, y fue más notable en los tratamientos con la dosis de aplicación mayor (2%).
- Para los tratamientos del suelo con el estiércol de chivo y el residuo de sábila durante todo el experimento se obtuvieron valores mayores de la ADH, en relación a los obtenidos para el lodo residual. Esto indica por una parte, que estos materiales resultan adecuados a efectos de estimular la actividad biológica del suelo, y por otra, que la naturaleza del residuo influye en la magnitud de la actividad.
- Al compararse los valores obtenidos al final del tiempo de incubación con respecto al momento inicial de la incorporación de los residuos, el suelo enmendado con los materiales orgánicos mostró un menor nivel en la actividad de la enzima, demostrando que este efecto puede ser transitorio. Esto permite inferir que la práctica de incorporar residuos orgánicos a este tipo de suelo, requiere de regularidad.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo técnico a Henry Ramos, personal del Laboratorio de Suelos II, Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

## SUMMARY

In this study we evaluated the activity of the dehydrogenase in an Calciorthids soil of the Peninsula of Paraguana (Falcon State, Venezuela), amended with three organic wastes (sewage sludge, goat manure, and residue of the *Aloe vera* production), at 1 and 2%. Treatments were aerobically incubated, during 64 days, under controlled conditions of laboratory. The dehydrogenase activity has been proposed as an indicator of the biological activity of the soil and it is one of the commonly used methods to determine the activity of the microorganisms. We found that the incorporation of the different organic materials to the soil increased significantly ( $P=0,05$ ), compared against the control, the activity of this enzyme. This increment stayed up until the end of the incubation, reaching values of  $474 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  soil on dry weight by  $24 \text{ h}^{-1}$  for the treatment with *Aloe vera* of 1% and  $466 \mu\text{g TPF g}^{-1}$  soil on dry weight by  $24 \text{ h}^{-1}$  for the treatment with goat manure of 2%; indicating an increase of the biological activity in this soil. In all the organic treatments applied, the increment on the activity was highest with the 2% dose and diminished with the time.

**Key Words:** Enzymatic activity; dehydrogenase; organic wastes; calciorthids soil.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Y., J. PAOLINI, S. FLORES, Z. BENZO, M. EL ZAUAHRE, L. TOYO y A. SENIOR. 2003. Evaluación de metales pesados en tres residuos orgánicos de diferente naturaleza. *Multiciencias*. 3(1):51-60.

ALBIACH, R., R. CANET, F. POMARES and F. INGELMO. 2001. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Biores. Technol.* 75:43-48.

ANDERSON, J. and J. INGRAM. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Second Edition. CAB International. Wallingford, UK. 62 p.

BÄÄTH, E. 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). *Water, Air, Soil Pollut.* 47:335-339.

BONMATI, M., H. PUJOLA, J. SANA, F. SOLIVA, M. FELIPO, M. GARAU and P. BROOKES, P. 1995. The use the microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fertil. Soils.* 19:269-279.

BROOKES, P. 1995. The use the microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fertil. soils* 19:269-279.

CAMPBELL, C. and R. ZENTNER. 1993. Soil rganic matter as influenced by crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1 034-1 040.

CASIDA, L. Jr., D. KLEIN and T. SANTORO. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98:371-376.

CECCANTI, B. and C. GARCÍA. 1994. Coupled chemical and biochemical methodologies to characterize a composting process and the humic substances. **In:** *Humic Substances in the global environment and its implication on human health.* N. Senesi and T. Miano (eds.). Elsevier, New York. pp. 1279-1285.

CONTRERAS, F. 2001. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre las actividades enzimáticas (Deshidrogenasa, Ureasa, Fosfomonoesterasa Ácida y Arilsulfatasa) y la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila (estado Mérida). Tesis Doctoral. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía.

COMISIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN NACIONAL DE RECURSOS HIDRAÚLICOS (COPLANARH). 1975. Inventario nacional de tierras. Costa Nor-occidental, Centro Occidental y Central (Entidad Natural: Península de Paraguaná). COPLANARH. Ministerio de Obras Públicas (MOP). Caracas. Venezuela. Vol. II. pp.726-759.

COSTA, F., C. GARCÍA, T. HERNÁNDEZ y A. POLO. 1991. Residuos orgánicos urbanos. manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia. España. 181 p.

DOELMAN, P. and L. HAANSTRA. 1979. Effect of lead on soil respiration and dehydrogenase activity. *Soil Biol. Biochem.* 11:475-479.

FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (FONAIAP). 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. (Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad). Escuela de Agronomía. Ministerio de Agricultura y Cría. FONAIAP. UCLA, Maracay. 206 p. (Serie D. N°. 26).

FRANKENBERGER, W. Jr., J. JOHANSON and C. NELSON. 1983. Urease activity in sewage sludge-amended soils. *Soil Biol. Biochem.* 15:543-549.

FRASER, D., J. DORAN, W. SAHS and G. LESOING. 1988. Soil microbial populations activities under conventional and organic management. *J. Environ. Qual.* 17:585-590.

GIUSQUIANI, P., G. GICLIOTI and D. BUSINELLI. 1994. Long-term effects of heavy metals from composted municipal waste on some enzymes activities in a cultivated soil. *Biol. Fert. Soils.* 17:257-262.

GOYAL, S., M. MISHRA, S. DHANKAR, K. KAPOOR and R. BATRA. 1993. Microbial biomass turnover and enzyme activities following the application of farmyard manure to field soils with and without previous long-term applications. *Biol. Fert. Soils.* 15:60-64.

GOYAL, S., K. CHANDER, M. MUNDRA and K. KAPOOR. 1999. Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. *Biol. Fert. Soils.* 29:196-200.

HERNÁNDEZ, W., J. ROJAS-ORDAZ, C. RIVERO, A. CENTENO y J. PAOLINI. 2003. Efecto de tres sistemas de labranza sobre la actividad de la deshidrogenasa de un suelo cultivado con maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Fac. Agro. (Maracay)* 29:171-181.

HERRERO, O., R. CANET, R. ALBIACH and F. POMARES. 1998. Enzymatical activities and content of mineral nitrogen in soil after the application of two rates of different organic products. *Agrochimica.* 62(6):296-301.

HIROSE, S. 1973. Mineralization of organic nitrogen of various plant residues in the soil under upland conditions. *J. Soil Sci. Japan*. 44:157-163.

KELLY, J. and R. TATE. 1998. Use of biology for the analysis of microbial communities from zinc contaminated soils. *J. Environ. Qual.* 27:600-608.

KELLY, J., M. HAGGBLOM and R. TATE. 1999. Effects on the land application of sewage sludge on soil heavy metal concentrations and soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.* 31:1 467-1 470.

KEENEY, D. and D. NELSON. 1982. Nitrogen-inorganic forms. **In:** *Methods of Soils Analysis. Part 2. A. Page et al. (Eds.). 2 ed. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 643-698.*

KUO, S. 1996. Phosphorus. **In:** *Methods of soil analysis. Part. 3. Chemical Methods. Book Series. No.5. Soil Science Society of American Society of Agronomy (SSSA). 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. pp. 869-918.*

LADD, J. 1978. Origin and range of enzymes in soils. **In:** *Soil Enzymes. R. Burns (Ed.). Academic Press Inc., New York. pp. 51-96.*

MARTENS, D., J. JOHANSON and W. FRANKENBERGER Jr. 1992. Production and persistence of soil enzymes with repeated additions of organic residues. *Soil Sci.* 153:53-61.

MORENO, J., C. GARCÍA, L. LANDI, L. FALCHINI, G. PIETRAMELLARA and P. NANNIPIERI. 2001. The ecological dose value ( $ED_{50}$ ) for 5 assessing Cd toxicity on ATP content and dehydrogenase and urease activities of soil. *Soil Biol. Biochem.* 33:483-489.

PAOLINI, J. 2004. Actividades enzimáticas de suelos de los Altos Llanos Centrales (Estado Guárico). *Venesuelos 10 (1/2)* aceptado para su publicación.

PASCUAL, J. 1995. Efectividad de los residuos orgánicos en la mejora de la calidad de los suelos áridos: Aspectos Biológicos y Bioquímicos. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. España. 428 p.

PERUCCI, P. 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils.* 14:54-60.

- REDDY, G. and A. FAZA. 1989. Dehydrogenase Activity in sludge amended soil. *Soil Biol. Biochem.* 21:327-331.
- REDDY, G., A. FAZA and R. BENNET Jr. 1987. Activity of enzymes in rhizosphere and non-rhizosphere soils amended with sludge. *Soil Biol. Biochem.* 19:203-205.
- ROSSEL, D., J. TARRADELAS, G. BITTON and J. MOREL. 1997. Use of enzymes in soil ecotoxicology: a case for dehydrogenase and hydrolytic enzymes. **In:** *Soil Ecotoxicology*. J. Tarradelas, G. Bitton and D. Rossel (Eds.). Lewis Publishers. Boca Raton, Florida. pp. 179-206.
- RUIZ, M. y J. PAOLINI. 2001. Actividad de la deshidrogenasa en suelos de la cuenca del lago de Valencia (Venezuela). *Actas del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. 11 al 16 de noviembre de 2001, Varadero (Cuba).
- SKUJINS, J. 1978. History of abiotic soil enzyme research. **In:** *Soil Enzymes*. Burns R.G. (Ed.). Academic Press, Inc., London. pp.1-49.
- SKUJINS, J. 1976. Extracellular enzymes in soil. *Crit. Rev. Microbiol.* 4:383-421.
- SKUJINS, J. 1967. Enzymes in soil. pp.371-414. **In:** *Soil Biochemistry*. Vol. 1. A.D. McLaren and G.H. Peterson (Eds.). Marcel Dekker, Inc., New York.
- SOPPER, W. and E. SEAKER. 1987. Sludge brings life to microbial community. *Biocycle*. 28(4):40-47.
- STAT SOFT. 2001. STATISTICA. Version 6.0.
- STOTZKY, G. 1965. Microbial respiration. **In:** *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Black, C.; Evans, D.; Ensminger, L.; While, J. and Clark, F. (Eds.). Agronomy, Inc., Madison. W. pp. 1.550-1.572.
- TREVORS, J. 1984. Dehydrogenase activity in soil. A comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biol. Biochem.* 16:673-674.
- WITTLING, C., S. HOUOT and E. BARRIUSO. 1995. Soil enzymatic response to addition of municipal solid – waste compost. *Biol. Fertil. Soils*. 20: 226-236.

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL E HIDRÁULICO-ESTRUCTURAL DE LA RED DE ACUEDUCTOS DE LA POBLACIÓN DE EL LIMÓN, ESTADO ARAGUA<sup>1</sup>

Oscar I. Abarca\* y Steve Rodríguez\*\*

### RESUMEN

En este trabajo, se realizó la caracterización ambiental de la cuenca hidrográfica del río El Limón, en el sector que comprende las microcuencas abastecedoras de los sistemas de acueducto de la población de El Limón. En la caracterización se estudiaron los aspectos geología, geomorfología, suelos, relieve, clima, hidrografía e hidrología y vegetación. Para ello se creó una base de datos espacial a través del Sistema de Información Geográfica (SIG). Las microcuencas estudiadas corresponden a las quebradas Guacamaya, Guamita, Los Rausseos, Corral de Piedra, El Piñal, El Manguito, Valle Verde, La Soledad y Las Mayas, todas afluentes del río El Limón y sobre las cuales se han construido trece sistemas de acueductos, once de ellos de tipo arsenal. También se evaluaron las principales características estructurales y el funcionamiento hidráulico de las obras de captación y aducción de cada acueducto. La caracterización realizada aporta la información necesaria para evaluar las posibilidades de expansión de los sistemas de acueducto, así como sus limitaciones de aprovechamiento. Por otra parte la evaluación de algunas características hidráulicas y estructurales de las obras permitió determinar las principales fallas de operación y mantenimiento de los acueductos, así como las posibles soluciones.

**Palabras Clave:** Acueductos; obras de captación; obras de aducción; hidrografía; hidrología; cuenca hidrográfica; Sistemas de Información Geográfica; Maracay; Aragua.

---

<sup>1</sup> Trabajo financiado por el Proyecto PI-01.35.4552.1999 del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (DCH) de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

\* Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. Laboratorio de Geomática. Apdo. 4800. Maracay 2101-A. Venezuela.  
E-mail:: abarcao@agr.ucv.ve

\*\* Ingeniero Agrónomo. Instituto Nacional de Tierras (INTI). Oficina Regional de Tierras del Estado Cojedes.

RECIBIDO: enero 10, 2005.

## INTRODUCCIÓN

El municipio Mario Briceño Iragorry está ubicado en el noroeste del estado Aragua, en plenas estribaciones montañosas de la Cordillera de la Costa. Tiene una superficie de 459,5 km<sup>2</sup> (6,38% del territorio estatal), de la cual más del 75% se localiza en el Parque Nacional Henri Pittier (Figura 1). Posee una población de 127.287 habitantes (7,93% del estado) y en él se desarrolla una importante actividad comercial, industrial y turística, además, de ser asiento de unos de los principales núcleos habitacionales de la ciudad de Maracay, formando parte importante de su área metropolitana.

En este municipio existe una grave problemática relacionada con el manejo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Un elevado número de habitantes (40% aproximadamente) es abastecido de agua por acueductos locales ubicados sobre las quebradas de régimen permanente que drenan las aguas de las escarpadas montañas del Henri Pittier, cubiertas por una densa selva nublada en las partes altas y un herbazal de montaña en el piedemonte, el cual es sometido anualmente a quemas descontroladas. Estos acueductos, a pesar de estar ubicados dentro de los linderos del parque, tienen problemas crecientes de contaminación por un desordenado uso recreativo, y problemas de asolvamiento, al acelerarse los procesos degradativos del suelo como consecuencia de las quemas.

Los problemas de abastecimiento de agua, en gran parte del municipio, han sido resueltos gracias a la incorporación de las aguas del Acueducto Regional del Centro a la red de abastecimiento municipal, sin embargo, los sectores ubicados en las zonas de mayor altitud no se benefician por este servicio y los problemas ambientales mencionados cada vez son peores.

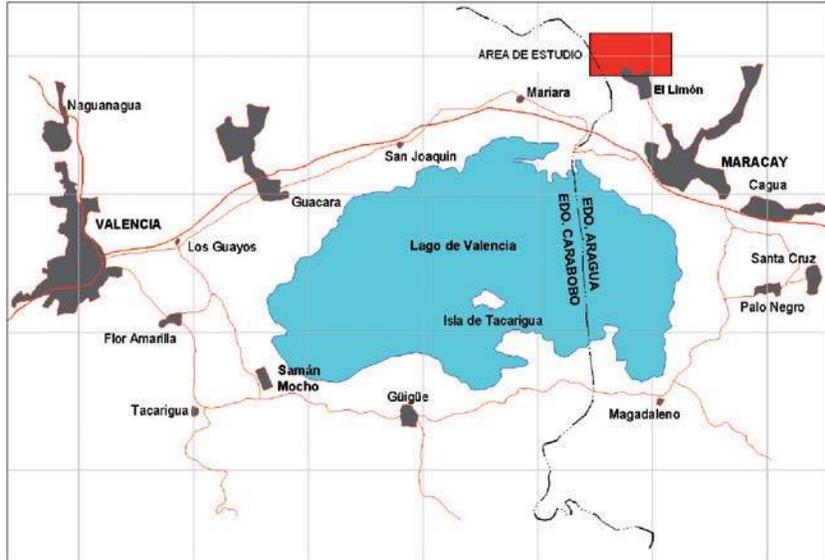
En la red hidrográfica del municipio, observable en la Figura 2, el principal cauce colector es el río El Limón, el cual tiene una estación hidrométrica ubicada en la Estación Forestal, al norte del centro poblado El Limón.

En este trabajo se realizó la caracterización ambiental de las cuencas abastecedoras de cada uno de los sistemas de acueducto identificados en el área, con el fin de aportar información para estimar sus potencialidades y limitaciones de aprovechamiento hidráulico. Igualmente se evaluó el funcionamiento actual del sistema de acueductos, determinando

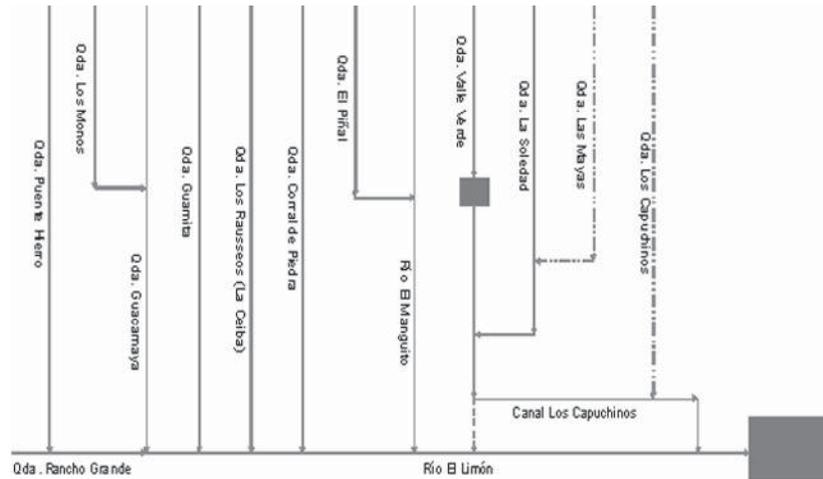
las características básicas de su diseño hidrológico e hidráulico y sus capacidades de servicio actual y potencial. Dicha evaluación permitirá formular planes de gestión que conduzcan a un aprovechamiento óptimo de esos sistemas, tomando en cuenta la problemática detectada en la caracterización y empleando herramientas de análisis y de manejo de la información basadas en SIG.

La ejecución del trabajo permitirá sistematizar una metodología para la aplicación de los SIG en la gestión de un servicio de acueducto municipal y a su vez permitirá desarrollar un conjunto de soluciones de ingeniería a las comunidades afectadas.

Se han realizado una serie de estudios en la zona que aportan información útil para la caracterización del área, así como para la definición de algunas alternativas de solución a la problemática existente (MOP, 1976; MARNR, 1987; Serrano, 1995; Álvarez, 1997; Quiroz, 1999; Medina y Monque, 1999).



**FIGURA 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.



**FIGURA 2.** Esquema de la red hidrográfica del municipio Mario Briceño Iragorry.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el logro de los objetivos propuestos se empleó la metodología de identificar y ubicar espacialmente los principales acueductos locales, que integran la red de abastecimiento de agua del centro poblado El Limón; en tal sentido, se utilizó el sistema GPS, en modo de navegación, como apoyo a la localización sobre los planos, ortofotoplanos y fotografías aéreas disponibles del área. La documentación cartográfica empleada para el desarrollo del estudio fue la siguiente:

- Cartas topográficas a escala 1:25 000 del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB): Tremaria (6647-II-SE), Rancho Grande (6647-II-SO), Maracay NE (6646-I-NE) y Mariara (6646-I-NO).
- Plano topográfico a escala 1:10 000 del Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR): Levantamiento aerofotogramétrico del Área Metropolitana de Maracay, Hoja N° 2.
- Mapa Geológico Chroní-Colonia Tovar, a escala 1:100 000, elaborado por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos.

- Ortofotoplanos a escala 1:25 000 del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar: Tremaria (6647-II-SE), Rancho Grande (6647-II-SO), Maracay NE (6646-I-NE) y Mariara (6646-I-NO), en formato papel y digital.
- Fotografías aéreas de las misiones 0301113, 0301198 y 0301120.

En la caracterización físico-natural de las cuencas de captación de los acueductos estudiados, se recolectó información correspondiente a las variables: relieve, climatología, hidrología e hidrografía, geomorfología y suelos, vegetación y uso de la tierra. Esta información se actualizó con fotointerpretación y levantamientos de campo, apoyándose en los documentos cartográficos recolectados en el punto anterior; mientras que la información de geomorfología y suelos fue obtenida por revisión bibliográfica.

La cobertura vegetal y el uso de la tierra se derivaron de los ortofotomapas y aerofotos del área, con chequeo y mediciones de campo. La variable clima se estudió con los datos de las estaciones climatológicas de la cuenca. Para el análisis hidrológico se recolectaron datos de la Estación Forestal (serial 0636) y se hicieron algunos aforos puntuales en cada acueducto. Las variables relieve e hidrografía se analizaron a partir de los mapas topográficos de la cuenca.

La caracterización hidráulica de la red de acueductos se estudió mediante la recolección de información disponible en las agencias o instituciones responsables del servicio municipal y a través de mediciones de campo con equipos topográficos adecuados. Las obras hidráulicas correspondientes a cada acueducto fueron medidas y se elaboraron los planos respectivos.

La evaluación hidráulica realizada, consistió en determinar el caudal de diseño de cada obra de captación para un período de retorno de 25 años, utilizando el Método Racional (Mulaney, 1850, citado por Abarca, 1997), según el cual:

$$Q = C * I * A \quad \text{donde:}$$

Q: es el caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: es el coeficiente de escorrentía

I: es la intensidad de la precipitación (l/s/ha)

A: es el área de la cuenta (ha)

Se calculó la capacidad de captación para cada toma por el Método del Orificio Sumergido (Bolinaga *et al.*, 1999), según el cual:

$$Q = C * A * \sqrt{2g * H} \quad \text{donde:}$$

Q: es el caudal captado por el orificio (m<sup>3</sup>/s)

C: es el coeficiente de contracción

A: es el área de la sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

g: es la aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

H: es la carga hidráulica sobre el orificio (m)

La evaluación estructural se basó en el manual de procedimiento para la evaluación de acueductos del CIDIAT (1986).

Para digitalizar la información espacial y atributiva del área de estudio recolectada y levantada según los procedimientos descritos en los puntos anteriores, se utilizó el programa AutoCAD. Esta información se incorporó al Sistema de Información Geográfica IDRISI 32 (Eastman, 2000), con el cual se hizo el análisis espacial requerido en la fase de caracterización del medio físico-natural.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización ambiental del área de estudio

En la Figura 1 se muestra la localización geográfica del área, en la Figura 2, un esquema de su red hidrográfica, y en la Figura 3, la delimitación natural según se indica a continuación:

Norte: Parte aguas del Pico Guacamaya y el Cerro Chimborazo.

Sur: Ciudad de Maracay (centro poblado El Limón).

Este: Fila Corral de Piedra y Fila de Los Arcos Capuchinos.

Oeste: Fila La Cabrera.

### Microcuencas de captación

El río el Limón está conformado por varias quebradas que lo van alimentando, todas desde su margen izquierdo. Estas quebradas son aprovechadas por los pobladores locales con fines de abastecimiento del agua de consumo a través de acueductos artesanales construidos, mantenidos

y operados por ellos mismos, así como algunos bajo la administración de la empresa Hidrocentro.

En la Figura 4 y en el Cuadro 1 se presentan las cuencas de captación con sus respectivas obras.

### Geología y geomorfología

Según MARNR (1984) la cuenca del río El Limón se ubica en la Serranía de Rancho Grande, la cual por criterios de paisaje, fisiografía y configuración está asociada a la Cadena Henri Pittier, región integrante a su vez de la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa. Esta y otras cuencas menores como la del río Güey drenan en la vertiente sur hacia la cuenca mayor (endorreica) del Lago de Valencia, mientras que en la vertiente norte los ríos drenan directamente hacia el Mar Caribe (MEM, 1987). La Serranía de Rancho Grande parece constituir la extremidad occidental de la cadena Codazzi que viene declinando del este hasta el gran accidente tectónico de dirección SE-NO que pasa por El Limón – Rancho Grande – Valle de Ocumare – Patanemo (MARNR, 1984).

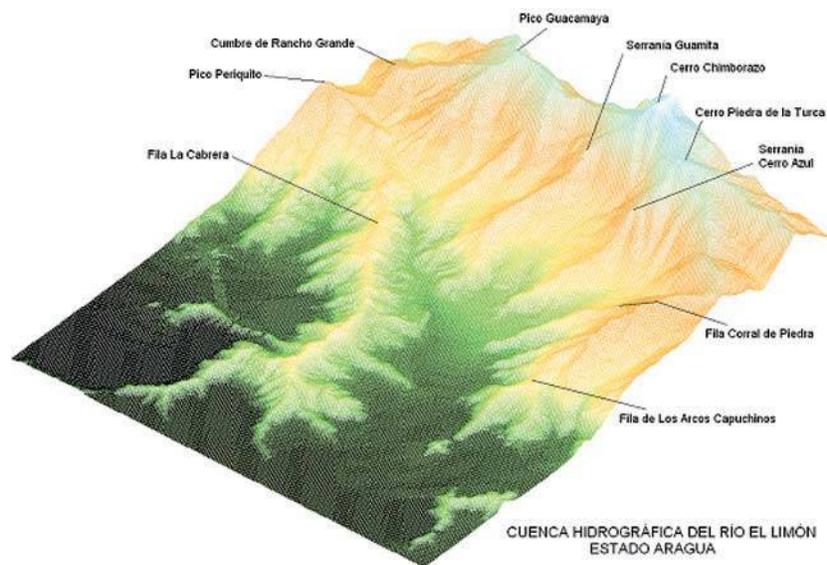
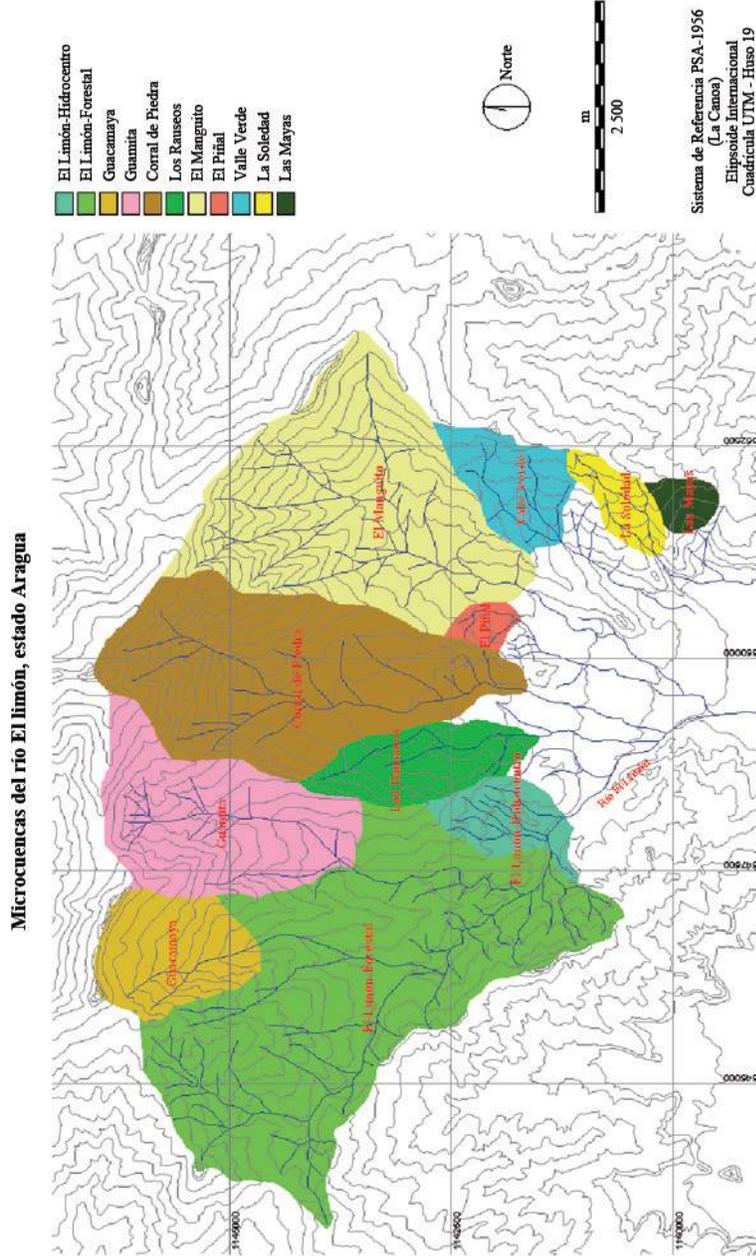


FIGURA 3. Ubicación fisiográfica del área de estudio.



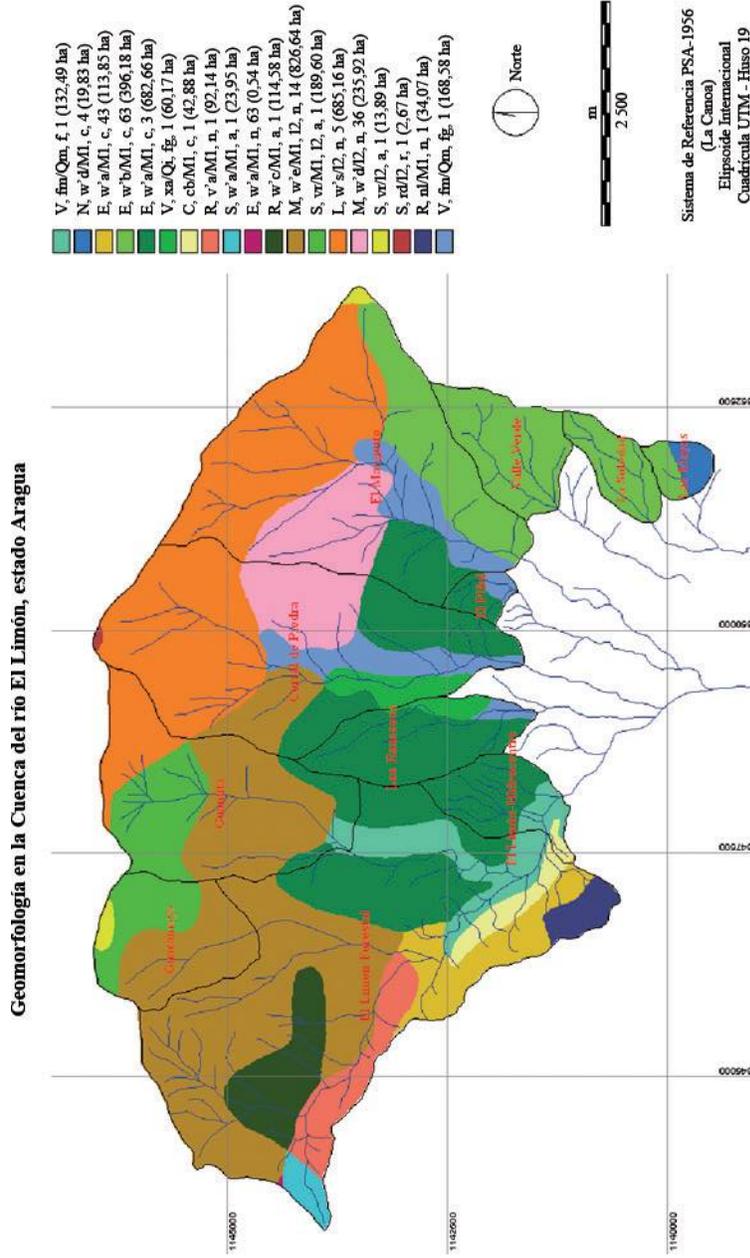
**FIGURA 4.** Microcuencas de captación del río El Limón.

**CUADRO 1.** Características de las microcuencas de captación del río El Limón.

Captación	Superficie (ha)	Quebrada o Río aportante	Obra de captación	Administración
El Limón-Hidrocentro	1 275,66	El Limón	Artesanal	Hidrocentro
Guacamaya	209,35	Guacamaya	Artesanal	Hidrocentro
Guamita	422,03	Guamita	Dique-toma	Hidrocentro
Los Rausseos	172,46	La Ceiba	Artesanal	Comunidad
Corral de Piedra	711,72	Corral de Piedra	Artesanal	Comunidad
El Piñal	31,56	El Piñal	Artesanal	Comunidad
El Manguito	762,52	El Manguito	Dique-toma	Hidrocentro - Comunidad
Valle Verde	141,46	Valle Verde	Artesanal	Comunidad
La Soledad	70,19	Valle Verde	Artesanal	Comunidad
Las Mayas	38,86	Las Mayas	Artesanal	Comunidad

El macizo de Rancho Grande limita al oeste y al este por los valles de los ríos Ocumare y Choroní, domina la Serranía de Mariara y prolonga la virgación de Palmarito. En la franja central afloran los granitos de Rancho Grande, bajo la forma de una vasta mancha axial meridional. El resto del área está ocupada por los micaesquistos de la formación Las Brisas fuertemente tectonizados (MARNR, 1984).

Las estribaciones de la vertiente meridional hacia el lago son muy empinadas y macizas, presentando rocas meteorizadas y coluviones espesos en la parte superior de las laderas, además, de afloramientos muy resistentes con aluviones delgados y masas desprendidas en la parte inferior (MARNR, 1984). Esta vertiente es más inestable que la norte, en ella se observan ciertos indicios de erosión laminar lineal en surcos y una gran abundancia de movimientos de masas en las áreas donde las rocas son profundamente meteorizadas. La zona en general es porosa, amortigua los escurrimientos superficiales, por su alta capacidad de infiltración y alimenta unos caudalosos ríos permanentes. En la Figura 5 se presentan los ambientes geomorfológicos específicos del área de estudio.

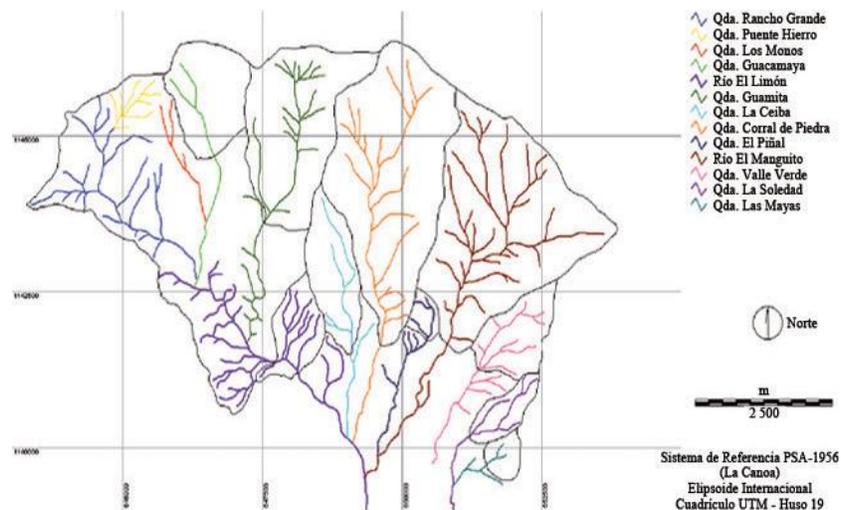


**FIGURA 5.** Ambientes geomorfológicos en la cuenca del río El Limón. Fuente: MARNR (1984).

Los suelos en las selvas nubladas de Rancho Grande, fueron estudiados por Zinck (1986), en una toposecuencia ubicada inmediatamente al norte de la Estación Biológica de Rancho Grande, entre 1 510 m.s.n.m., en la Cumbre de Rancho Grande hasta la cota 1 140 m.s.n.m., a nivel de dicha estación. A pesar de la diversidad de condiciones ambientales cubierta por los diferentes pedones descritos en su estudio, la morfología de los suelos no varía de manera significativa de un tipo de selva nublada a otro. En vista de la carencia de un estudio sistemático de suelos en el resto del área y considerando las similares condiciones en cuanto a relieve, vegetación, clima y geología, la información de esta toposecuencia puede ser extrapolada, lo cual sin embargo debe ser realizado con prudencia.

### Relieve e Hidrografía

En la Figura 3 se indican los principales elementos orográficos del relieve en estudio, constituidos entre otros por la Cumbre de Rancho Grande, el Pico Guacamaya, el Pico Chimborazo, el Cerro Piedra de la Turca, la Serranía de Guamita, la Serranía Cerro Azul, la Fila Corral de Piedra y la Fila de los Arcos Capuchinos. En la Figura 6 se presenta la red hidrográfica del área de estudio.



**FIGURA 6.** Red hidrográfica de la cuenca del río El Limón.

En las Figuras 7, 8 y 9 se presenta un análisis del relieve realizado con el SIG, el cual permitió derivar información sobre los pisos altitudinales, los rangos de pendiente del terreno y la orientación de las laderas en el área de estudio.

### **Clima e Hidrología**

Dentro de la cuenca del río El Limón y en sus inmediaciones se encuentra una red de estaciones climáticas con diferentes períodos de registro, la mayor parte de las cuales fue instalada como parte de un sistema de pronóstico, a partir de un evento catastrófico ocurrido el 06-09-1987 (Cuadro 2).

De acuerdo a los valores promedio de estas estaciones, en la cuenca se produce una precipitación promedio anual que varía entre 926,3 mm anuales en la Estación El Limón (0434) y 1 917 mm anuales en la Estación Rancho Grande Regresiva (0403). La evaporación promedio anual es de 1 692,1 mm en la estación CENIAP (0447) y el caudal promedio mensual del río El Limón varía entre 0,24 y 0,69 m<sup>3</sup>/s (años 1991-1993).

### **Vegetación**

La vegetación predominante en la cuenca del río El Limón, en el sector bajo estudio, está constituida por bosques de diferente altura y densidad, matorrales y herbazales de montaña. Por su parte, Pérez (1986) elaboró un mapa de vegetación del Parque Nacional Henri Pittier, a escala 1:25 000, el cual se presenta en la Figura 10. En la actualidad los principales cambios en la vegetación del parque, con relación a este mapa, han ocurrido por el incremento de los herbazales de montaña, en detrimento de los bosques que constituyen la selva nublada, los bosques ribereños de galería y los bosques deciduos, los cuales han reducido su superficie por efecto de los incendios forestales. Varios autores, como Huber (1986), Serrano (1995), Fernández (1997), Quiroz (1999) y Hernández (2004) también han caracterizado esta variable en la cuenca bajo estudio y sus alrededores.

### **Caracterización hidráulico- estructural de la red de acueductos**

En la Figura 11 se presentan los sectores abastecidos por los sistemas de acueductos existentes en la cuenca del río El Limón, incluyendo los administrados por la empresa Hidrocentro y los atendidos por las propias comunidades.



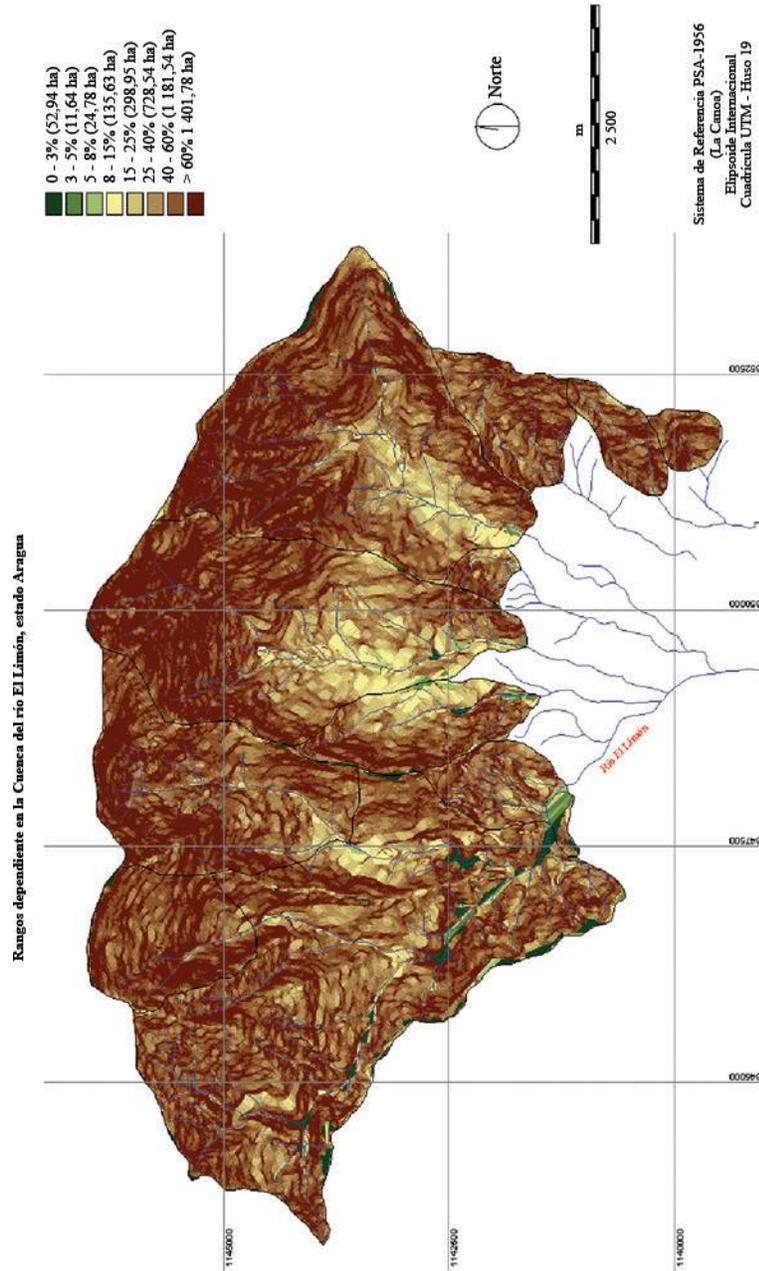


FIGURA 8. Rangos de pendiente del terreno en la cuenca del río El Limón.

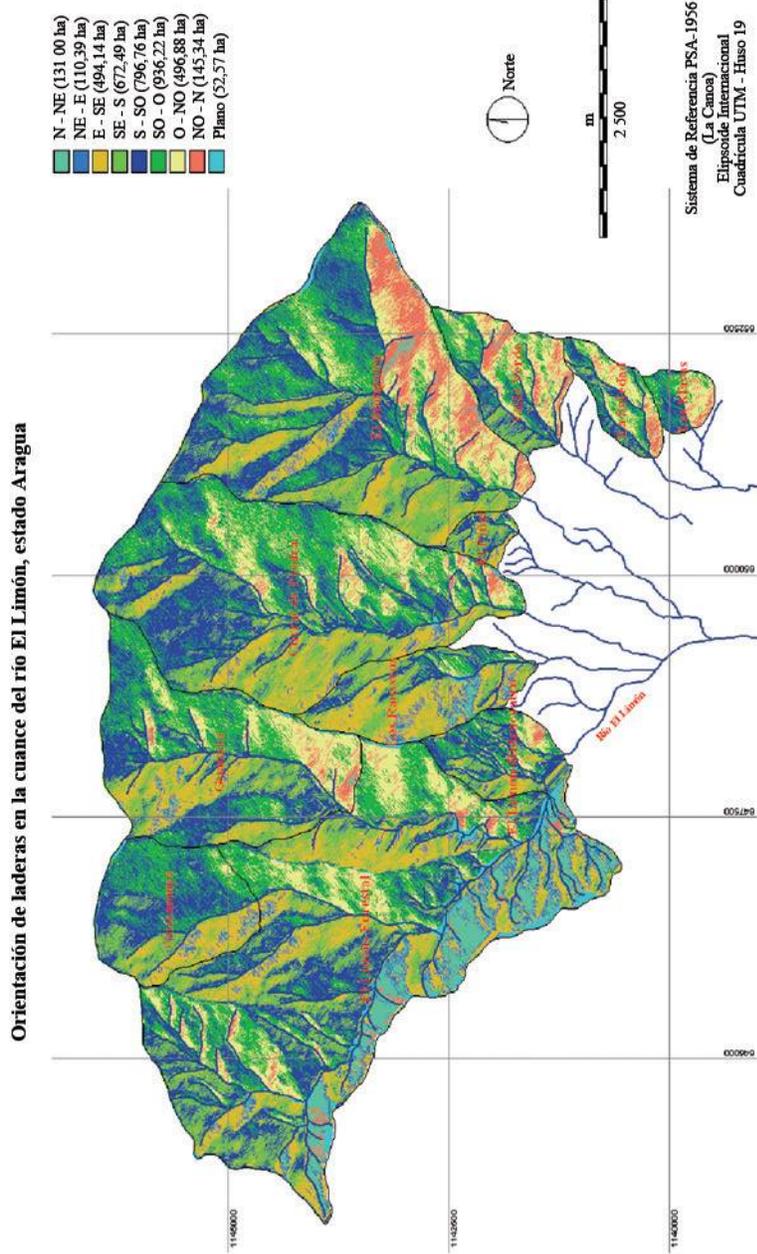
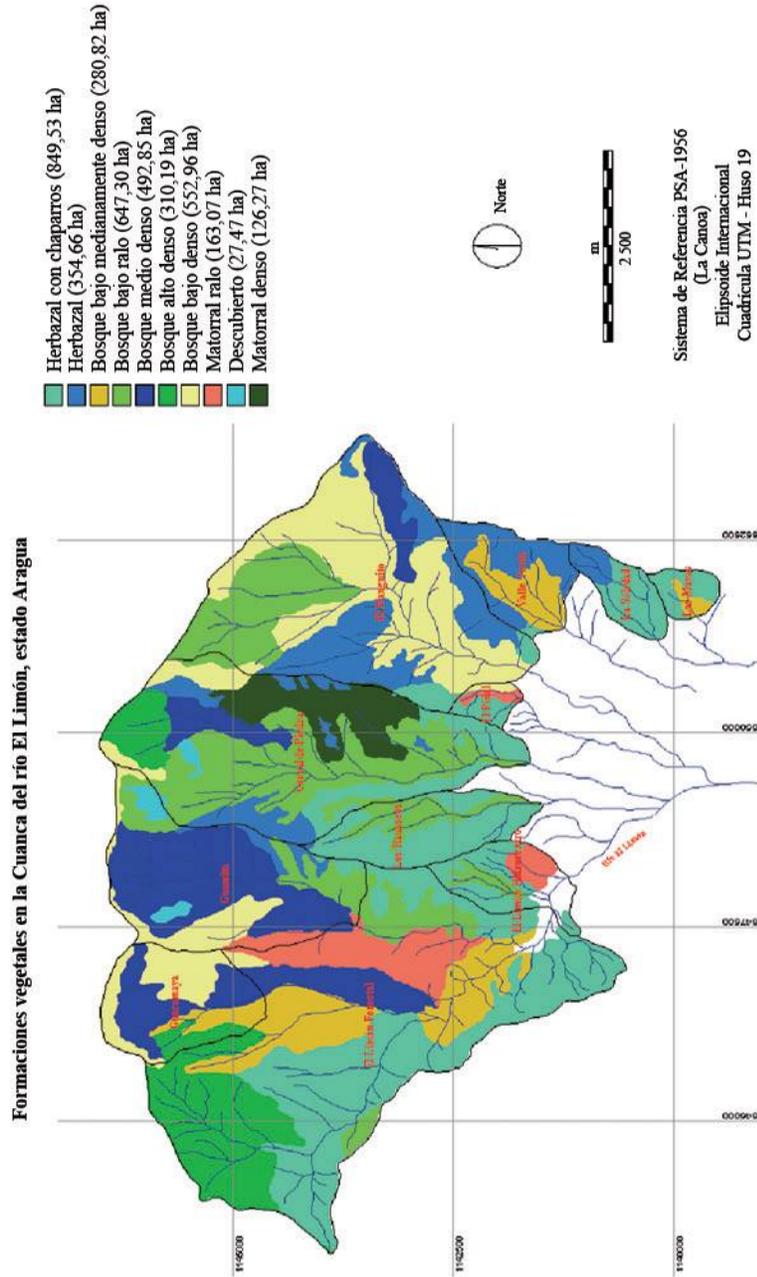


FIGURA 9. Orientación de laderas en la cuenca del río El Limón.

**CUADRO 2.** Estaciones hidro-climáticas del área de estudio.

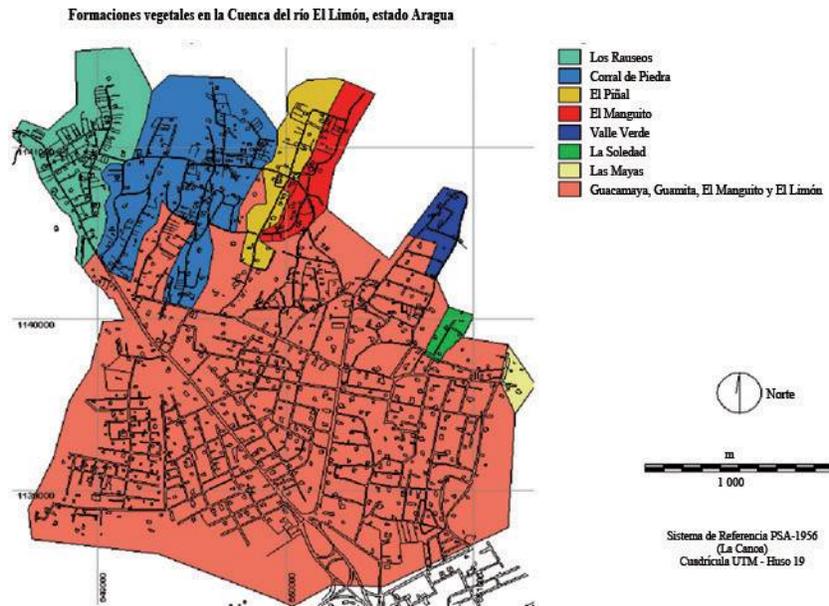
Serial	Nombre	Parámetro	Altitud (m.s.n.m.)	Latitud (° ' )	Longitud (° ' )	Norte (m)	Este (m)
9325	Capuchinos	Pr	782	10-20-19	67-37-55	1141920,00	650020,00
0435	El Mirador	Pr	940	10-20-55	67-39-39	1144140,00	646490,00
0426	Rancho Grande	Pr	1 160	10-21-08	67-41-02	1144700,00	644470,91
0434	El Limón	Pr	530	10-19-15	67-38-54	1141198,11	648001,91
0447	Maracay - CENIAP	Pr, Ev, T	455	10-17-00	67-37-00	1137078,48	651493,85
0403	Rancho Grande - Regresiva	Pr	1 090	10-21-38	67-41-38	1145570,37	642994,95
0425	Maracay - Oficina	Pr	490	10-16-06	67-35-24	1135419,36	654415,90
0437	Maracay - La Trinidad	Pr	510	10-16-50	67-36-55	1136759,04	651641,26
0416	Choroní - Cabecera	Pr	1 310	10-22-25	67-35-15	1147064,00	654638,30
0438	Castaña - Cabecera	Pr	1 070	10-21-25	67-34-48	1145224,36	655467,77
9324	Palmarito	Pr	1 010	10-19-57	67-33-05	1142550,00	658610,00
9319	Maracay - Agronomía	Pr, Ev, T	443	10-16-20	67-36-35	1135810,00	652440,00
0636	El Limón en Estación Forestal	Q	725	10-19-12	67-38-44	1141120,00	648312,00



**FIGURA 10.** Formaciones vegetales en la cuenca del río El Limón. Fuente: Pérez (1986).

Durante los años 2000, 2001 y 2002 se hicieron varias visitas a cada uno de los acueductos con la finalidad de reconocer las características generales de la cuenca de abastecimiento, para el levantamiento de la información hidráulico-estructural de las obras de captación y conducción, además de realizar aforos de los caudales de las quebradas respectivas.

En el Cuadro 3 se resume la caracterización de las obras principales de los acueductos evaluados; en el Cuadro 4, se presenta la evaluación hidráulica de las obras de captación y en las Figuras 12 al 23 los planos esquemáticos de cada sistema de acueducto. Esta caracterización y evaluación fue realizada de acuerdo a los procedimientos descritos en el apartado Materiales y Métodos.



**FIGURA 11.** Sectores abastecidos por los acueductos de la cuenca del río El Limón.

**CUADRO 3.** Características técnicas de los acueductos evaluados.

Sistema	Ubicación de la captación	Tipo de captación	Dimensiones de la captación	Materiales de la captación	Descripción de la Tubería	Caudal aforado	Capacidad de los tanques	Estado de la toma	Áreas Abastecidas
Guacamaya	UTM: 646 636 E 1 144 680 N COTA: 970 m.s.n.m.	Derivación del cauce principal, longitudinal al flujo	Dimensiones variables Ver Fig. 12.	Concreto pobre y piedras.	Tubería de 10" de diámetro.	15,69 l/s (aforado mediante flotador el 06/05/00)	No se poseen datos.	En buenas condiciones.	Ver Fig. 11.
Guamita	UTM: 647526 E 1.143.646 N COTA: 780 m.s.n.m.	Transversal al cauce principal	Largo: 20 m Ancho: 0,4 m Altura: 3 m Talud: 1:1 Ver Fig. 13	Concreto de mediana calidad	Tubería de 12" de diámetro	90,03 l/s (aforado con flotador el 06/05/00)	No se poseen datos	En buenas condiciones.	Ver Fig. 11
El Limón	UTM: 647.725 E 1.141.387 N COTA: 535 m.s.n.m.	Longitudinal al cauce principal.	Dimensiones variables. Ver Figura 14.	Concreto de mediana calidad.	Tubería de 12" de diámetro.	140 l/s (aforado con flotador el 16/11/01)	No se poseen datos.	Necesita reparaciones la reja de captación	VerFigura 11.
Los Rausseos	UTM: 649.080 E 1.141.500 N COTA: 560 m.s.n.m.	Transversal al cauce principal.	Largo: 12,2 m Ancho: 0,3 m Altura: 1,7 m Talud: 1:1 Ver Figura 15.	Concreto de mediana calidad.	Tubería de 8" de diámetro.	10,33 l/s (aforado con Parshall el 04/03/00)	52,25 m3.	Necesita reparaciones del cuerpo del dique.	178 casas.

.../... continúa

.../... continuación CUADRO 3.

Sistema	Ubicación de la captación	Tipo de captación	Dimensiones de la captación	Materiales de la captación	Descripción de la Tubería	Caudal aforado	Capacidad de los tanques	Estado de la toma	Áreas Abastecidas
Corral de Piedra 1	UTM: 646 607 E 1 141 650 N COTA: 574 m.s.n.m.	Derivación del cauce principal.	Dimensiones variables Ver Fig. 16.	Concreto pobre y piedras.	5 Tubería de 4" de diámetro.	26,45 l/s (aforado mediante flotador el 25/03/00)	No se poseen datos.	En buen estado.	Ver Fig. 11.
Corral de Piedra 2	UTM: 649 634 E 1.141.722 N 580 m.s.n.m.	Longitudinal al cauce principal.	Es una captación muy rudimentaria de piedra. Ver Fig. 17.	Piedras en sitio.	Tubería de 3" de diámetro PEAD.	93,21 l/s (aforado mediante flotador el 25/03/00)	No se poseen datos.	En buenas condiciones.	Ver Fig. 11.
Corral de Piedra 3	UTM: 649 650 E 1.141.930 N COTA: 594 m.s.n.m.	Derivación del cauce principal.	Dimensiones variables Ver Fig. 18.	Concreto pobre y piedras.	Tubería de 3" de diámetro.	70,83 l/s (aforado mediante flotador el 25/03/00)	No se poseen datos	En buenas condiciones.	Ver Fig. 11.

.../... continúa

.../... continuación CUADRO 3.

Sistema	Ubicación de la captación	Tipo de captación	Dimensiones de la captación	Materiales de la captación	Descripción de la Tubería	Caudal aforado	Capacidad de los tanques	Estado de la toma	Áreas Abastecidas
Corral de Piedra 4	UTM: 649 588 E 1.142.331 N COTA: 638 m.s.n.m.	Transversal al cauce principal.	Dimensiones variables Ver Fig. 19.	Concreto pobre y piedras.	Tubería de 8" de diámetro.	93,21 l/s (aforado mediante flotador el 25/03/00)	No se poseen datos	En buenas condiciones.	Ver Fig. 11.
El Piñal	UTM: 650 429 E 1 141 714 N COTA: 590 m.s.n.m.	Transversal del cauce principal.	Dimensiones variables Ver Fig. 20.	Concreto pobre y piedras.	1) Tubería de 2" 1) Tubería de 4" 1) Tubería de 2"	10,65 l/s (aforado mediante flotador el 01/04/00)	No tiene tanque	En buenas condiciones.	Las 2 tuberías de 2" abast. 21 famil.
El Manguito	UTM: 650 801 E 1.141.690 N COTA: 598m.s.n.m.	Transversal al cauce principal	Largo: 11 m Ancho: 0,66 m Altura: 1,8 m Ver Fig. 21	Concreto de mediana calidad	Tubería de 8" de diámetro del INOS y una de 3" de los vecinos.	48,75 l/s (aforado con flotador el 15/04/00)	No se poseen datos	En buenas condiciones.	130 casas

.../... continúa

.../... continuación CUADRO 3.

Sistema	Ubicación de la captación	Tipo de captación	Dimensiones de la captación	Materiales de la captación	Descripción de la Tubería	Caudal aforado	Capacidad de los tanques	Estado de la toma	Áreas Abastecidas
Valle Verde	UTM: 651 357 E 1.141.263 N COTA: 600 m.s.n.m.	Transversal al cauce principal	Captación rudimentaria de piedra Ver Figura 22	Concreto pobre y piedras en sitio	Tubería de 2" de diámetro PEAD.	40 l/s (aforo volumétrico el 08/04/00)	4,48 m <sup>3</sup>	En buenas condiciones.	109 casas
La Soledad	UTM: 651 204 E 1.140.203 N COTA: 520 m.s.n.m.	Transversal al cauce principal	Dimensiones variables Ver Fig. 23.	Concreto pobre y piedras en sitio	Tubería de 2" de diámetro	1,6 l/s (aforado con Parshall el 29/04/00)	10,2 m <sup>3</sup>	En buenas condiciones.	43 casas
Las Mayas	UTM: 651 508 E 1.139.753 N COTA: 540 m.s.n.m.	Longitudinal al cauce principal.	Largo: 2 m Ancho: 0,6 m Ver Fig. 24.	Piedra concreto pobre	Tubería de 2" de diámetro	1 l/s (aforado con Parshall el 29/04/00)	12,285 m <sup>3</sup>	Se debe mejorar el diseño	30 casas

**CUADRO 4.** Evaluación hidráulica de las obras de captación.

Captación	Coeffic. Escorr. "C"	Intens. Pr. "I" (l/s/ha)	Área "A" (ha)	Tiempo conc. "Tc." (min.)	Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>subsistivo</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>captación</sub> (l/s) (*)	Q <sub>aforado</sub> (l/s) (**)
Guacamaya	0,235	610	209,32	8	30	0,10	57,40	15,69
Guamita	0,22	575	421,94	7,5	53,75	9,22	70	90,03
El Limón	0,26	310	1 794,92	35,77	144,67	0	118,65	140
Los Rausseos	0,26	330	172,49	17	14,8	0,23	11,76	10,33
Corral de Piedra 1	0,23	389	711	23	71,91	0	32,47	26,45
Corral de Piedra 2	0,23	389	711	23	71,91	0	5,23	93,21
Corral de Piedra 3	0,23	389	711	23	71,91	0	7,40	70,83
Corral de Piedra 4	0,23	389	711	23	71,91	0	52,60	93,22
El Piñal	0,27	450	31,54	6,6	3,83	0	11,80	10,65
El Manguito	0,23	399	762,43	21,3	69,97	1,68	72,50	48,75
Valle Verde	0,25	506,25	141,42	8,5	17,90	0	5,15	40
La Soledad	0,26	420	70,19	8,8	7,66	0	2,30	1,6
Las Mayas	0,28	480	38,86	5	5,22	0	1	1

(\*) Capacidad de la captación, que depende de la carga hidráulica sobre la tubería de toma y que varía en el tiempo.

(\*\*) El caudal aforado debería ser mayor o igual que el captado, pero por deficiencias del método de aforo se obtuvo un resultado diferente.

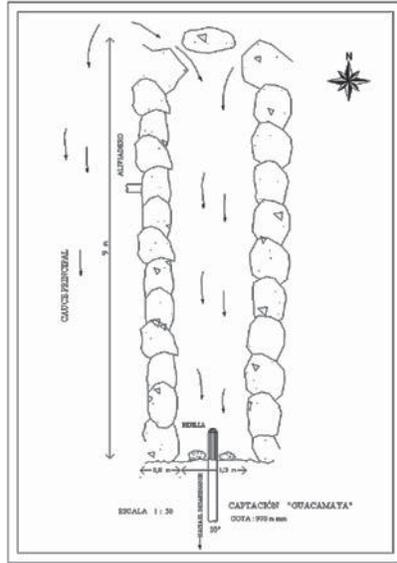


FIGURA 12. Captación Guacamaya

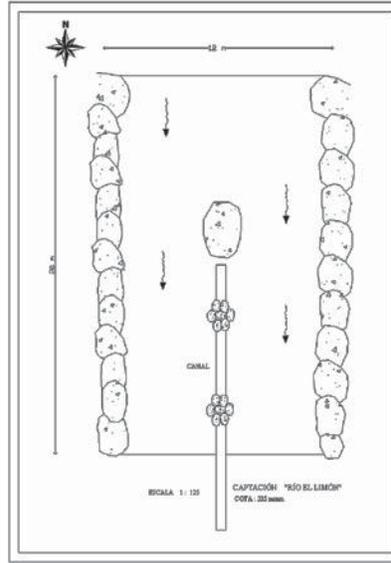


FIGURA 14. Captación El Limón

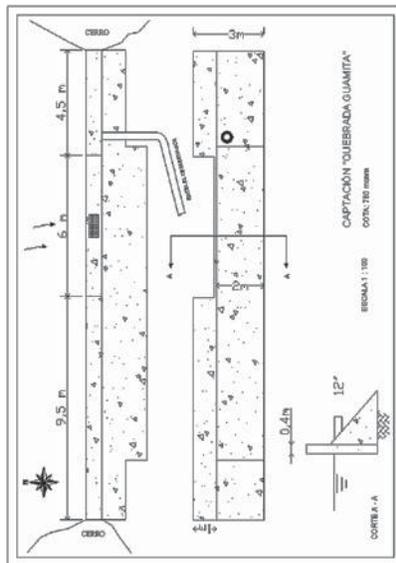


FIGURA 13. Captación Guamita.

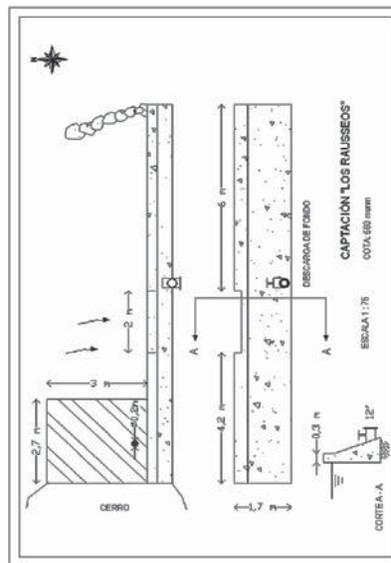


FIGURA 15. Captación Los Rausseos.

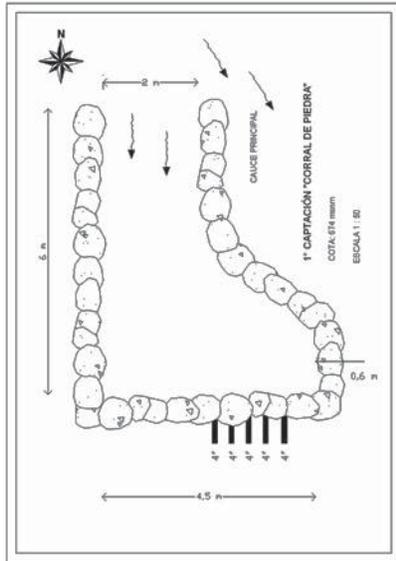


FIGURA 16. Captación Corral de Piedra 1.

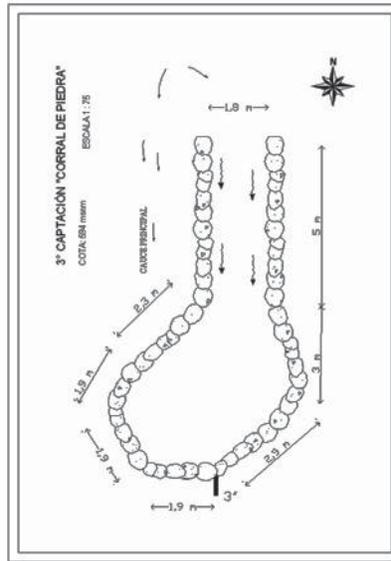


FIGURA 18. Captación Corral de Piedra 3.

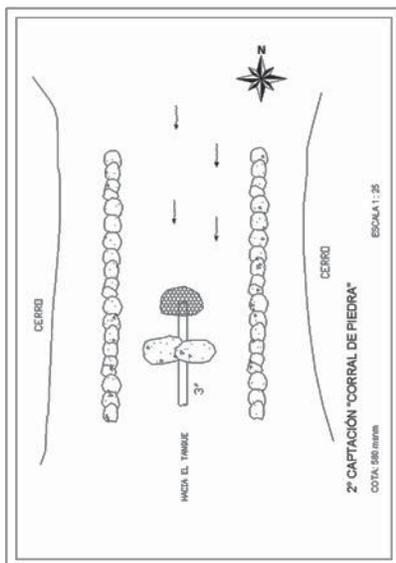


FIGURA 17. Captación Corral de Piedra 2.

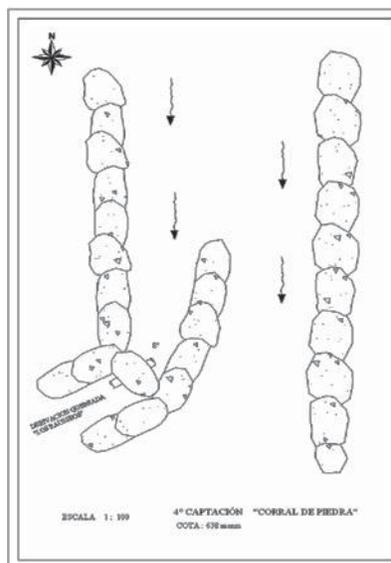


FIGURA 19. Captación Corral de Piedra 4.

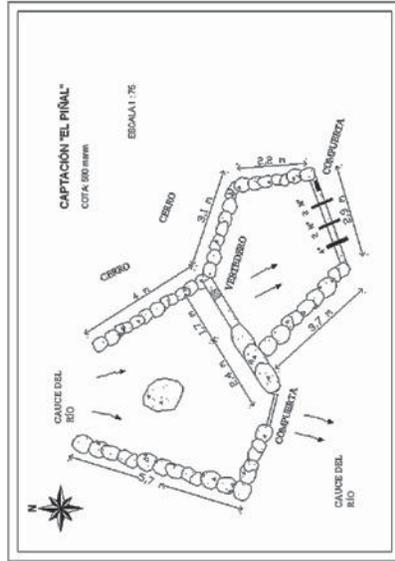


FIGURA 20. Captación El Piñal.

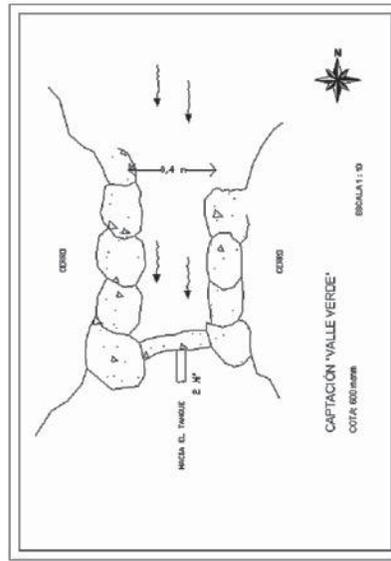


FIGURA 22. Captación Valle Verde.

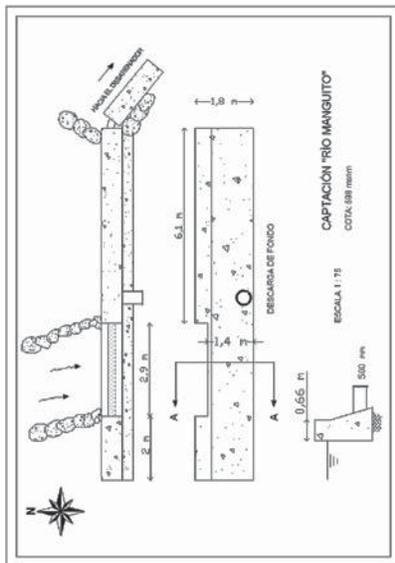


FIGURA 21. Captación El Manguito.

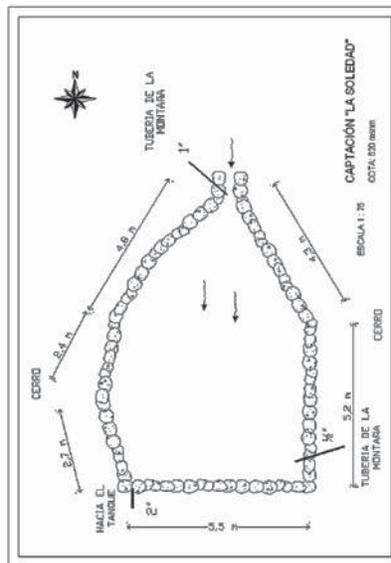


FIGURA 23. Captación La Soledad.

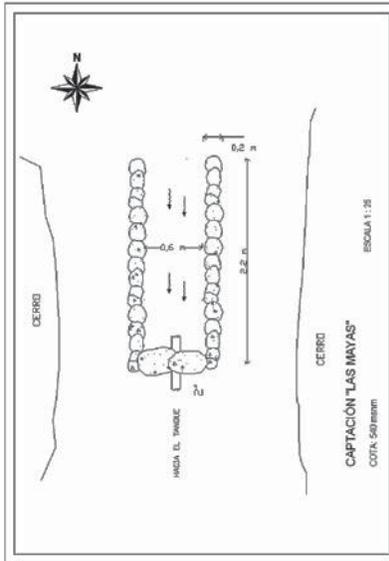


FIGURA 24. Captación Las Mayas.

## CONCLUSIONES

- Se recolectó y levantó la información físico natural de las microcuencas de abastecimiento que constituyen la cuenca del río El Limón. Esta información fue digitalizada e incorporada a un SIG y su análisis aporta suficiente información para realizar un balance de la oferta y demanda de recursos hidráulicos en la zona. Se debe realizar este balance demanda/disponibilidad para determinar las potencialidades y limitaciones en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de esta cuenca hidrográfica y sus microcuencas componentes.
- Se visitaron y caracterizaron las obras de captación, aducción y almacenamiento de los acueductos locales componentes del sistema de abastecimiento del municipio Mario Briceño Iragorry. Esta caracterización permitió realizar las siguientes determinaciones:
  - o Las obras de captación no se adaptan completamente a los diseños típicos correspondientes, encontrándose como una falla constante la falta del aliviadero de crecida, pieza fundamental en la evacuación de las crecientes y en la protección de la estructura.

- Las líneas de aducción en general se encuentran en mal estado, presentando problemas por la destrucción de tramos de las tuberías (de PVC) por los incendios en la zona. También se presentan fallas en el diseño (no existen válvulas de alivio y sólo en algunos casos existen tanquillas rompecarga).
  - Todas las captaciones se encuentran dentro del perímetro del Parque Nacional Henri Pittier, por lo cual las actividades dentro del mismo deben regirse por el Plan de Ordenamiento y Uso respectivo.
  - A pesar de la importancia de la zona como reserva hidráulica no existen estaciones hidrométricas de aforo actualmente operativas.
  - Sólo existe una estación de cloración para el tratamiento de las aguas de consumo y un tanque de dimensiones adecuadas para el almacenamiento de regulación y reserva, los cuales no se encuentran en funcionamiento.
- La oferta de agua de los acueductos no satisface la demanda actual del recurso, de acuerdo a las observaciones y consultas realizadas en cada una de las visitas a los sistemas de abastecimiento, pero esto debe evaluarse cuantitativamente, a través del balance demanda/disponibilidad, para poder concluir adecuadamente y hacer las recomendaciones pertinentes.
  - Se cuantificaron unas 2 500 personas (500 viviendas) como usuarias de los acueductos más pequeños, pero se estima que la red completa de acueductos locales llegan a prestar servicio parcial a unas 48 000 personas ubicadas en el sector norte del municipio, con potencial para satisfacer la totalidad de la demanda en ese sector.

## SUMMARY

In this study an environmental characterization of “El Limón” watershed was carried out, with special emphasis in the zone that include the catchment area, and the aqueduct system of the “El Limón” town. The geology, geomorphology, soils, relief, climate, hydrography and hydrology, and vegetation studies were used. In the catchment area the Guacamaya, Guamita, Los Rausseos, Corral de Piedra, El Piñal, El Manguito, Valle Verde, La Soledad and the Las Mayas streams contribute

to the El Limón river. Also it was identify that thirteen aqueducts systems have been built on it, and that eleven of them are handmade. The main characteristics and the hydraulic operation of the aqueducts and adduction structures there were also evaluated. This characterization contributes to evaluate the possibilities to expand the aqueduct system, as well as to evaluate its actual limitations. On the other hand the evaluation of some hydraulic and structural characteristics of the aqueducts will allow us to determine the main operations and maintenance flaws, as well as the possible solutions.

**Key Words:** Aqueducts; catchment works; adduction works; hydrography; hydrology; watershed; geographical information systems.

## BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, O. 1997. Estimación de gastos máximos para el diseño de obras menores de drenaje vial. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agrícola. Maracay, Venezuela. 60 pp.

ÁLVAREZ, Y. 1997. Evaluación del proceso de escorrentía en la cuenca del río El Limón (Maracay, estado Aragua) como influencia en el aumento de los volúmenes del Lago de Valencia. Tesis de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 86 pp.

BOLINAGA, J. (Ed.). 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Volumen 1. Demandas y Disponibilidades. Fundación Polar. Caracas, Venezuela. 470 pp.

CIDIAT. 1986. Evaluación de acueductos. Manual de procedimientos. Mérida, Venezuela. 125 pp.

EASTMAN, R. 2000. IDRISI 32. Guide to GIS and Image Processing. Vol. 1. Clark Labs. Clark University. Worcester, MA. EE.UU. 193 pp.

FERNÁNDEZ, A. 1997. El Parque Nacional Henri Pittier. Tomo I: Caracterización físico ambiental. Trabajo de Ascenso. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 201 pp.

- HERNÁNDEZ, G. 2004. Diagnóstico de los recursos hidráulicos de la cuenca del río Güey, vertiente sur del Parque Nacional Henri Pittier. Tesis de grado. Maracay. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 172 pp.
- HUBER, O. 1986. La Selva Nublada de Rancho Grande: observaciones sobre su fisonomía, estructura y fenología. **In:** La Selva Nublada de Rancho Grande, Parque Nacional Henri Pittier. Editor Otto Huber. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana – Seguros Anauco, C.A. Caracas. Venezuela. 208 pp.
- MARNR. 1987. Aplicación de modelo drenaje urbano modificado a cuenca hidrográfica (Schaake-versión reducida). DGI / IT. Maracay. Venezuela. 45 pp.
- MARNR. 1984. Estudio geomorfológico de las cuencas altas de los Estados Aragua y Carabobo. Dirección de Información e Investigación del Ambiente. Caracas. Venezuela. 309 pp.
- MEDINA, F. y A. MONQUE. 1999. Planificación de los sistemas privados para el aprovechamiento del agua superficial en el sector Corral de Piedra, El Limón, municipio Mario B. Iragorry, Maracay, estado Aragua. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 102 pp.
- MEM. 1987. Evaluación geotécnica de procesos extremos de vertiente ocurridos el 06-09-1987, en la cuenca del río Limón, Estado Aragua. Dirección de Geología. Caracas. Venezuela. 48 pp.
- MOP. 1976. Estudio de frecuencias de crecientes de los ríos El Limón y Maracay, Estado Aragua. División de Hidrología. Caracas. Venezuela. 58 pp.
- PÉREZ, L. 1986. Mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra del Parque Nacional Henri Pittier. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida. Venezuela.
- QUIROZ, J. 1999. Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el Parque Nacional Henri Pittier; estudio de caso: vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay. Tesis de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 111 pp.

SERRANO, Z. 1995. Simulación de gastos máximos en la cuenca del río El Limón, Maracay, estado Aragua. Tesis de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 167 pp.

ZINCK, A. 1986. Una toposecuencia de suelos en el área de Rancho Grande – Dinámica actual e implicaciones paleogeográficas.



**EVALUACIÓN DEL NARANJO CALIFORNIA  
(WASHINGTON NAVEL) *Citrus sinensis* Obs.  
SOBRE DIEZ PORTAINJERTOS EN LOS VALLES  
ALTOS DE CARABOBO-VENEZUELA. 1994-2000**

**Edmundo E. Monteverde\*, Gastón Laborem E.\*,  
William Avilán\*, José R. Ruiz\*\* y Margot Rodríguez\*\***

**RESUMEN**

El naranjo California ('Washington Navel') se evaluó por producción, crecimiento, eficiencia productiva y calidad del fruto, sobre diez portainjertos en el municipio Montalbán del estado Carabobo, Venezuela. Además, en los árboles se visualizó la aparición de los síntomas de las enfermedades comunes en la zona. Los árboles con yemas de naranjo California libres de psorosis, exocortis y cachexia se injertaron sobre mandarino Cleopatra, *Citrus reshni* Hort. Ex Tan. (CLE) limonero Volkameriana, *Citrus volkameriana* Pasq. (VOL); naranjo taiwanica, *Citrus taiwanica*, Tan. & Shim. (TAD); limonero Rugoso, *Citrus jambhiri* Lush. (RUG); Híbrido Cajero, *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus aurantium* L. (HCA); los citranges, *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus sinensis* Osb., Troyer (TRO), Carrizo (CAR) y Yuma (YUM) y los citrumelos, *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus paradisi*, Swingle (SWI) y Sacaton (SAC). Para la evaluación final de cada uno de los portainjertos se usó un puntaje del 1 al 10 de acuerdo a la posición que ocuparon en los kg producidos, eficiencia productiva y la calidad del fruto evaluado como peso y diámetro, % jugo, % SST, % acidez titulable (A) y la relación SST : A; donde 10 fue la mejor posición y 1 la peor. SAC y YUM ocuparon la mejor posición con 54 y 53 puntos, respectivamente, pero se descartaron por su susceptibilidad al virus de la tristeza de los cítricos (CTV). Los siguientes que ocuparon mejor posición fueron CLE y SWI por tanto se recomiendan como portainjertos para el naranjo California en el área en estudio. En este ensayo se observaron en árboles en YUM síntomas de acopamiento de las hojas muy similar a la causada por CTV.

**Palabras Clave:** Naranjas; *Citrus sinensis* Osb; California; portainjertos; calidad; Carabobo; Venezuela.

---

\* Investigadores y \*\* Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.  
E-mail: eemonteverde@cantv.net

RECIBIDO: abril 22, 2004.

## INTRODUCCIÓN

La recuperación de la citricultura en Venezuela después de la destrucción de más de 5 millones de árboles por el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) se basó principalmente en la sustitución del naranjo Agrio o Cajera, *Citrus aurantium* L., por el limonero Volkameriana, *Citrus volkameriana* Pasq., y el mandarino Cleopatra, *Citrus reshni* Hort. ex Tan., como portainjertos para el naranjo dulce, *Citrus sinensis* Osb. Sin embargo, para ese momento no existían resultados de ensayos que permitieran recomendar los portainjertos más adecuados para las diferentes especies de naranjos. Los ensayos con portainjertos comenzaron en la segunda mitad de los años setenta, mientras que el CTV hizo su explosión en 1980 en las principales áreas citrícolas de Venezuela (Plaza *et al.*, 1984).

El naranjo California o 'Washington Navel' es un cítrico que no representa más del 10% de la superficie sembrada con naranjos en Venezuela. Sin embargo, el alto precio que se consigue por su condición de fruta para el consumo fresco y que esta aparece en un momento en que es escasa la presencia de naranjas en el mercado, hace que algunos citricultores se mantengan en el cultivo.

Hasta ahora no se había conducido un estudio sistemático de evaluación del naranjo California sobre diferentes portainjertos, por tanto se decidió sembrar este ensayo en una área de los Valles Altos de Carabobo - Yaracuy, una de las dos principales áreas citrícolas de Venezuela. El objetivo de este ensayo fue evaluar el naranjo California sobre diez portainjertos a través del crecimiento, producción, productividad y calidad de los frutos. Además se observó visualmente la probable aparición de enfermedades que son comunes en la zona (Plaza *et al.*, 1984; Monteverde *et al.*, 1992).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este ensayo se sembró el 9 de agosto de 1991 en la hacienda Montero situada en Montalbán, estado Carabobo; en un área a 650 m.s.n.m., con una temperatura y precipitación media anual de 23,4 °C y 950 mm, respectivamente, además tiene un período lluvioso de siete meses, mayo - noviembre (Sánchez 1983), por lo que los árboles se regaron durante la época seca con riego localizado usando mini aspersores.

El suelo donde se sembró el ensayo es Typic Ustopets, franco fina, mixta isohipertermica, caracterización hecha por el Dr. Francisco Ovalles, investigador del INIA. La zona corresponde a un bosque seco premontano (Ewell y Madriz, 1958).

Los niveles de nutrimentos en los primeros 25 cm son fósforo alto (67 ppm), potasio alto (171 ppm), calcio alto (1 016 ppm), materia orgánica alta (4,14 %), pH 7 y conductividad eléctrica baja (0,07 mmhos/cm), según los métodos de análisis e interpretación del FONAIAP (Chirinos *et al.*, 1977).

Los árboles se injertaron con yemas de naranja California Washington Navel proveniente de un solo árbol (selección WN 6A0205), libres de psoriasis, exocortis y cachexia. Los portainjertos utilizados fueron mandarino Cleopatra, *Citrus reshni* Hort. ex Tan. (CLE); limonero Volkameriana, *Citrus volkameriana* Pasq. (VOL); naranja Taiwanica *Citrus taiwanica* Tan. & Shim. (TAI); limonero Rugoso, *Citrus jambhiri* Lush. (RUG); híbrido Cajero, *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus aurantium* L. (HCA); los citrangeres *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus sinensis* Osb., Troyer (TRO), Carrizo (CAR) y Yuma (YUM); y los citrumelos *Poncirus trifoliata* Raf x *Citrus paradisi* Macf., Swingle (SWI) y Sacaton (SAC). Las plantas se sembraron a 7x5 m en diseño de bloques al azar con dos plantas por parcela y cinco repeticiones.

Durante 1994-1997 y 1999-2000 se contaron el número de frutos (NF) y se pesaron en kilogramos (kg) los frutos de 50 parcelas dos veces al año durante los meses de agosto y noviembre. Simultáneamente con la segunda cosecha, se tomó altura (H) y diámetro de la copa (D) de los árboles perpendicularmente en dos direcciones. Estas medidas permitieron calcular el volumen de la copa de los árboles (V) en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) según la fórmula de Turrell en 1946 ( $V=0,5236H.D^2$ ). Con el V se calculó la eficiencia productiva de los árboles dividiendo kg entre el volumen (kg m<sup>-3</sup>).

En la cosecha del mes de noviembre de los años 1997 y 1999-2000 se tomaron muestras de 12 frutos por parcela para el análisis de calidad, con esta muestra se determinó el peso y diámetro promedio del fruto. Además, se determinó el porcentaje de jugo (% jugo), porcentaje de sólidos solubles totales (%SST) o °Brix y el porcentaje de acidez titulable (A) y se calculó la relación SST : A (índice de madurez del fruto). Todo este procedimiento se hizo siguiendo la metodología de Soule *et al.* (1967).

Los árboles se revisaron visualmente con objeto de detectar la probable aparición de algunos síntomas de enfermedades como la CTV, exocortis, psorosis, y cachexia y gomosis causada por *Phytophthora* sp. Las variables se analizaron estadísticamente y las diferencias entre medias se determinaron por mínimas diferencias significativas (LSD).

Para determinar cuales son los mejores portainjertos para el naranjo California en esa área agroecológica, de acuerdo a los resultados obtenidos, a los parámetros de crecimiento (V), kg, eficiencia productiva, peso y diámetro del fruto, %jugo, %SST, %acidez y relación SST : A, se les dio un puntaje del 1 al 10, donde 10 fue la mejor posición de mayor a menor y 1 la peor en cada uno de los parámetros mencionados arriba. Para el caso del crecimiento, se le dio 10 puntos a aquellos que tuvieron menor crecimiento y 1 punto a aquellos de mayor crecimiento, basado en el principio de que estos tienen mayor eficiencia productiva.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Producción:** RUG fue el que indujo mayor producción total acumulada en kg y NF durante los seis años evaluados, seguido por VOL del cual no se diferenció significativamente así como de TAI, HCA, CLE y SWI, aunque este último se diferenció en el NF del resto de los portainjertos mencionados. Los árboles que tuvieron menor producción fueron los injertados en YUM, SAC, CAR y TRO (Cuadros 1-2).

**Crecimiento y eficiencia productiva:** los árboles con mayor A y D al final del período en estudio fueron los injertados sobre CLE, VOL, RUG, TAI, e HCA, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre ellos. Aunque los árboles en SWI a pesar de tener menor H que los árboles sobre los portainjertos mencionados, tuvo un D estadísticamente similar a los de mayor diámetro. Los árboles con menor H y D fueron los injertados sobre CAR, TRO, YUM y SAC (Cuadros 3-4).

En cuanto al V, los árboles se dividieron en tres grupos, no habiendo diferencias estadísticas significativas dentro de cada grupo. El primer grupo es aquel con mayor V como son los injertados sobre TAI, RUG, CLE, VOL e HCA. El segundo grupo son los de un volumen intermedio como SWI y YUM. Finalmente, el tercer grupo lo constituyen los árboles con menor V, CAR, TRO y SAC (Cuadro 5).

**CUADRO 1.** Producción promedio por año y total acumulado en kg/árbol del naranja California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán-Carabobo-Venezuela. 1994-1997 y 1999-2000.

Portainjerto	Año						Total Acumulado
	1994	1995	1996	1997	1999	2000	
RUG	12	7	35	22	29	47	152a <sup>xy</sup>
VOL	8	9	42	11	24	53	150ab
TAI	5	4	28	11	34	61	143abc
HCA	6	5	29	10	31	50	131abcd
CLE	7	6	22	12	30	45	122abcde
SWI	6	10	24	13	23	36	111abcde
YUM	7	7	22	8	18	43	105bcde
SAC	10	5	24	14	12	35	100cde
CAR	9	5	21	18	14	29	96ed
TRO	2	2	17	12	14	32	79e
Significación							*
CV %							29,32
Promedio							118,9

x= Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\* al 0,5%\* o N.S.= No significativas.

Los árboles en SAC fueron los que presentaron mayor eficiencia productiva en kg m<sup>-3</sup> cuando se promedian los seis años en estudio. Todos los demás portainjertos indujeron una menor eficiencia que SAC (Cuadro 6).

**Calidad del fruto:** los frutos de los árboles en YUM fueron los de mayor peso y diámetro promedio, por el contrario los frutos en CAR fueron los de menor peso. Los frutos en CLE tuvieron mayor %jugo, mientras que el porcentaje de los frutos en RUG fue el menor (Cuadro 7).

**CUADRO 2.** Producción promedio por año y total acumulado en N° frutos/árbol del naranjo California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán-Carabobo-Venezuela. 1994-1997 y 1999-2000.

Portainjerto	Año						Total Acumulado
	1994	1995	1996	1997	1999	2000	
RUG	38	21	135	80	134	224	632a <sup>xy</sup>
VOL	29	31	139	37	121	267	624ab
HCA	21	19	116	37	152	268	613ab
TAI	18	14	101	33	150	273	589abc
CLE	28	21	84	40	141	224	538abcd
SWI	24	37	80	38	115	163	457bcde
CAR	41	17	82	58	74	151	420cde
YUM	24	27	82	29	75	165	402de
SAC	34	19	83	47	48	158	389de
TRO	7	6	63	37	73	144	330e
Significación							*
CV %							27,18
Promedio							499,4

x= Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\* o al 0,5%\*. N.S.: No significativas; y= separación de medias por LSD.

Los frutos en TRO, CLE y SWI fueron de mayor %SST, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas con los árboles en CAR, HCA y SAC, mientras que TAI indujo el menor %SST. Asimismo, en SWI hubo la mayor acidez del fruto y en TAI y YUM la menor acidez. La relación SST : A fue más alta para YUM y más baja para SWI y RUG (Cuadro 7).

**CUADRO 3.** Altura promedio de árboles de naranja California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán - Carabobo - Venezuela. 1994 - 2000.

Portainjerto	1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Altura	m	Altura	m	Altura	m	Altura	m	Altura	m	Altura	m	Altura	m
CLE	1,70bc <sup>xy</sup>		2,20bcd		2,50ab		2,61ab		2,64ab		2,74ab		2,96a	
VOL	1,96 <sup>a</sup>		2,49a		2,66a		2,77a		2,79a		2,91a		2,96a	
RUG	1,90ab		2,35ab		2,55a		2,73a		2,78a		2,84a		2,90a	
TAI	1,88ab		2,26abc		2,54a		2,67a		2,70a		2,85a		2,86a	
HCA	1,81ab		2,21abcd		2,51ab		2,61ab		2,64ab		2,68ab		2,74ab	
SWI	1,70bc		2,00cde		2,26bc		2,37bc		2,41bc		2,47bc		2,51bc	
CAR	1,56cd		1,89e		2,00cd		2,13cd		2,16cd		2,23cd		2,45bc	
TRO	1,46d		1,94de		2,07cd		2,21cd		2,27cd		2,33cd		2,42bc	
YUM	1,49cd		1,81e		1,86d		2,05d		2,10d		2,17d		2,39c	
SAC	1,50cd		1,83e		1,88d		1,95d		2,08d		2,54cd		2,23c	
Significación	**		**		**		**		**		**		**	
CV%	10,87		10,60		9,43		8,80		8,37		8,36		9,99	
Promedio	1,70		2,10		2,28		2,41		2,45		2,55		2,64	

x = Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*, 0,5%\* o N.S.= No significativas; Y = separación de medias por LSD.

**CUADRO 4.** Diámetro de la copa de árboles de naranjo California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán - Carabobo - Venezuela. 1994 - 2000.

Portainjerto	1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Diámetro m		Diámetro m		Diámetro m		Diámetro m		Diámetro m		Diámetro m		Diámetro m	
TAI	1,69b <sup>xy</sup>		2,18abcd		2,39bc		2,76a		3,20a		2,62a		3,63a	
RUG	2,08a		2,45a		2,71a		3,01a		3,22a		3,45ab		3,54a	
CLE	1,80ab		2,12bcd		2,44abc		2,79a		3,09a		3,35ab		3,43a	
HCA	1,93ab		2,22bcd		2,51ab		2,74a		3,04a		3,36ab		3,43a	
VOL	1,83ab		3,31ab		2,50ab		2,81a		3,08a		3,26ab		3,38a	
SWI	1,89ab		2,17abcd		2,49ab		2,79a		3,01a		3,19b		3,30a	
YUM	1,70b		1,92de		2,15cd		2,41b		2,64b		2,80c		2,88b	
CAR	1,80ab		1,95cde		2,15cd		2,37b		2,53b		2,69cd		2,75b	
TRO	1,29c		1,63f		1,84e		2,11b		2,43b		2,68cd		2,71b	
SAC	1,64b		1,79ef		1,95de		2,22b		2,32b		2,38d		2,63b	
Significación	**		**		**		**		**		**		**	
CV%	15,19		10,50		10,02		8,99		9,29		9,33		9,46	
Promedio	1,76		2,07		2,32		2,60		2,86		3,08		3,17	

x = Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\* , 0,5%\* o N.S.= No significativas;  
Y = separación de medias por LSD.

**CUADRO 5.** Volumen de la copa de los árboles de naranjo California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán, estado Carabobo. Venezuela. 1994-2000.

Portainjerto	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	Volumen m <sup>3</sup>						
TAI	2,96b <sup>xy</sup>	5,99abc	8,10ab	11,12ab	15,20ab	20,29a	20,57a
RUG	4,64a	7,72a	10,36a	13,72a	15,98a	18,91a	20,16a
CLE	3,47ab	5,66bcd	8,51ab	11,30ab	13,85ab	17,03ab	19,41ab
VOL	3,66ab	7,30ab	9,20ab	12,05ab	14,55ab	17,07ab	18,66ab
HCA	3,67ab	5,90bc	8,60ab	10,68b	13,43ab	15,51ab	17,62ab
SWI	3,32ab	5,17cde	7,68b	10,02b	11,95ab	13,75b	14,94bc
YUM	2,33bc	3,65ef	4,75c	6,53c	9,10c	9,53c	10,74cd
CAR	2,78bc	3,96def	5,10c	6,58c	7,61c	8,91c	9,98d
TRO	1,38c	2,87f	3,86c	5,48c	7,32c	9,21c	9,74d
SAC	2,24bc	3,22f	3,94c	5,43c	6,20c	7,15c	8,79d
Significación	**	**	**	**	**	**	**
CV%	37,70	27,13	26,87	23,70	23,66	23,57	23,49
Promedio	3,05	5,14	7,00	9,29	11,42	13,83	15,06

x = Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\* o 0,5%\*; N.S.= No significativas; Y = separación de medias por LSD.

**CUADRO 6.** Eficiencia productiva del naranjo California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán, estado Carabobo. Venezuela. 1994 - 1997 y 1999 - 2000.

Portainjerto	1994	1995	1996	1997	1999	2000	Promedio
	Eficiencia kg/m <sup>3</sup>						
SAC	5,23a <sup>xy</sup>	1,70abc	6,22a	2,98a	1,92a	4,26a	3,72a
YUM	2,48ab	2,22a	5,12ab	1,30cd	1,89a	4,26a	2,88b
CAR	3,29ab	1,27abcd	4,26bc	2,74ab	1,66a	3,05ab	2,71bc
HCA	1,52b	0,93bcd	3,44bc	0,85d	1,87a	2,85ab	2,58bcd
TRO	1,97b	0,59d	4,15bc	2,35abc	1,50a	3,55ab	2,35cde
RUG	3,12ab	0,93bcd	3,57bc	1,64bcd	1,46a	2,26b	2,16cde
VOL	2,90ab	1,63abc	5,57ab	0,99d	1,46a	3,11ab	2,09cde
SWI	1,61b	1,92ab	3,32bc	1,25cd	1,65a	2,47b	2,04de
CLE	3,00ab	1,18bcd	2,55c	1,06d	1,75a	2,41b	1,99de
TAI	1,66b	0,74cd	3,55bc	0,87d	1,58a	3,24ab	1,94e
Significación							**
CV%							17,87
Promedio							2,45

x = Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\*, 0,5%\* o N.S.= No significativas;  
Y = separación de medias por LSD.

**CUADRO 7.** Promedio de tres años de la calidad del fruto del naranja California sobre 10 portainjertos. Hacienda Montero, Montalbán, estado Carabobo - Venezuela. 1997, 1999-2000.

Portainjerto	Peso fruto g	Diam. fruto mm	Jugo %	SST %	Acidez (A) %	SST : A
YUM	290a <sup>xy</sup>	76a	46,01ab	10,27bcd	0,54c	18,29a
TAI	287ab	75ab	45,62ab	9,36d	0,54c	18,09ab
RUG	283abc	75ab	44,64b	10,07cd	0,61abc	16,70c
SAC	281abc	75ab	46,16ab	10,70abc	0,57bc	18,98ab
SWI	275abc	74ab	45,98ab	11,16a	0,66a	17,42bc
VOL	273abc	72b	45,03ab	10,27bcd	0,59abc	17,70abc
TRO	270abc	73ab	45,39ab	11,24a	0,63ab	18,00abc
CLE	270abc	73ab	46,79a	11,17a	0,64ab	17,79abc
HCA	256bc	73ab	46,03ab	10,96ab	0,63ab	17,64abc
CAR	255c	72b	46,52ab	11,04ab	0,63ab	17,80abc
	*	*	*	**	*	*
CV%	8,93	3,18	3,28	6,36	9,45	8,02
Promedio	274	74	45,82	10,65	0,60	17,94

x = Medias seguidas por letras diferentes, son significativamente diferentes al 1%\*\*; 0,5%\* o N.S.= No significativas; Y = separación de medias por LSD.

**Evaluación por puntaje:** Los árboles en SAC y YUM ocuparon los dos primeros lugares con un total acumulado de 64 y 60 puntos, respectivamente. CLE ocupó el tercer lugar con 53 puntos, seguido por SWI en el cuarto lugar con 52 puntos. Mientras que los árboles en RUG y VOL ocuparon los dos últimos lugares (Cuadro 8).

RUG y VOL indujeron la mayor producción total acumulada durante los seis años en que se siguió este estudio. RUG es conocido por inducir árboles vigorosos de gran producción, sobre los cultivares que se injertan en este portainjerto (Castle, 1993; Holtzhausen *et al.*, 1988), lo cual se

confirmó en este ensayo. Pero, Wutscher (1998), sostiene que los limones se adaptan mejor como portainjerto a la producción de fruto para la industria de jugo concentrado, donde es menos importante la calidad. Además, en este ensayo se confirma lo sostenido por Wutscher (1998), que los frutos de los árboles sobre RUG tienen 1-2% menos de %SST cuando se compararon con aquellos que indujeron mayor porcentaje. La acidez del jugo del fruto de árboles sobre RUG, en este ensayo, se ubicó en un rango medio, pero por el bajo %acidez, la relación SST : A fue muy alta. Lo que si es claro es que el %jugo fue mucho más bajo cuando se comparó con el obtenido en otras latitudes (Holtzhausen, 1988; Alexander, 1993), algo que fue general para los portainjertos de este ensayo.

RUG es tolerante a CTV, exocortis y cachexia, susceptible a gomosis causada por *Phytophthora parasitica*, blight o declinio (Ferguson y Garnsey, 1987). En el ensayo aparecieron dos árboles afectados por gomosis en el tejido del portainjerto. Asimismo, es resistente a Citrus Variegated Chlorosis (CVC) causada por la bacteria *Xylella fastidiosa*, pero en árboles de naranjo 'Pera' puede aparecer en el injerto, aunque no se detecte en el portainjerto (Li *et al.*, 1996).

VOL al igual que los demás limones que se usan como portainjerto para el naranjo, induce gran producción en el cultivar que se injerte, lo cual se ha corroborado en este ensayo y en diferentes partes del mundo (Holtzhausen *et al.*, 1988; Tuzcu, *et al.*, 1992; Miller *et al.*, 1996). Esa ventaja, unido a la precocidad en la iniciación de la producción fue aprovechada en Venezuela después de la aparición de la CTV para sembrar los huertos.

Aunque el diámetro del fruto de los árboles en VOL en este ensayo estuvo muy por encima de los mínimos requerido internacionalmente de 68 mm (Du Plessis y Koen, 1984), el %jugo estuvo por debajo de los mínimos requeridos que es de un 50%, sin embargo, el %SST estuvo por encima del 9% mínimo requerido (Miller *et al.*, 1996) y debido a la baja acidez del jugo del fruto, la relación SST: acidez muy alta (ver Cuadro 7).

La experiencia en Venezuela con los árboles de naranjos en VOL es que el excesivo vigor y producción hace necesario una suplencia adecuada de agua y fertilizantes, de no darse esa condición, los árboles caen en un estrés del que difícilmente se recuperan.

**CUADRO 8.** Posición relativa ocupada por el naranjo California sobre diez 10 tomado del 1 al 10 cuando se evaluó usando nueve parámetros. Hacienda Montero, Montalbán, estado Carabobo. Venezuela. 1994 - 2000.

Portainjerto	Volumen Copa	kg	Eficiencia kg/m <sup>3</sup>	Peso Fruto g	Diám. Fruto g	Jugo		SST	Acidez	SST : A	Total Puntaje	Posición
						(A)	%					
Sacaton	10	3	10	7	9	8	5	3	9	64	1	
Yúma	7	4	9	10	10	6	3	1	10	60	2	
Cleopatra	3	6	3	3	5	10	9	9	5	53	3	
Swingle	6	5	4	6	6	5	8	10	2	52	4	
Troyer	9	1	7	4	3	3	10	7	7	51	5	
Carrizo	8	2	8	1	1	9	7	6	6	48	6	
Taiwanica	1	8	2	9	8	4	1	2	8	43	7	
Híbrido Cajera	5	7	1	2	4	7	6	8	3	43	8	
Rugoso	2	10	5	8	7	1	2	5	1	41	9	
Volkameriana	4	9	6	5	2	2	4	4	4	40	10	

1 = Menor posición, 10 = Máxima posición

Aunque VOL es tolerante a CTV y *Phytophthora parasitica* (Ferguson y Garnsey, 1987). Por su parte, Salibe y Cedera (1984) sostienen que la tolerancia a CTV y cachexia depende del clon, pero su mayor debilidad es su susceptibilidad a blight o declinio (Beretta, 1988).

Los árboles en TAI se ubicaron dentro de los portainjertos que indujeron mayor producción. Sin embargo, su mayor vigor expresado por una altura similar al RUG y el que indujo mayor diámetro de copa, hizo que el V fuera el mayor de todos los portainjertos, aunque el crecimiento de árboles de California sobre TAI se ha señalado como muy pobre en las zonas mediterráneas (Crescimanno *et al.*, 1981), causado, tal vez, por condiciones climáticas. Ese mayor crecimiento de los árboles en TAI hizo que se ubicaran dentro del grupo de menor eficiencia productiva.

El peso y el diámetro del fruto de los árboles en TAI estuvieron dentro de parámetros aceptados, el %jugo fue relativamente bajo, algo común para los portainjertos de este ensayo. El %SST fue el más bajo de todos los portainjertos de este ensayo, pero la baja acidez del jugo, hizo que la relación SST : A fuera muy alta.

Salibe y Moreira (1973) han señalado a TAI como tolerante a CTV, pero trabajos previos (Moreira *et al.*, 1965) mencionan que al inocularse con el virus de CTV muestra síntomas de CTV - stem pitting. TAI también ha sido señalado como susceptible a *Phytophthora parasitica* (Crescimanno, 1981), pero en este ensayo no apareció ningún árbol afectado por el hongo.

HCA es un híbrido natural encontrado por el Dr. Maximiano Figueroa, investigador jubilado del INIA, en la región de Barlovento, estado Miranda, Venezuela. Por las características del fruto, parece un híbrido entre naranjo Agrío, *Citrus aurantium* L., y mandarino *Citrus reticulata* Blanco. Aunque este portainjerto indujo una producción similar a los de mayor producción, su crecimiento fue similar a los de mayor vigor, pero su eficiencia productiva fue la más baja de todos. Asimismo, la calidad del fruto fue significativamente similar a los que ocuparon las mejores posiciones. Por el vigor mostrado por los árboles, pareciera que no están afectados por la presencia CTV. Tampoco los árboles presentan ningún síntoma de las otras enfermedades presentes en la zona.

Es de resaltar que los árboles en CLE se ubicaron en un lugar intermedio en la producción, el mayor crecimiento hizo que indujera una menor

eficiencia productiva. Esto en contraste con los resultados obtenidos por Crescimanno *et al.* (1981) en la región mediterránea quienes observaron que los árboles en CLE tuvieron el peor crecimiento.

En cuanto a la calidad del fruto en CLE, el peso y el diámetro estuvieron por encima de los límites aceptados y el %jugo fue numéricamente el mejor que el resto de los portainjertos, aunque por debajo del 50% del límite establecido a nivel internacional. Mientras que el %SST estuvo por encima de los límites establecidos del 9% (Miller *et al.*, 1996). No obstante; Cunha *et al.* (1981), señalaron que CLE reduce la acidez del jugo, en este ensayo no se presentó esa situación, por que estuvo dentro de las más altas, lo que hizo que el índice de madurez estuviera numéricamente menor, pero estadísticamente similar a los más altos.

CLE tiene varias ventajas como portainjerto para los cítricos, es tolerante a CTV, psorosis, exocortis y cachexia, aunque moderadamente susceptible a gomosis causada por *Phytophthora parasitica* (Ferguson y Garnsey, 1987; Ferguson y Timmer, 1987). Beretta *et al.* (1988) demostraron que CLE es tolerante a declinio, sin embargo, estudios más recientes señalan que ‘Valencia’ en CLE es susceptible a esa enfermedad (Pompeu Junior, 2001). Pero tal vez las dos más importantes desventajas de los árboles de naranja en este portainjerto es la lentitud para alcanzar su máxima productividad, que en el caso de Valencia sobre CLE fue en el décimo año después de sembrados los árboles (Monteverde *et al.*, 1996). La otra desventaja es la señalada por Castle (1987), quien sostiene que en Valencia en CLE induce frutos pequeños, aunque en este ensayo no se presentó esa situación.

Los árboles en SWI tuvieron una producción estadísticamente similar a los de mayor producción, aunque el NF fue estadísticamente diferente a los que produjeron más. El crecimiento de los árboles en SWI fue inferior a los más vigorosos, pero la eficiencia productiva fue menor a los más eficientes, en contraste con los resultados obtenidos por Monteverde *et al.* (1996) en Valencia en la misma área. Esto se debe probablemente al bajo rendimiento de SWI en este ensayo.

Los frutos de los árboles en SWI tuvieron un %jugo estadísticamente similar a todos los portainjertos, excepto con RUG, que fue el más bajo. El %SST del jugo de los frutos estuvo entre los más alto, mientras que el % acidez también fue el más alto, algo que se ha señalado como característico en SWI en otra oportunidad (Monteverde *et al.*, 1996),

pero por debajo de uno por ciento, por esta razón la relación SST : A se ubicó dentro de las más bajas, pero por encima del mínimo establecido.

SWI se ha señalado como tolerante a CTV y gomosis causada por *Phytophthora parasitica* (Wutscher, 1988; Hutchison, 1974; Carpenter y Furr 1962). Estudios más recientes han demostrado que la susceptibilidad de SWI a CTV depende del inoculo presente en la localidad, por lo que un portainjerto resistente a CTV podría comportarse diferente cuando se expone a fuentes diferentes de inóculos distintos (Garnsey *et al.*, 1996). Por lo que se afirmaría que esta condición probablemente es válida para otros portainjertos que se han señalado como resistentes o tolerantes a CTV. SWI es tolerante a psorosis, exocortis y cachexia (Ferguson y Garnsey, 1987). Valencia en SWI en presencia de exocortis y cachexia produce enanismo en los árboles (Gardner *et al.*, 1967, mencionado por Wutscher, 1979). SWI presenta baja incidencia de árboles afectados por declinio (Castle, 1993), pero da resultados positivos a la presencia de la bacteria que causa CVC cuando se hace un examen microscópico, aunque no presente sintomatología en el portainjerto (Li *et al.*, 1996).

YUM se ubicó dentro de los portainjertos que indujeron menor producción y crecimiento de los árboles, coincidiendo con resultados de otras latitudes (Holtzhusen *et al.*, 1988), pero al mismo tiempo fue segundo en eficiencia después de SAC. Tal vez este menor crecimiento se deba a su susceptibilidad a CTV. Por que cuando árboles de Valencia sobre diferentes portainjertos se inocularon experimentalmente con CTV, YUM resultó uno de los más afectados (Calavan *et al.*, 1974), lo cual se ha confirmado en Sudáfrica (Van Vuuren y Da Graca, 1996) y California, USA (Carpenter *et al.*, 1982). En este ensayo se observaron dos árboles en YUM con síntomas de acopamiento de las hojas, similar a la estudiado por Monteverde *et al.* (1984) para CTV.

La menor producción en YUM, hizo que el peso y el diámetro de los frutos fueran los mejores. El %jugo estuvo dentro de los mejores, aunque el %SST fue significativamente menor, pero dentro de los límites mencionados. El %acidez fue el más bajo, por lo que el índice de madurez fuera el más alto.

El comportamiento de los árboles en SAC fue muy similar a YUM en este ensayo por que indujo menor producción y crecimiento, pero al mismo tiempo fue el de mayor eficiencia productiva. Por el contrario los resultados obtenidos en Florida (USA) con un grupo de 26 portainjertos mostró uno de los mayores crecimiento expresado en V, ubicándose

sólo por debajo de RUG, naranja Agrio, TRO y citrange Morton (Hutchison, 1977). Una explicación para este menor crecimiento en SAC en este ensayo, pudiera ser que el virus de CTV esta presente en estos árboles. Aunque Salibe (1973) menciona que SAC es tolerante a CTV, su comportamiento no ha sido el mejor cuando se ha inoculado experimentalmente con el virus (Carpenter *et al.*, 1982) o cuando se ha sometido naturalmente a la presión de inóculos (Cunha *et al.*, 1981).

La calidad del fruto en SAC fue buena en este ensayo considerando que el peso, diámetro, %jugo y el %SST fue estadísticamente similar a los mejores. Pero la acidez del jugo del fruto fue baja, por lo que la relación SST : acidez fue una de las más altas.

Los árboles en CAR se ubicaron dentro de los que indujeron menor producción, y crecimiento, pero con una eficiencia productiva intermedia. Aunque Valencia sobre CAR en la misma área agroecológica estuvo entre los que indujeron mayor producción (Monteverde *et al.*, 1996) y en otras áreas del mundo se ha observado que este portainjerto induce gran producción y crecimiento en Washington Navel (Roose, 1996; Crescimanno *et al.*, 1991; Ríos-Castaño, 1973). Probablemente esta menor producción y crecimiento de los árboles en CAR en este ensayo se debe a la susceptibilidad a CTV. En sus estudios, Castle (1993) señala a CAR como tolerante a CTV, existen evidencias que esta puede ser modificada por condiciones ambientales (Burns *et al.*, 1980, Calavan *et al.*, 1974).

La experiencia en Venezuela es que huertos de limero 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) sobre CAR pueden mostrar síntomas de CTV- stem pitting y Cunha-Sobrinho (1981) señalan que el naranja Washington Navel en CAR ha mostrado 87% de infestación por CTV - stem pitting en Brasil, aunque en este ensayo no apareció ningún árbol infectado con esa forma de CTV.

El peso y el diámetro de los frutos en CAR fue el más bajo, pero el %jugo y el %SST se ubicó entre los mejores, con una acidez intermedia y una relación SST : acidez alta. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Castle (1993) en Florida (USA) quien sostiene que CAR produce un fruto de excelente calidad interna.

CAR se ha señalado como susceptible a exocortis y declinio, pero tolerante a psorosis y cachexia (Pompeu Junior, 2001; Ferguson y Garnsey, 1987).

Los árboles en TRO tuvieron una menor producción y crecimiento que los árboles en los otros portainjertos, con una eficiencia productiva estadísticamente inferior a los mejores, a pesar de ubicarse dentro de los de menor crecimiento, esa baja eficiencia fue consecuencia de la baja producción.

Washington Navel en TRO se han señalado como árboles de gran producción y crecimiento en lugares tan distintos como Sicilia (Russo y Recupero, 1984) y California, USA (Roose 1996). Probablemente la razón de esa menor producción y crecimiento de TRO en este ensayo se deba que esta infectado con CTV, debido que la susceptibilidad a este virus, lo cual se ha demostrado experimentalmente (Burns *et al.*, 1980; Calavan *et al.*, 1974).

TRO es tolerante a cachexia, y *Phytophthora sp.*, susceptible a exocortis y declinio (Timmer y Menge, 1988; Castle, 1987; Cohen y Wutscher, 1977). En este ensayo no se ha presentado ningún árbol en TRO con la sintomatología de alguna de estas enfermedades.

Los frutos de los árboles en TRO, aunque numéricamente inferior en peso y diámetro a los frutos en YUM que fue el mejor, fue estadísticamente similar a este último portainjerto. EL %jugo fue estadísticamente similar a los mejores y el %SST fue el mejor de todos, con una acidez media y una alta relación de SST : acidez. TRO se ha mencionado como un portainjerto que induce alta calidad a los frutos de los cultivares que se injerten en él (Holtzhausen *et al.*, 1988; Crescimanno *et al.*, 1981) y en este ensayo se confirmó esa aseveración.

**Evaluación por puntaje:** los resultados del Cuadro 8 muestran que SAC y YUM fueron los que acumularon mayor puntaje, pero al mismo tiempo aparecen como susceptible a CTV, por lo que habría que descartarlos como portainjertos para el naranjo California. CLE ocupó el tercer lugar y ofrece mejores ventajas que los dos portainjertos anteriores, es tolerante a CTV, psorosis, exocortis y cachexia, pero moderadamente susceptible a *Phytophthora sp.*, pero recientemente se ha señalado como susceptible al declinio. SWI ocupó el cuarto lugar con las mismas ventaja CLE, siendo tolerante al declinio.

## CONCLUSIONES

- La producción en este ensayo es baja cuando se lleva a  $\text{kg ha}^{-1}$ , aunque el rendimiento para los portainjertos sigue la misma tendencia presen-

tada en la literatura internacional. El bajo rendimiento se debería a la presencia de inóculos de CTV en los árboles. Las pruebas que se han hecho al azar usando ELISA han confirmado la presencia del virus<sup>1</sup> aun que no se ha podido determinar la severidad de la raza presente.

- Los resultados obtenidos muestran que SWI y CLE ofrecen mayores ventajas cuando se comparan con los otros portainjertos, por lo que serían los recomendados para el área en estudio.
- Existe un portainjerto que es el HCA, que ocupó una buena posición y por ser un material nativo debería evaluarse mejor, especialmente su tolerancia a CTV.

### SUMMARY

Yield, growth, productive efficiency and fruit quality of California orange (Washington Navel) grown under different rootstocks were evaluated in the Montalban county, Carabobo State, Venezuela. Also, we evaluated the appearance of common diseases in the zone. The buds of California orange trees were free of psorosis, exocortis and cachexia, and the rootstocks were Cleopatra mandarin, *Citrus reshni* ex Hort. Tan. (CLE); Volkamer lemon, *Citrus Volkameriana* Pasq. (VOL); Taiwanica orange, *Citrus taiwanica* Tan. and Shim. (TAI); Rough lemon, *Citrus jambhiri* Lush (RUG); Hibrido Cajero, *Citrus reticulata* Blanco x *Citrus aurantium* L. (HCA); the citranges, *Poncirus trifoliata* Raf x *Citrus sinensis* Osb., Troyer (TRO), Carrizo (CAR) and Yuma (YUM) and the citrumelos *Poncirus trifoliata* Raf. x *Citrus paradisi* Macf., Swinge (SWI) and Sacaton (SAC). The yield, productivity efficiency and fruit quality, diameter, juice percentage, total soluble solid percentage (TSS), titratable acidity percentage (A) and TSS of each rootstock were evaluated using a scale from 1 (worst) to 10 (best), and finally the rootstocks were ranked. The the SAC and YUM had the best positions with 54 and 53 points respectively, but they were discarded due to their susceptibility to the sadness virus (CTV). The CLE and SWI were the followings which occupied a better position, and consequently they are recommended to be the best rootstocks for California orange trees in the studied zone. In this assay was observed leaf cupping in trees on YUM similar at caused by CTV.

**Key Words:** California orange; rootstocks; *Citrus sinensis* Osb; quality.

---

1 Investigador. Ezequiel Rangel. INIA. Comunicación personal.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ALEXANDER, C. J. 1993. Evaluation of eight navel selections in the eastern cape. **In:** Proc. 4<sup>th</sup> World Congr. ISCN, South Africa. p. 250-256.
- BERETTA, M. J. G., V. ROSETTI, J. POMPEU Jr. and J. TEOFILSOBRINHO. 1988. Behavior of different Citrus rootstocks in relation to decline in Brazil. **In:** Proc 6<sup>th</sup> Int. Citrus Congr. Tel Aviv, Israel. 2:1 039-1 046.
- BITTERS, W. P., C. D. MC CARTY and D. A. DOLE. 1973. Evaluation of trifoliolate orange rootstocks for Washington Navel and Valencia oranges. I Congr. Mundial Citricultura. Murcia-Spain. 2:127-131.
- BURNS R. N., E. C. CALAVAN, R. L. BLUE and B. W. LEE. 1980. Effects of tristeza virus inoculation in Valencia orange in six rootstocks. **In:** Proc 8<sup>th</sup> Conf. IOCV. Riverside, California (USA). p. 28-31.
- CALAVAN, E. C., R. BLUE, R. M. BURNS and B. W. LEE. 1974. Experimentally induced long term effects of tristeza virus on trees of Valencia orange on citrange, Red Rough lemon and trifoliolate orange rootstocks near California Coast. **In:** Proc. 6<sup>th</sup> Conf. IOCV. Riverside, California (USA). p. 94-96.
- CARPENTER, J. B., R. M. BURNS and SEDLACEK. 1982. Performance of rootstocks inoculated with virus. *Citrograph* 67:101-106.
- CARPENTER, J. B. and J. R. FURR. 1962. Evaluation of tolerance to rootrot caused by *Phytophthora parasitica* in seedlings of Citrus and related genera. *Phytopathology* 52:1 277-1 285.
- CASTLE, W. S. 1987. Citrus rootstocks **In:** rootstocks for fruit Crops. R. C. Rom and R. F. Carlson (eds.). John Wiley and Sons. New York. p. 494.
- CASTLE, W. S., D. P. H. TUCKER, A. H. KREZDORN and C. O. YOUTSEY. 1993. Rootstocks for Florida. Rootstock selection. The first step to success. Univ. Florida, IFAS. p. 92.
- CHIRINOS, A. V., I. DE ROJAS, R. E. GONZALEZ y R. PEREZ. 1977. Aspectos básicos de un programa de fertilidad de suelo. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (CENIAP). 76 p.

COHEN, M. and H. K. WUTSCHER. 1977. Diagnosis of trees with Citrus blight. (YTD). Proc. Int. Soc. Citriculture. 3:884-886.

CRESCIMANNO, F. G., P. DEIDDA and A. M. FRAU. 1981. Citrus rootstocks trials in Sardinia. Preliminary results on performance of ten rootstocks for Navel and Valencia oranges and for Marsh grapefruit. Proc. Int. Soc. Citriculture 1:119-123.

CUNHA SOBRINO, A. P., O. S. PASSOS, W. S. SOARES and Y. S. COELHO. 1981. Behavior of Citrus rootstocks under tropical conditions. Proc. Int. Soc. Citriculture 1:123-126.

DU PLESSIS, S. F. and T. J. KOEN. 1984. Effect of nutrition on fruit size of Citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture 1:148-150.

EWEL, J. y A. MADRIZ. 1958. Zonas De vida de Venezuela. Memorias explicativas sobre el mapa ecológico. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Edit. Sucre. 256 p.

FERGUSON J. J. and S. M. GARNSEY. 1987. Citrus virus and viruslike. **In:** Integrated Pest and Crop Management Handbook, Kapp J. L., editor. Florida Coop. Ext. Serv. IFAS. Univ. Florida Press. Gainesville. Florida (USA). p. XIV-1 to XIV-24.

FERGUSON J. J. and L. W. TIMMER. 1987. Pytophthora disease of Citrus. **In:** Integrated Pest and Crop Management Handbook, Kapp J. L., editor. Florida Coop. Ext. Serv. IFAS. Univ. Florida Press. Gainesville, Florida (USA). p. IX-1 to IX-8.

GALLASH, P. T. 1992. Performance of orange on ten rootstocks in replanted soil. Proc. Int. Soc. Citriculture Acireale, Italy. 1:291-295.

GARNSEY, S. M., H. J. SU and M. C. TSAI. 1996. Differential susceptibility of Pummelo and Swingle citrumelo to insolate of Citrus tristeza virus. **In:** Proc 13<sup>th</sup> Conf IOCV, Riverside, California (USA). p. 138-146.

HOLTZHAUSEN, L. C., J. A. GRUNDLING, P. N. F. NIVEN and J. MARITZ. 1988. Nine rootstocks evaluated for four Navel cultivars in the eastern cape. Proc. 6th Int. Citrus Congr. 1:33-45.

HUTCHISON, D. J. 1974. Swingle citrumelo-A promising rootstock hybrid. Proc. Fla. State Hort. Soc. 87:89-91.

HUTCHISON, D. J. 1977. Influence of the rootstock on the performance of Valencia sweet orange. Proc. Int. Soc. Citriculture Orlando, Florida (USA). 2:523-525.

L I, W. B., L. C. DONADIO, O. R. SEMPIONATO, E. S. STUCHI, V. ROSSETI and M. J. G. BERETTA. 1996. Seedling resistance of 20 Citrus rootstocks to Citrus Variegated Chlorosis. **In:** Proc. Int. Soc. Citriculture Sun City, South Africa. 1:283-285.

MILLER, J. E., J. G. J. MARITZ and P. BIRD. 1996. Screening of potential rootstocks for 'Mc Clean' navel and 'Delta' Valencia in Sunday River Valley. **In:** Proc. Int. Soc. Citriculture Sun City, South Africa. 1:243-247.

MONTEVERDE, E. E., M. ESPINOZA y J. R. RUIZ. 1992. Evaluación de psorosis -concave gum, exocortis y cachexia-xyloporosis en árboles de naranjo dulce en los Valles Altos de Carabobo – Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* 42(3-4):137-149.

MONTEVERDE, E. E., G. LABOREM, J. R. RUIZ, M. ESPINOZA y C. GUERRA. 1996. Evaluación del naranjo Valencia sobre siete patrones en los Valles Altos de Carabobo - Yaracuy. 1984-1991. *Agronomía Trop.* 46(4):371-393.

MONTEVERDE, E. E., J. R. RUIZ y M. ESPINOZA. 1984. Observaciones preliminares sobre las razas del virus de la tristeza presentes en Venezuela. *Agronomía Trop.* 34(1-3):189-198.

MOREIRA, S., T. J., GRANT, A. A. SALIBE AND C. ROESSING. 1965. Tristeza tolerant rootstocks. Their behavior after twelve years in orchards. **In:** Proc. 3th Conf. IOCV. Gainesville, Florida. p. 18-24.

PLAZA G., R. LASTRA y J. E. MARTÍNEZ. 1984. Incidencia del virus de la tristeza de los cítricos en Venezuela. *Turrialba* 34(2):125-128.

POMPEU JUNIOR, J. 2001. Rootstocks and scions in citriculture of São Paulo State. **In:** Proc. 6th World Congr. ISCN, Ribeirão Preto, SP, Brazil. 75-82.

RABE, E., J. G. K. COETZEE and A. T. C. LEE. 1993. Rootstocks in Southern Africa – An overview. **In:** Proc IV World Congr ISCN. p. 266-277.

REFORGIATO RECUPERO, G., A. STARRANTINO, S. MARTELLI and A. SILLETTI. 1992. Performance of 'Navelina' ISA 315 on rootstocks in 'Metaponto' area Proc. Int. Soc. Citriculture 1:259-261.

RÍOS-CASTAÑO, D. 1973. Desarrollo del árbol y calidad del fruto de la naranja Valle Washington Navel sobre 89 patrones para cítricos. **In:** Proc. I Congr. Mundial Citricultura 2:139-147.

ROOSE, M. L. 1996 Performance of 4 scions on 21 rootstocks in California. **In:** Proc. Int. Soc. Citriculture. Sun City, South Africa. 1:141-144.

RUSSO, F. and R. RECUPERO. 1984. Recent results of some Citrus experiments in Italy. **In:** Proc. Int. Soc. Citriculture São Paulo, Brasil. 1:42-45.

SALIBE, A. A. and E. Cereda. 1984. Limitations on the use of Voňkamer lemon as rootstock for citrus. **In:** Proc. 9<sup>th</sup> Conf. IOCV. Riverside, California. p. 371-374.

SALIBE, A. A. and S. MOREIRA. 1973. Performance of eight rootstocks with nucellar Baianninha navel orange scion in sandy soil. **In:** Congr. Mundial Citricultura 2: 149-152.

SÁNCHEZ, A. J. 1983. Unidades agroecológicas de los Valles Altos de Carabobo. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (boletín mimeografiado SN). 10 p.

SOULE, J., W. GRIERSON and G. BLAIR. 1967. Quality test for Citrus fruit. Circ. Univ. Florida Ext. Serv. IFAS. Gainesville, Florida. p. 315.

TIMMER, L. W. and J. A. MENGE 1988. Phytophthora-Induced diseases **In:** Compendium of Citrus Diseases, APS, St Paul, Minnesota (USA). p. 7-30.

TURRELL, F. M. 1946. Tables of surface and volumes of spheroids and of prolate and oblates and spheroidal coefficients. Berkeley. Univ. California Press.

TUZCU, O, M. KAPLANKIRAN, S. DUZENOGLU, I. BAHCECI and T. YESILOGLU. 1992. Effects of some Citrus rootstocks on yield and quality of 'Washington Navel' orange in Adana (Turkey). **In:** Proc. Int Soc. Citriculture Acireale, Italy. 1:270-274.

VUUREN, van S. P. and J. V. Da GRACA. 1996. Effects of Citrus tristeza virus isolates and a Citrus viroid on growth and production of Delta Valencia on Yuma citrange rootstock. **In:** Proc. 13<sup>th</sup> Conf. IOCV, Riverside, California (USA). p. 158-162.

WUTSCHER, H. K. 1979. Citrus rootstocks. **In:** Hort. Rev. 1:237-269.

WUTSCHER, H. K. 1988. The Citrus rootstocks situation in Florida. **In:** Proc. 6<sup>th</sup> Int. Citrus Congr. Tel Aviv, Israel. 1:67-73.

WUTSCHER, H. K. 1998. Uso apropiado de la combinación injerto/patron en cítricos en los trópicos. **In:** Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. Barquisimeto, Venezuela. 42:166-172.

**CONFLICTOS DE INTENSIDAD DE USO  
DE LA TIERRA EN LAS ESTACIONES  
EXPERIMENTALES DE LA UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA. ANÁLISIS ESPACIAL  
CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA<sup>1</sup>**

**Oscar I. Abarca\***

**RESUMEN**

Actualmente la gestión de las 13 Estaciones Experimentales (EE) de la Universidad Central de Venezuela, se desarrolla de manera desarticulada, sin responder a un plan integral de aprovechamiento y manejo, con muy poca intensidad en el uso de la tierra, por lo que las actividades de investigación, extensión y docencia han venido disminuyendo. Este trabajo permitió ubicar y cuantificar los conflictos de intensidad de uso de la tierra en las seis principales EE, con lo que se aporta información básica para la formulación de los planes de aprovechamiento que permitan intensificar el uso de los recursos con sustentabilidad ambiental, económica y social. Para el logro de este objetivo se identificaron los linderos legales de las EE, caracterizando el uso actual y la cobertura de la tierra, evaluándose su capacidad de uso agropecuario. Con ayuda de las herramientas de análisis espacial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se hizo una superposición de las capas de información generadas y se realizó una clasificación cruzada, confrontando el uso actual con el uso potencial de la tierra, determinando las áreas con conflictos de intensidad de uso, bien sea por sobre-utilización o por sub-utilización, así como las áreas bien utilizadas y aquellas con problemas legales de tenencia. Se determinó que el 76,91% de las tierras de las EE estudiadas está siendo sub-utilizado, el 0,20% está siendo sobre-utilizado y el 10,29% está bien utilizado. Algunos lotes que ocupan cerca del 1% de las tierras de las EE estudiadas presentan problemas de tenencia y en algunos casos la EE en su totalidad se mantiene en un precario régimen de tenencia.

**Palabras Clave:** Aprovechamiento de la tierra; base de datos espacial; clasificación cruzada; conflictos de intensidad de uso de la tierra; plan maestro de desarrollo; SIG; sobre-posición; tenencia de la tierra; Venezuela.

---

<sup>1</sup> Trabajo financiado por el Proyecto PG-01.35.4534.04 del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

\* Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. Laboratorio de Geomática. Apdo. 4800. Maracay 2101-A, estado Aragua. Venezuela. E-mail: abarcao@agr.ucv.ve.

RECIBIDO: septiembre 27, 2004.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Central de Venezuela (UCV) cuenta con 13 Estaciones Experimentales (EE), dependientes de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias, las cuales ocupan unas 6 500 ha ubicadas en 8 estados del territorio nacional. Estas EE constituyen un patrimonio de inmenso valor para la UCV y para la sociedad, no sólo por el capital económico que conforman, sino por el potencial productivo que representan como alternativa para la generación segura y autónoma de recursos, para la producción de conocimientos y para la realización de actividades de extensión y docencia.

Las EE de la UCV son actualmente percibidas como instituciones ineficientes, con un bajo nivel de aprovechamiento de sus recursos productivos. Tineo (2002) destaca la ineficiencia en el uso de los recursos de la EE San Nicolás, estado Portuguesa, así como su elevado potencial productivo, derivado de la capacidad agropecuaria de sus tierras y de la completa red de obras de infraestructura existente. Similar situación se presenta en la EE Santa María, Estado Aragua, aunque allí se realiza un uso eficiente de las obras de infraestructura (González, 2002). En la EE Bajo Seco, estado Vargas, existe la posibilidad de incrementar el uso de la tierra y de las edificaciones existentes (Valeri, 2002).

La EE Nicolasito, estado Guárico, tiene un moderado potencial productivo, el cual no está siendo eficientemente utilizado, y sus características físico-naturales le proporcionan un elevado potencial para el aprovechamiento eco-turístico (Aguerrevere, 2002). En la EE Samán Mocho, estado Carabobo, alrededor de un 80% de las tierras se encuentra ocioso a pesar de que estas son clasificadas como Clase II para uso agropecuario, cuentan con obras de infraestructura, agua de moderada calidad y mercados cercanos (Peña, 2003). La EE El Laurel, estado Miranda, dispone de lotes de terreno en los que se pudiera intensificar el uso, así como edificaciones productivas sub-utilizadas (Abarca, 2004).

Para evaluar la situación descrita, con el presente estudio se planteó identificar, ubicar espacialmente y cuantificar las situaciones de conflicto por intensidad en el uso de la tierra, de tal manera que se genere información básica para la formulación de los planes de aprovechamiento que permitan mejorar el estado actual de uso productivo de la tierra.

Las EE cumplen funciones básicas de investigación, extensión, docencia y producción, sin embargo, a los fines de este estudio, sólo se evaluará la intensidad de uso de la tierra con fines productivos, ya que se pretende evaluar información de carácter geográfico, como el uso actual y la capacidad de uso de la tierra, sin hacer consideraciones acerca de las políticas y programas de investigación, extensión y docencia, las cuales tienen implicaciones fuera del alcance de este estudio.

La identificación y localización de las situaciones de conflicto de uso de la tierra resulta de suma importancia para el ordenamiento espacial de las actividades agrícolas. La FAO (1994) incorpora el análisis de los problemas de aprovechamiento, que incluyen a los conflictos de uso, como parte de la planificación del aprovechamiento de la tierra. Abarca (2004) propone el análisis de los conflictos de uso de la tierra como una fase posterior a la caracterización ambiental, en el proceso de planificación, permitiendo establecer áreas prioritarias de acción para la fase de formulación de alternativas de aprovechamiento.

Hidalgo (1985) describe un método para determinar las situaciones de conflicto de uso de la tierra basado en la relación vocación-uso, según la cual las situaciones de conflicto se presentan cuando el uso de la tierra no concuerda con su capacidad, pudiéndose presentar situaciones de sub-utilización y sobre-utilización del recurso.

La capacidad de uso de la tierra puede ser determinada por diferentes métodos de evaluación de tierras, algunos basados sólo en criterios físicos, como el sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso (Klingebiel y Montgomery, 1961), llamado también “de las 8 clases”, y otros más recientes, que hacen consideraciones económicas y sociales.

En Venezuela el sistema de interpretación más difundido es el de las 8 clases, modificado por Comerma y Arias (1971). Este sistema clasifica la tierra desde la Clase I (mejor) a la Clase VIII (peor), de acuerdo a la intensidad del uso que la tierra pueda soportar y al grado de manejo que pudiera ser necesario para apoyar dicha intensidad. Este rango de clasificación tiene una base económica implícita, ya que se supone que a mayor amplitud de usos de la tierra permitidos, el agricultor dispondrá de mayores oportunidades de ingreso y a menores requerimientos de manejo se deberían obtener menores costos de producción (Rossiter, 1995).

Este sistema de clasificación se ha aplicado en todas las EE estudiadas (Abarca, 2004) por lo que puede ser usado de manera inmediata para evaluar los conflictos de uso de la tierra, sin tomar en cuenta consideraciones socio-económicas explícitas, que se realizan con otros métodos de evaluación. La información resultante puede ser empleada para la formulación de planes de aprovechamiento que, en una segunda fase, deben ser analizados con una evaluación económica de tierras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se utilizó el material cartográfico indicado en el Cuadro 1.

Dado el elevado número de EE con que cuenta la UCV y la carencia de información básica en la mayor parte de ellas, se seleccionaron sólo 6 EE por su trascendencia histórica, por su tamaño y potencial productivo, y por la disponibilidad de información a los fines del estudio. Las EE seleccionadas fueron:

San Nicolás, estado Portuguesa	Nicolasito, estado Guárico
Santa María, estado Aragua	Samán Mocho, estado Carabobo
Bajo Seco, estado Vargas	El Laurel, estado Miranda

En la verificación de linderos se revisaron los documentos legales de donación, adquisición o adjudicación de los terrenos de las EE, conjuntamente con la información topo-cartográfica disponible, indicada en el Cuadro 1. Estos linderos se verificaron en campo, apoyándose en una interpretación visual de las aerofotos y ortofotomapas disponibles, y haciendo posicionamiento absoluto con GPS en modo de navegación a lo largo de las poligonales respectivas. Se compararon las poligonales legales identificadas con las áreas actualmente ocupadas por cada EE, o por otras personas, para definir las áreas en conflicto legal, catalogándolas como áreas *en litigio*.

Para evaluar la capacidad de uso agropecuario se revisaron y actualizaron parcialmente los estudios de suelo realizados por Mayorca (1970) para la EE San Nicolás, Ovalles y Zinck (1982) para la EE Santa María, Henríquez y Serrano (1986) para la EE Bajo Seco, Guzmán y Nieves (1999) y Aguerrevere (2002) para la EE Nicolasito, Borges *et al.* (1982) para la EE Samán Mocho, y Gómez (2004) y Páez (1976) para la EE El Laurel. Las unidades cartográficas de suelo, delineadas en esos estudios

fueron evaluadas para determinar su capacidad de uso agropecuario, usando el método de Comerma y Arias (1971). La evaluación se hizo considerando el nivel de manejo mejorado, que implica el uso de riego y drenaje así como prácticas intensivas de fertilización, control de plagas, enfermedades y malezas, así como prácticas de conservación y mecanización agrícola. Este nivel de manejo actualmente se aplica en las áreas productivas de la mayor parte de las EE. Otras variables ambientales necesarias para la evaluación, como el clima y el relieve, fueron tomadas de Abarca (2004).

Los mapas de suelo fueron digitalizados e incorporados al SIG Idrisi32, con el cual se procesó la información ambiental necesaria para realizar la evaluación por capacidad de uso.

En la caracterización de la cobertura vegetal y el uso actual de la tierra se realizó el levantamiento de información para lo cual se trazó un mapa preliminar de cobertura y uso, haciendo una interpretación visual de los ortofotomapas y fotografías aéreas del área y luego se realizó un chequeo en campo para la rectificación de los límites de las unidades interpretadas y para identificar las formaciones vegetales y sus principales especies características, así como los tipos de uso de la tierra. La data cartográfica fue procesada con el SIG.

Para evaluar los conflictos de uso de la tierra se hizo un análisis comparativo del potencial de uso (capacidad de uso agropecuario) con el uso actual de la tierra, para lo cual se realizó una clasificación cruzada de los dos mapas correspondientes para cada EE, determinando todas las combinaciones existentes de las unidades de capacidad con las unidades de uso. Las unidades generadas fueron reclasificadas, definiéndolas como **sub-utilizadas** cuando su uso actual pudiera ser cambiado a un rubro o actividad que requiera una utilización más intensa de los factores de producción y por tanto, generen un mayor retorno productivo, en correspondencia con la capacidad de uso de la tierra y para el nivel de manejo mejorado.

Se catalogaron como **sobre-utilizadas** cuando las actividades agrícolas desarrolladas en dichas unidades tenían una intensidad de uso del recurso tierra por encima de su capacidad y por ende implicaban un riesgo de degradación del recurso. Cuando el uso actual de la tierra se correspondía con los niveles de capacidad, las unidades se catalogaron como **bien utilizadas**. En el Cuadro 2 se detallan los criterios utilizados para esta definición de conflictos de uso.

**CUADRO 1.** Documentos cartográficos de las Estaciones Experimentales de la UCY.

Estación Experimental	Documentos cartográficos				
	Carta a escala 1:25.000	Carta a escala 1:100.000	Otras escalas	Ortofotomapas escala 1:25.000	Aerofotos
San Nicolás	6242-III-NE, Fuente: MOP-DCN (1977)	6242, Fuente: MOP-DCN (1971 a)	- Mapa topográfico a escala 1:5.000 Sistema Ríos Boconó-Tucupido del MOP. : Fuente: UCY-Facultad de Agronomía (1967).	6242-III-NE, Fuente: MAC- ONCTA (1998)	Misión: MAC-PTTSA, NCI9-13/19-14, a escala 1:60.000. Año 1997. Fotos: 243, 244 y 245
Santa María	6746-III-NO, Fuente: MOP-DCN (1979)	6746, Fuente: MOP-DCN (1972)	- Levantamiento aerofotogramétrico a escala 1:5.000. Fuente: MINDUR 1980-1998. Levantamiento topográfico a escala 1:500 Fuente: Azpúrua y Torrealba (1991).	6746-III-NO, Fuente: MARNR -SAGECAN (1965 a)	Misión: 0301109, a escala 1:60.000. Año: 1994. Fotos: 359, 360, 361
Bajo Seco	6747-II-NO, Fuente: MOP-DCN (1982)	6747, Fuente: MOP-DCN (1971 b)	- Levantamiento aerofotogramétrico a escala 1:5.000. Fuente: MINDUR (1983 a).	6747-II-NO, Fuente: MARNR -SAGECAN (1965 b)	Misión: 030198, a escala 1:20.000, Año: 1975 Fotos: 233, 234
Nicolásito	6940-III-NO, Fuente: MOP-DCN (1970)	6940, Fuente: MOP-DCN (1969)	-	-	Misión: 0305136, a escala 1:50.000, Año: 1988. Fotos: 2512, 2513, 2414

./... continúa

./... continuación CUADRO 1.

Estación Experimental	Documentos cartográficos				
	Carta a escala 1:25.000	Carta a escala 1:100.000	Otras escalas	Ortofotomapas escala 1:25.000	Aerofotos
Samán Mocho	6646-III-NO, Fuente: MOP-DCN (1978)	6646, Fuente: MOP-DCN (1968)	- Levantamiento topográfico a escala 1:1.500 Fuente: UCV-Fac. de Agronomía (1981) - Plano topográfico 6646-III-Hoja 8 a escala 1:5.000. Fuente: IAN (SI).	6646-III-NO, Fuente: MAC -ONCTA (1999)	Misión: 0202155, a escala 1:60.000. Año: 1988 Fotos: 1369, 1370, 1371
El Laurel	6847-III-SO, Fuente: MARNR-DCN (1993)	6847, Fuente: MARNR-SAGECAN (1990)	- Levantamiento aerofotogramétrico del Área Metropolitana de Caracas, Hoja K-44, Escala: 1:5.000. Fuente: Gobernación del Distrito Federal (1984), Hoja K-43, Escala: 1:5.000. Fuente: MINDUR (1983 b). - Levantamiento topográfico Núcleo El Laurel, Escala 1:5.000. Fuente: Azpúrua (1995). - Actualización del plano de Azpúrua (1995). Fuente: Carrero (2000).	6847-III-SO, Fuente: MARNR -SAGECAN (1995 c)	Misión: 0304167, a escala 1:20.000. Año: 1983. Fotos: 680, 681, 682, 683, 734, 735, 736, 737

**CUADRO 2.** Criterios para la clasificación de los conflictos de uso de la tierra de las EE de la UCV.

<b>Tipos de Usos</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
Cultivos de ciclo corto	Bien	Bien	Bien	Bien	Sobre	Sobre	Sobre	Sobre
Cultivos anuales	Bien	Bien	Bien	Bien	Sobre	Sobre	Sobre	Sobre
Cultivos perennes y semiperennes	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Sobre
Pastizales	Sub	Sub	Sub	Sub	Bien	Bien	Bien	Sobre
Plantación forestal	Sub	Sub	Sub	Sub	Bien	Bien	Bien	Bien
Matorrales, arbustos, herbazales	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Bien
Bosques (*)	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien

**Legenda:**

Bien: sin conflictos de uso, Sobre: conflictos por sobre-utilización;  
Sub: conflictos por sub-utilización.

(\*) Nota: Los bosques siempre fueron catalogados como "Bien utilizados", independientemente de su ubicación en el mapa de capacidad, dada su función protectora y su reducida extensión superficial, a excepción de algunos lotes de la EE El Laurel (cerca de 11 ha) que se ubican en tierras clase IV por lo que se consideraron sub-utilizados ya que pudieran ser aprovechados para la siembra de café bajo sombra, manteniéndose su condición protectora.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1 al 6 se presentan los mapas de capacidad de uso agropecuario de la tierra realizados para cada EE. En el Cuadro 3 se indica la superficie correspondiente a cada unidad de capacidad. Se puede observar que 31,07% de las tierras de las EE estudiadas son de Clase III por capacidad de uso agropecuario (para un nivel de manejo mejorado). Un 15,85% pertenece a tierras Clase V y un 13,56% a tierras Clase I. En total se tiene que el 54,48% de las tierras, de las 6 EE estudiadas, pertenecen a las primeras 4 clases del sistema de clasificación, lo que es un indicativo del alto potencial de uso agrícola de estas tierras.

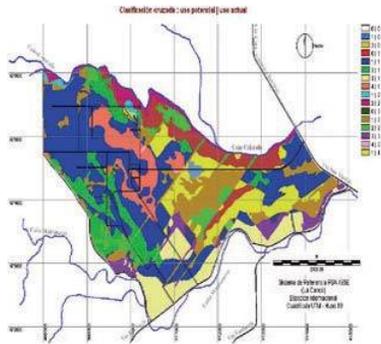


FIGURA 1. Capacidad de Uso - EE San Nicolás.

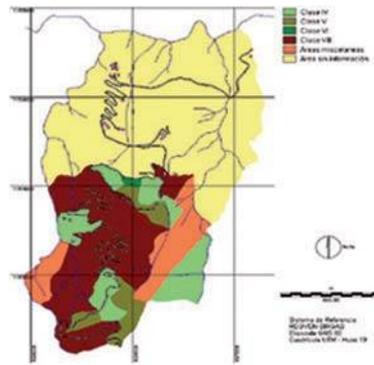


FIGURA 2. Capacidad de Uso - EE Bajo Seco.

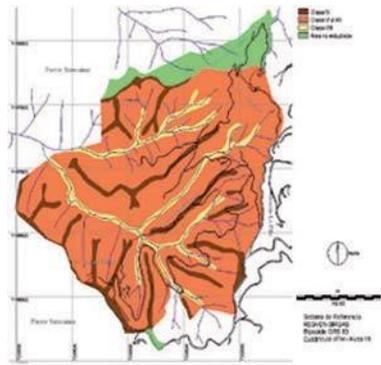


FIGURA 3. Capacidad de Uso - EE El Laurel.

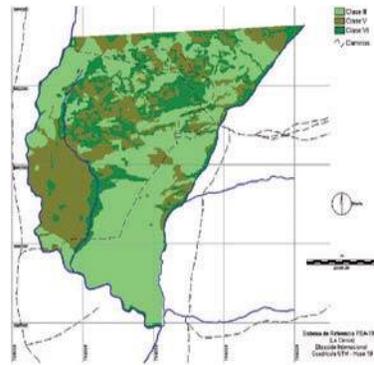


FIGURA 4. Capacidad de Uso - EE Nicolásito.

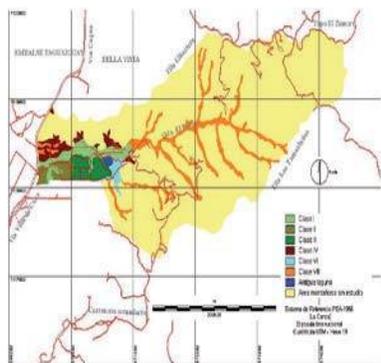


FIGURA 5. Capacidad de Uso - EE Santa María.

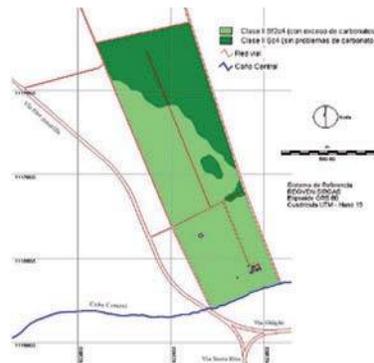


FIGURA 6. Capacidad de Uso - EE Samán Mocho.

**CUADRO 3.** Capacidad de uso agropecuario de la tierra de las EE de la UCV.

Clase de Capacidad	Superficie en ha (%)						Total
	EE San Nicolás	EE Santa María	EE Bajo Seco	EE Nicolásito	EE Samán Mocho	EE El Laurel	
I	758,40 (55,84)	19,10 (2,87)					777,50 (13,56)
II	323,42 23,81	9,37 (1,41)			47,32 (63,52)– II Sf2c4 27,17 (36,48) II Sc4		407,28 (7,10)
III	180,38 (13,28)	14,26 (2,14)		1 587,08 (50,45)			1 781,72 (31,07)
IV	95,99 (7,07)	12,68 (1,90)	14,60 (10,21)			40,08 (11,57)	163,35 (2,85)
V			6,89 (4,82)	901,72 (28,67)			908,61 (15,85)
VI		5,58 (0,84)	0,47 (0,33)			251,15 (72,47) VI a VIII	257,20 (4,49)
VII				656,71 (20,88)			656,71 (11,45)
VIII		55,86 (8,38)	31,64 (22,13)			27,50 (7,94)	115,00 (2,01)
Antigua laguna		1,26 (0,19)					1,26 (0,02)
Áreas misceláneas			12,10 (8,47)				12,10 (0,21)
Áreas sin información		548,43 (82,27)	77,26 (54,04)			27,78 (8,02)	653,47 (11,40)
Total	1 358,19 (100)	666,54 (100)	142,96 (100)	3 145,51 (100)	74,49 (100)	346,51 (100)	5 734,20 (100)

En las Figuras 7 a la 12 se presentan los mapas de cobertura vegetal y uso actual de la tierra elaborados para cada EE. En el Cuadro 4 se indica la superficie correspondiente a cada unidad de cobertura y uso. De allí se desprende que el 59,9% de las tierras de las EE estudiadas está ocupado por sabanas naturales con muy poca utilización, 14,53% está ocupado por pastizales con moderada intensidad de uso, un 5,57% de las tierras corresponde a matorrales y arbustos, un 10,08% está cubierto de bosques y el resto de la superficie está ocupado por diferentes cultivos de ciclo corto, cultivos anuales, cultivos permanentes y semi-permanentes y plantaciones agrícolas y forestales.

En cuanto a los conflictos de intensidad de uso de la tierra, se realizó una clasificación cruzada de los mapas de capacidad de uso con los mapas de uso actual, obteniendo los mapas mostrados en las Figuras 13 al 18. Estos mapas a su vez fueron reclasificados, identificando las unidades cartográficas en las cuales hay sub-utilización, sobre-utilización y buena utilización del recurso tierra. En las Figuras 19 al 25 se presentan los mapas resultantes y su cuantificación se indica en el Cuadro 5. Allí se observa que casi el 77% de las tierras de las EE estudiadas se encuentra sub-utilizado.

En las Figuras 19, 21 y 25 se observan lotes pertenecientes a las EE, según los documentos legales consultados, los cuales actualmente presentan problemas legales por presencia y uso de ocupantes ajenos a la Institución. En el Cuadro 6 se indica el régimen de tenencia de cada una de las EE estudiadas.

## CONCLUSIONES

- Alrededor del 54% de las tierras de las seis EE estudiadas pertenece a las clases de capacidad de uso I a IV, cerca del 30% corresponden a las clases V a VII y el 2%, aproximadamente, concierne a la clase VIII. Esto es indicativo de la alta capacidad de las EE para la producción de cultivos, pastos y árboles.
- Alrededor del 57% de las tierras de las EE están ocupados por sabanas naturales muy poco utilizadas, cerca del 14 % es utilizado en pastizales y poco menos del 2% de las tierras se dedica a cultivos. Estas cifras reflejan la baja intensidad del uso de la tierra.

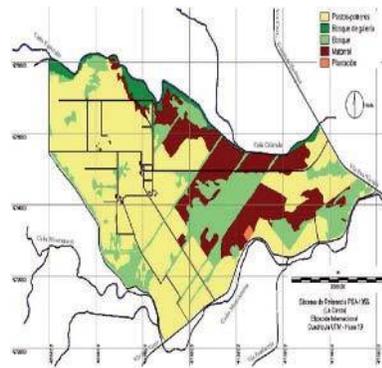


FIGURA 7. Uso actual - EE San Nicolás.

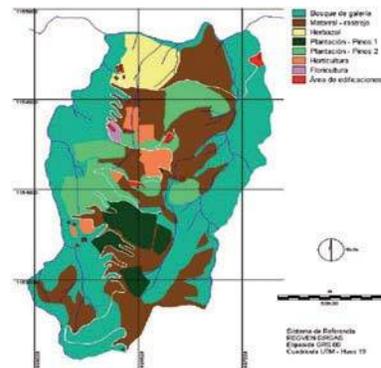


FIGURA 8. Uso actual - EE Bajo Seco.

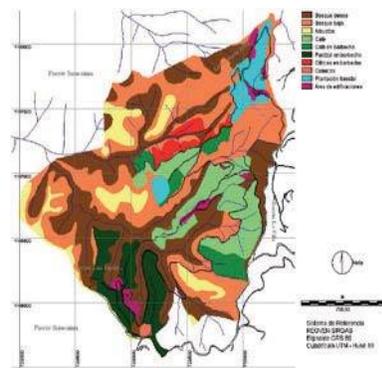


FIGURA 9. Uso actual - EE El Laurel.

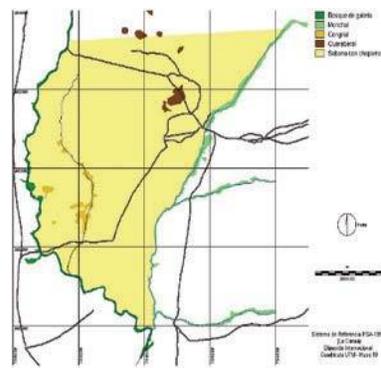


FIGURA 10. Uso actual - EE Nicolaito.

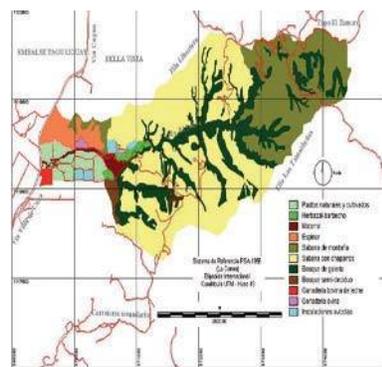


FIGURA 11. Uso actual - EE Santa María.

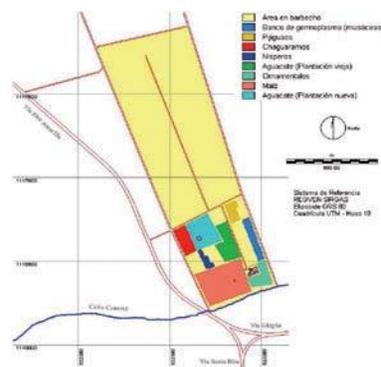


FIGURA 12. Uso actual - EE Santo Moncho.

**CUADRO 4.** Uso actual y cobertura de la tierra de las EE de la UCV.

Cobertura y uso	Superficie en ha (%)							Total
	EE San Nicolás	EE Santa María	EE Bajo Seco	EE Nicolásito	EE Samán Mocho	EE El Laurel		
Pastos	779,22 (57,37)	28,16 (4,23)				26,04 (7,51)	833,42 (14,53)	
Bosque de galería	49,39 (3,64)	139,22 (20,89)	62,38 (43,63)	38,22 (1,21)			289,21 (5,04)	
Bosque tropófilo (semi-deciduo)	282,76 (20,82)	6,02 (0,90)					288,78 (5,04)	
Matorral-arbustos	244,32 (17,99)	9,21 (1,38)	40,11 (28,06)			25,97 (7,49)	319,61 (5,75)	
Palma africana	2,50 (0,18)						2,50 (0,04)	
Herbazal-barbecho		6,45 (0,97)	7,05 (4,93)		60,18 (80,78)		73,68 (1,28)	
Espinar		24,35 (3,65)					24,35 (0,42)	
Sabana de montaña		143,05 (21,46)					143,05 (2,49)	
Sabana con chaparros		296,61 (44,50)		2 995,33 (95,24)			3 291,94 (57,41)	

...continúa

... continuación CUADRO 4.

Cobertura y uso	Superficie en ha (%)							Total
	EE San Nicolás	EE Santa María	EE Bajo Seco	EE Nicolásito	EE Samán Mocho	EE El Laurel		
Instalación de ganadería bovina (leche)		3,43 (0,51)						3,43 (0,06)
Instalación de ganadería ovina		1,78 (0,27)						1,78 (0,03)
Instalación de Avicultura		8,26 (1,24)						8,26 (0,14)
Pinos			24,89 (17,41)			14,76 (4,26)		39,65 (0,69)
Horticultura			4,29 (3,00)					4,29 (0,07)
Fruticultura			0,52 (0,36)					0,52 (0,01)
Infraestructura			3,72 (2,61)			7,61 (2,20)		11,33 (0,20)
Morichal					38,46 (1,22)			38,46 (0,67)
Congrial					49,21 (1,56)			49,21 (0,86)
Quebrebral					24,29 (0,77)			24,29 (0,42)
Musáceas						1,06 (1,43)		1,06 (0,02)

... continúa

... continuación CUADRO 4.

Cobertura y uso	Superficie en ha (%)							Total
	EE San Nicolás	EE Santa María	EE Bajo Seco	EE Nicolasito	EE Samán Mocho	EE El Laurel		
Pijiguas					0,70 (0,94)			0,70 (0,01)
Chaguaramos					1,20 (1,61)			1,20 (0,02)
Nisperos					0,43 (0,58)			0,43 (0,01)
Aguacate					4,37 (5,87)			4,37 (0,08)
Ornamentales					1,20 (1,61)			1,20 (0,02)
Maíz					5,35 (7,18)			5,35 (0,09)
Bosque pluvial							211,93 (61,17)	211,93 (3,70)
Café							38,68 (11,16)	38,68 (3,70)
Café en barbecho							13,14 (3,79)	13,14 (0,23)
Cítricas en barbecho							7,44 (2,15)	7,44 (0,13)
Conucos							0,94 (0,27)	0,94 (0,02)
<b>Total</b>	1 358,19 (100)	666,54 (100)	142,96 (100)	3 145,51 (100)	74,49 (100)	346,51 (100)	5 734,20 (100)	

**CUADRO 5.** Tipos de conflictos de intensidad de uso de la tierra.

Clase de Conflicto de uso de la Tierra	Superficie en ha (%)							Total
	EE San Nicolás	EE Santa María	EE Bajo Seco	EE Nicolásito	EE Samán Laurel Mocho	EE El Laurel	EE El Mocho	
Sub-utilizada	1 306,30	41,34	11,20	2 995,34	60,19	43,05	4 457,42	(76,91)
Bien utilizada	51,89	73,15	40,57	150,17	14,30	266,70	596,78	(10,29)
Sobre-utilizada	-	2,36	-	-	-	8,99	11,35	(0,20)
El litigio	51,60	-	2,01	-	-	8,17	61,78	(1,07)
Otras áreas	-	1,26	13,93	-	-	-	15,19	(0,26)
Área sin información	-	548,43	77,26	-	-	27,77	653,46	(11,27)
<b>TOTAL</b>	<b>1 358,19</b> <b>(1 409,79)*</b>	<b>666,54</b>	<b>142,96</b> <b>(144,97)*</b>	<b>3 145,51</b>	<b>74,49</b>	<b>346,51</b> <b>(354,68)*</b>	<b>573420</b> <b>(5 795,98)*</b>	

\* Superficie que incluye las áreas en litigio.

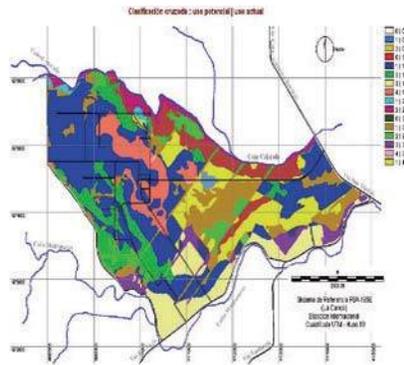


FIGURA 13. Conflictos de Uso - EE San Nicolás.

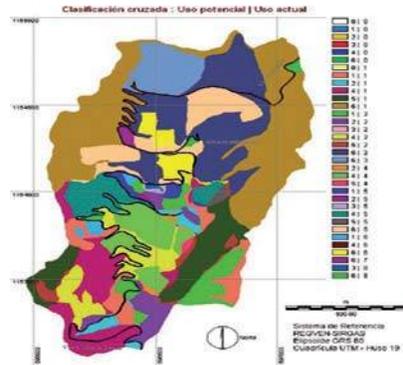


FIGURA 14. Conflictos de Uso - EE Bajo Seco.

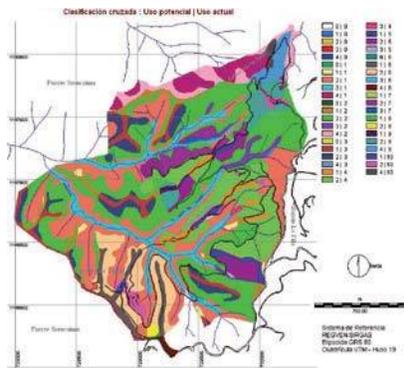


FIGURA 15. Conflictos de Uso - EE El Laurel.

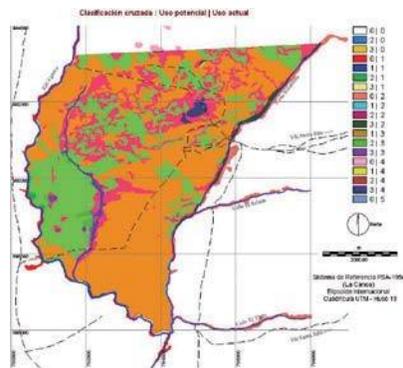


FIGURA 16. Conflictos de Uso - EE Nicolaito.

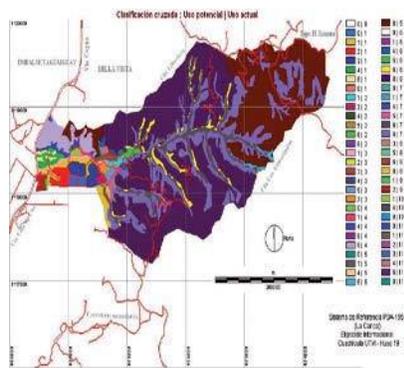


FIGURA 17. Conflictos de Uso - EE Santa María.

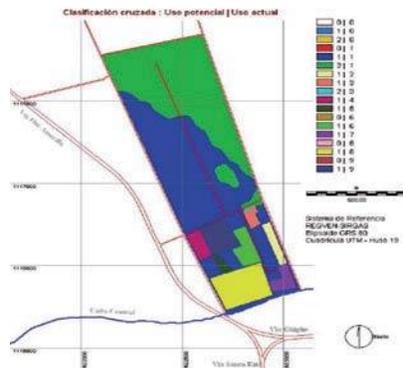


FIGURA 18. Conflictos de Uso - EE Samán Moncho.

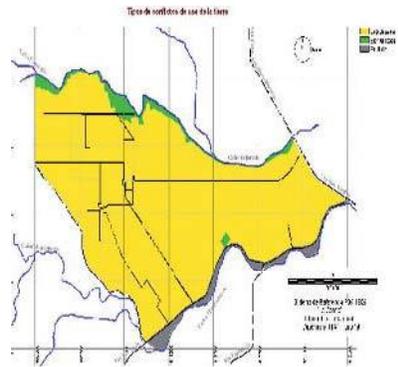


FIGURA 19. Tipos de conflicto - EE San Nicolás.

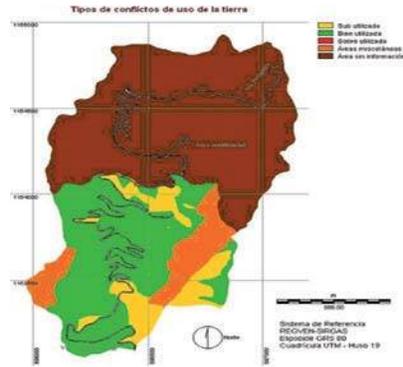


FIGURA 20. Tipos de conflicto - EE Bajo Seco.

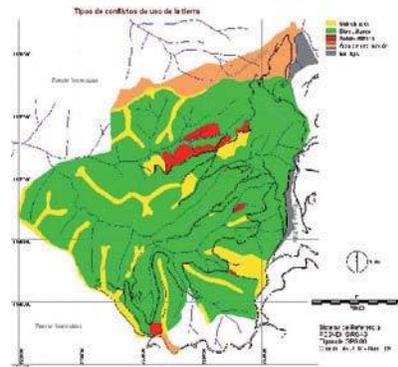


FIGURA 21. Tipos de conflicto - EE El Laurel.

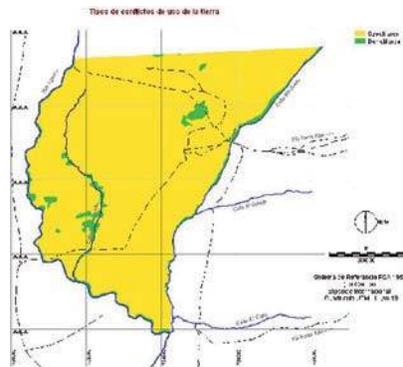


FIGURA 22. Tipos de conflicto - EE Santa María.

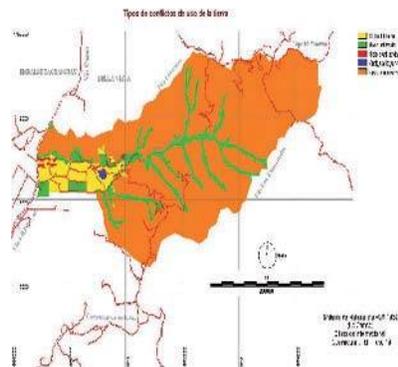


FIGURA 23. Tipos de conflicto - EE El Laurel.

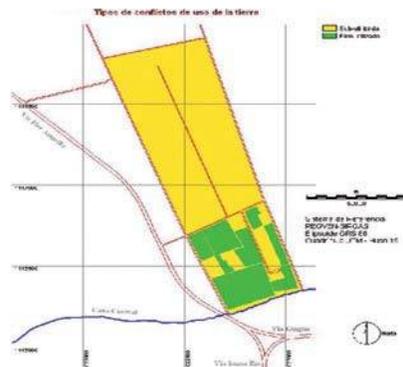


FIGURA 24. Tipos de conflicto - EE Samán Moncho.

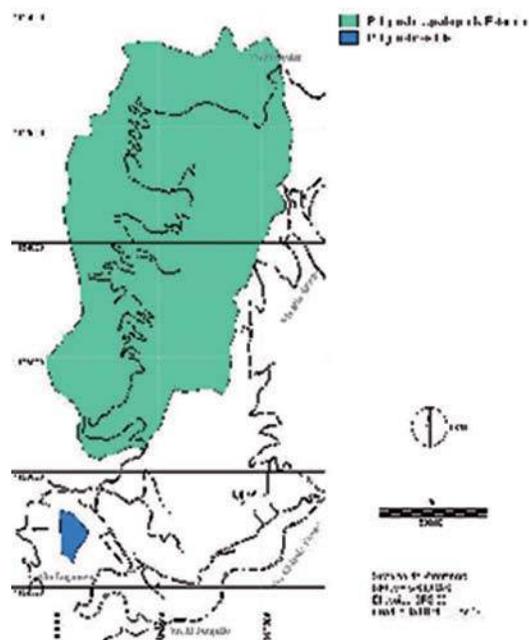


FIGURA 25. Área en litigio - EE Bajo Seco

**CUADRO 6. Régimen de tenencia de la tierra de la EE de la UCV.**

EE	Fecha fundación	Régimen de tenencia	Origen de tenencia	Superficie en litigio o irregularidad (ha)
San Nicolás	30/05/67	Propiedad	Donación	51,60
Santa María	11/02/74	Ocupación	Permiso IAN	Toda
Bajo Seco	14/02/67	Propiedad	Compra	2,01
Nicolasito	19/03/92	Guarda y Custodia	Tribunales	Toda
Samán Mocho	01/03/67	Propiedad	Donación	—
El Laurel	20/09/66	Propiedad	Donación	8,17

- Existe un alto grado de conflictos con relación a la intensidad de uso de la tierra de las EE estudiadas, con casi 77% de la superficie evaluada por debajo de su capacidad productiva.
- Se deben evaluar los conflictos de uso relacionados con las actividades de investigación, extensión y docencia en las EE, para poder concluir integralmente acerca de las situaciones aprovechamiento de sus recursos.
- Existen importantes problemas jurídicos relacionados con el régimen de tenencia de la tierra en casi todas las EE estudiadas.
- Es necesaria la formulación de un Plan Maestro de Desarrollo que permita solventar en cada EE los conflictos de intensidad de uso con fines productivos y que tome en cuenta sus otras funciones básicas.

### SUMMARY

At present time, the activities at the Experimental Stations (EE) are executed in a disjointed way, without responding to an integral plan. The intensity in using the land is low, and investigation, agricultural extension, and educational activities have diminished. The aim of this work was to locate and quantify intensity land use conflicts in the main six EE, in order to provide basic information for the formulation of development plans that will allow intensify the use of resources soundly with environmental, economic and social sustainable principles. First of all, stations legal boundaries were identified, and actual land use and vegetation cover were characterized and their agricultural land capability evaluated. Spatial analysis tools of the Geographical Information Systems (GIS) helped to overlay generated information layers. A cross classification was carried out, in order to confront actual land uses with potential land use, which allow us to establish areas with land use conflicts, either for over-use or for sub utilization, as well as those with appropriate use. Areas with legal possession problems were identified too. It was determined that 76.91% of the EE land is being sub-utilized, 0.20% is being over-used, and 10.29% of the land is well used. Some lots covering about 1% have land tenure problems, and in some cases the whole EE have a precarious property regime.

**Key Words:** Land development; spatial database; cross-classification maps; intensity land use conflicts; development master plan; GIS; overlay maps; land property.

## BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, O. 2004. Planificación del aprovechamiento de la tierra de las Estaciones Experimentales de la Universidad Central de Venezuela. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesor Agregado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 285 pp.

AGUERREVERE, A. 2002. Caracterización ambiental de la Estación Experimental Nicolasito. Estado Guárico. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 139 pp.

AZPÚRUA, M. y TORREALBA, M. 1991. Levantamiento topográfico taquimétrico Estación Experimental Santa María. Plano a escala 1:5.000. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.

AZPÚRUA, M. 1995. Levantamiento topográfico núcleo “El Laurel”, Estación Experimental “Jaime Henao Jaramillo”, Municipio Guaicaipuro, Estado Miranda. Plano a escala 1:5.000. Maracay, Venezuela.

BORGES, R., RAMONES, A. y MAURO, R. 1982. Los suelos de la Estación Experimental Samán Mocho. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 172 pp.

CARRERO, J. 2000. Diagnóstico Físico – Ambiental de la Estación Experimental Jaime Henao Jaramillo “Núcleo El Laurel”. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 215 pp.

COMERMA, J. y L. ARIAS. 1971. Un sistema para evaluar las capacidades de uso agropecuario de los terrenos en Venezuela. **In:** Seminario de Clasificación Interpretativa con fines Agropecuarios. Maracay, Venezuela. 57 pp.

FAO. 1994. Directrices sobre la Planificación del Aprovechamiento de la Tierra. Colección FAO: Desarrollo, No 1. Roma, Italia. 96 pp.

GOBERNACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. 1984. Levantamiento Aerofotogramétrico Colonia Tovar – Área Metropolitana de Caracas, Distrito Federal. Planos a escala 1:5.000. J-44 y K-44. Dirección General de Planificación y Presupuesto. Caracas, Venezuela.

GÓMEZ, L. 2004. Caracterización ambiental de la Estación Experimental El Laurel, estado Miranda. Informe de Avance de Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 20 pp.

GONZÁLEZ, G. 2002. Caracterización ambiental de la Estación Experimental Santa María. Estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. 184 pp.

GUZMÁN, J. y NIEVES, J. 1999. Colección de monolitos de los suelos representativos de la Estación Nicolasito y evaluación del potencial agroturístico de la zona. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. 226 pp.

HENRÍQUEZ, M. y SERRANO, J. 1986. Estudio agrológico detallado de la Estación Experimental Bajo Seco. Cotas 1.900 – 2.300 m.s.n.m. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 183 pp.

HIDALGO, P. 1985. Esquema metodológico de un proyecto de conservación de suelos y aguas. Mimeografiado. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 30 pp.

IAN. Sf. Levantamiento Central Tacarigua Municipio Güigüe – Distrito Carlos Arvelo – Estado Carabobo. Plano a escala 1:5.000. Departamento de Catastro. Caracas, Venezuela.

KLINGEBIEL, A. y MONTGOMERY, P. 1961. Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210. US Government Printing Office. Washington, DC, USA. 21 pp.

MAC-ONCTA. 1998. Ortofotomapa 6242-III-NE. San Nicolás. Plano a escala 1:25.000. Formato papel y digital. IGVSb. Caracas, Venezuela.

MAC-ONCTA. 1999. Ortofotomapa 6646-III-NO. Flor Amarilla. Plano a escala 1:25.000. Formato papel y digital. IGVSb. Caracas, Venezuela.

MARNR-SAGECAN. 1990. Hoja 6847. Caracas. Plano a escala 1:100.000. IGVSb. Caracas, Venezuela.

MARNR-SAGECAN. 1995 (a). Ortofotomapa 6746-III-NO. Taguaguay. Plano a escala 1:25.000. Formato papel y digital. IGVS. Caracas, Venezuela.

MARNR-SAGECAN. 1995 (b). Ortofotomapa 6747-II-NO. Petaquire. Plano a escala 1:25.000. Formato papel y digital. IGVS. Caracas, Venezuela.

MARNR-SAGECAN. 1995 (c). Ortofotomapa 6847-III-SO. San Antonio de los Altos. Plano a escala 1:25.000. Formato papel y digital. IGVS. Caracas, Venezuela.

MARNR-DCN. 1993. Hoja 6847-III-SO. San Antonio de los Altos. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.

MAYORCA, A. 1970. Los suelos de la Estación Experimental San Nicolás. Llanos Altos Occidentales. Trabajo de ascenso a categoría de Profesor Agregado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 175 pp.

MINDUR. 1998. Levantamiento Aerofotogramétrico Área Metropolitana de Maracay, Estado Aragua. Plano a escala 1:5.000. Hoja R-29. Caracas, Venezuela.

MINDUR. 1980. Levantamiento Aerofotogramétrico Palo Negro-Guacara-Mariara, Estados Aragua y Carabobo. Plano a escala 1:5.000. Hoja RR-29. Caracas, Venezuela.

MINDUR. 1983a. Levantamiento Aerofotogramétrico Colonia Tovar – El Junquito – Panamericana – Los Teques - Distrito Federal. Estados Aragua, Miranda y Vargas. Plano a escala 1:5.000. Hojas H-36 e I-36. Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico. Caracas, Venezuela.

MINDUR. 1983b. Levantamiento Aerofotogramétrico Colonia Tovar – El Junquito – Panamericana – Los Teques - Distrito Federal. Estados Aragua, Miranda y Vargas. Plano a escala 1:5.000. Hojas I-43 y K-43. Dirección General Sectorial de Desarrollo Urbanístico. Caracas, Venezuela.

MOP-DCN. 1968. Hoja 6646. Lago de Valencia. Plano a escala 1:100.000. IGVS. Caracas, Venezuela.

- MOP-DCN. 1969. Hoja 6940. Santa Rita. Plano a escala 1:100.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1971 (a). Hoja 6242. Sabaneta. Plano a escala 1:100.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1971 (b). Hoja 6747. Los Teques. Plano a escala 1:100.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1972. Hoja 6746. La Victoria. Plano a escala 1:100.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1979. Hoja 6746-III-NO. Bella Vista. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1977. Hoja 6242-III-NE. San Nicolás. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1982. Hoja 6747-II-NO. Petaquire. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1970. Hoja 6940-III-NO. El Cachimbo. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- MOP-DCN. 1978. Hoja 6646-III-NO. Flor Amarilla. Plano a escala 1:25.000. IGVS. Caracas, Venezuela.
- OVALLES, F. y ZINCK, A. 1982. Estudio de suelos semi-detallado. Depresión del Lago de Valencia. Estados Aragua y Carabobo. Clasificación de tierras con fines de riego. Informe de Avance – Cagua. MARNR. Maracay, Venezuela. 46 pp.
- PAÉZ, M. 1976. Estudio geográfico conservacionista de la sub-cuenca de la quebrada Tucusiapón. Estado Miranda. Trabajo de ascenso a la Categoría de Profesor Asistente. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 50 pp.
- PEÑA, J. 2003. Caracterización ambiental de la Estación Experimental Samán Mocho, Estado Carabobo. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 148 pp.
- ROSSITER, D. 1995. Economic land evaluation: why and how. *Soil Use and Management*, 11:132-140.

TINEO, J. 2002. Levantamiento de línea base ambiental de la Estación Experimental San Nicolás, Estado Portuguesa. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 174 pp.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). 1981. Estación Experimental Samán Mocho. Levantamiento topográfico. Plano a escala 1:1.500. Comisión de Planificación y Desarrollo. Maracay, Venezuela.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). 1967. Sistema Regional de los Llanos Occidentales Unidad San Nicolás. Estado Portuguesa. Plano a escala 1:5.000. Comisión de Planificación y Desarrollo. Maracay, Venezuela.

VALERI, O. 2002. Diagnóstico ambiental y físico-estructural de la Estación Experimental Bajo Seco. Estado Vargas. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 pp.



## **AGRONOMIA TROPICAL**

**Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
Venezuela**

### **Instrucciones para los Autores**

**Agronomía Tropical** publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como notas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

### **Manuscritos**

Se requieren un original y tres copias legibles, mecanografiadas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm), utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original mecanografiado como en un disquette transcrito en MS Word 6,0 o superiores.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias.

**Título.** Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

**Autor(es).** Primer nombre completo, inicial del 2<sup>do</sup> y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos para identificar al pie de página el cargo, la institución y dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

**Resumen.** Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, porqué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

**Palabras Clave.** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

**Introducción.** Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente debe incluir la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

**Materiales y Métodos.** La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deben ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

**Resultados y Discusión.** Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

**Agradecimiento.** Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación.

**Cuadros.** Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (\*), 0,01 (\*\*) y 0,001 (\*\*\*); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

**Figuras.** Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanene, o elaboradas con un software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar Harward Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

**Bibliografía.** Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- Artículos de revistas: autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.

- Libros y folletos: autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- Artículos en una publicación colectiva: autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- Tesis: autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

**Revisión de los Manuscritos.** La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

#### **Estilo.**

Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

## Instrucciones a los autores

---

Para más detalles de estilo y presentación obsérvese los últimos números de la revista.

Los símbolos a usar son:

	<b>Símbolo/abrev,</b>	<b>reemplaza</b>
metro,	m,	
kilómetro,	km ( $10^3\text{m}$ )	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm ( $10^{-2}\text{m}$ )	
milímetro,	mm ( $10^{-3}\text{m}$ )	
micra	$\mu$	
micromilímetro,	$\mu\text{m}$ ( $10^{-6}\text{m}$ ),	microm
nanómetro,	nm ( $10^{-9}\text{m}$ ),	Angstrom
metro cuadrado,	$\text{m}^2$	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	$\text{m}^3$	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg ( $10^{-3}\text{g}$ )	
microgramo,	$\mu\text{g}$ ( $10^{-6}\text{g}$ )	
nanogramo,	ng ( $10^{-9}\text{g}$ )	
kilogramo/hectárea,	$\text{kg ha}^{-1}$	
toneladas/hectárea,	$\text{t ha}^{-1}$	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	$^{\circ}\text{C}$	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	$^{\circ}\text{K}$	
centimole por kilogramo,	$\text{c mol kg}^{-1}$ ,	meq por 100g
gramo por kilogramo,	$\text{g kg}^{-1}$	
miligramo por kilogramo,	$\text{mg kg}^{-1}$ ,	ppm
metro sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	

La revista proporcionará gratis a los autores 25 separatas de sus trabajos.

Para reproducir un material o parte de él, deberá obtenerse el permiso de la revista.

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agromía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comunicación en la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

Composición: Carmen Elena Solórzano  
Montaje: Nury Castillo  
Fotolito: Mario Pino  
Impresión: Juan Salas

AMU (Asociación de Mujeres Universitarias)  
Mujeres y Desarrollo  
Año 1998

Composición: Carmen Elena Solórzano  
Montaje: Nury Castillo  
Fotografía: Mario Pino  
Impresión: Juan Salas

Impreso en el Taller Gráfico del INIA  
Maracay, estado Aragua, Venezuela  
Abril de 2006

