

Cambios en la fertilidad de un suelo luego de 13 años bajo manejo con duraznero (*Prunus persica* L. Batsch)^a

*Changes in the soil fertility after 13 years under management with peach
(Prunus persica L. Batsch)*

Zenaida Lozano P¹, Marysabel Albano¹, Gustavo Rodríguez¹, Deyanira Lobo¹, Rosa Mary Hernández², Jacqueline Saddy¹, Mavelys Delgado¹, Ronelly Caballero¹

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay. Venezuela.
Email: zenaidalozano@gmail.com ²Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez,
Centro de Agroecología Tropical.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto cambio de uso del suelo sobre su fertilidad integral, se tomaron muestras de suelo y tejido en una zona ubicada en el sector Cucurucho, municipio Tovar (Aragua), bajo dos tipos de utilización: condiciones naturales (NA) y bajo intervención con duraznero (IN). El muestreo se realizó en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones para evaluar: propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y contenido nutricional en el cultivo de duraznero. Los resultados evidenciaron que el suelo evaluado presentó buenas condiciones físicas, debido a su textura gruesa y bajos valores de densidad aparente, porosidad total y cohesión en seco y que estas características no se vieron afectadas por el uso bajo duraznero. El suelo presentó condiciones de acidez y bajo contenido de nutrientes en NA, a pesar del alto contenido de materia orgánica. La intervención con duraznero (IN), mejoró los contenidos de algunos nutrientes, especialmente el fósforo y azufre, aunque la mayoría continuó en valores bajos. Las diferencias entre ambas condiciones se atribuyeron a fertilización (orgánica e inorgánica) por su efecto sobre el pH y aporte de nutrientes, y la aplicación de agroquímicos al cultivo. El estado nutricional del cultivo no siempre reflejó los niveles de los nutrientes en el suelo.

Palabras clave: Abonos orgánicos; fertilidad integral; duraznero; "Criollo Amarillo"; suelos ácidos; Inceptisol.

ABSTRACT

This study evaluates the effect of the change of land use on the integral soil fertility, in an area located in the sector Cucurucho, near La Colonia Tovar, Aragua state, under two types of use: natural conditions a peach orchard. Soil and tissue samples were taken in a completely randomized design with four replications to evaluate: physical, chemical, and biological soil properties and nutrient content in the peach crop. Results indicate that the evaluated soil showed good physical condition, due to its coarse texture, low bulk density, porosity, and dry cohesion, and that these characteristics were not affected by planting peaches. The soil under natural conditions was acid and had low nutrient content, despite its high organic matter content. Peach planting improved the contents of phosphorus and sulphur, although most of the other soil nutrients continued at a low level. The differences in soil characteristics between the compared land uses were attributed to fertilization (organic and inorganic) effect on the soil pH and nutrient supply, and agrochemicals applied to the crop. The crop nutritional status did not reflect the nutrient levels in the soil.

Key words: Organic fertilizers; integral fertility; peach "Criollo Amarillo"; acid soils; Inceptisol.

^a Recibido: 01-07-11; Aceptado: 14-12-13

INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo se ha relacionado con la capacidad de suministro de nutrientes esenciales para los cultivos y niveles no tóxicos de ciertos elementos, así como con otras propiedades (pH, conductividad eléctrica, saturación con bases, capacidad de intercambio catiónico, entre otras) que restringen la expresión del rendimiento máximo posible del agrosistema (Peck *et al.*, 1977). Para este trabajo se consideró una definición de fertilidad integral del suelo que la consideran como un atributo de la tierra resultado de múltiples propiedades y procesos (químicas, físicas y biológicas), que interaccionan constantemente con las plantas y el ambiente (Fonte *et al.*, 2011).

La evaluación de la fertilidad integral del suelo es útil para determinar su potencial productivo, comprender los factores edáficos que pueden limitar dicho potencial y determinar el efecto de prácticas de manejo en la dinámica nutricional. Esta información es indispensable para realizar y poner en práctica planes de aplicación de fertilizantes (inorgánicos u orgánicos) que resulten rentables y ambientalmente aceptables (Castellanos *et al.*, 2000). El diagnóstico integral de la fertilidad de un suelo puede basarse en la comparación de las propiedades del suelo en un momento determinado con valores de referencia, establecidos como adecuados mediante procedimientos empíricos (Brown, 1987); también se pueden deducir con enfoques mixtos basados en el entendimiento de cómo funciona un agrosistema con una validación empírica (Rodríguez, 1993). La comparación con estos valores de referencia indicaría si la condición de la fertilidad es deficiente, adecuada o excesiva/tóxica. Sin embargo, en la mayoría de los casos los valores de referencia se obtienen en circunstancias distintas a la de los sitios donde se pretende aplicarlos, por lo que resulta más conveniente la comparación con una "línea base" o condiciones iniciales antes del comienzo de la actividad agrícola, para saber si ha impactado positiva o negativamente el ambiente (Cantú *et al.*, 2007).

En la Cordillera de la Costa de Venezuela, específicamente en los municipios Tovar del estado Aragua (Colonia Tovar) y Guaicaipuro del estado Miranda (El Jarillo), se practica la agricultura intensiva de frutas y hortalizas en terrenos de topografía accidentada con moderadas a elevadas pendientes y suelos de baja fertilidad natural. En el Municipio Tovar existen 27 poblados agrícolas (sectores) que tienen en el cultivo del duraznero su principal fuente de ingresos; donde la superficie sembrada de aproximadamente 1400 ha aporta el 80% a la producción nacional de este rubro. Esta actividad genera trabajo y estabilidad y está dirigida básicamente al mercado nacional (Aular, 2006), no obstante Soto *et al.* (2004) diagnosticaron el manejo de algunos huertos de la Colonia Tovar y encontraron que los tres aspectos básicos que afectan la producción del duraznero en la mencionada zona son: a) control del estrés biótico; b) control de la floración y c) manejo de agua y nutrientes.

Aular y Cásares (2011) señalan que el manejo de los suelos y la nutrición mineral en las zonas productoras de durazno en los estados Aragua y Miranda no han sido adecuados. A partir de los primeros estudios realizados por Aponte (1973) y Avilán *et al.* (1975) en suelos y plantas del duraznero en la Colonia Tovar, se evidenció la baja fertilidad natural del suelo con pH ácido y bajos contenidos de fósforo y calcio, y cultivos con deficiencias de nitrógeno y calcio; por lo cual se generaron tecnologías de manejo de las plantaciones con la finalidad de aumentar la fertilidad natural; elevando el pH del suelo y favoreciendo la descomposición de la materia orgánica. Así mismo, se recomendaron prácticas para controlar las diferentes plagas y enfermedades que afectaban al cultivo. Sin embargo, a pesar que se logró aumentar los rendimientos y la productividad de las plantaciones con las prácticas recomendadas; pasando de una cosecha anual a dos por planta, se mantuvieron los problemas con el manejo de la fertilización; caracterizada por la aplicación de fertilizantes en forma indiscriminada sin evaluar previamente el estado de fertilidad del suelo y el estado nutricional del cultivo (López *et al.*, 2002).

En este sentido, López *et al.* (2004) realizaron una investigación en las localidades: Peñón de Gabante, Gabante Arriba, Gabante Abajo, La Ciénaga, La Lagunita y Las Margaritas, y hallaron que los suelos tenían una fertilidad de media a alta, con pH ácido, contenidos de fósforo y potasio de alto a muy alto, calcio y magnesio bajos y materia orgánica alta. Se presume que lo anterior, haya sido producto de la aplicación irracional de fertilizantes inorgánicos durante 20 años, el uso de abonos orgánicos (gallinaza y cama de pollo) y agroquímicos, que contribuyeron a mantener los bajos valores de pH del suelo, pudiendo estar afectando la biodiversidad de microorganismos benéficos y favoreciendo la proliferación de especies patógenas (Bolívar *et al.*, 2002; López *et al.*, 2002; Alguacil *et al.*, 2011). Se debe destacar que bajo el esquema actual de manejo de la nutrición mineral se pueden generar desbalances de nutrientes en el suelo (Ca/Mg), que son de difícil corrección (López *et al.*, 2004, Aular, 2006) y problemas

fitosanitarios, principalmente por insectos plagas (Arnal *et al.*, 2002), hongos (Aponte y Rondón, 2004) y nemátodos (Crozzoli, 2002).

A pesar que la tecnología de la fertilización ha sido aceptada en la zona, en los últimos años no se ha realizado un seguimiento sistemático del efecto residual, benéfico o detrimental del uso de altas dosis) y frecuentes aplicaciones de fertilizantes inorgánicos (más del doble de los requerimientos del cultivo y abonos orgánicos no compostados al suelo, ni sobre el estado nutricional de las plantaciones. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue determinar cómo el manejo que se da al cultivo de duraznero afecta la fertilidad integral de un suelo ubicado en el sector Cucurucho (municipio Tovar, estado Aragua), en comparación con las condiciones naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio Tovar se ubica al norte del área metropolitana de Caracas, entre 10° 24' 46" y 10° 33' 35" de latitud norte y 67° 01' 23" y 67° 14' 14" de longitud oeste, con una superficie aproximada de 28.927 has; comprende las cuencas alta y media del Río Petaquire y la cuenca del Río Topo. Su altitud es de 1790 msnm, su clima es templado de montaña con amplitudes térmicas diarias de unos de 10°C, con promedio de 16,8°C, una precipitación media anual de 1271 mm (Oviedo, 2008). Las zonas de producción de durazno del municipio Tovar, se caracterizan por ser terrenos de baja fertilidad natural, con orografía accidentada y pendientes elevadas (45 a 75%), suelos erosionados, poco profundos, con pH ácidos y texturas de medias a pesadas (Ramirez, 1987; Rodríguez, 2006).

Para la realización del presente estudio se escogió un suelo clasificado como Inceptisol (SSS, 2006), ubicado en el sector Cucurucho del Municipio Tovar, estado Aragua, a unos 6 km de la Colonia Tovar, cuyo principal rubro de producción es la siembra de duraznero, seguido de fresas y hortalizas (remolacha, coliflor, zanahoria, cebollín, entre otros). Se seleccionó este sector debido a que se siembra durazno en superficies comerciales, los productores tienen cierto grado de organización y la producción representa alrededor del 15% del durazno comercializado en la Colonia Tovar (UCV, 2010).

Se seleccionaron dos tipos de utilización de la tierra: el primero una zona intervenida (IN), representada por una unidad de producción de aproximadamente 4 ha sembradas de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch), variedad "Criollo Amarillo" (adaptada a las condiciones climáticas), con plantas de 13 años de edad; y el segundo una zona natural (NA), contigua a la unidad de producción, con una vegetación compuesta principalmente por helechos arbóreos (Cyatheaceae y Dicksoniaceae) y epífitas (Terpsicore y Trichomanes), tal y como señala Cortez (2001).

Muestreo

En ambas zonas (IN y NA) se tomaron muestras de suelo disgregadas (compuestas) y no alteradas (puntuales) para evaluar parámetros relacionados con su fertilidad integral (propiedades físicas, químicas y biológicas), en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones en cada zona. El muestreo se realizó en septiembre de 2011 (periodo lluvioso), en transectas sentido sureste – noreste, a una profundidad de 0 a 15 cm en ambas zonas. Las muestras no alteradas se tomaron con un toma-muestras tipo Uhland con cilindros metálicos de aproximadamente 100 cm³ de volumen (5 cm diámetro x 5 cm altura), 48 muestras en total (2 zonas x 4 repeticiones x 1 transecta/repeticion x 6 muestras/transecta), las cuales se cubrieron de papel aluminio y se mantuvieron refrigeradas hasta su análisis. Las muestras disgregadas se tomaron con un toma-muestras manual tipo barreno helicoidal (5 cm de diámetro), en total 24 muestras disgregadas compuestas de seis submuestras cada una (2 zonas x 4 repeticiones x 3 transectas/repeticion). Parte de las muestras disgregadas se conservó refrigerada (4 °C) a humedad de campo, para la realización del análisis de respiración basal, el resto de las muestras se secó al aire y se tamizó a través de un tamiz de 2 mm (N° 10), para los análisis de propiedades químicas y biológicas. En NA, los puntos de muestreo se separaron 12 m a lo largo de cada transecta; mientras que en IN, las muestras se

colectaron al mismo distanciamiento, a lo largo del hilo de siembra en el área de proyección de la copa del árbol a unos 60 cm del tallo.

En la plantación de duraznero (IN), se tomaron muestras del abono orgánico (cama de pollo) utilizado por el productor para conocer su composición promedio, para lo cual se colectaron tres muestras compuestas del abono orgánico aplicado al duraznero en el ciclo previo al muestreo. También se tomaron muestras foliares de duraznero para evaluar su estado nutricional; de acuerdo con la metodología descrita por Guerrero-Acosta *et al.* (2005). Se seleccionaron dos plantas por repetición y se tomaron 20 hojas completas (lámina y pecíolo) por planta, fisiológicamente maduras, provenientes de la parte media de brotes de 20 a 40 cm de longitud, siguiendo la dirección de los cuatro ejes cardinales y a una altura promedio de 1,30 m.

Manejo del cultivo

En el ciclo previo al muestreo, la parcela IN tuvo el siguiente manejo agronómico: después de la cosecha se realizó la defoliación de todas las plantas con la aplicación de Clorato de Sodio al 5%. El control de malezas se realizó con la aplicación de un herbicida sistémico no selectivo (Glyphosate), en dosis de 2 L.ha⁻¹ en el área de proyección de la copa. Luego de esta aplicación, a los dos meses de haber comenzado el ciclo de duraznero, después de la poda, se realizó la aplicación de fertilizantes inorgánicos al suelo (15-15-15), en dosis de ½ kg por planta en forma de media luna a una distancia aproximada de 1 m del tallo. También se aplicó abono orgánico a razón de 3 kg por planta a base de cama de pollo (Cuadro 1), se hizo en forma superficial en el área de proyección de la copa, a unos 60 - 90 cm del tallo; esta aplicación se repitió a los 6 meses.

Cuadro 1. Composición promedio del abono orgánico aplicado al cultivo de duraznero en el ciclo previo al muestreo (n = 3).

Característica	Cama de Pollo
pH, relación sustrato:agua 1:3	7,9 ± 0,42
Conductividad eléctrica, relación sustrato:agua 1:3 (dS.m ⁻¹)	11,86 ± 2,25
Nitrógeno total (% p.p ⁻¹)	2,78 ± 0,51
Fósforo total, P ₂ O ₅ (% p.p ⁻¹)	5,01 ± 1,92
Potasio total, K ₂ O (% p.p ⁻¹)	3,73 ± 0,42
Materia orgánica (% p.p ⁻¹)	37,44 ± 8,35
Relación C:N	7,77 ± 0,33
Magnesio, MgO (% p.p ⁻¹)	1,39 ± 0,09
Calcio, CaO (% p.p ⁻¹)	8,12 ± 5,64
Hierro, Fe (% p.p ⁻¹)	0,19 ± 0,03
Manganeso, Mn (% p.p ⁻¹)	0,03 ± 0,01
Cobre, Cu (% p.p ⁻¹)	0,02 ± 0,01
Zinc, Zn (% p.p ⁻¹)	0,03 ± 0,01

El control de plagas se realizó desde el comienzo de la floración con aplicaciones de diferentes productos químicos, al comienzo para el control de insectos plagas y posteriormente por la incidencia de enfermedades foliares. Para el control de plagas se aplicaron semanalmente productos como Profenofos 0,6 kg i.a.ha⁻¹ (Curacron ®) + Mancozeb 8 kg i.a.ha⁻¹ (Dithane ®), Endosulfuran 2,8 kg i.a.ha⁻¹ (Thionil ®). Para el control de *Oidium leucoconium*, semanalmente se aplicó una mezcla de Urea

5 kg.ha⁻¹ + Flusilazol 0,2 kg i.a.ha⁻¹ (Punch ®) + Mancozeb 2 kg i.a.ha⁻¹ (Dithane ®). Para el control de *Monilia cinerea* se realizaron aplicaciones semanales de Carbendazin 1 kg i.a.ha⁻¹ (Bavistin ®). Con este manejo generalmente se realizan tres cosechas cada 2 años. La plantación cuenta con riego y se aplica en época seca o como riego complementario en época de lluvia.

Evaluaciones

En las muestras de suelo colectadas se determinó: distribución de tamaño de partícula, humedad retenida a -33 kPa en olla de presión (capacidad de campo), densidad aparente (Da) por el método del cilindro, conductividad hidráulica saturada (Ksat) por el método de carga variable, porosidad total (PT), poros de radio equivalente mayor a 15 µm (Pa), poros de radio equivalente menor a 15 µm (Pr) y cohesión en seco (CS) por los métodos descritos en detalle por Pla (1983), también fue calculado el Índice de Separabilidad de Partículas (ISP = %A/%L + % amf + % af), pH y conductividad eléctrica (relación suelo:agua 1:1), carbono orgánico método de oxidación húmeda sin calentamiento de Walkley y Black (Heanes, 1984), capacidad de intercambio catiónico (CIC) por la suma de las bases desplazadas por el acetato de amonio 1M, pH 7 (Chapman, 1965), aluminio intercambiable por extracción con KCl 1 M y titulación (Lin y Coleman, 1960; Coleman y Tomas, 1967), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) por la suma de bases más Al intercambiable, nitrógeno total por digestión perclórica y luego destilación en microkjeldahl (Bremner, 1965), nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) y nítrico (N-NO₃⁻), utilizando cloruro de potasio 2 M como extractante y destilación en microkjeldahl (Anderson e Ingram, 1993), fósforo disponible extraído con la solución de Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y determinado por el método colorimétrico del molibdato-acido ascórbico (Murphy y Riley, 1962), potasio, calcio, magnesio y sodio intercambiables, por extracción de acetato de amonio 1M a pH 7 y determinación por absorción atómica (Jackson, 1964), azufre disponible (S-SO₄⁻) por extracción con fosfato de calcio y determinación por turbidimetría con sulfato de Bario (Tabatabai y Bremner, 1972), microelementos catiónicos (Fe, Zn, Cu, Mn), extraídos con la solución Mehlich 1 y determinados por absorción atómica (Jackson, 1964) y respiración basal a través de trampas de álcali en muestras de suelo libre de raíces a un contenido de humedad de 40% de la capacidad de campo (Anderson, 1982; Elliott, 1986), con una preincubación por 7 días y un periodo de la prueba de 10 días. Las muestras de tejido vegetal fueron previamente identificadas, lavadas con agua destilada y secadas en estufa a 70°C por 48 horas, luego fueron molidas y sometidas a digestión húmeda con ácido sulfúrico (H₂SO₄) y agua oxigenada (H₂O₂). Para determinar los nutrientes en el abono orgánico y tejido vegetal se utilizaron los métodos de rutina del Laboratorio General de Suelos, Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía - UCV.

Los resultados obtenidos en las diferentes determinaciones se sometieron a un análisis exploratorio descriptivo, la comprobación de los supuestos estadísticos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (prueba de Barlett) y la detección y eliminación de valores anómalos a través de la metodología de las cercas externas propuesta por Tukey; para lo cual se utilizó el programa Statistix 8.0 para Windows. Con el programa SPSS versión 11.0 se realizó el análisis de varianza y las medias de ambas zonas se compararon con la prueba de Tukey. También se realizó un análisis de correlación bivariada (Pearson) entre las variables evaluadas de suelo.

RESULTADOS

Características físicas del suelo

En el cuadro 2 se muestran los promedios de las variables relacionadas con la fertilidad física del suelo en las zonas consideradas. Los resultados indican que el suelo en ambas zonas tiene una distribución de tamaño de partícula (DTP) similar, con predominio de la fracción arena y un bajo contenido de arcilla. Es importante destacar, que en ambas zonas, los contenidos de las fracciones limo, arenas muy finas y finas, suman cerca del 60% de las partículas, lo que pudiera afectar la penetración y el movimiento del agua en el suelo (Pla, 1983). Son suelos que a pesar de tener una textura media (Franco arenosa), pueden formar un sello a nivel superficial que limita la penetración de agua, esto los hace muy susceptibles a la degradación, principalmente por erosión, lo cual puede deberse a los valores muy bajos del Índice de Separabilidad de Partículas.

Cabe destacar que los valores obtenidos en ambos tipos de utilización (IN y NA) fueron muy similares para todas las propiedades físicas evaluadas, sin diferencias estadísticas significativas entre ambos. En

la densidad aparente (D_a), los valores obtenidos tanto en el suelo NA como en el suelo IN, están por debajo del nivel crítico propuesto por Florentino (1998) de 1,70 a 1,90 Mg.m⁻³, para su clase textural, lo que significa que el suelo no presenta riesgo a la degradación por compactación bajo el uso de duraznero. En cuanto a la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}), los valores fueron menores a 8 mm.h⁻¹, calificados como bajos (Florentino, 1998). Esto podría estar asociado al contenido de arenas finas y muy finas (50 - 60 % del total en ambos usos de suelo), las cuales poseen un radio equivalente similar al limo, provocando que el paso del agua a través del suelo sea lento. Esta característica se pudo relacionar con la D_a ($r = 0,815$; $p \leq 0,05$) y la porosidad total ($r = 0,730$; $p \leq 0,05$) del suelo.

La porosidad total (PT) del suelo es la variable que determina sus relaciones agua-aire. Un suelo bien estructurado, para el crecimiento de las plantas, deberá tener 50 % de espacio poroso total con porcentajes similares de poros de radio $>15 \mu\text{m}$ y poros de radio $<15 \mu\text{m}$. Para esta propiedad en las zonas IN y NA los valores fueron 48,92 y 46,83, respectivamente, los cuales están por encima del rango crítico o limitante de 28 a 36 % propuesto por Florentino (1998) para la clase textural del suelo; sin embargo, este valor no se puede analizar aisladamente, sino que hay que ver como es la distribución de estos poros. El porcentaje de poros de radio equivalente mayor a $15 \mu\text{m}$ (P_a , poros de aireación) para las zonas NA e IN, por encontrarse por encima 10% (Pla, 1983), indica que no se presentarán problemas por falta de aireación para las plantas. No obstante, al tomar en cuenta los niveles sugeridos por Florentino (1998), se puede decir que el suelo puede presentar un mediano riesgo a degradación en la zona bajo duraznero (IN).

Los poros de radio equivalente menor a $15 \mu\text{m}$ (P_r , poros de retención) presentaron valores de 32,79 y 38,38 % en NA e IN, respectivamente. Aunque no existen valores críticos para interpretar este parámetro, tomando en cuenta que la condición ideal del suelo es que la mitad de la PT esté ocupado por agua (P_r) y la otra mitad por aire (P_a); si se calcula la relación P_a/P_r resulta 0,43 para NA y 0,28 para IN. Estos resultados sugieren que el cultivo de duraznero ha desmejorado la distribución de poros del suelo, ya que el valor ideal de esta relación se encuentra entre 0,43 y 0,67 según Florentino et al., (2006). Por último la cohesión en seco de partículas (CS), mostró valores en NA y en IN de 25,96 y 29,96 kPa, respectivamente, de acuerdo a Florentino (1998) son bajos (<100 kPa), lo cual indica que este suelo presenta un nivel de compactación muy bajo y corrobora lo que se dijo al interpretar los valores de D_a .

De estos resultados se puede decir, que el suelo presenta buenas condiciones físicas iniciales dada su textura gruesa, bajos valores de D_a y CS y altos en PT. Sin embargo, debido a la DTP con predominio de limos y arenas finas y muy finas, el suelo es susceptible a la degradación superficial de la estructura por sellado, lo que se refleja en índice de separabilidad y en su baja K_{sat} , aun sin intervención. Dadas las altas pendientes en la zona, existen posibilidades de degradación por erosión hídrica. A pesar de que no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre ambos tipos de utilización, el uso bajo duraznero desmejora la distribución de tamaño de poros del suelo y por tanto, aumentan los riesgos de erosión.

Características biológicas y químicas del suelo

Los resultados de las características biológicas y químicas evaluadas en ambos tipos de utilización se presentan en el cuadro 3. Se aprecia que la mayoría de las propiedades presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre NA e IN, con excepción de los microelementos hierro, cobre y zinc.

En la respiración basal (R_b) o respiración microbiana, los valores fueron mayores en la parcela IN. Por ser la R_b del suelo un indicador del estado metabólico de la comunidad microbiana total, éste será afectado por los mismos factores que controlan las poblaciones microbianas, la evolución de C-CO₂ será más baja en suelos con mayor acidez y contenido de aluminio intercambiable, menor contenido de materia orgánica, en general menor fertilidad química, tal como lo señalan Aciego y Brookes (2008). Este resultado se podría atribuir al manejo que aplica el productor para el durazno, ya que se utiliza como abono orgánico la cama de pollo, que representa una fuente de energía para los microorganismos. Se presentó una correlación positiva y significativa entre R_b y el contenido de MO ($r = 0,735$) y algunos de los nutrientes del suelo (nitrato: $r = 0,850$; amonio: $r = 0,761$ y azufre: $r = 0,785$).

En cuanto a la acidez del suelo, los valores de pH fue moderadamente ácido en la zona IN y fuertemente ácido para la zona NA, con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tipo de utilización. Altos niveles de acidez intercambiable y pH ácidos normalmente se relacionan con escasez de bases intercambiables y de fósforo. La mayor parte de esa acidez se atribuye, en los suelos minerales, a la presencia de aluminio intercambiable que forma iones hidroxialuminio, $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ y $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, que al ser desplazados hacia

la solución de suelo son altamente tóxicos para las plantas (Brady y Weil, 1999). En los tipos de utilización evaluados el Al intercambiable se presentó en la zona NA ($0,78 \text{ cmol+ kg}^{-1}$) y fue significativamente mayor ($p \leq 0,05$) al de la zona IN ($0,23 \text{ cmol+ kg}^{-1}$), valores que se consideran altos y bajos para su grupo textural, respectivamente, según los niveles señalados por Gilabert et al. (1990). Según Avilan et al. (1975), los valores de pH fuertemente ácidos son característicos de la zona de estudio, y en este caso la aplicación de cama de pollo al cultivo de durazno contribuyó al aumento del pH por la cantidad de CaO que aporta este tipo de abono (Cuadro1). En estudio realizado por López et al. (2002) en otros sectores del municipio Tovar, se presentaron valores de pH entre 3,7 y 6,2, dependiendo de la textura del suelo y del manejo agronómico que se le dio al cultivo.

Cuadro 2. Características físicas relacionadas con la fertilidad del suelo evaluado

Tamaño de partícula	Tipos de utilización	
	Natural (NA)	Intervenido (IN)
Arcilla (< 2 μm , %)	5,75	5,75
Limo (2 - 50 μm , %)	30,75	40,5
Arena total (50 - 2000 μm , %)	63,50	53,75
Arena muy fina (50 - 100 μm , %)	17,50	10,5
Arena fina (100 – 250 μm , %)	21,30	18,30
Arena media (250 - 500 μm , %)	12,20	10,60
Arena gruesa (500 - 1000 μm , %)	8,10	8,90
Arena muy gruesa (1000 - 2000 μm , %)	4,35	5,40
Índice de Separabilidad de partículas	0,08	0,08
Clase textural	Franco arenoso	Franco arenoso
Densidad aparente (Mg.m^{-3})	1,31 a ¹⁾	1,29 a
Conductividad hidráulica saturada (mm.h^{-1})	7,20 a	7,70 a
Porosidad total (% p.p ⁻¹)	46,83 a	48,92 a
Poros de radio >15 μm (% p.p ⁻¹)	14,05 a	10,64 a
Poros de radio <15 μm (% p.p ⁻¹)	32,79 a	38,28 a
Cohesión en seco (kPa)	25,96 a	27,87 a
Humedad retenida a -33 kPa (%)	30,78 a	29,96 a

¹⁾ Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre usos.

Por su parte, la conductividad eléctrica (CE) presentó valores muy bajos tanto en NA como en IN, en ambos casos por debajo del límite crítico señalado por Florentino (1998) de 2 dS m^{-1} ($< 2000 \mu\text{S cm}^{-1}$), lo que indica que el suelo en ninguno de los usos presenta problemas de afectación por sales, La CE también indica la presencia de elementos en solución; los mayores valores en la zona IN y con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) en relación a la zona NA, se puede asociar a la aplicación de los fertilizantes al cultivo y el abono orgánico (cama de pollo) presenta una conductividad eléctrica elevada. La CE presentó valores similares a los señalados por López *et al.* (2002). En lo que respecta a la capacidad de intercambio catiónico, tanto en la obtenida por suma de bases (CIC) como en la efectiva (CICE), los valores fueron bajos en ambas zonas, ya que están por debajo del nivel crítico señalado por Gilabert *et al.* (1990) de 10 cmol+ kg^{-1} . Sin embargo, ambos sistemas presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre tipos de utilización; en la zona bajo cultivo (IN) la CIC es el doble de la conseguida en la zona no intervenida (NA).

Esto podría ser atribuido a las diferencias en el pH del suelo bajo ambos usos, además de las diferencias en los contenidos de materia orgánica del suelo. Los resultados hacen pensar que en el suelo predominan los coloides de carga variable. Esta relación se puede evidenciar en la correlación positiva y significativa ($p \leq 0,05$) entre la CIC y el pH del suelo y entre CIC y los contenidos de materia orgánica que se muestran en la figura 1.

Algunos autores sugieren que para la determinación de la CIC en suelos con predominio de cargas variables se usen soluciones salinas no buferadas como KCl o NH_4Cl 1M que rápidamente se ajustan a la reacción natural (pH) del suelo y desplazan sólo los cationes intercambiables sin que se genere un exceso de cargas dependientes del pH (Chesworth, 2008).

En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), tanto en la zona NA como en IN, los valores fueron altos (4,84 y 5,88%), según los niveles propuestos por Gilabert *et al.* (1990) para suelos de texturas gruesas (Cuadro 3). Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) por efecto del uso, lo cual podría ser atribuido al manejo empleado por el productor para cultivo de duraznero, ya que aplica abonos orgánicos (cama de pollo) al suelo cada seis meses; además, las condiciones climáticas y la acidez del suelo afectan la tasa de mineralización y descomposición de los compuestos orgánicos. Es importante destacar que la relación C/N del abono orgánico es muy baja (7,77), esto aunado a la aplicación de fertilizantes inorgánicos en IN, debería estar acelerando aún más la actividad biológica del suelo y por tanto degradando la MO del suelo en IN. Sin embargo esto no se refleja en los resultados, porque en IN hay más MO y Rb, lo que indicaría que otros factores no considerados en este trabajo pudieran estar incidiendo en la acumulación de MO.

Cuadro 3. Características químicas y biológicas relacionadas con la fertilidad del suelo evaluado.

Característica del suelo	Tipo de utilización	
	Natural (NA)	Intervenido (IN)
Respiración basal ($\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ suelo} \cdot 10 \text{ d}^{-1}$)	75,55 b ¹⁾	92,50 a
pH (relación 1:1)	4,65 b	5,18 a
Aluminio intercambiable ($\text{cmol}_+ \text{ kg}^{-1}$)	0,78 a	0,23 b
Conductividad eléctrica (relación 1:2, $\mu\text{S cm}^{-1}$)	22,96 b	130,54 a
Capacidad de Intercambio Catiónico, suma de bases ($\text{cmol}_+ \text{ kg}^{-1}$)	3,03 b	6,43 a
Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva ($\text{cmol}_+ \text{ kg}^{-1}$)	3,81 b	6,65 a
Materia orgánica (%)	4,84 b	5,88 a
Nitrógeno total (%)	0,16 b	0,27 a
Nitrógeno inorgánico ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	36,25 b	58,74 a
Fósforo disponible (mg kg^{-1})	2,18 b	32,46 a
Azufre disponible (mg kg^{-1})	26,50 b	59,71 a
Potasio intercambiable (mg kg^{-1})	6,33 b	20,18 a
Calcio intercambiable (mg kg^{-1})	19,03 b	38,98 a
Magnesio intercambiable (mg kg^{-1})	2,88 b	8,58 a
Sodio intercambiable (mg kg^{-1})	2,38 b	3,40 a
Hierro disponible (mg kg^{-1})	32,30 a	32,40 a
Cobre disponible (mg kg^{-1})	2,40 a	1,70 a
Manganeso disponible (mg kg^{-1})	4,30 b	16,20 a
Zinc disponible (mg kg^{-1})	6,40 a	9,00 a

¹⁾ Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$) entre usos.

López et al. (2004), señalan que la acidez del suelo regula el tipo, número y actividad de los microorganismos del mismo, por lo tanto, regula la tasa de mineralización de la materia orgánica, es por ello que en condiciones de suelos ácidos la materia orgánica tiende a acumularse. López et al. (2002), en un estudio realizado en plantaciones de duraznero en algunos sectores del Municipio Tovar, encontraron variaciones en el contenido de MO desde 1,57 a 9,04 %, con predominio de los valores más altos. Estos altos contenidos de MO pudieran disminuir en parte los efectos de los factores de degradación a los que está sometido el suelo dada su distribución de tamaño de partículas (predominio de limos y arenas finas y muy finas) y lo pronunciado de las pendientes en la zona, tal y como señalan Vergara-Sánchez et al. (2005) para suelos de ladera en México.

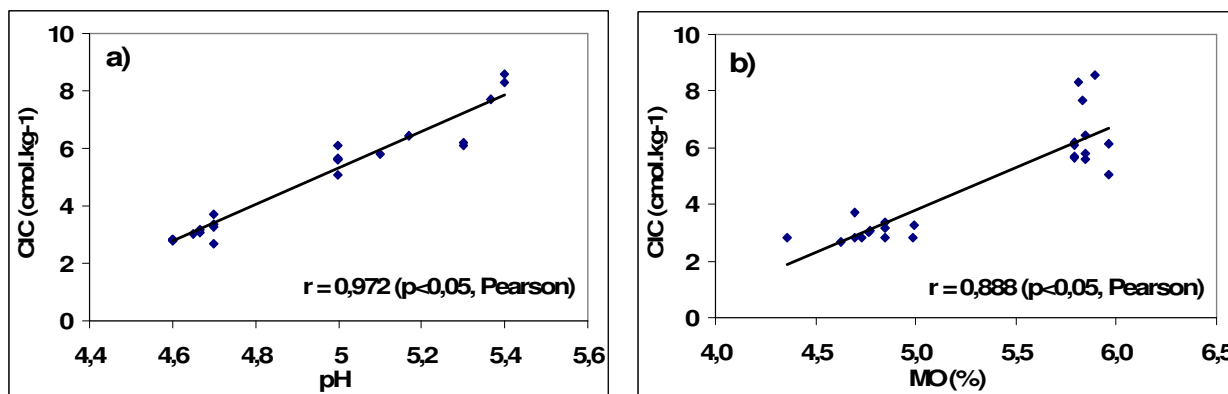


Figura 1. Relación entre las propiedades a) capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el pH del suelo y b) CIC y contenido de materia orgánica (MO) en el suelo evaluado.

Los contenidos de los macronutrientes esenciales, nitrógeno total e inorgánico, fósforo disponible, azufre disponible, potasio, calcio y magnesio intercambiables presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre ambos tipos de utilización, con los mayores valores en IN (Cuadro 3). En los contenidos de nitrógeno, tanto en el total como en el inorgánico ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$), se produjo un aumento por el manejo del suelo bajo duraznero (IN) del 69 y 62%, respectivamente. En ambos casos los valores pasan de bajos a medios de acuerdo a los niveles señalados por Bremner (1965) y Binford et al. (1992). De igual forma, también se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) en los contenidos de nitrato ($N-NO_3^-$), amonio ($N-NH_4^+$), tal como se aprecia en la figura 2. Los valores en la zona bajo duraznero (IN) son medios en $N-NO_3^-$ y altos en $N-NH_4^+$, lo que se atribuye al manejo usado por el productor (abonos orgánicos y fertilizantes sintéticos inorgánicos) en forma periódica; mientras que en NA los valores son bajos en $N-NO_3^-$ y medios en $N-NH_4^+$, atribuible a las pérdidas del anión por lixiviación. Por otra parte, en la zona bajo cultivo la aplicación de los residuos orgánicos sin compostar, es un factor importante que puede originar fototoxicidad, ya que al comenzar el proceso de descomposición luego de su aplicación, se pueden generar grandes cantidades de amonio (Castro et al., 2009).

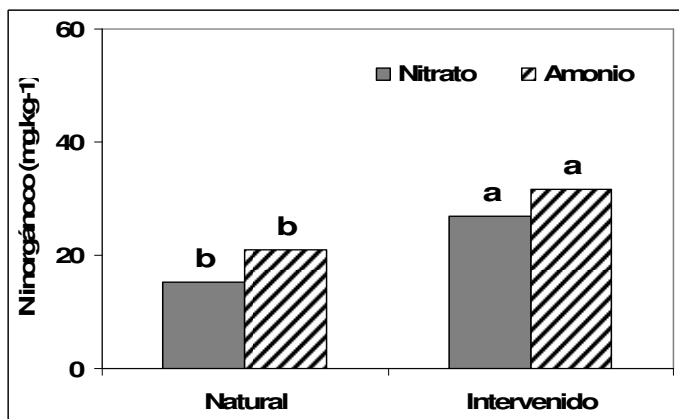


Figura 2. Contenidos de nitrato ($N-NO_3^-$) y amonio ($N-NH_4^+$) bajo los tipos de utilización evaluados.

Un indicador químico de gran importancia para evaluar la productividad de un suelo es el contenido de fósforo disponible (P-Olsen), elemento esencial para las plantas cuya disponibilidad en suelos ácidos es escasa (Foy y Brown, 1964). En el P se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) por efecto del tipo de utilización (Cuadro 3). En NA el suelo muestra valores bajos P-Olsen ($2,18 \text{ mg kg}^{-1}$); mientras que en IN los valores fueron medios ($32,46 \text{ mg.kg}^{-1}$) según los niveles señalados por Gilabert *et al.* (1990), lo cual significa que el cambio de uso incrementó 15 veces el P-Olsen. Los resultados se deben a la fertilización tanto orgánica como inorgánica aplicada al cultivo. Ulrich (1991) señala que a medida que aumenta la acidez del suelo, también lo hace el aluminio intercambiable y el fósforo reacciona rápidamente con éste, reduciendo así su disponibilidad para las plantas. En este estudio el P-Olsen se asoció negativamente con el aluminio intercambiable ($r = -0,880$) y positivamente con el contenido de materia orgánica ($r = 0,948$) y el pH del suelo ($r = 0,968$). Para el azufre, en la zona NA y en IN los valores fueron dos veces más altos en la zona bajo cultivo que en la zona natural, siendo en ambos casos mayores que el nivel crítico de 10 mg.kg^{-1} señalado por Salinas y García (1985). Este resultado se puede atribuir a los altos contenidos de materia orgánica observados en los dos suelos, ya que este elemento es aportado en gran medida por la materia orgánica del suelo.

Con relación a las bases cambiables, los valores de potasio (K^+) en NA y en IN fueron bajos ($6,33$ y $20,18 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente), según los niveles señalados en Salinas y García (1985). Las diferencias estadísticas significativas entre los usos, se pueden atribuir a la fertilización aplicada al duraznero. Sin embargo, pareciera que las cantidades aplicadas son apenas suficientes para cubrir las necesidades del cultivo, o que se produzcan pérdidas importantes por lixiviación o erosión. El resto de las bases cambiables presentaron una tendencia similar a la del K^+ , con diferencias estadísticamente significativas entre tipos de utilización ($p \leq 0,05$), valores menores en la NA y mayores en IN, cualitativamente considerados bajos según los niveles señalados por Salinas y García (1985). Los contenidos de K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} intercambiables se relacionaron en forma directa y estrecha con el pH del suelo ($r = 0,960$; $r = 0,946$ y $r = 0,963$, respectivamente, $p \leq 0,05$); en la medida que el pH fue menor, la concentración de esos iones también lo fue, pero no fue el caso del Na^+ intercambiable, cuya correlación con el pH no fue significativa. En el caso de estos elementos, los mayores valores en la zona bajo cultivo se pueden atribuir a su aporte por parte del abono orgánico y menores pérdidas en IN dada su mayor CIC. Las diferencias en el Na también se pueden atribuir al aporte por el defoliante aplicado al duraznero (clorato de sodio), que por su alta solubilidad puede pasar de la planta al suelo.

Los micronutrientes analizados en este estudio, hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn), presentaron valores altos para ambos tipos de utilización y sin diferencias estadísticas entre usos, con excepción del manganeso que presentó valores bajos (Gilabert *et al.*, 1990). Esta tendencia es de esperarse por la condición de acidez del suelo bajo ambos usos. Los mayores contenidos de Mn y Zn en la zona bajo cultivo se pueden asociar a los aportes por el fungicida Mencozeb ($\text{C}_4\text{H}_6\text{MnN}_2\text{S}_4\text{Zn}$) aplicado periódicamente.

Del análisis de correlación (Pearson) entre todas las variables evaluadas se pudo determinar que la mayoría presentan una correlación positiva y significativa ($p \leq 0,05$) con el resto de las variables, con excepción de los micronutrientes Fe y Cu, los cuales no se relacionaron con ninguna de las variables evaluadas, el Na que se relacionó con pocas variables y Rb que solo se relacionó con MO, NO_3 , NH_4 , S, Na y Mn. Es importante destacar que los micronutrientes Zn y Mn si presentaron correlación con la mayoría de las variables consideradas en el análisis, en el suelo IN, posiblemente por su presencia en algunos de los productos químicos aplicados al duraznero.

Las relaciones nutricionales entre los elementos (C/N, Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K) en el suelo bajo diferentes tipos de utilización se presentan en el cuadro 4. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre tipos de utilización en todas las relaciones nutricionales, con excepción de la relación Mg/K. La evaluación de estas relaciones nos permite identificar si por efecto de interacción por competencia o inhibición, se pudieran presentar algunas deficiencias nutricionales. Los valores de la relación C/N fueron mayores a los niveles ideales señalados por Medina (1989) bajo ambos tipos de utilización, a pesar de las aplicaciones periódicas en IN de un abono orgánico de baja relación C/N (7,77). Si se mantiene el manejo actual con aplicaciones de N a través de fertilizantes inorgánicos sin tomar en cuenta los niveles en el suelo, podría tenderse a una rápida descomposición de la materia orgánica, tal y como señala Klevenskaya (1972).

Las relaciones Ca/Mg y (Ca+Mg)/K, en ambos tipos de utilización se encuentran cercanas a los niveles considerados como ideales por Medina (1989). En todos los casos los valores son mayores en la zona

NA, lo que se puede atribuir al aporte de Ca y Mg por la descomposición de los abonos orgánicos aplicados al cultivo de duraznero. Por otro lado, es importante destacar que la relación Mg/K está cercana al nivel crítico para ambos usos, lo que pudiera provocar deficiencias de Mg si se hacen aplicaciones excesivas de K al suelo en IN.

Cuadro 4. Relaciones nutricionales entre los elementos en el suelo evaluado.

Característica del suelo	Uso actual		Nivel ideal (Medina, 1989)	Nivel crítico
	No intervenido	Intervenido		
Relación C/N	17,56 a ¹⁾	12,62 b	10 - 12	
Relación Ca/Mg	4,02 a	2,76 b	2 - 4	< 1 deficiencia de Ca > 10 deficiencia Mg
Relación Mg/K	1,47 a	1,37 a	3	< 1 deficiencia de Mg > 18 deficiencia K
Relación Ca/K	5,89 a	3,84 b	6	< 2 deficiencia de Ca > 30 deficiencia K
Relación (Ca+Mg)/K	7,27 a	5,20 b	10	> 40 deficiencia de K

¹⁾ Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$; Tukey) entre los tipos de utilización.

El análisis de las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas), es una herramienta muy utilizada para evaluar la fertilidad integral del suelo y hacer recomendaciones de manejo, con buenos resultados para cultivos anuales. Sin embargo, cuando se trata de hacer un seguimiento y/o evaluación del estado nutricional de cultivos perennes, es posible que los análisis de suelo no sean suficientes, ya que el área de exploración de las raíces es muy amplia y variable, dependiendo del tipo de suelo en que se desarrolle. En este caso el análisis del tejido vegetal aporta información adicional, dado que integra todos los factores que intervienen en la nutrición mineral de la planta en un momento dado.

Los resultados del análisis realizado a las hojas del duraznero, que representan el estado nutricional del cultivo se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Contenido de nutrientes en hojas de durazno en el suelo evaluado.

Elemento	Contenido en tejido	Nivel adecuado (%)	Fuente
Nitrógeno (%)	3,55	> 3,0 3,0 - 3,5	Chapman (1967) Jones <i>et al.</i> (1991)
Fósforo (%)	0,45	0,14 - 0,25	Chapman (1967)
Potasio (%)	2,35	1,5 - 3,0 2,0 - 3,0	Chapman (1967) Jones <i>et al.</i> (1991)
Calcio (%)	3,91	2,1 - 2,8 1,8 - 2,7	Chapman (1967) Jones <i>et al.</i> (1991)
Magnesio (%)	0,87	0,25 - 0,80 0,3 - 0,8	Chapman (1967) Jones <i>et al.</i> (1991)
Hierro (mg.kg ⁻¹)	70,9	50 - 250 100 - 250	Jones <i>et al.</i> (1991) Jones (1991)
Manganeso (mg.kg ⁻¹)	7,8	20 - 500	Jones (1991)
Cobre (mg.kg ⁻¹)	14,8	5 - 20 5 - 16	Jones (1991) Jones <i>et al.</i> (1991)
Zinc (mg.kg ⁻¹)	7,3	25 - 150 20 - 50	Jones (1991) Jones <i>et al.</i> (1991)

Se destaca que los elementos N, K, Mg, Fe y Cu se presentaron en niveles adecuados o muy cercanos, P y Ca presentaron niveles por encima de los niveles señalados por Chapman (1967), Jones (1991) y Jones *et al.* (1991); mientras que los microelementos Mn y Zn se presentaron deficientes. Al comparar estos resultados con los obtenidos por López *et al.* (2002), se consiguen semejanzas en los elementos Ca con niveles altos y adecuados para Fe, Mg y K. En el caso del K es importante señalar que en el estudio de López *et al.* (2002) consiguieron deficiencias de K para las plantaciones sembradas con el cultivar "Jarillaso", mientras que cuando se trataba del cultivar "Criollo Amarillo", los niveles eran adecuados, tal como ocurrió en este trabajo. Los resultados difieren en los elementos N, donde consiguieron deficiencias tanto para plantas sanas como enfermas, en Zn que consiguieron niveles suficientes y en Cu donde consiguieron niveles tóxicos y lo atribuyen a las continuas fumigaciones con productos cúpicos.

CONCLUSIONES

El suelo analizado presenta buenas condiciones físicas, evidenciado por su textura gruesa y bajos valores de densidad aparente y cohesión en seco y altos en porosidad total. Estas características no se vieron afectadas por el uso bajo duraznero durante 13 años. Sin embargo, el suelo es susceptible a la degradación superficial de la estructura y por las altas pendientes en la zona, existen riesgos de pérdidas de suelo y nutrientes por erosión, mitigados actualmente en parte por los altos contenidos de materia orgánica. De la caracterización química y biológica se puede decir que este suelo presenta una muy baja fertilidad en condiciones naturales, evidenciado en su reacción fuertemente ácida, baja capacidad de retención de nutrientes, bajo contenido de macronutrientes (excepto S) y alto de micronutrientes (excepto Mn) disponibles, a pesar del alto contenido de materia orgánica. Su incorporación a la agricultura con la siembra de duraznero, mejoró los contenidos de algunos de estos nutrientes, especialmente el fósforo, aunque la mayoría de ellos todavía permanece a niveles considerados como bajos. Los abonos y fertilizantes aplicados al cultivo, por su efecto sobre el pH y por el aporte de nutrientes, así como algunos productos químicos aplicados contra los competidores bióticos, son las prácticas a las cuales se les puede atribuir las diferencias entre los dos tipos de utilización considerados. Algunas de las deficiencias detectadas en el suelo como las de K, Ca y Mg no se reflejaron en el cultivo; mientras que otros elementos como Mn y Zn fueron deficientes en el cultivo, aunque se encontraban a niveles adecuados en el suelo y/o se aplicaron con los agroquímicos utilizados en el manejo del cultivo.

Agradecimiento: Se agradece el apoyo financiero otorgado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH-UCV), a través del proyecto de grupo N° PG-01-7339-2008-1, titulado: Calidad de suelos en la zona agrícola de influencia de la Estación Experimental Bajo Seco.

LITERATURA CITADA

- Aciego Pietri, J. C. y Brookes, P. C.** 2008. Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 40, 1856–1861
- Alguacil, M.M., E. Torrecillas, Z. Lozano y A. Roldán.** 2011. Evidence of differences between the communities of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing galls and roots of *Prunus persica* infected by the Root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Applied and Environmental Microbiology* 77 (24): 8656–8661
- Anderson, D. W.** 1982. Soil respiration. Page, A.L.; R.H. Miller; D.R. Keeney (Eds), *Agronomy Monograph Number 9. Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Biological Properties*. 2nd ed. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin (USA). pp. 831-871.
- Anderson, J. y J. Ingram.** 1993. *Tropical Soil Biology And Fertility (TSBF). Handbook of Methods*. C.A.B. International. 171 p.
- Aponte, A. y A. Rondón.** 2004. Experiencias en el manejo integrado de enfermedades micóticas del duraznero en Venezuela. *CENIAP HOY* N° 5. (on line): <<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n5/arti/>>

- Aponte, O.** 1973. Logros en la aplicación de prácticas agronómicas y el control de enfermedades del durazno. FUSAGRI. II. Seminario de Fruticultura. Caracas, Venezuela (inédito). 11 p.
- Arnal, E., A. Rondón, A. Aponte, Z. Suárez, Y. Guevara, A. Maselli y C. Rosales.** 2002. Aspectos fitosanitarios del durazno. El duraznero en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie B, N° 4. pp. 71 - 112.
- Aular, J.** 2006. Consideraciones sobre el manejo hortícola del duraznero en Venezuela. *En: Primer curso de actualización de conocimientos en frutales de altura: fresa, mora y durazno.* W. Briceño y J.
- Aular, J. y M. Casares.** 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, Volumen Especial: 187-198.*
- Avilán R., L., A. Brendler S. y A. Hernáiz Y.** 1975. Evaluación de los suelos y del estado nutricional del cultivo del durazno (*Prunus persica* L.) en la Colonia Tovar. *Agronomía Tropical (Ven)* 25:81-91.
- Binford, G. D., A.M. Blackmer y M. E. Cerrato.** 1992. Relationship between corn yields and soil nitrate late spring. *Agronomy Journal* 84:59-63.
- Bolívar, A., C. Rosales, Z. Suárez, M. López y E. Soto.** 2002. El diagnóstico rural participativo y su aplicación en la identificación de la problemática del cultivo de durazno. *En: El duraznero en Venezuela.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie B, N° 4. pp. 9-20.
- Brady, N. C., y R. R. Weil.** 1999. *The Nature and Properties of Soils.* 12th ed. Prentice Hall, New Jersey, USA. 881 p.
- Bremner, J.M.** 1965. Nitrogen availability in soil. W. Bartholomew and F. Clark (Eds). *Soil Nitrogen.* *Agronomy* 10:93 - 149. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis., USA.
- Bremner, J.M.** 1965. Nitrogen availability indexes. C.A. Black, D.D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark (eds). *Agronomy Monograph Number 9. Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Biological Properties.* 1st ed. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin (USA). pp.1324 - 1345.
- Brown, J.R.** 1987. Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation. *Soil Science Society of America. Special Publication N°.* 21. SSSA Inc. Madison, Wisconsin. USA. 144 p.
- Cantú, M.P., A. Becker, J.C. Bedano y H.F. Schiavo.** 2007. Evaluación de la calidad de suelo mediante el uso de indicadores o índices. *Cl. Suelo (Argentina)* 25: 173-178.
- Castellanos Z., J., X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises.** 2000. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas.* 2^{da} Edición. Colección INCAPA. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 226 p.
- Castro, A., C. Henríquez y F. Bertsch.** 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33: 31-43.
- Chapman, H.** 1965. Cation exchange capacity. C.A. Black; Evans D.D.; White J.L, Ensminger L.E.; Clark F.E. (eds). *Agronomy Monograph Number 9. Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Biological Properties.* 1st ed. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin (USA). pp 891-904.
- Chapman, H.** 1967. Plant analysis value suggestive nutrient status of selected crops. In: Hardy, G.W (Ed.). *Soil Testing and Plant Analysis. Part II. Plant Analysis.* *Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.* pp. 72 – 92.
- Chesworth, W.** 2008. *Encyclopedia of Soil Science. Encyclopedia of earth sciences series.* Springer Dordrecht. New York. 860 p.
- Coleman, N.T. y G.W. Tomas.** 1967. The basic chemistry of soil acidity. *Agronomy Monograph* 12. pp. 1-41.
- Cortez, L.** 2001. Pteridofitas epifitas encontradas en *Cyatheaceae* y *Dicksoniaceae* de los bosques nublados de Venezuela. *Gayana Botánica* 58(1):13-23
- Crozzoli, R.** 2002. Especies de nemátodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia* 27, 354-364.
- Elliott, E.T.** 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal* 50: 627-633.
- Florentino, A.** 1998. Guía para la evaluación de degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: selección de indicadores físicos. Valores críticos. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, Venezuela (inédito). 10 p.

- Florentino, A.; Z. Lozano; J.C. Aciego; A. Ospina; J. Rodríguez; M. Pulido y C. Pineda.** 2006. Prácticas de manejo de las características físicas y biológicas del suelo para un uso sostenible de la tierra. Facultad de Agronomía. (Maracay). Universidad Central de Venezuela (inédito). 67 p.
- Fonte, S.J., S.J. Vanek, P. Oyarzun-Ekorural, S. Parsa, D.C. Quintero, I. Rao y P. Lavelle.** 2011. Explorando Opciones Agroecológicas para el Manejo de la Fertilidad del Suelo en Sistemas de Agricultura en pequeña escala de las Zonas Alto-andinas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
- Foy, C.D. y C. Brown.** 1964. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminium tolerance of plant species. *Soil Science Society of American Proceeding* 28: 27-32.
- Gilbert de B., J.; I. López de R. y R. Pérez de R.** 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Maracay, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 164 p.
- Guerrero-Acosta, R., J.J. Avelar-Mejía, A.Lara-Herrera, A.F. Rumayor-Rodríguez, J.J. Llamas-Llamas y J. Hernández-Martínez.** 2005. Comparación preliminar de dos métodos de diagnóstico nutrimental en durazno, en Zacatecas, México. *Terra Latinoamericana* 23: 563 – 569.
- Heanes, D.** 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1191 - 1213.
- Jackson, M.** 1964. Análisis químico de suelos. Barcelona, España. 662 p.
- Jones Jr., J.B.** 1991. Plant tissue analysis in micronutrients. In: *Micronutrient in agriculture*. 2nd edn. pp. 477 – 521, Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M. Welch R.M. eds. Soil Sciences Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- Jones Jr., J.B., B. Wolf y H.A. Mills.** 1991. *Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.* Athens, Georgia: Micro-Macro Publishing Inc. 213 p.
- Klevenskaya, I.** 1972. Changes of the composition of microbial conenoses and C/N ratio by decomposition of plants residues in the chemist soils of kulanda steeps. *In: Symposium biological Hungarian.* Budapest, Hungary. Vol. 11. Pp 81-87.
- Lin, C. y N.T. Coleman.** 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soil. *Soc. Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 444 – 446.
- López, M., M. España, I. López de R., A. Bolívar, M. Wagner y G.Medina.** 2004. Manejo de suelos ácidos en la producción de durazneros en la Colonia Tovar. INIA Divulga 1. Aragua, Venezuela. pp.1-3.
- López, M.; I. López y M. España.** 2002. Fertilidad del suelo y estado nutricional de las plantas. pp. 43 -70. En: *El duraznero en Venezuela.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. Serie B, N° 4. 123 p.
- Medina, A.** 1989. Bases para la interpretación de análisis de suelos y follaje. Departamento Técnico COLJAP. Bogotá, Colombia. 49 p.
- Murphy J y J. Riley.** 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chim. Acta* 27: 31-36.
- Olsen, S., C. Cole, F. Watanabe y L. Dean.** 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *USA Dep. of Agri. Circ.* 939 p.
- Oviedo, E.** 2008. El estado Aragua: Cuna de dos culturas distintas con un objetivo común: El turismo. Trabajo de Grado. Facultad de Humanidades, Escuela de Comunicación Social. Universidad Central de Venezuela. 159 p.
- Peck, T.R., J.T. Cope y D.A. Whitney.** 1977. Soil testing. Correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Publication Number 22. American Society of Agronomy, Madison, WI. 117 p.
- Pla S, I.** 1983. Metodologías para la caracterización física con fines de diagnostico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Alcance* 32. Facultad de Agronomía (Maracay). 91 p.
- Ramirez, R.** 1987. Peach production in Venezuela. *Acta Horticulturae (ISHS)* 199: 26.
- Rodríguez S., J.** 1993. La Fertilización de los Cultivos, un Método Racional. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 208 p.
- Rodríguez, G.** 2006. El cultivo del duraznero en el Municipio Tovar del estado Aragua. *En: Problemática del duraznero en el Municipio Tovar del estado Aragua.*(inédito) 4 p.
- Salinas, J.G. y R. Garcia.** 1985. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 83 p.

- Soil Survey Staff.** 2006. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2, Washington: US Government Printing 384 Office, DC, USA, Agriculture Handbook N^o.436. 332 p.
- Soto, E., E. Arnal y A. Rondón.** 2004. Análisis del proceso productivo de duraznero en Venezuela: Caso de la Colonia Tovar, Estado Aragua. CENIAP HOY N^o 5. (on line): <<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n5/arti/esoto.htm>>.
- Tabatabai, M y J. Bremner.** 1972. Distribution of total and available sulphur in selected soils and soils profiles. *Agronomy Journal*. 64:40 - 44.
- Ulrich, B.** 1991. An ecosystem approach to soil acidification. *Soil acid*. B. Ulrich B. and M.E. Sumner (eds). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany. pp. 28 – 79.
- Universidad Central de Venezuela.** 2010. Informe del Proyecto Durazno en el Municipio Tovar, estado Aragua. Facultad de Agronomía, Coordinación de Extensión. 45 p.
- Vergara-Sánchez, M.A., J.D. Etchevers-Barra y J. Padilla-Cuevas.** 2005. La fertilidad de los suelos de ladera de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia* 39: 259 - 266.