

Medición del estado agroecológico de las musas a través de una metodología rápida para evaluar la sustentabilidad

José Castillo S.*
Doris Blanco
Melvin Said O.
Starling Rodríguez R.
Edward Manzanilla
Jairo Loiza

*INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
Gerencia de Desarrollo Tecnológico.
castilloalex0807@gmail.com

La agricultura convencional ha contribuido enormemente en el deterioro de los suelos, aumento de la contaminación ambiental y daños en la salud humana, debido a que depende generalmente de insumos foráneos provenientes de paquetes tecnológicos de otras latitudes. Dicho modo de producción está basado en el monocultivo, mecanización intensiva y aplicación de agroquímicos, así como el uso de transgénicos, lo que ha traído como consecuencia la aparición de nuevas plagas más resistentes, pérdida de la biodiversidad y la soberanía agroalimentaria. En contra parte a este modo de producción surge la agroecología, basado en un manejo orgánico causando el menor daño al ambiente, del suelo y haciendo énfasis en la salud humana.

Como forma de evaluar el estado agroecológico de las unidades de producción surge esta metodología de medición, la cual es utilizada en el cultivo de café, además es factible para evaluar otros cultivos y de esta forma lograr inferir en la sustentabilidad tanto en el presente como en el futuro.

También permite conocer que tan cerca o distante se encuentra la unidad de producción a un modelo agroecológico, mediante un manejo orgánico, respetando la biodiversidad, con el menor daño al suelo, ambiente y hombre, utilizando recursos autóctonos propios de la unidad de producción y la no aplicación de agroquímicos y fertilizantes sintéticos.

Esta metodología fue diseñada por algunos profesionales y Asociaciones de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT), en el cultivo de café (Costa Rica), los cuales discutieron los indicadores a evaluar y pusieron en práctica esta metodología, la cual, se

adapta a otros cultivos, entre ellos las musáceas, es de allí que se utilizó para esta investigación.

Este estudio tiene como finalidad evaluar la sustentabilidad de una parcela cultivada con musáceas de aproximadamente 1.000 m², ubicada en la Unidad de Producción Socialista de Semillas (UPSS - GDT) en los espacios del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria (Ceniap), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) estado Aragua, con una densidad de siembra de 2,5 mts/hilera y 2,5 mts/plantas.

Actualmente, predomina el cultivo de Clon triploides Musa AAA (Cavendish) Pinneo gigante y otros clones en menor escala, estas musáceas generalmente comparten el área con otros cultivos asociados tales como maíz, hortalizas y algunas especies forestales, frutales, entre otros.

El riego depende de aguas blancas de acueductos provenientes de la Universidad Central de Venezuela (UCV), a partir de una tubería de riego de 1/2 pulg, que cae a un tanque subterráneo pequeño, donde se surte para el riego por gravedad a los cultivos. Se tiene previsto medir 20 indicadores de la sustentabilidad mediante una metodología de evaluación rápida, adaptada al cultivo de las musas, basada en la medición de indicadores de calidad del suelo y salud del cultivo.

Los indicadores que se utilizan comúnmente permiten conocer el suelo en lo que se refiere a la actividad biológica y propiedades tanto físicas, como químicas, de tal manera que mida los cambios en el suelo y sean sensible a los cambios climáticos, fácil de evaluar para los interesados en conocer el

estado del suelo y tomar la decisión más aceptada, (NRCS, 2004; Etchevers *et al.*, 2009).

Los indicadores utilizados son sencillos y rápidos en su evaluación, tanto los de calidad del suelo, como los de salud del cultivo. Con los resultados a obtener en campo, se puede inferir en el estado agroecológico de la unidad de producción y así hacer las recomendaciones necesarias y enmiendas en los puntos críticos, donde se detecta las mayores deficiencias y limitantes al verificar el modelo gráfico de la amoeba.

Siguiendo la metodología agroecológica

Se evaluó la sustentabilidad con la metodología agroecológica rápida, utilizada en sistemas de policultivo referenciales con café, dicho método también es factible para la medición de la sustentabilidad en musáceas, es útil para estimar la calidad del suelo y la salud del cultivo, por tal motivo permite conocer su estado agroecológico.

Los indicadores para medir la calidad del suelo fueron: estructura, compactación e infiltración, profundidad, estado de residuos, coloración, olor, materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura, erosión y actividad biológica. Considerando que “los indicadores biológicos integran una gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo, como la abundancia y los subproductos de los macro invertebrados” (Karlen *et al.*, 1997).

Mientras que “la calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, nutrientes y pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero” (Navarro *et al.*, 2008); los indicadores para medir la salud del cultivo fueron: apariencia del cultivo, crecimiento, resistencia, tolerancia al estrés, incidencia de enfermedades, competencia por maleza, rendimiento actual o potencial, diversidad genética, vegetal y sistema de manejo.

Para obtener los resultados se construyeron diagramas tipo amoeba, los cuales permitieron visualizar el estado general de la calidad del suelo y salud del cultivo, cada indicador se estima de forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado), de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo y los atributos a evaluar para cada indicador y realizar las gráficas utilizando la amoeba como referencia de los valores, la cual, mientras más se aproxime al círculo es mayor sustentabilidad del agroecosistema.

En los Cuadros 1 y 2 se especifican las características que debe tener cada indicador de la calidad del suelo y salud del cultivo para obtener la puntuación acorde.

De esta forma se puede concluir a partir de la puntuación que resultó de los indicadores en campo y verificar si el valor encontrado está por debajo o por encima del umbral de sustentabilidad.

Cuadro 1. Indicadores de calidad de suelo. Características y valores correspondientes.

Indicadores	Características y valores establecidos
Estructura	Suelo polvoso, sin gránulos visibles (1).
	Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5).
	Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10).
Compactación e infiltración compacto	Se anega (1).
	Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5).
	Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10).
Profundidad del suelo	Subsuelo casi expuesto (1).
	Suelo superficial delgado, con menos de 10 centímetros (5).
	Suelo superficial más profundo, con más de 10 centímetros (10).

Indicadores	Características y valores establecidos
Estado de residuos	Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1).
	Se mantienen residuos del año anterior, en proceso de descomposición (5).
	Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10).
Color, olor y materia orgánica	Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1).
	Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus (5).
	Suelo negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10).
Retención de humedad	Suelo se seca rápido (1).
	Suelo permanece seco durante la época seca (5).
	Suelo mantiene humedad durante la época seca (10).
Desarrollo de raíces	Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1).
	Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5).
	Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10).
Cobertura de suelo	Suelo desnudo (1).
	Menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5)
	Más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta (10).
Erosión	Erosión severa, se nota arrastre de suelo, presencia de cárcavas y canalillos (1).
	Erosión evidente, pero poca (5).
	No hay mayores señales de erosión (10).
Actividad biológica	Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas entre otros; 1).
	Se observan algunas lombrices y artrópodos (5).
	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10).

Cuadro 2. Indicadores de salud de las plantas en musáceas. Características y valores correspondientes.

Indicadores	Características y valores establecidos
Apariencia	Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos (1).
	Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones (5).
	Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia (10).

Indicadores	Características y valores establecidos
Crecimiento del cultivo	Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Muy poco crecimiento de nuevo follaje (1).
	Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados (5).
	Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes (10).
Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, otras.)	Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés (1).
	Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente (5).
	Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida (10).
Incidencia de enfermedades	Susceptible a enfermedades, más del 50% de plantas con síntomas (1).
	Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos (5).
	Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves (10).
Competencia por malezas	Cultivos estresados dominados por malezas (1).
	Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5).
	Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas (10).
Rendimiento actual o potencial	Bajo con relación al promedio de la zona (1).
	Medio, aceptable con relación al promedio de la zona (5).
	Bueno o alto, con relación al promedio de la zona (10).
Diversidad genética	Pobre, domina un solo clon de musa (1-4).
	Media, dos clones (5-8).
	Alta, más de dos clones (10).
Diversidad vegetal	Monocultivo sin sombra (1).
	Con solo una especie de sombra (5).
	Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes (10).
Diversidad natural circundante	Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera (1).
	Rodeado al menos en un lado por vegetación natural (5).
	Rodeado al menos en un 50% de sus bordes por vegetación natural (10).
Sistema de manejo	Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos (1).
	En transición a orgánico, con sustitución de insumos (5).
	Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos (10).

Hallazgos del estudio en campo

Al estimar la calidad del suelo utilizando el método agroecológico rápido para evaluar la sostenibilidad en la unidad de producción de musáceas, utilizando indicadores del suelo como estructura, profundidad, infiltración, color, desarrollo de raíces, erosión y actividad biológica, podemos concluir que la unidad de producción tiende a tener valores que le dan rango de sustentabilidad, (Cuadro 3 y Figura 1).

Así podemos verificar valores aceptables en la escala que indican la buena profundidad de este suelo, permitiendo una alta exploración de la raíces, una buena aireación y retención de humedad, un suelo sin compactación que permite una buena infiltración debido a la textura franco arenosa que presenta.

Sin embargo requiere de riego en época de sequía, presenta una alta cobertura de hojas secas en grado de descomposición, esto le permite al suelo protegerse de la evaporación, así como de la erosión, tanto hídrica como eólica, de allí que el suelo se mantenga estable y con una muy buena estructura. También la coloración oscura del suelo indica la alta presencia de materia orgánica, un pH neutro dentro de los valores aceptables para la mayoría de los cultivos, Foto 1.



Foto 1. Riego de los hijuelos de plantas madres.

Además, la presencia de lombrices y microorganismos dan muestra de la alta actividad biológica que presenta el suelo, denotando que es un suelo vivo en constante interacción suelo-planta-microorganismo.

El valor promedio obtenido para los indicadores de la calidad del suelo fue de 9,3 puntos, este valor es muy por encima de 5 y cercano al límite superior, indicando los atributos que posee el suelo de esta unidad de producción, por lo que tiene alta tendencia a la sustentabilidad en el tiempo a través de un buen manejo, Foto 2.



Foto 2. Conglomerado de materia orgánica para la preparación del compost.

Al analizar la salud del cultivo siguiendo la metodología de la medición rápida de la sustentabilidad, con indicadores como la apariencia, crecimiento, resistencia al estrés, la diversidad tanto genética como vegetal y la incidencia de plagas y enfermedades, así como la productividad, se puede verificar la gran diversidad que existe en la unidad de producción, lo que le da un carácter de estabilidad y resistencia del agroecosistema ante las condiciones adversas de estrés y también ante el ataque de plagas y enfermedades.

Además, la incidencia de malezas se encuentra en un nivel de daños que no afectan la producción del cultivo y esto se denota en la apariencia del cultivo, la cual se observa saludable, con una coloración verde intensa de las hojas y un buen desarrollo vegetativo, buen vigor, desarrollo radicular y no se observan deficiencias nutricionales a simple vista, (Foto 3 a y b, Cuadro 4 y Figura 2).

Resultados en campo

Cuadro 3. Calidad del suelo.

Indicador	Valor en campo	Observación
Estructura	08	Mantiene la forma después de aplicar presión suave, aun humedecidos.
Compactación e infiltración	09	El agua se infiltra fácilmente.
Profundidad del suelo	10	Suelos con más de 10 centímetros de profundidad sin resistencia a la penetración de las raíces.
Estado de residuos	09	Residuos bien descompuestos.
Color olor y materia orgánica	09	Suelo de color negro o color café, olor a tierra fresca.
Retención de humedad	09	Permanece seco durante la época seca.
Desarrollo de raíces	10	Raíces con buen desarrollo y saludables.
Cobertura del suelo	09	El suelo posee alta cobertura en más del 80% de su área.
Erosión	10	No hay muestras de erosión.
Actividad biológica	10	Alta presencia de lombrices e invertebrados, túneles.

Valor promedio en campo: 9,3

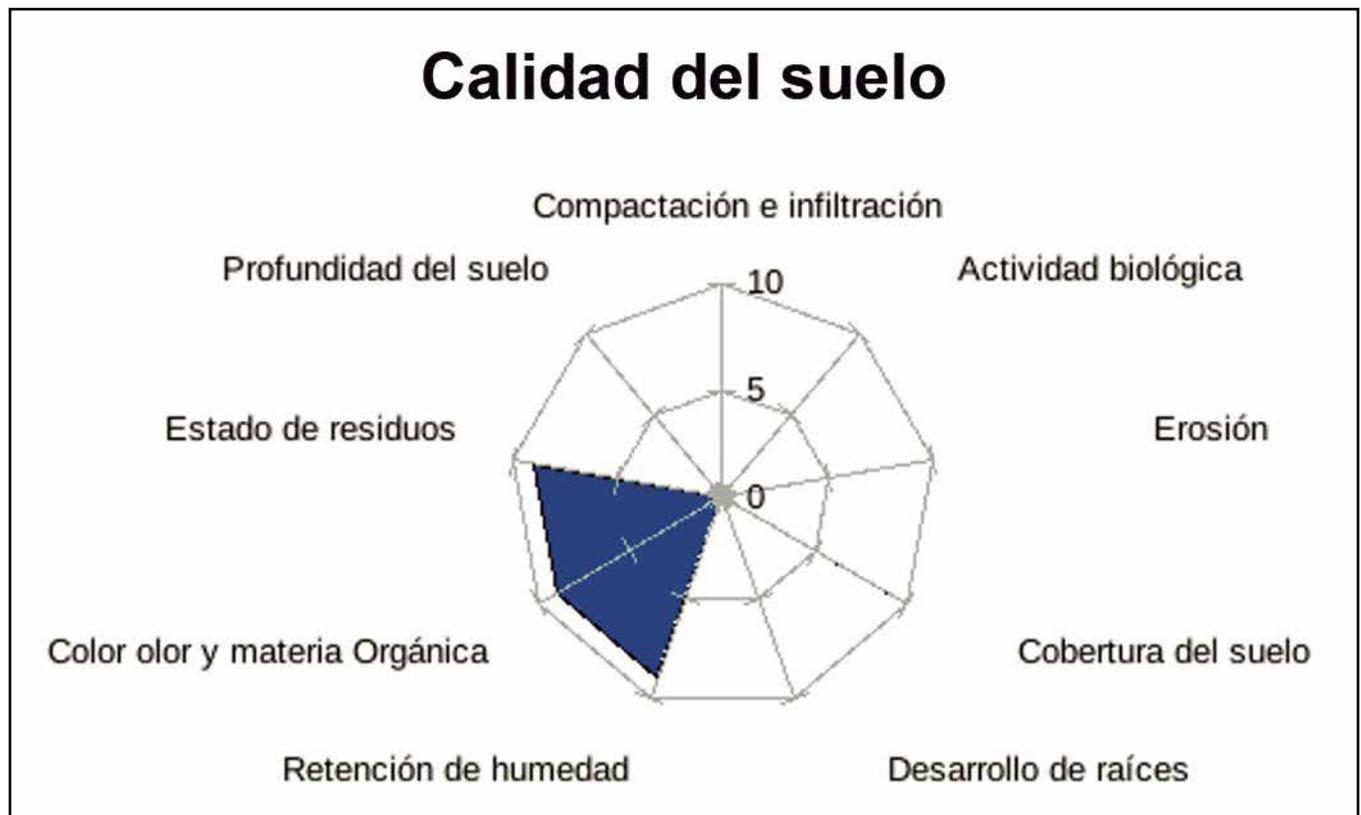


Figura 1. Calidad del suelo.

Cuadro 4. Salud del cultivo

Indicador	Valor en el campo	Observación
Apariencia	10	Presenta buena coloración verde intenso y un buen vigor.
Crecimiento del cultivo	08	Posee un gran desarrollo foliar, buen grosor del tallo y gran magnitud de longitud y diámetro radicular.
Resistencia o tolerancia al estrés	10	El cultivo se recupera fácil ante un estrés de sequía.
Incidencia de plagas y enfermedades	08	Se observa daño por picudo pero un % muy bajo de infestación.
Competencia por malezas	10	El control es manual no hay mayor competencia.
Rendimiento actual o potencial	05	Producción aceptable para lo esperado de los clones sembrados.
Diversidad genética	10	Hay tres clones: Musa AAB (Silk) Cambur manzano, Musa ABB (Bluggoes) Topocho Pelipita y Musa AAA (Cavendish) Pinneo gigante.
Diversidad vegetal	10	Existe diversidad de cultivos gramíneas, arbustos y algunos árboles.
Diversidad natural circundante	10	Presencia de árboles circundando a las musáceas tales como mango, jobo, mamón, entre otras.
Sistema de manejo	8	En transición a agroecológico.

Valor promedio en campo: 8,9.

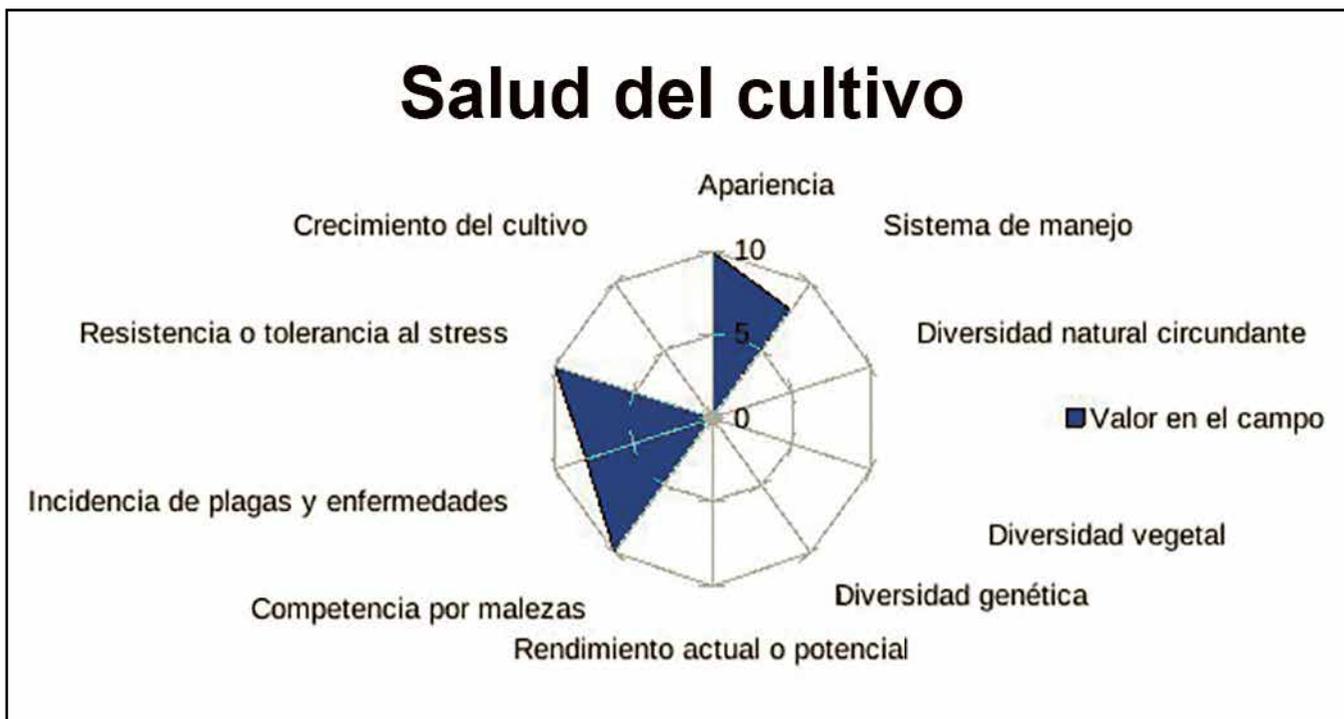


Figura 2. Salud del cultivo.



Foto 3 a y b. Medición del área foliar y diámetro del tallo.

Todos estos indicadores de salud del cultivo hacen concluir que gozan de buena salud y se refleja en el valor promedio 8,9 puntos, esto nos indica que el sistema de producción de musas de esta unidad de producción está por encima del umbral de sustentabilidad, lo cual, refleja que tiende a ser sustentable en el tiempo, siempre y cuando se mantenga un manejo apropiado y eficiente en función del suelo y la atención al cultivo, Foto 4.



Foto 4. Corte del pseudotallo verificando la sanidad del cultivo.

Consideraciones finales

El modelo de producción hacia la agroecología es fundamental para recuperar los suelos que han sido mal manejados y tratados a base de agroquímicos, exceso de mecanización y un mal uso de las cuencas hidrográficas, así como de no respetar la biodiversidad, sinergia y mantener el equilibrio del agroecosistema.

De allí, la importancia de la transición a un modelo más amigable con el ambiente y que contribuya con la salud humana. Estos sistemas agroecológicos se deben tomar como referencia, ya que, son sustentables, se pueden comparar con otros sistemas agotados para hacerle los correctivos necesarios y detectar las deficiencias en los indicadores, reconociéndolas a partir de esta metodología, muy fácil de realizar y donde los resultados se consiguen de forma rápida, en comparación con otros métodos que requieren más destreza y tiempo. La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo sustentable para conservarlo en el tiempo.

Con los resultados que obtuvimos en la medición de los indicadores tanto de la calidad del suelo como de salud del cultivo, podemos inferir en algunos indicadores que necesitan estudiarlos con más detenimiento para buscar la solución más aceptable, tanto económica como agroecológicamente. En caso de detectar incidencias de plagas, ejemplo, el picudo (*Cosmopolites sordidus*), se recomienda controlarlo con el uso de trampas y agregarle *Beauveria bassiana*, implementar el uso del compost como fuente de materia orgánica que contribuya con la consistencia de la estructura y mejore la fertilidad del suelo y así mejorar la producción, de tal manera que se complete la transición hacia lo agroecológico.

Bibliografías consultadas

- Altieri, M. y C. Nicholls. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 64 p. 17 - 24.
- Etchevers J., C. Hidalgo, M. Vergara, M. Bautista y J. Padilla. 2009. Calidad de suelo: conceptos, indicadores y aplicación en agricultura. En: López-Blanco J. y Rodríguez - Gamino M. de L. 2009. Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Colección Geografía para el siglo XXI. Serie Libros de Investigación, No. 3. 196 p.
- Karlen, D.L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris and G. E. Schuman Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J.* 61:4. 1997.
- Navarro, A., B. Figueroa, M. Martínez, F. González y E. Salvador. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura Técnica en México.* 34 (2):151. 2008.