

Desarrollo de software estadístico de indicadores ambientales (SEDIA)

J. Domínguez ,S. Serrano , M. Hernández, D. Aguilar

J. Domínguez ,S. Serrano , M. Hernández, D. Aguilar
Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.Tepatepec de Francisco I. Madero, México.
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.2, Pachuca, Hidalgo.
jdominguez@upfim.edu.mx

M.Ramos.,V.Aguilera.,(eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

The oil eco system is considered as a means of life support (Dumanski et al., 1998) so it is necessary to preserve and increase their quality. One of the tools that allow us to achieve this, is by creating quality indicators, which are able to describe a simple and efficient soil quality at the same time allow you to compare a specific condition and quality with other are sensitive to the change of the agent that causes it. Several papers indicated that soil management affects edaphic organic carbon, structure, biological activity (worms) and moisture retention, which usually are used as physical, chemical and biological indicators in the study of quality soils (Singer and Ewing, 2000; Karlen et al, 2004.).

These indicators show no favorable changes over time due to soil management, but this variation may decrease if the intensification of management is reduced and if new farming practices are adopted. The assessment of soil quality must be according to Seybold et al (1997) according to the functions that it can play in biodiversity or productivity, the flow of water and solutes in infiltration and damping in nutrient cycling and structural support. SEDIA arises from the need for a statistical system that meets the specifications necessary for the evaluation of soil quality in an automated manner, depending on the function it performs in biodiversity or productivity, water flow and solutes in filtration and damping, in the cycle of nutrients and for structural support.

The design of a statistical system of environmental indicators allows producers to enter relevant to your plot or culture, related to the physical and chemical characteristics of the site data; which are stored and processed according to rules which go vernit. This system is developed under an open source license (free software), designed for small and medium enterprises (individual and business focused producers), with a friendly environment for easy manipulation of this system.

10 Introducción

El suelo como recurso natural

La definición del suelo se visualiza como un cuerpo viviente, natural, dinámico, con funciones primordiales para mantener la productividad de las especies vegetales que en él se establecen; como un recurso en el mantenimiento de la biodiversidad, la calidad del aire y agua, del hábitat y salud humana, esto lo hace vital para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Doran y Parkin, 1994).

Cabe señalar que no existe un concepto único del suelo, está en función de la disciplina de estudio y en edafología es un concepto que ha sido modificado a través del tiempo (Singer y Ewing, 2000).

El suelo tiene seis funciones esenciales en los ecosistemas terrestres (Brady y Weil, 1999):

1) controla el destino del agua en el sistema hidrológico y su purificación, 2) mantiene el desarrollo de plantas superiores proporcionando un medio para sus raíces y suministra los nutrientes que necesitan, 3) proporciona hábitats adecuados para el sostenimiento, diversidad y productividad de la biota del suelo, 4) funciona como un sistema natural de reciclaje de los desechos y residuos de plantas, animales y humanos, 5) constituye la base para la construcción de obras ingenieriles como casas, carreteras, etc., 6) actúa como filtro, proporciona amortiguamiento, inmovilización y desintoxicación de un gran número de productos químicos, residuos industriales y biológicos producidos por el hombre.

El suelo en el ecosistema es considerado como medio de soporte para la vida (Dumanski et al., 1998) por lo cual es necesario preservar e incrementar su calidad. Una de las herramientas que nos permiten lograr lo anterior, es mediante la creación de indicadores de calidad, los cuales son capaces de describir de una manera simple y eficiente la calidad del suelo, al mismo tiempo permiten comparar una condición específica de calidad con otra y son sensibles al cambio del agente que lo provoca.

Calidad del suelo

La definición de calidad de suelo desde un punto de vista ecológico es la capacidad que tiene para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y agua, y sostener la salud humana (Karlen et al., 1997). Este concepto se encuentra en continua evolución (Singer y Ewing, 2000; Karlen et al., 2004).

El criterio de calidad del suelo se ha usado para decidir el mejor uso y manejo del mismo. Por lo tanto, la evaluación de la calidad del suelo es una herramienta enfocada en la dinámica y procesos de sus propiedades que son útiles para la evaluación de la sustentabilidad de las prácticas de su manejo (Karlen et al., 2004).

En varios documentos se ha indicado que el manejo del suelo afecta al carbono orgánico edáfico, la estructura, la actividad biológica (lombrices) y la retención de humedad, que usualmente son usadas como indicadores físicos, químicos y biológicos en el estudio de la calidad del suelos (Singer y Ewing, 2000; Karlen et al., 2004). Estos indicadores muestran cambios no favorables en el transcurso del tiempo a causa del manejo del suelo, pero esta variación puede disminuir si se reduce la intensificación del manejo y si se adoptan nuevas prácticas de cultivo.

La evaluación de calidad del suelo debe hacerse según Seybold et al (1997) de acuerdo a las funciones que éste puede desempeñar en la biodiversidad o productividad, en el flujo de agua y solutos, en la infiltración y amortiguamiento, en el ciclo de nutrimentos y como soporte estructural.

En este sentido la calidad del suelo debe definirse para un tipo de suelo en una zona agro-ecológica específica con condiciones socio-económicas y de manejo del suelo común (Bouma y Droogers, 1998). A partir de esta base, la modelación permitirá el conocimiento de la relación entre propiedades del suelo, su ambiente (paisaje) y su potencialidad productiva en una dinámica temporal, permitiendo la elaboración de indicadores de calidad.

Indicadores de la calidad del suelo

Un indicador es una variable que resume o simplifica información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. Los indicadores deben ser preferiblemente variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas o nominales o de rango u ordinales, especialmente cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, o el atributo no es cuantificable, o cuando los costos para cuantificar son demasiado elevados. Las principales funciones de los indicadores son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, para evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras. Los indicadores deben ser:

Limitados en número y manejables por diversos tipos de usuarios:

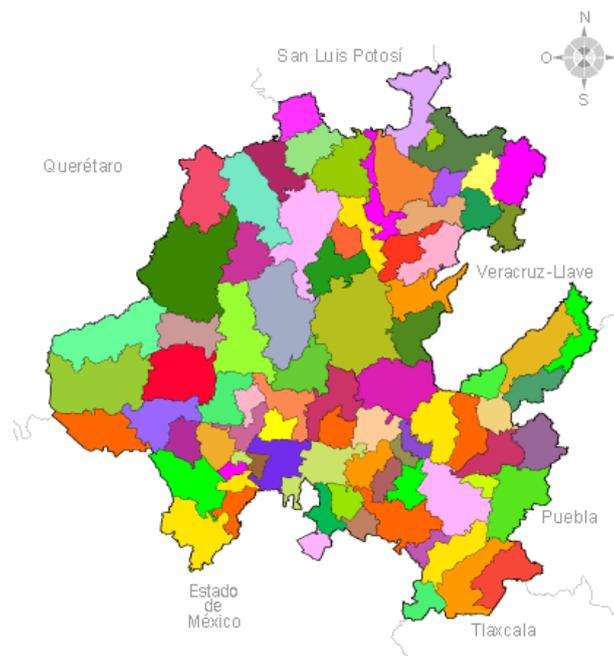
- Sencillos, fáciles de medir y tener un alto grado de agregación, es decir, deben ser propiedades que resuman otras cualidades o propiedades;
- Interdisciplinarios; en lo posible deberán contemplar la mayor diversidad de situaciones por lo tanto incluir todo tipo de propiedades de los suelos (químicas, físicas, biológicas, etc.);
- Tener una variación en el tiempo tal que sea posible realizar un seguimiento de las mismas, asimismo, no deberán poseer una sensibilidad alta a los cambios climáticos y/o ambientales pero la suficiente como para detectar los cambios producidos por el uso y manejo de los recursos.

Tomando como referencia la necesidad de tener un sistema estadístico que cubra con las especificaciones necesarias para la evaluación de la calidad del suelo de manera automatizada, dependiendo de la funcionalidad que éste desempeñe en la biodiversidad o en la productividad, en el flujo de agua y solutos, en la infiltración y amortiguamiento, en el ciclo de nutrimentos y como soporte estructural. El propósito de este trabajo crear un sistema estadístico de información que permita realizar el cálculo de indicadores ambientales, el cual cubra con las especificaciones básicas para la evaluación de la calidad del suelo, agua y planta, en menor tiempo y con mayor precisión.

10.1 Materiales y métodos

Análisis de mercado

El Estado de Hidalgo, se localiza en la zona central de la República Mexicana. Colindando al norte con los estados de San Luís Potosí y Veracruz al este con el estado de Puebla, al sur con los estados de Tlaxcala y México y al oeste con el estado de Querétaro. Tiene una extensión de 20 813 kilómetros cuadrados (Km²), por ello ocupa el lugar 26 a nivel nacional.

Figura 10 Mapa del Estado de Hidalgo

Mercado meta

En el estado de Hidalgo hay 2.1 millones de hectáreas de las cuales el 29% se utilizan en la agricultura, 22% de áreas forestales (INEGI, 2013).

En la entidad existen 298,309 unidades de producción rural que bien podrían ser captadas como clientes de SEDIA ya que debido a estándares agrícolas cada una debe hacer mediciones del suelo que utilizan para su cultivo con lo cual garantizan la prosperidad de sus cosechas.

La posibilidad de introducir a SEDIA dentro del Estado de Hidalgo como una herramienta de mejora cuya funcionalidad está determinada por realizar cálculos de las condiciones del cultivo representa una oportunidad de posicionar al software dentro del sector Agrícola del estado.

Este posicionamiento se pretende mediante la exposición de las ventajas del sistema ante un grupo de posibles usuarios quienes se verían beneficiados de la potencialidad del mismo.

Competencia

Los sistemas de Indicadores Ambientales actualmente existentes solo cuentan con una base de datos que permite acceder a la información, lo cual representa una ventaja competitiva para SEDIA que mediante un software calcula e imprime reportes sobre la situación ambiental en la que se encuentra un cultivo tomando en cuenta variables de suelo, agua y la planta.

Tabla 10 Competencia mercantil de SEDIA

Nombre	Precio	Servicio al cliente	Variedad o especialidad	Localización
SNIA Sistema Nacional de Indicadores Ambientales	Gratuito	Información textual	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetación. • Suelos • Biodiversidad. • Atmósfera • Agua • Residuos. 	SEMARNAT*1 (México)
SIAC Sistema de Información Ambiental de Colombia	Gratuito	Información de Gestión y Difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Ecosistemas de Bosques. • Agua. • Clima y Aire • Biodiversidad. • Suelo y Subsuelo. • Uso de recursos naturales. 	SINA*2 (Colombia)
SEDIA Software Estadístico de Indicadores Ambientales (México-UPFIM)	\$ 69.27	Software Estadístico	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo • Agua • Planta 	Hidalgo México

Análisis FODA

A continuación se muestra el análisis FODA elaborado para el software SEDIA.

Tabla 10.1 Análisis FODA-SEDIA

	Oportunidades	Amenazas
Factores Externos Factores Internos	O1: Implementación de georreferenciación. O2: Identificación de condiciones meteorológicas. O3: Evolucionar a plataforma móvil. O4: Abarcar la República Mexicana como mercado. O5: Obtener mayor grado de conocimiento.	A1: Piratería. A2: Plagio A3: Competencia. A4: Ataques informáticos mediante software malicioso. A5: Compatibilidad con otros sistemas.
Fortalezas	Estrategias FO <ul style="list-style-type: none"> • Crear opciones dentro de la aplicación que permita georreferenciar regiones y conocer condiciones climáticas. • Debido al crecimiento de las tecnologías, SEDIA es adaptable a todas las aplicaciones. • Posicionamiento estratégico en el mercado. 	Estrategias FA <ul style="list-style-type: none"> • Registrar el software ante INDAUTOR. • Debido a que es un software libre su costo es muy económico y accesible al público. • Aplicar protocolos de seguridad y a creados. • Capacitar a los usuarios del sistema empleando habilidades del grupo multidisciplinario.
Debilidades	Estrategias DO <ul style="list-style-type: none"> • Certificar a los programadores en ORACLE. • Constituir una empresa como persona MORAL. • Adquirir un espacio para recepción de clientes. 	Estrategias DA <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación en seguridad de software. • Registro de Software. • Manejar plug-in para la adaptación y compatibilidad con otros sistemas.
D1: Poca experiencia en desarrollo de software. D2: Falta de conocimiento en negocios y ventas. D3: No se cuenta con un espacio fijo de trabajo. D4: No hay constitución como entidad económica.		

10.2 Resultados y discusión

Diseño de Software SEDIA

El diseño del Sistema Estadístico de Indicadores Ambientales (SEDIA) permite que los productores ingresen datos relacionados con su parcela o cultivo, estos datos son obtenidos de análisis previamente realizados, como por ejemplo parámetros físicos, químicos de muestras de suelo y agua; los cuales son almacenados y procesados de acuerdo a las normas mexicanas con las cuales se rigen, para así dar resultados como porosidad, textura, humedad entre otros; sin la necesidad de realizar los cálculos de forma manual.

De manera fácil y rápida, los productores agrícolas tendrán un análisis automatizado con resultados, incluso de forma impresa, ya que los datos son recopilados y agrupados en una sola hoja en formato pdf.

El sistema está desarrollado bajo una licencia de opensource (software libre), pensado en pequeñas y medianas empresas (negocios enfocados particulares y enfocado hacia lo productores), con un ambiente amigable para la fácil manipulación de este sistema.

A continuación se muestra la pantalla principal de acceso a SEDIA (figura 2) en donde el usuario encontrara las opciones de Suelo, Agua y Parcela/Cultivo. Al pasar por cada una de estas opciones el usuario podrá visualizar las opciones que cada una de ellas ofrece.

Figura 10.1 Pantalla inicial de acceso a SEDIA



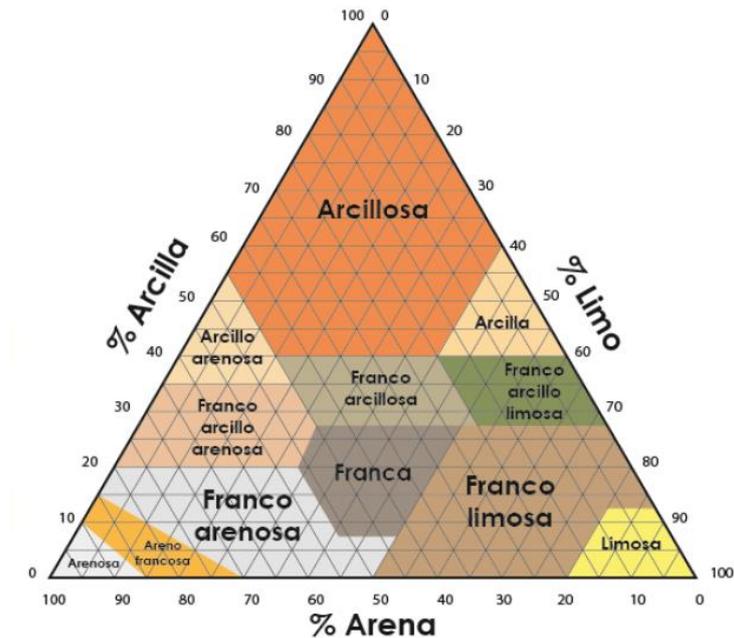
En la primera opción de Parcela/Cultivo el usuario deberá ingresar datos referents a su parcela, ubicación, sistema (riego o temporal), variables fisiológicas del cultivo; datos que ayudarán a mostrar una hoja de resultados de manera más concreta y específica (figura 3).

Figura 10.2 Pantalla Parcela/Cultivo

En la opción de Suelo el usuario encontrara los parámetros físicos y químicos, los cationes extractables y aniones, divididos en cuatro pestañas de la ventana, (Figura 4). Al ingresar los datos correspondientes a la partículas del suelo como son arcilla, arena y limo, el usuario podrá visualizar el tipo de textura que presenta su suelo a través del triángulo de textura. (Figura 5).

Figura10.2 Pantalla Suelo

Figura10.3 Triangulo



En la última opción correspondiente al Agua, el usuario encontrará los parámetros químicos y físicos relacionados con ella (figura 5).

Al igual que en la opción anterior (suelo), el usuario tendrá la opción de salvar su información y se se mostrará un documento en fomato .PDF (figura 6) en donde se visualizarán loa datos ingresados y los resultados obtendios para su fácil comprensión y análisis por parte de los productores, dichos resultados les permitirá realizar enmiendas de fertilidad para sus cultivos en función de la zona agrícola en que se ubiquen.

Figura10.4 Pantalla Agua

Aguas	
Parámetros Químicos	Parámetros Físicos
DQO (mg ⁻¹ -l):	<input type="text"/>
Nitratos (N+NO ₃) (mg ⁻¹ -l):	<input type="text"/>
Nitritos (N+NO ₂) (mg ⁻¹ -l):	<input type="text"/>
Amonio (N+NH ₄) (mg ⁻¹ -l):	<input type="text"/>
Nitrogeno Total (mg ⁻¹ -l):	<input type="text"/>
mg ⁻¹ -l PO ₄ -l:	<input type="text"/>
PH (Potencial de Hidrogeno):	<input type="text"/>
Conductividad Eléctrica (dS/cm):	<input type="text"/>
Alcalinidad (mg ⁻¹ -l CaCO ₃):	<input type="text"/>
Dureza Total (Ca+Mg) mgCaCO ₃ /l :	<input type="text"/>

Figura 10.5 Reporte de análisis



Software Estadístico de Indicadores Ambientales

Reporte Final

ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD Y EXTRACTO DE SUELOS

INFORMACIÓN GENERAL			
Propietario: Hernandez Granados Milton	Clima: Templado-Humedo	Cultivo: Maíz	Ciclo agrícola: Primavera-Verano
Municipio: Fco. I Madero	Temperatura: 36°C	Sistema: Riego	
Estado: Hidalgo	Humedad relativa: 35%	Variedad: Esmeralda	
Coordenadas (UTM): 10, 22	Precipitación: 42%	Tipo: Maizera	

VARIABLES DE CULTIVO		
Longitud de espiga: 25.33cm	% Germinación: 70	Rendimiento: 15
Altura de planta: 42cm	% Viabilidad germinativa: 65	Volumen de producción: 19
Días de floración: 15	Superficie sembrada: 20m	Materia seca: 25
Días de madurez: 33	Superficie cosechada: 21m	Peso hectolírico: 34

CARÁCTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO			
Arena: 30%	Arcilla: 15%	Limo: 55%	
Humedad: 35%	M.O.: 32	Color: 0x86D0FD	Seco: 0x00865A
Porosidad: 15%	E.P.: 13%	Densidad Real: 23	Aparente: 18
Volumen de agua: 33	Índice Estructural: 34	Aireación: 21m	Índice Encostramiento: 24

FERTILIDAD										
Muy alto										
Alto										
Medio										
Bajo										
Muy bajo										
COMPONENTE	C.E.	C.E.	C.O.	P(Alcalino)	K	Ca	Mg	Na	CIC	Sulfatos
UNIDADES	ds/cm	ppm	?	ppm	meq/g	meq/g	meq/g	meq/g	meq/g	Ppm
RESULTADO	15	10	8.12	20	10	13	1	2	19	8

Parámetros Químicos	Cationes	Aniones
PH: 8	K: 10	Sulfatos: 8
M.O.: 14	Ca: 13	Cloruros: 7
N-Total: .21	Mg: 1	Carbonatos: 9
	Na: 2	Bicarbonatos: 5
	CIC: 19	

Parámetros Físicos	Parámetros Químicos
Sólidos totales: 6	PH: 47 Muy Alcalino
Sólidos disueltos: 3.78	Dureza total: 125 Moderadamente blandas
Sólidos suspendidos: 9.27	

FERTILIDAD								
Muy alto								
Alto								
Medio								
Bajo								
Muy bajo								
COMPONENTE	DQO	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄	N-Total	PO ₄ ³⁻	C.E.	Alcalinidad
UNIDADES	Mg*L ⁻¹	ds/cm	Mg*L ⁻¹					
RESULTADO	4	51	8	21	14	144	5	7

Ventaja competitiva

Con la implementación de este sistema, el usuario obtendrá información que le ayudara a realizar una toma de decisiones eficientes en cuanto a su cultivo o parcela, y por ende, obtener ganancias de su producto en lugar de pérdidas de inversión. Con ello el productor siempre logrará buenas cosechas y con el tiempo se posicionara dentro de un mercado extenso donde él sea el beneficiado. Actualmente en el mercado no existe algún software similar que satisfaga las necesidades de nuestros clientes. Este software está dirigido a los profesionales encargados para la medición de la calidad de suelo, sin dejar de lado a los productores agrícolas.

Durante la investigación se realizaron una serie de pruebas en las cuales se obtuvo un resultado demasiado satisfactorio para SEDIA, ya que un investigador que desea obtener los cálculos estadísticos tarda un aproximado de dos horas y media con su respectivo análisis, y en SEDIA es reducido a un aproximado de 5 minutos. Otra de las ventajas de SEDIA es que esta desarrollado bajo una licencia de opensource (software libre) y por lo tanto el precio de este software es atractivo al comprador. A continuación se muestran específicamente las ventajas de SEDIA.

- Únicos

Actualmente en el mercado no existe algún software similar que satisfaga las necesidades de nuestros clientes. Este software está dirigido a los profesionales encargados para la medición de la calidad de suelo, sin dejar de lado a los productores agrícolas.

- Eficaz

Con la implementación de este sistema, el usuario obtendrá información que le ayudara a realizar una toma de decisiones eficientes en cuanto a qué hacer con su cultivo o parcela, y por ende, obtener ganancias de su producto en lugar de pérdidas de inversión. Con ello el productor siempre logrará buenas cosechas y con el tiempo se posicionara dentro de un mercado extenso donde él sea el beneficiado.

Tabla 10.2 Grado de eficacia de SEDIA y el analista estadístico

	Tiempo	Costo	Efectividad	Puntuación
SEDIA	90%	92%	88%	270%
Analista Estadístico	35%	10%	60%	105%

- Reducción de tiempo

Durante la investigación se realizaron una serie de pruebas en las cuales se obtuvo un resultado satisfactorio para SEDIA, ya que un analista de datos que desea obtener los cálculos estadísticos tarda un aproximado de dos horas y media con su respectivo análisis, y en SEDIA es reducido a un aproximado de 5 minutos.

Tabla 10.3 Tiempo y costo del servicio del análisis de los Indicadores Ambientales

	Tiempo total de análisis	Costo de servicio	Costo total por el servicio terminado
SEDIA	5 minutos	% 150.00	\$ 150.00
Analista estadístico	Menor a 2 días	\$ 500.00 por 5 horas	\$ 22,500

Tabla 10.4 Datos comparados en el registro de datos estadísticos (tiempo y error humano)

	Tiempo de captura de datos	Error de captura de datos
SEDIA	3 a 10 minutos	0
Analista estadístico	Mayor a 2 horas	40%

- Plan de Marketing

En base al análisis financiero realizado para la venta y distribución del software SEDIA se obtuvieron los siguientes resultados:

- Precio

Se pretende manejar dos tipos de precio el primero por licencia de usuario y el segundo por adquisición de derechos de reproducción. Para el primero el costo de determino mediante el método de costos unitarios con el que se contempló los elementos de creación del software. El segundo se estableció mediante el método contable COCOMO el cual considera el esfuerzo humano, las línea de código así como los elementos concernientes a la elaboración de SEDIA.

Tabla 10.5 Precio de SEDIA

Tipo de producto	Costo por unidad
Licencia de usuario	\$ 69.27
Derechos de reproducción	\$ 6,927.00

Distribución

SEDIA se destruirá como instancia en el estado de Hidalgo principalmente en el Valle del Mezquital por su gran proporción de áreas de cultivo que en consecuencia se lograría una mayor captación de clientes por el gran número de parcelas. Este software se distribuiría en lugares estratégicos como centros de venta de herramientas y recursos agrícolas además de colocar están en foros o ferias agrícolas y lugares donde se brinden estos servicios.

10.3 Conclusiones

Con SEDIA muchos agricultores y/o productores obtendrán el estado del medio ambiente en que desarrollan sus cultivos, adquiriendo por ello un gran valor como herramienta en los procesos de evaluación y de toma de decisiones sobre los problemas ambientales.

- Se desarrolló una aplicación funcional para el cálculo de indicadores ambientales por medio de la automatización de las operaciones que se llevan a cabo para realizar dichos cálculos.
- Se cumple la reducción de tiempo en el que se realizaban estos cálculos del análisis de indicadores ambientales.
- Se realizó un análisis de las necesidades de los productores agrícolas, con el cual se construyó una aplicación funcional.
- Con el desarrollo de la aplicación se logró que los productores usaran un sistema amigable, de fácil acceso y uso, con la cual realizan sus cálculos más fácilmente y rápidamente.

10.4 Referencias

Brady, N.C., Weil R.R. (1999). The nature and properties of soils. 12th edn. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey. 863pp.

Bouma J., Droogers, P. (1998). A procedure to derive land quality indicators for sustainable agricultural production. *Geoderma* 85: 103-110pp.

Doran, J.W., Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. pp. 3-21. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, B.A. Defining and assessing soil quality for sustainable environment. Soil Science Society of America, Special Publication 35. Madison, Wisconsin.

Dumanski, J., S. Gameda and C. Pieri (1998). Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington, D.C.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. (1997). Soil quality: A concept, definition and framework for evolution. *Soil Science Society of America Journal* 61: 4-10 pp.

Karlen, D.L. (2004). Soil quality as an indicator of sustainable tillage practices. *Soil & Tillage Research* 78: 120-130pp.

Seybold, C.A., Herrick, J.E. (2001). Aggregate stability kit for soil quality assessments. *Catena* 44: 37-45pp.

Singer, M.J., Ewing S. (2000). Soil quality. In: M.E. Summer (ed) *Handbook of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 271-298pp.