

SISTEMA INFORMATIZADO DE SUELO EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE SERVICIOS CIENTÍFICOS AGRARIOS.

Lisbet Font Vila¹, Ricardo Montero Casas², Ramón Lamadrid Mandado², Bernardo Calero Martín³, Luisa Mendoza Rodríguez², Pavel Chaveli Chávez², Jorge Castillo Acanda², Norma Roldán Viamontes² y Yaima Viltres Cisneros².

RESUMEN

La Ciencia del Suelo constituye la base para el estudio de problemáticas como son el cambio climático y la desertificación. Los cuantiosos datos que proporcionan los estudios de suelos, sirven para satisfacer las demandas de la sociedad y las decisiones políticas. El desafío actual, es lograr disponer de esa información de manera precisa, cuantitativa, accesible, comprensible y adecuarla a las necesidades de los nuevos requerimientos. En este sentido, se elaboró un proyecto para la informatización, evaluación, recomendación y control de la información del suelo para su mejor utilización; se diseñó el sistema, a partir de los procesos que contempla el servicio científico del Instituto de Suelo de Cuba (Servicio analítico, cartografía y evaluación de suelos, nutrición y fertilidad y conservación, uso y manejo de suelos). Se obtuvo un Sistema Integrador de Datos de Suelo (*SIDS*), para el manejo eficiente de la información en la gestión de la agricultura en la producción de alimentos y conservación de la calidad del suelo. Este sistema, lo conforma un paquete de *software* que integran y procesan la información (*SARLAB*, *REGIFERT*, *SEMCAS* y *SIG MDS*), para agilizar la respuesta al productor sobre el estado del suelo, organizar el flujo de la información y control de la gestión del servicio para un incremento de la eficiencia económica.

Palabras clave: agricultura, manejo sostenible, sistema integrado de datos de suelo.

Computerized system of soil in the sustainable management of agrarian scientific services.

ABSTRACT

The Soil of Science constitutes the base for the study of problematic, as they are the climatic change and the desertification. The considerable data that provide the studies of soils are good to satisfy the demands of the society and the political decisions. The current challenge is to be able to have that information in a precise, quantitative, accessible, comprehensible way and to adapt it to the necessities of the new requirements. In this sense, was elaborated a project for the computerization, evaluation, recommendation and control of the soil information, for their best use. It was designed the system with from the processes that it contemplates the scientific service of the Institute of Soil of Cuba (analytic service, cartography and evaluation of soils, nutrition and fertility and conservation, use and handling of soils). An integrative system of data of soil was obtained (*SIDS*), for the efficient handling of the information in the administration of the agriculture in the production of foods and conservation of the soil quality. This system, conforms it a software package that you/they integrate and they process the information (*SARLAB*, *REGIFERT*, *SEMCAS* and *SIG MDS*), to speed up the answer

¹DraC. Lisbet Font Vila, Profesor Instructora e Investigador Auxiliar de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Camagüey. Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. e-mail: lisbet.font@reduc.edu.cu; ²UCTB de Suelos. Camagüey, Cuba; ³Instituto de Suelos, MINAG, La Habana, Cuba.

to the producer on the state of the soil, to organize the flow of the information and control of the administration of the service for an increment of the economic efficiency.

Key words: agriculture, sustainable handling, integrated soil data system.

INTRODUCCIÓN

El servicio agrario y la preservación del medio ambiente, exigen el monitoreo y control de la calidad, salud, fertilidad y degradación de los suelos, el conocimiento preciso de sus características hidrofísicas y químicas y la disponibilidad de prácticas de control para hacer evaluaciones, predicciones y recomendaciones más adecuadas en vistas a la sostenibilidad de los agroecosistemas. Esta información presentada en informes, integrados por mapas, textos, tablas y gráficos, son especialmente elaborados para productores agropecuarios, profesionales, cooperativas agrarias, asociaciones de productores, académicos y docentes.

El Instituto de Suelos, es una entidad de ciencia e innovación tecnológica que tiene como misión, proveer la base científico-técnica para el uso adecuado y protección de los suelos, haciendo énfasis en los cultivos que generan fondos exportables y disponibilidades alimentarias. Para el desempeño de su actividad se identifican tres áreas fundamentales de acción: Génesis, cartografía y evaluación de suelos; Nutrición, fertilidad y biología de los suelos y Conservación, uso y manejo de suelos (Instituto de Suelos, 2011). Se han obtenido importantes resultados científicos para la producción de alimentos y la conservación de este recurso natural, lo cual ha permitido ofertar servicios científico técnico al sector productivo y a otros organismos que se relacionan con este componente ambiental. Además, se cuenta con una amplia base de datos (BD), mapas e información sobre el estado del recurso suelo a diferentes escalas en el territorio nacional que

incluyen cuatro inventarios nacionales que permitió conocer el estado y distribución de los suelos y las áreas afectadas por diversos procesos de degradación (Instituto de Suelos, 1999).

Sin embargo se carece de un sistema integrador de datos de suelo informatizado y relacionado que permita actualizar los inventarios del estado del recurso suelo, debido a la escasez de *software* de evaluación en algunos servicios que se ofertan e incompatibilidad de los formatos que soportan actualmente la información para su vinculación e integración que posibiliten obtener mayores impactos de los resultados. En este sentido, se elaboró un trabajo con el objetivo de diseñar un Sistema de BD de suelo informatizado y relacionado, para el manejo eficiente de la información en la gestión sostenible de servicios agrarios para la producción de alimentos y conservación de la calidad del suelo con la rapidez que demanda el sector productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño del sistema informatizado, así como su desarrollo se utilizó como metodología el Proceso Unificado de Desarrollo de *Software* (Jacobson *et al.*, 2000), el cual es guiado por casos de usos, centrado en la arquitectura del sistema y con una política de desarrollo interactiva e incremental para el cumplimiento de los objetivos propuestos en cada fase de ejecución. Además, se consideraron los riesgos de desarrollo del *software*, los requerimientos, el análisis del diseño y la definición de la arquitectura. Cada diseño de *software* contiene un expediente con todos los artefactos generados por la metodología. Los

mismos están basados en los procesos fundamentales: el proceso analítico (FP.LS.10), el proceso de clasificación y evaluación de los suelos, el proceso de conservación y mejoramiento de los suelos (FP.CM.08) y el Pedólogo Agroquímico (FP.SA.09), (Font *et al.*, 2013a), que agrupa toda la documentación existente de forma aislada en un documento descriptivo único y ordenado, con la descripción secuencial del proceso a realizar, al brindar los servicios científico técnico que oferta el Instituto de Suelos.

Para la obtención del paquete de *software* que conforma el sistema integrador de datos, se utilizó el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, con soporte de BD hacia MySql Server y un controlador ODBC, además, el MapBasic implementado en MapInfo para la personalización de las acciones a realizar sobre dicha base cartográfica y BD asociadas. Las diferentes aplicaciones se conectan al catálogo de datos del Sistema Integrador de

Datos de Suelos a través de la red en caso de no encontrarse publicado en el mismo computador.

Los requisitos de *software* para la instalación y su correcto funcionamiento son: Sistemas Operativos: Windows XP, Controlador MySQL ODBC 5.1, Microsoft Access 2003, Visual Basic 6.0, Xampp-win32- 1.6.7, MapInfo versión 9.0. Los requisitos de *hardware* son: Procesador: Pentium III 1.0 GHz (Celeron 1.0 GHz) o superior, Memoria RAM: 128 Mb como mínimo, al menos 400 Mb libres en el disco duro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el modelo de negocio a partir de la identificación de los casos de usos y se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales. A continuación se representa un resumen del modelo de negocio de la entidad y la relación entre los casos de usos (Figura 1).

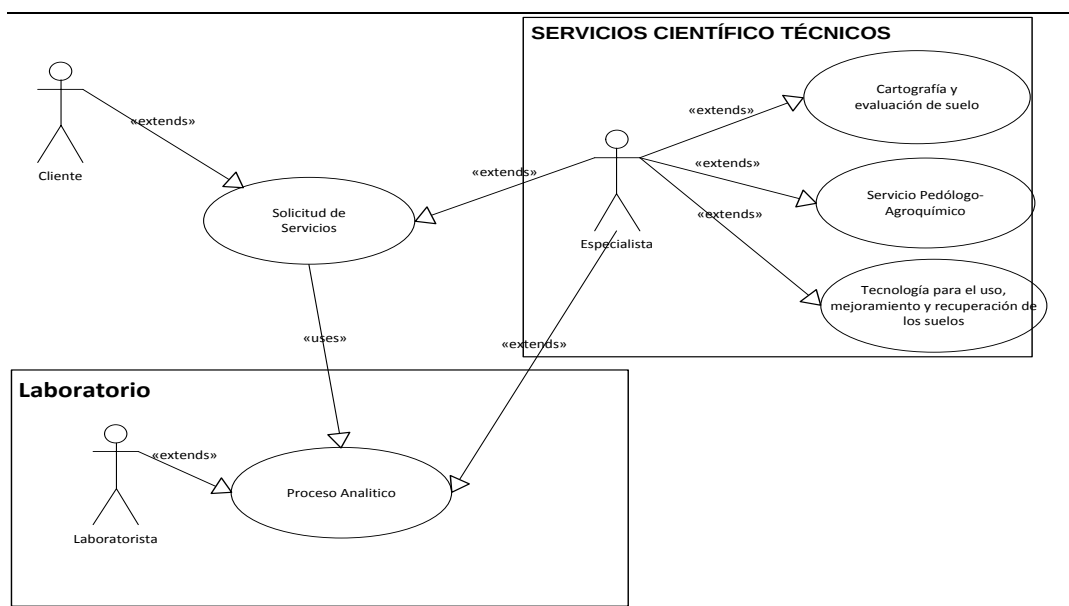


Figura 1: Modelo de negocio de la entidad (resumen).

Se realizó el diseño conceptual del sistema, que se concibe como una aplicación web que permite desde una página de inicio acceder a los diferentes procesos informatizados que componen el proyecto, las aplicaciones y servicios de publicación de mapas están relacionados entre sí para facilitar el intercambio de información entre estas. Se elaboró el diseño lógico y físico del sistema, los módulos principales en que se dividen son: Web Integrador, Visor de mapas, Mapas Temáticos, Publicador de Mapas, Almacén de Datos, Almacén de Datos Espaciales, Módulo de evaluación y recomendaciones y Aplicaciones de control y registros (Font *et al.*, 2013a).

Se desarrollaron los siguientes prototipos de sistemas y aplicaciones:

Sistema Integrador (SIDS): Esta interfaz permite que en una sola aplicación, se pueda acceder a las opciones implementadas en los diferentes sistemas que conforman el sistema integrador de datos de suelos (Figura 2). Mediante esta herramienta se puede acceder a los diferentes sistemas en dependencia de la solicitud del cliente, Sistema administrativo de resultados de laboratorio (SARLAB), Sistema para la evaluación de la fertilidad del suelo y recomendaciones agroquímicas de los cultivos (REGIFERT), *software* para la evaluación y monitoreo de la calidad de los suelos (SEMCAS) y el SIG: Mapa digital de Suelo 1:25000 (MDS). Los detalles para su operación aparecen descritos en los Manuales de Usuarios de cada aplicación (Font *et al.*, 2013b).



Figura 2: Algunas aplicaciones del SIDS.

SARLAB: Las muestras obtenidas por los servicios especializados y proyectos son analizadas en los Laboratorios de Suelos. El productor u otro usuario pueden acceder a determinaciones analíticas (físicas, químicas y biológicas) en suelos, y obtener análisis para calidad, diagnóstico de fertilidad y análisis mineralógicos y morfológicos que le permitan realizar evaluaciones agroproductivas, de factores limitantes y de la efectividad de medidas

de conservación y mejoramiento de suelos (Figura 3).

REGIFERT: Brinda el servicio de recomendaciones agroquímicas por el área de Fertilidad, biología de suelos y nutrición de las plantas. Las instrucciones normativas para los diferentes cultivos o grupos de cultivos contienen, de manera pormenorizada, las particularidades correspondientes a los mismos y forman parte del proceso (Figura 4).



Figura 3: Algunas aplicaciones del SARLAB.



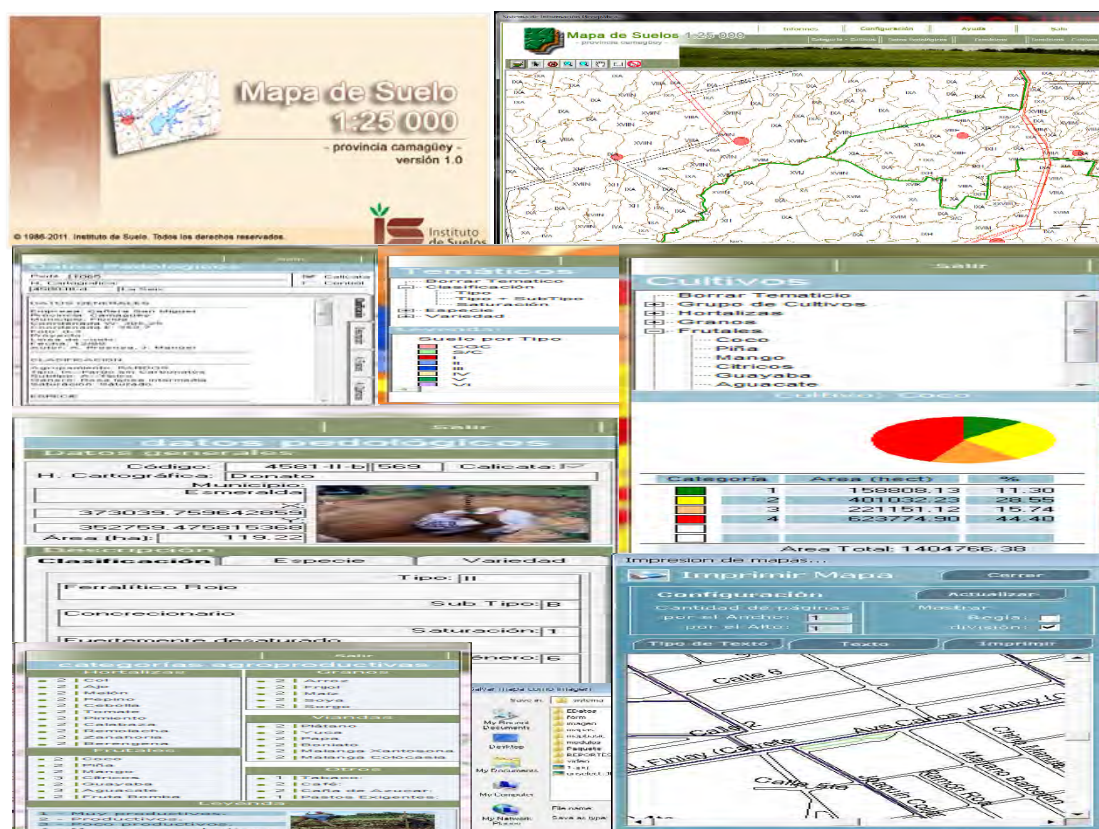
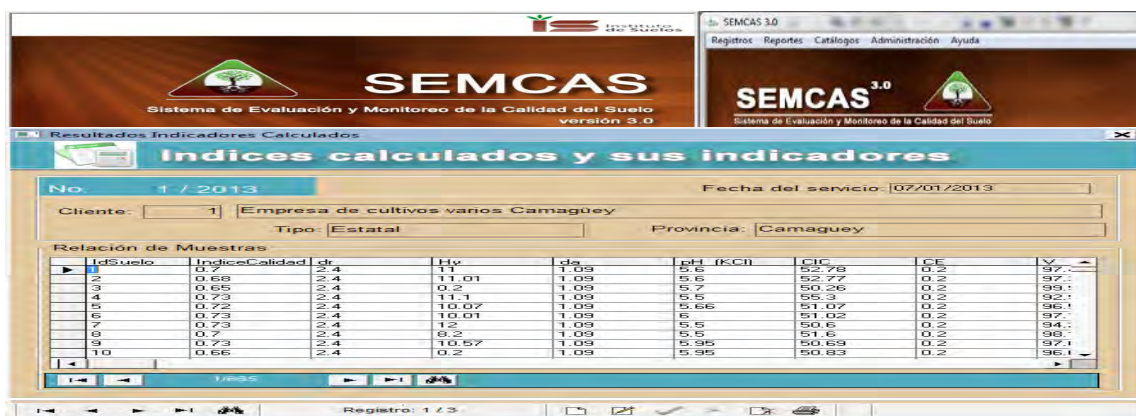
Figura 4: Algunas aplicaciones del REGIFERT.

SEMCAS: Brinda el servicio de recomendaciones para el uso, mejoramiento y conservación de los suelos a partir del monitoreo del índice de calidad del suelo así como la evaluación de impactos ambientales producto de la aplicación de la capacidad tecnológica sobre este recurso natural. Este *software*, se basa en una estructura modelo que posibilita combinar funciones, procesos e indicadores físicos, químicos y biológicos en la obtención de un índice cuantitativo de la calidad del suelo (ICS) permite la toma de decisiones, cambios en las estrategias, metodologías de trabajo y políticas relacionadas con el uso y manejo sostenible de los suelos para la

protección y vigilancia de este recurso natural (Figura 5).

MDS: Brinda el servicio de clasificación y evaluación de los suelos a partir de estudios de suelo en campo y laboratorio, determinación de factores limitantes, evaluaciones agroproductivas de los suelos, cartografía y clasificación de los suelos. A partir de la integración de toda la taxonomía que caracterizan el mapa básico de suelos 1:25 000 y viabilizar los estudios y las consultas que se realizan sobre el mismo, se creó un SIG sobre la plataforma de Visual Basic 6.0 y el

de suelos y su BD asociada con todos los atributos que caracterizan las unidades clasificadoras que las componen (Figura 6).



Mediante esta herramienta, se pueden realizar análisis espaciales, búsqueda de información y representación temática de cada uno de las variables que integran el mapa, teniendo aplicación en la evaluación de los factores limitantes y los potenciales agro productivos de los suelos de la provincia, lo que trae consigo el enriquecimiento de la información; además permite interrelacionar con las imágenes Raster, red de cuadrículas cada un kilómetro, carreteras y vías férreas principales, red hidrográficas, límite de cuencas hidrográficas, ubicación de las hojas cartográficas y límites municipales. Resulta además, una importante fuente de consulta para investigadores y especialistas de diferentes organismos que requieren del conocimiento y uso de este importante recurso natural, que es el suelo.

Los datos procesados por dichas herramientas informáticas son almacenados en la BD creada

para contener la información del Sistema Integrador de Datos de Suelo, el cual es publicado por una instancia de MySQL server.

Después de instalado el paquete, se accede a su uso mediante la clave de entrada y conectando a través del controlador ODBC. Para la configuración del acceso a datos es necesario ejecutar cada aplicación según la demanda del servicio, a través de la cuenta de administrador contenida en la misma (Figura 7), utilizando la contraseña proporcionada por defecto, la cual debe de ser cambiada durante el período de utilización de la aplicación para prevenir accesos no autorizados a la misma. Luego se procede a configurar el acceso a las bases de datos utilizando la opción de **Conexión** contenida en el menú de **Administración**.



Figura 7: Inicio de la aplicación.

Para la configuración de la conexión hacia la BD es necesario brindar la información solicitada en el formulario, una vez introducida lo referente al servidor, puerto, usuario y contraseña se procede a

verificar la conexión con el servidor y a su vez mostrará las BD compatibles con SIDS dando clic en el botón de conectar con el servidor (Figura 8).



Figura 8: Botón de conectar con el servidor (A) y Botón de aceptar (B).

En caso de estar correctamente los parámetros de conexión, se muestran las BD que pueden ser utilizadas por el SIDS, posterior a la selección de dicha BD se procede a salvar la configuración utilizando la opción de actualización. Establecida satisfactoriamente la conexión a las BD, se puede comenzar con el uso del SIDS sin necesidad de configurar en cada arranque del sistema los parámetros de conexión solicitados en la ilustración anterior.

La interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI (*graphical user interface*) es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz. Su principal uso, consiste en proporcionar un entorno visual sencillo para permitir la comunicación con una máquina o computador. La Tabla 1 describe los elementos principales que conforman la interfaz principal de SIDS.

Tabla 1. Elementos que conforman la interfaz principal.

Elemento	Descripción
Barra de título	En su extremo izquierdo muestra el icono de control de la ventana. A la derecha de este icono, el título del objeto y en su extrema derecha el botón de cerrar. El icono de control posibilita las acciones restaurar, mover, modificar tamaño, minimizar, maximizar y cerrar la ventana activa.
Barra de menú	Permite el acceso a diferentes opciones de control de la aplicación como un medio que proporciona al usuario un procedimiento sencillo para utilizarlos. Las opciones que conforman la barra de menú son: registros, reportes, catálogos, administración, ayuda.
Barra de acceso rápido.	Contiene los iconos de las opciones más usuales y constituyen la forma más fácil de acceder a estos. Esta barra no permite moverse de su posición inicial, la cual siempre estará disponible en la parte inmediata inferior de la barra de menú.
Barra de estado	Muestra información de interés acerca de la aplicación, tal como el usuario que ha iniciado sección de trabajo. Incluye el nombre de la empresa según datos de configuración de la aplicación y parámetros de la conexión necesarios para determinar la ubicación de las BD.

Cuando se selecciona un elemento desde la barra de menú SIDS, muestra un menú desplegable o menú *drop-down*, que contiene los tópicos principales para la opción seleccionada. Si elige una opción que posee una flecha en el extremo derecho SIDS le mostrará otro menú asociado con la opción escogida. Usted puede continuar

seleccionando opciones de menú hasta encontrar la deseada (Tabla 2).

En general, este paquete de *software* constituye una herramienta práctica que elimina el uso engorroso de cálculos manuales y perfecciona las interpretaciones coincidiendo con Paz (2011) y Smart Growing intelligently (2011).

En Cuba existen experiencias de sistemas automatizados para el servicio de recomendaciones de fertilización y enmiendas para el cultivo de la caña de azúcar, tiene implantado el INICA en todo el país con resultados económicos comprobados (Valencia Núñez, 1999; Pineda Ruíz *et al.*, 2000; Cabrera Chacón *et al.*, 2004). También el Software SOLMEJ 1.0, para el cálculo de mejoradores químicos en suelos con salinidad (Cintra y Otero, 2012).

En Venezuela, la Corporación Petroquímica posee un sistema automatizado de manejo de nutrientes (SAMÁN), mediante un software para las recomendaciones de fertilización de los principales cultivos. Sin embargo, el SIDS es el primer producto digital que se obtiene en el Instituto de Suelos del MINAG con una visión integral de la evaluación de los suelos y puede ser introducido en todas las dependencias de la red nacional. El impacto económico del producto va dirigido al incremento de la eficiencia económica.

Tabla 2. Opciones de la barra de menú.

Menú	Función
Registros	Adiciona, guarda, elimina o cancela registros en la BD del sistema referente a los registros de clientes, solicitudes de servicios y resultados analíticos físicos o químicos.
Reportes	Permite el acceso a visualizar e imprimir la variedad de informes de salida disponibles en SIDS.
Catálogos	Permite el acceso a visualizar e imprimir la variedad de catálogos utilizados en SIDS para garantizar la compatibilización con la información procesada por el resto de las aplicaciones que conforman el sistema integrador de datos de suelos.
Administración	Contiene las opciones de configuración del sistema como son las referentes a los parámetros para la conexión, los datos de la empresa que utiliza el SIDS y el registro de usuarios autorizados a iniciar sección en la aplicación.
Ayuda	Brinda acceso a la ayuda y soporte de SIDS.

Los productos obtenidos permiten incrementar entre siete y 10 veces la productividad de los especialistas al aumentar el número de muestras a procesar y la reducción del tiempo en su procesamiento, reduce en un 80% el tiempo de ejecución de los trabajos aumentando considerablemente la precisión de los resultados, además de humanizar considerablemente el trabajo de los especialistas y técnicos (Tabla 4).

Las empresas, unidades y productores independientes pueden hacer uso de los servicios técnicos que oferta el Instituto de Suelos, según sea el caso, en un plazo de tiempo menor entre el

muestreo del suelo y la entrega del servicio, que es la respuesta que la agricultura requiere en estos momentos, contribuyendo así al incremento de la producción para un aporte mayor de la cantidad de alimentos para la población.

Desde el punto de vista medioambiental se puede monitorear el estado de la calidad de los suelos, actualizar el inventario de este recurso a través del sistema integrador de bases de datos, aplicar sistemas de alerta temprana con vistas al monitoreo ambiental y con fines regulatorios, a través del registro que se va realizando simultáneamente con la entrada de los datos al

Web integrador, lo que posibilita el análisis en un momento determinado de la situación del suelo con el manejo utilizado y permite realizar estrategias oportunas para evitar la pérdida de la capacidad productiva con el tiempo.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un SIDS para el manejo eficiente de la información en la gestión de los servicios agrarios para la producción de alimentos y conservación de la calidad del suelo.

Se generó un paquete de *software* que integran el sistema y procesan la información de forma informatizada (SARLAB, REGIFERT, SEMCAS y SIG MDS), para agilizar la respuesta del estado del suelo en el manejo de la agricultura, organizar el sistema de control y el flujo de la información del recurso suelo y el incremento de la eficiencia económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Chacón, I. P. Pablos Reyes, C. O' Reilly Racilla, G. Reynoso Rodríguez y E. García L. (2004): Evaluación Técnica y económica del servicio de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas (SERFE) en la provincia de Santiago de Cuba.
- Cintra, M. y L. Otero (2012): Software para el cálculo de las dosis de mejoradores químicos en suelos con salinidad. Revista Agrotecnia de Cuba. Vol 36, No. 1: 27-32.
- Font, L.; R. Montero, R. Lamadrid, B.J. Calero, L. Mendoza, P. Chaveli, J.Castillo, N. Roldán, Y. Viltres, D. Rodríguez (2013a): Sistema informatizado de gestión del recurso suelo para el manejo de la agricultura ante los cambios globales. Informe final de proyecto Código: 01310213, Programa: PNCT 013 Cambios globales y la evolución del medio ambiente. 71p.
- Font, L.; R. Montero, R. Lamadrid, B.J. Calero, L. Mendoza, P. Chaveli, J.Castillo, N. Roldán, Y. Viltres, D. Rodríguez (2013b): Manual de Usuario Software REGIFERT 2.0. UCTB de Suelos Camagüey, 48p.
- Instituto de Suelos (1999): Mapa de suelos a escala 1: 25 000.
- Instituto de Suelos (2011): Estrategia del Instituto de Suelo (Período 2011-2015). Documento de Archivo. 67p.
- Jacobson, I, G. Booch, J. Rumbaugh (2000): El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Addison Wesley (ed.)
- Paz, J.M. (2011): Links a modelos de simulación y generadores de clima. Disponible en <http://www.ivia.es/jmpaz/Modelos%20simulacion.html>. Consultado el 25 de marzo de 2013.
- Pineda R, Emma., C. Carballo R y H. del Río F. (2000): Implementación de un nuevo programa de fertilización cañera en la provincia de Villa Clara. Centro azúcar 4. EPICA. MINAZ. Villa Clara.
- SAMAN. "Sistema Automatizado de Manejo Adecuado de Nutrientes". [www.pequiven.com, http://www.pequiven.com/pgv/index.php?catid=1:latest-news&id=139:saman&option=comcontent&view=article](http://www.pequiven.com/pgv/index.php?catid=1:latest-news&id=139:saman&option=comcontent&view=article). Consultado el 22 de Abril de 2010 12:29.
- Smart Growing intelligently (2011): Software Fertilización Disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/suelos-sodicos>. Consultado el 25 de marzo de 2013.
- Valencia, A., I. Machado, A. Valdés (1999): SARFE: una herramienta para la toma de decisiones en el manejo de los fertilizantes en la agricultura cañera cubana. <http://www.monografias.com/trabajos69/sarfe-herramienta-manejo-fertilizantes-agricultura/sarfe-herramienta-manejo-fertilizantes-agricultura.shtml>

Fecha recibido: 15 de octubre de 2014.

Fecha aceptado: 4 de febrero de 2015.

Tabla 3. Funciones de la barra de acceso rápido.

Imagen	Acción	Función
	Clientes	Muestra el formulario de Clientes, el cual permite la administración del registro de clientes del sistema integrador de datos de suelo desde la aplicación SIDS.
	Solicitud de servicios	Muestra el formulario de Solicitud de servicios, el cual permite la creación de nuevas solicitudes de análisis de muestras contratadas directamente desde el laboratorio.
	Resultados analíticos físicos	Muestra el formulario para la captación de los resultados analíticos físicos teniendo en cuenta el servicio y el número de la muestra según registro del laboratorio.
	Resultados analíticos químicos	Muestra el formulario para la captación de los resultados analíticos químicos referente a Equilibrio ácido – base, Cationes intercambiables, Sales solubles y agroquímicos. La información se referencia teniendo en cuenta el servicio y el número de la muestra según registro del laboratorio.
	Relaciones intercatiónicas y análisis totales	Muestra el formulario para la captación de los resultados analíticos químicos referente a las relaciones intercatiónicas y los análisis totales. La información se referencia teniendo en cuenta el servicio y el número de la muestra según registro del laboratorio.
	Ayuda	Brinda acceso a la ayuda y soporte de SIDS.

Tabla 4. Beneficio económico por la utilización de los *software* SIG; REGIFERT, SEMCAS.

Utilización del <i>SIG</i> en el proceso de Clasificación y Evaluación de los Suelos.		
Indicadores	Sistema Tradicional	SIG
Total de gastos	148 818.21	143 701.72
Beneficio (CUP)	18 681.79	23 798.28
Beneficio (CUP)	5 116.49	
Utilización del <i>REGIFERT, software</i> en el Servicio Pedólogo – Agroquímico.		
Indicadores	Manual	Software
Gastos	5180.41	1 291.78
Beneficio (CUP)	22 044.28	25 932.91
Beneficio (CUP)	3 888.63	
Valoración Económica del SEMCAS		
CONCEPTOS DE GASTOS	SEMCAS	SISTEMA TRADICIONAL
Costo Total	7918.61	9270.96
Costo por muestra	79.19	92.71
Costo del monitoreo de una muestra en tres años.	264.38	370.84