

Sistema Integrado de medidas dirigidas a la conservación y mejoramiento de suelos y medio ambiente en tres cuencas hidrográficas de Cuba

Luis Rivero Ramos¹, Eduardo Garea Llanos², Vicente Gálvez Valcárcel¹, Inalvis Sánchez Arce¹, Lázara Otero Gómez¹ y Ciro Ortíz Garcés³.

¹Instituto Nacional de Suelos; ²Gerencia de Proyectos Priorizados (GEPROP)-CITMA; ³Instituto de Investigaciones Agrícolas "Jorge Dimitrov".

Para correspondencia: Luis Rivero Ramos Teléfono: 451788 E-mail: larenee@ceniai.inf.cu

RESUMEN

En las Cuencas Hidrográficas, los procesos degradantes afectan a todos los componentes naturales del Medio Ambiente (suelos, clima, hidrogeología, hidrografía, flora y fauna) y a los introducidos por el hombre (asentamientos humanos, sistemas de cultivos, sistemas de riego, sistemas de drenaje, redes viales e instalaciones para diversos fines).

Para enfrentar el problema, se presenta un **Sistema Integrado**, con los módulos: información, soluciones, toma de decisiones, monitoreo y análisis de impactos. La descripción del **Sistema** y análisis de los resultados de su aplicación, constituyen objetivos del presente trabajo.

Los resultados son el propio **Sistema** y formas de aplicación, ejemplificadas en Áreas de Referencia, donde mejoró el estado de la vegetación, se eliminaron pantanos que afectaban a la población, aumentó el ingreso medio de los trabajadores, disminuyeron áreas con categorías más fuertes de salinidad y mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, con un mejor soporte a la flora y la fauna. Se aplica en 156 148 ha, en las cuencas Guantánamo-

Guaso, Cauto y Llanura Sur de Pinar del Río, con alto nivel de organización de la información y conversión de la misma en herramienta para la toma de decisiones, aplicables en el ordenamiento y gestión de los territorios.

El **Sistema** propuesto da respuesta al problema de cómo enfrentar, bajo un enfoque sistémico, la degradación de los suelos y demás componentes del Medio Ambiente, en Cuencas Hidrográficas.

Palabras claves: Sistema Integrado; Cuenca Hidrográfica; Áreas de Referencia.

1. INTRODUCCIÓN

En Cuencas Hidrográficas y Unidades de Producción Agropecuaria, los procesos degradantes afectan a todos los componentes naturales del Medio Ambiente (suelos, clima, hidrogeología, hidrografía, flora y fauna) y a los introducidos por el hombre (asentamientos humanos, animales de cría, sistemas de cultivos, sistemas de riego, sistemas de drenaje, redes viales e instalaciones para diversos fines).

Se trata de una problemática de gran complejidad e impacto económico, medioambiental y social, sugerente de un objetivo estratégico: convertir la información en herramienta para la toma de decisiones, facilitado por el avance alcanzado en los medios de cómputo (Hardware) y los programas (Software), especialmente los del Sistema de Información Geográfica (Inerarity y Delgado, 1998).

Esos programas son herramientas de gran utilidad, pero su aplicación en la problemática planteada requiere la adición de otras herramientas, metodologías y diversos elementos, por lo cual un grupo multidisciplinario creó y validó el **Sistema Integrado SIMONIT**, durante la ejecución del Proyecto 01305005, en el marco del PNCT "Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano" (Rivero et. al, 2001).

El **Sistema** adopta partes de tecnologías existentes y hace una serie de aportes de carácter metodológico, productos de uso práctico para decisores, especialistas y técnicos de la producción y nuevas concepciones sobre diversos aspectos, lo que se

revierte en un impacto positivo, tanto en lo económico, como medioambiental, social y científico. La descripción de ese **Sistema** y el análisis de los resultados obtenidos con su aplicación, constituyen los objetivos fundamentales del presente trabajo.

2. MATERIALES Y METODOS

La descripción del **Sistema Integrado SIMONIT** se realiza a través de la descripción de cada uno de los cinco módulos que lo conforman: información, soluciones, toma de decisiones, monitoreo y análisis de impactos. Los resultados de la aplicación del **Sistema** se ejemplifican en un **Área de Referencia**, descrita por Rivero et. al (2002) y se hace una síntesis del estado de generalización en tres zonas representativas de Cuba: cuencas Guantánamo-Guaso, Cauto y Llanura Sur de Pinar del Río.

3. RESULTADOS

El primer resultado es el propio **Sistema Integrado SIMONIT**, cuyos módulos se describen a continuación, al mismo tiempo que se ejemplifica su aplicación en un **Área de Referencia** y se analizan los resultados obtenidos, de forma muy sintetizada.

3.1 Descripción de los módulos y su aplicación

El módulo **Información** organiza a esta, la procesa y crea capas digitalizadas, con sus bases de datos, lo que origina salidas en forma de mapas temáticos y catálogo de problemas identificados y caracterizados. Utiliza, como herramientas principales, programas del SIG y auxiliares. La Figura 1 y Tabla 1 son ejemplos de capa de información y base de datos, para identificar problemas relacionados con la salinidad del suelo y su efecto negativo sobre un cultivo específico. A continuación se ponen dos ejemplos de esos problemas.

P-003: Valores del atributo **CE** (conductividad eléctrica), en la profundidad de 0 a 60 cm, entre 2.51 y 4.00 mS / cm y del atributo **PSI** (porcentaje de sodio intercambiable), menores de 5.00 %.

P-004: Valores del atributo **CE** entre 2.51 y 4.00 mS / cm y del atributo **PSI** mayores de 5.00 %, lo que agrava la situación del primer caso y requiere de medidas específicas, respecto al mismo.

El módulo **Soluciones** vincula a estas con los problemas y origina la salida **Catálogo de Soluciones**, con todos los elementos para su aplicación. Para los problemas **P-003** y **P-004**, entre las soluciones estarían:

Para **P-003** se adoptaría la solución **ST1-001**, referida a la aplicación de riego con normas aumentadas, siempre que existan condiciones adecuadas de drenaje interno y externo. Con esto, a la vez que se suministra agua a la plantación de que se trate, se garantiza el lavado progresivo de las sales.

Para **P-004** se adoptaría la solución **ST3-001**, que también contempla la aplicación de sobrenormas de riego, pero antepone a esta acción un mejoramiento químico, preferiblemente con CaSO_4 (yeso).

El módulo **Toma de Decisiones** automatiza el vínculo problemas-soluciones, establecido en el módulo anterior. El producto es un mapa digitalizado de problemas y soluciones, de fácil utilización por los decisores, denominado **STD**.

El módulo **Monitoreo** establece los modelos de predicción de tendencias de procesos, según el uso y manejo que se haga de los recursos naturales. Por ejemplo, a través del modelo $c_{(t)} = c_o \cdot e^{-\lambda \cdot vt}$, se predijo que, el valor del atributo **CE**, disminuiría de 3.45 a 1.25 mS/cm, en el sitio de muestreo **S-1** (Figura 2), como respuesta a un conjunto de soluciones aplicadas, en el periodo 1994-2000. Los datos del laboratorio señalan una disminución de 3.45 a 1.42. Las salidas principales de este módulo son mapas de actualización de procesos degradantes y documentos normativos para el monitoreo.

El módulo **Análisis de Impactos** mide los cambios cuantitativos y cualitativos que ha causado la aplicación del **Sistema**, en lo económico, medioambiental, social y científico. Utiliza indicadores y modelos de predicción. La salida principal es el documento **Comportamiento de Indicadores**.

En dos secciones del **Área de Referencia**, con un total de 316 ha, se obtuvo un beneficio de 2 713 787 pesos, por la vía del aumento del rendimiento de los cultivos, como resultado de un conjunto de soluciones aplicadas (impacto económico). Al mismo tiempo, disminuyeron las áreas con categorías más fuertes de salinidad y mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (impacto medioambiental); se eliminaron pantanos que afectaban a la población y aumentó el ingreso medio de los trabajadores (impacto social).

3.2 Estado de generalización del Sistema

Se ha aplicado en 9 700 ha de la Cuenca Guantánamo-Guaso, 71 023 ha de la Cuenca del Cauto y 60 425 ha de la Llanura Sur de Pinar del Río, donde la información se encuentra organizada en capas, con sus bases de datos, definidos los principales procesos degradantes, factores incidentes y problemas específicos, soluciones a aplicar, vínculo problemas-soluciones automatizado, áreas y puntos de monitoreo (impacto científico). La aplicación en estas áreas suma un beneficio económico de 238 540 pesos, por el concepto del aumento del valor de uso de la información.

4. CONCLUSIONES MÁS IMPORTANTES

4.1 El Sistema Integrado SIMONIT da respuesta al problema de cómo enfrentar, bajo un enfoque sistémico, la degradación de los suelos y demás componentes del Medio Ambiente, en Cuencas Hidrográficas y Unidades de Producción Agropecuaria.

4.2 Se aplicó la concepción de los Sistemas de Información Geográfica, combinada con un conjunto de metodologías, nuevos tipos de salidas y productos para decisores, especialistas y técnicos de las Unidades de Producción (UP).

4.3 El uso correcto de la información propició mayor eficiencia en la toma de decisiones, expresada en el aumento del valor de la relación beneficio / costo (impacto económico); conservación y mejoramiento de recursos naturales (impacto medioambiental); incremento del ingreso medio de los trabajadores de UP y mejor calidad de vida (impacto social).

4. BIBLIOGRAFIA

Inerárity, R.; Delgado, T. Los sistemas de información geográfica en Cuba. Rev. Metánica, 1998, Año IV; No. 1, p. 13-17.

Rivero, L.; Gálvez, V; Navarro, N; Sánchez, I; y otros. Informe Final del Proyecto 01305005, Instituto de Suelos, 2001; 125 pp.

Rivero, L.; Sánchez, I.; Otero, L.; Navarro, N.; Gálvez, V. Resultados de la aplicación de un Sistema de Información, Monitoreo y Soluciones Tecnológicas en áreas agrícolas de la cuenca Guantánamo-Guaso afectadas por la salinidad. Rev. Cultivos Tropicales, 23(4), 2002, p. 23-26.

Figura 1: Capa de información Suelos _ salinidad. Mapa temático Distribución espacial de categorías. Escala de trabajo 1: 25 000.

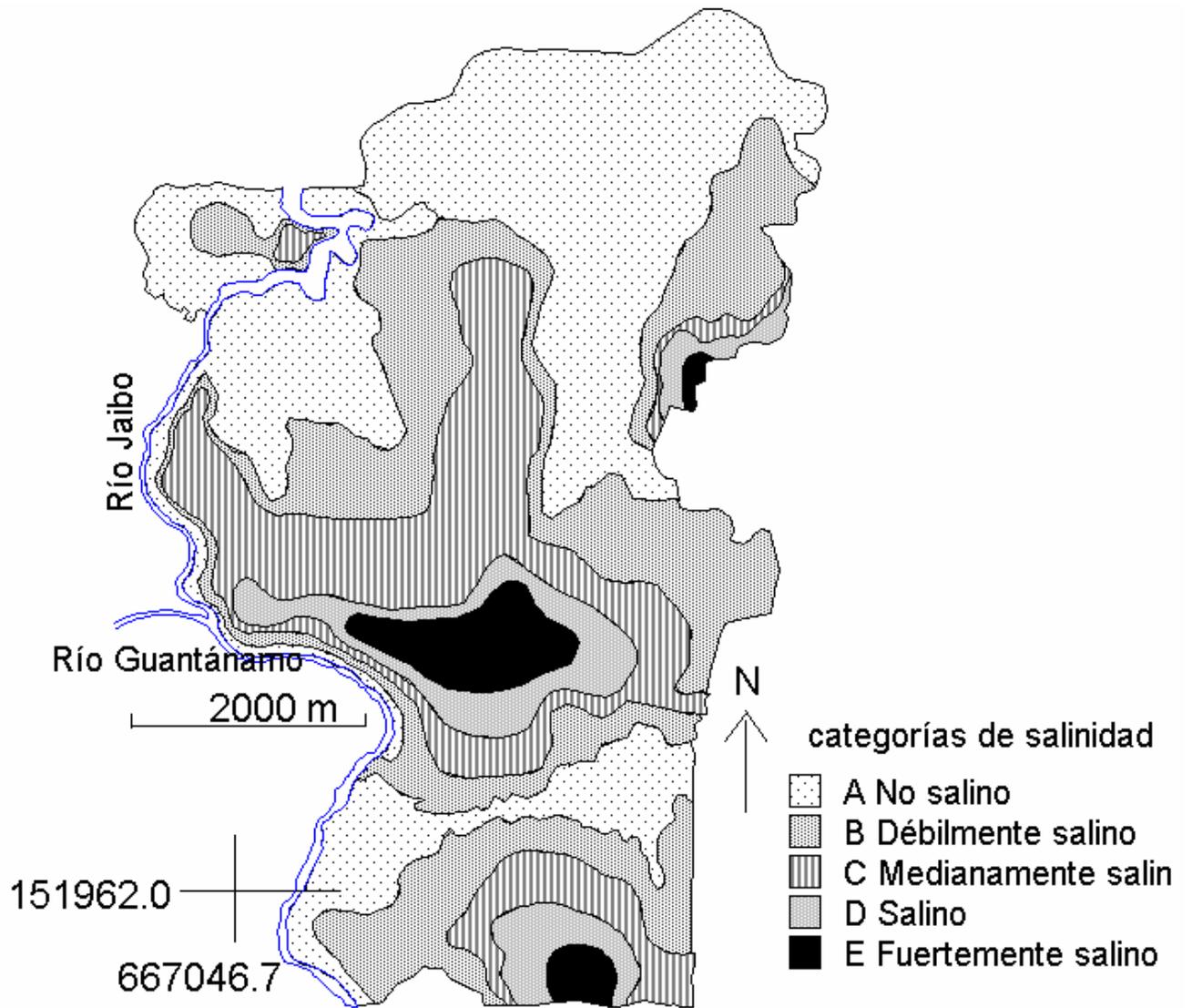


Tabla 1: Base de datos de la capa de información Suelos _ salinidad.

ID	CATEGORIA	CE					PSI		
		0-30	31-60	61-100	0-60	0-100	0-30	31-60	61-100
1	Fuert salino	6.70	10.18	18.40	8.44	11.76	10.81	15.18	21.14
2	Salino	5.13	7.18	3.90	6.15	5.40	7.42	11.40	17.22
3	Med salino	3.17	5.06	7.23	4.11	5.15	4.18	8.15	12.04
4	Déb salino	2.23	2.80	4.15	2.50	2.89	1.25	3.46	7.07
5	No salino	0.38	0.71	1.05	0.53	0.71	2.11	3.28	5.25
6	No salino	0.15	0.41	0.68	0.28	0.41	3.08	5.13	6.17
11	Déb salino	1.50	1.63	3.04	1.56	2.06	4.41	5.18	3.24
12	Med salino	2.05	3.80	4.19	2.92	3.35	7.92	11.70	9.04
13	No salino	0.44	0.81	0.46	0.66	0.85	2.25	4.60	4.00
14	Déb salino	1.78	1.95	3.09	1.86	2.21	3.53	2.92	16.89
15	Med salino	3.00	3.32	5.07	3.16	3.79	2.15	2.52	4.03
16	No salino	5.82	4.86	7.00	5.34	5.73	1.00	4.03	9.51
17	Fuert salino	6.48	13.11	19.14	9.79	12.21	5.65	12.46	17.23
18	No salino	0.64	0.74	0.35	0.99	0.51	2.15	4.75	2.49
19	Déb salino	1.61	1.70	2.15	1.00	1.30	3.41	7.08	12.75
20	Med salino	2.98	3.15	5.03	3.06	3.72	1.24	3.59	6.63
21	Salino	5.01	6.30	4.51	5.65	5.70	8.81	12.39	9.18
22	Fuert salino	7.08	12.08	8.53	9.58	8.81	19.14	24.50	31.45

ID = identificador de los polígonos (ver Figura 2)

CE = Conductividad eléctrica (mS/cm) en el extracto de saturación; profundidades

0-30, 31-60, 61-100, 0-60 y 0-100 cm.

PSI = Por ciento de sodio intercambiable; profundidades 0-30, 31-60, 61-100 cm.

Déb salino = débilmente salino

Med salino = medianamente salino

Fuert salino = fuertemente salino

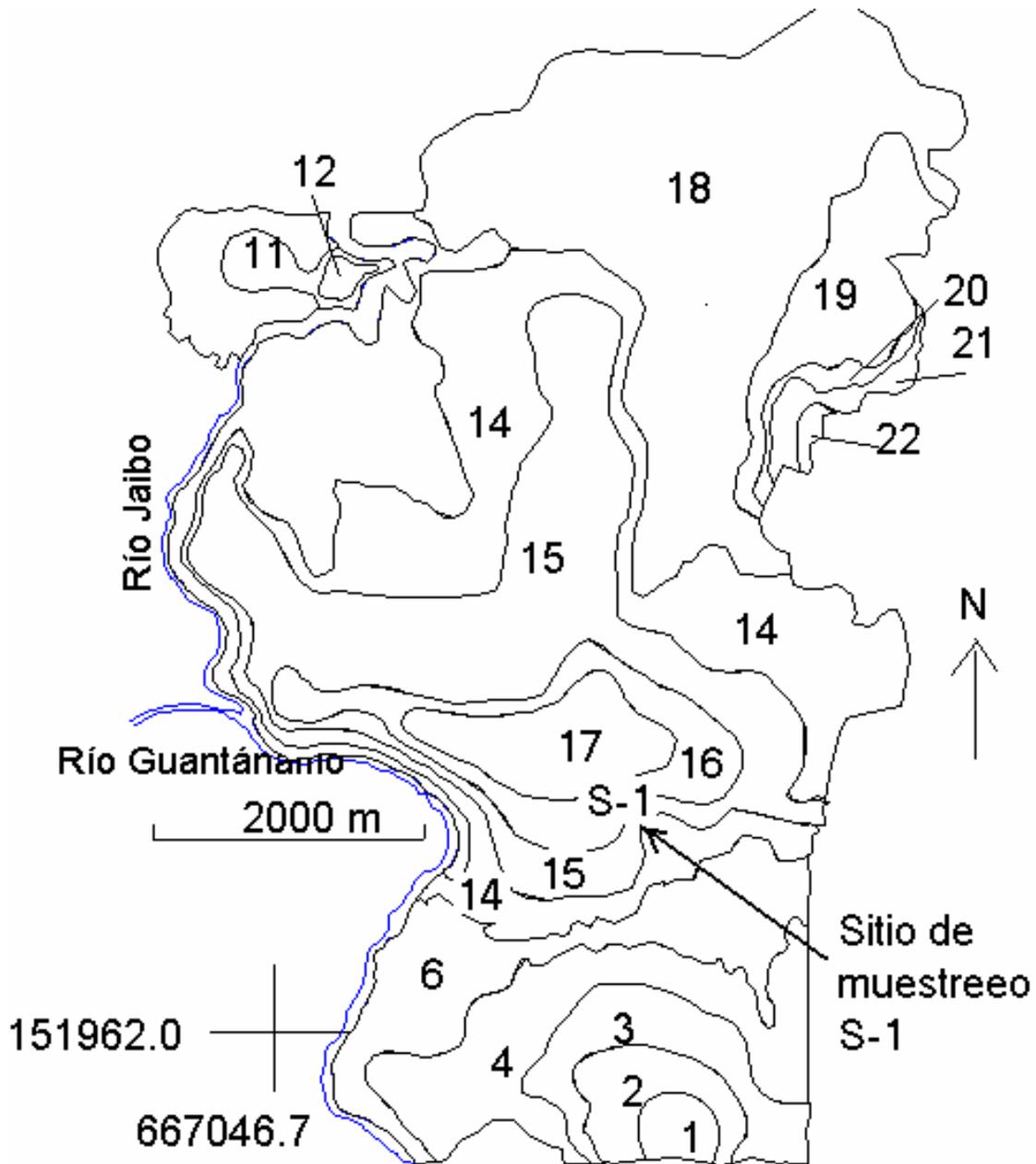


Figura 2: Identificación de los polígonos y ubicación del sitio de muestreo S-1.