

## GESTION DE DATOS EDAFICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RIO GUAYAS CON LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACION DE GEOINFORMACION -SAG-

María Soledad Ortiz Navarro<sup>1</sup>, Verónica Loayza De la Torre<sup>1</sup> y Geovanny Albán Espín<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN). Componente Geopedología y Amenazas Geológicas. Correo electrónico: soledadortizn@yahoo.es

<sup>2</sup> Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN). Componente Soporte Informático. Correo electrónico: geovanny\_alban@hotmail.com.

### RESUMEN

El Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, CLIRSEN, fue la institución designada para ejecutar el proyecto “Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales de la cuenca del río Guayas, escala 1: 25 000”, que se realiza bajo la coordinación de la Secretaria Nacional Planificación y Desarrollo, SENPLADES. El estudio comprende el levantamiento de suelos, con enfoque geopedológico, en la cuenca baja del río Guayas, el mismo que genera un amplio flujo de información útil para la caracterización y clasificación edafológica. Esta información fue normalizada a través de la definición de 16 atributos, con sus respectivos dominios, que constituyeron la base de datos a ser gestionada, mediante el diseño e implementación de una herramienta informática denominada: “Sistema de Administración de Geoinformación”, -SAG-. El SAG implementado, permitió el óptimo ingreso de geoinformación, desde su manipulación, intercambio, análisis, centralización, hasta su visualización; por lo cual, se conservó la trazabilidad de los datos, por medio de cuatro interfaces: módulo de ingreso, transformación de datos, reportes de inconsistencias y sistema de información geográfica. Por lo anterior, el presente artículo pretende difundir la implementación del SAG, como herramienta informática en los estudios de suelos, para asegurar la centralización de la geoinformación y su posterior aplicación en futuros estudios que coadyuven al diagnóstico, planificación y desarrollo sostenible del recurso suelo.

**Palabras claves:** Geoinformación, Normalización, Atributos, Dominios, Base de datos, Sistema de Administración de Geoinformación.

### ABSTRACT

The CLIRSEN was the institution designated to implement the project "Geoinformation generation for land management and rural land valuation of the Guayas river watershed, scale 1: 25 000", through the coordination of Planning and Development National Secretary (SENPLADES). The study includes soil survey with geopedologic approach in the soils of the lower Guayas river watershed, it generates a huge flow of information useful for the characterization and classification pedological. This information was standardized by 16 defining attributes and their respective domains, which building database to be maintained through the design and implementation of a software tool called "Geoinformation management system". This system implemented, allowed the optimum entry of geoinformation, from handling, sharing, analysis, centralization, to viewing, for which, this maintained the traceability of data through four interfaces: input module, data transformation, reporting inconsistencies and geographic information system. Therefore, this article aims to disseminate the implementation of geoinformation management system as a tool in soil studies, to ensure the centralization of geoinformation for future studies that contribute to the diagnosis, planning and sustainable development of soils.

**Keywords:** Geoinformation, Normalization, Attributes, Domains, Database, Geoinformation Management System.

### ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El Gobierno del Ecuador designó al CLIRSEN para que ejecute el proyecto “Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales de la cuenca del río Guayas, escala 1: 25 000”, dentro del cual, se está realizando el levantamiento de suelos, con enfoque geopedológico, a fin de identificar sus características morfológicas, físicas y químicas, así como también, determinar los factores limitantes y potenciales de este importante recurso natural; coadyuvando a la gestión territorial, mejoramiento y sostenibilidad de la productividad agraria.

Durante el desarrollo del levantamiento se genera un flujo de información que va desde la toma de datos en campo hasta la generación de información temática, siendo necesario, su registro y almacenamiento de manera segura, para la transferencia de conocimientos en futuras investigaciones.

En la generación de información temática, se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que complementan la gestión y utilización de la información de suelos, con la implementación de una base de datos edáfica, geológica y geomorfológica.

Para garantizar la calidad en los productos a obtener, el proyecto estableció controles a lo largo del proceso, enfocados a evitar la alteración o destrucción de la geoinformación, asegurando que los usuarios solo ejecuten las operaciones para las cuales tienen autorización, y así, garantizar que las transacciones realizadas no interfieran en la exactitud y validez de los datos. También, se propuso la normalización de la información, a través de la definición de atributos y dominios edafológicos, dentro de un sistema de base de datos a ser gestionado por medio del Sistema de Administración de Geoinformación (SAG), siendo éste la herramienta informática que, asociada a un SIG, permitirá un mejor control y validación de los productos alcanzados.

### OBJETIVO GENERAL

Gestionar la geoinformación edáfica de la cuenca del río Guayas, mediante el diseño, desarrollo e implementación de una herramienta informática, que administre, almacene y controle, a través de una base de datos que normalice la información, por medio de atributos y dominios, para la caracterización espacial de unidades geopedológicas, con el fin de optimizar el ingreso, intercambio, análisis, centralización y visualización de la geoinformación, para el desarrollo de productos que sirvan para la planificación, manejo y conservación del recurso suelo.

### METODOLOGIA

Según Porta *et al.* (2003), es imperiosa la necesidad de disponer de terminologías normalizadas para hacer posible la compatibilidad entre bases de datos (también normalizados) de suelos y facilitar, la transferencia de conocimientos. Es así que, se diseñó y desarrolló un Sistema de Administración de Geoinformación (SAG), como herramienta informática que requiere de una base de datos, a través de la definición de atributos edáficos físicos y químicos, con sus respectivos dominios; los cuales han sido definidos a raíz de una retrospectiva holística de los levantamientos de suelos en el Ecuador, desde sus inicios hasta la actualidad.

### Retrospección holística de los levantamientos de suelos en el Ecuador

Las primeras descripciones de los suelos de la costa del Ecuador datan de 1922, realizados por el Dr. H. H. Bennet, quien presentó el primer mapa de suelos de la región occidental, siendo un trabajo de reconocimiento bastante generalizado, ya que dispuso de corto tiempo para estos estudios; de todos modos, es una contribución muy valiosa, aunque con algunas objeciones en lo que respecta a nomenclatura (Acosta, 1965: 56). Entre los años de 1940 y 1952 se efectuaron diferentes estudios en áreas locales para proyectos de irrigación en diversas regiones, habiéndose preparado ciertos mapas preliminares (CLIRSEN, 1979: 16). Paralelo a esto, el Dr. Misael Acosta Solís realizó estudios en

varias provincias orientados a la geobotánica, es decir, estudios de las tierras en relación con la vegetación nativa, para definir un grupo de plantas índices para cada grupo edáfico, sin ser todos publicados. Además, acompañó en excursiones por las tres regiones naturales del Ecuador a varios científicos norteamericanos, siendo de mayor provecho, los trabajos realizadas con el Dr. Robert L. Pendleton y Charles S. Simmons, pero que, lamentablemente, los informes de estos técnicos permanecen inéditos en los archivos del USDA. Según Acosta (1965: 58), estos edafólogos instruyeron al Dr. Miller para realizar estudios de suelos que complementaron sus investigaciones, y fue él quien clasificó la mayor parte de los suelos ecuatorianos dentro de los grandes grupos internacionalmente reconocidos y creó nuevos nombres, especialmente para los que forman los páramos.

Posterior a esto, entre los años 1954-1955, se firmó un acuerdo de asistencia técnica entre la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el gobierno del Ecuador, mediante el cual se dio inicio al trabajo de levantamiento y clasificación de suelos; hecho que conllevó al primer inventario de suelos y su distribución geográfica, contando para esto con la asesoría del Dr. Erwin Frei, miembro de la FAO, quien trabajó en el país, durante los años 1955 y 1956, en estudios a nivel exploratorio en casi todo el territorio nacional; lo que permitió tener una prospección de 21 grandes grupos distintos de suelos. El Dr. Frei fue remplazado por el Dr. Alfredo Kùpper, quien continuó con el plan nacional de estudio y clasificación de los suelos ecuatorianos (Acosta, 1965: 60). Información que fue cartografiada en el mapa del Ecuador, a escala 1: 1 000 000, único documento disponible hasta aquella fecha, el mismo que sirvió como base para el bosquejo general edafológico, posteriormente reducido a escala 1: 2 000 000 (CLIRSEN, 1979: 16).

La Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Central, a través del Dr. Julio Peña Herrera, colaboró eficientemente en el conocimiento científico de los Suelos Ecuatorianos, pues en sus laboratorios se han efectuado los análisis de todos los perfiles de suelos recolectados en el país, desde 1955 a 1960 (Acosta, 1965: 60); además, es necesario indicar que, a lo largo del tiempo, se han realizado estudios detallados de suelos importantes en diferentes niveles y áreas, muchas veces poco aprovechados y difundidos.

En la década de los 60, se continuaron con estudios de suelos muy puntuales entre ellos (Acosta, 1965):

- a) En la Hacienda “Pesillo” y “Aichapicho”, que requerían ser parceladas, se realizaron mapas de suelos a escala 1: 5 000 y 1: 10 000, según las variaciones observadas en los perfiles;
- b) Estudios preliminares sobre Ecología, Suelos y Posibilidades Agropecuarias de la Región Oriental del Ecuador, realizado por el Ing. Pacheco, quien presenta un mapa a escala 1: 500 000, con seis grandes asociaciones de suelos, donde constan los nombres, ubicación y demarcación de estas asociaciones de suelos;
- c) Estudio de Suelos para el Centro de Reconversión del Azuay, Cañar y Morona Santiago, efectuado por el Dr. Alfredo Kùpper, Ing. Rafael Pacheco y el Ing. Victor H. Andrade. Consta de un informe y un mapa a escala 1: 500 000, que reconocen en esa provincia 6 grandes grupos de suelos, dos asociaciones y una transición (Acosta, 1965: 62).

Después de todas las experiencias mencionadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), tuvo la necesidad de realizar un inventario de los recursos naturales renovables del país, para plantear una política regional de planificación agrícola; tarea que fue confinada al Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG), institución que suscribió un convenio con el Organismo del Gobierno Francés para la Investigación Científica y Asistencia Técnica (ORSTOM). Este convenio, fue suscrito en 1974, pero los primeros estudios, efectivamente, se iniciaron en febrero de 1975, debido a que para la comisión ORSTOM fue necesario realizar la producción de datos básicos que permitiesen el análisis completo del medio rural ecuatoriano (Portais, 1977: 19).

Entre los productos obtenidos del convenio PRONAREG-ORSTOM, se cuenta con el uso potencial de los suelos, que surgió de la integración de los estudios de Geomorfología, Edafología, Hidrología y Ecología, proyectados en un mapa a escala 1: 200 000, conjuntamente con leyendas explicativas, mapas e informes escritos (Portais, 1977: 25).

Los estudios edafológicos no solo se basaron en los levantamientos de suelos, sino, principalmente, en la geomorfología, a través de la fotointerpretación y los análisis de laboratorio físico-químico realizados en Ecuador, en las Antillas y en Francia. Los trabajos básicos fueron hechos a varias escalas: 1: 50 000 y 1: 100 000, pero el documento final que se elaboró fue el Mapa General de los Suelos del Ecuador, a escala 1: 200 000. (Portais, 1977: 23).

En el proyecto, a través del componente de Geopedología y Amenazas Geológicas, se recopiló la información de los estudios realizados por el convenio PRONAREG-ORSTOM, el mismo que se encuentra en formato digital y comprende: 302 descripciones de perfiles con sus respectivos análisis de laboratorio (143 en el Oriente y 159 en la Sierra), 200 descripciones de perfiles que no cuentan con análisis de laboratorio y 10 análisis de laboratorio de los que no se han encontrado las respectivas descripciones de perfiles.

Las fichas de descripción de perfiles y reportes de los análisis de laboratorio del convenio PRONAREG-ORSTOM, se encuentran en idioma francés, e incluyen 19 atributos físico-químico del suelo, 4 atributos geomorfológicos y 2 atributos climáticos, detalladas a continuación: lugar (región), altitud, paisaje, pendiente, precipitación, temperatura atmosférica, drenaje externo e interno, profundidad de los horizontes, color, presencia de moteados, textura, estructura, régimen de humedad del suelo, régimen de temperatura del suelo, macro nutrientes, cationes intercambiables, pH (solución en agua y KCl), porcentaje de partículas, reacción al NaF y carbonatos, porcentaje de carbono y nitrógeno (relación C/N), contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, densidad aparente y contenido de agua disponible.

A partir de 1976, PRONAREG-ORSTOM, efectuó en el Ecuador 16 proyectos de levantamiento de suelos, a nivel de reconocimiento, generando mapas a escala 1: 500 000 de la región nor-oriental, así como mapas morfopedológicos de la región de la Costa y mapas de suelo de la región de la Sierra, a escala 1: 200 000 y 1: 50 000, respectivamente. El nivel de clasificación taxonómica fue generalizado a nivel de Gran Grupo y en algunos casos de Subgrupo, de acuerdo al sistema norteamericano de clasificación *Soil Taxonomy* (USDA, 1975). Las instituciones que realizaron estos levantamientos edafológicos fueron: el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, hoy MAGAP), con su Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG); el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos (INERHI, hoy SENAGUA) y las instituciones regionales (hoy incorporadas a SENAGUA), como el Programa Nacional del Desarrollo del Sur (PREDESUR), la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE) y el Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM).

A nivel de reconocimiento-semidetalle, se han identificado 13 proyectos en el país, siendo el PRONAREG la entidad que más proyectos abarcó. Referente a los estudios a nivel de semidetalle se han registrado 37 proyectos; en este nivel se incluye la cartografía de suelos y pendientes a escala 1: 50 000 de la región de la Sierra, generada por el PRONAREG-ORSTOM. A nivel detallado, han sido levantados 18 proyectos por el ex-INHERI, ex-CRM, ex-CEDEGE y en menor proporción por el PRONAREG (CLIRSEN, 1979: 24-30) (**Figura 1**).

Durante el período 2000-2002, se llevó a cabo el convenio MAG-IICA<sup>1</sup>-CLIRSEN, para ejecutar el proyecto de “Generación de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario”, el cual generó mapas de uso actual y cobertura vegetal. Para llevar a cabo la calificación de las unidades de suelo, se acudió a la verificación y validación de los mapas generados por PRONAREG-ORSTOM, que fueron digitalizados por CLIRSEN, correspondientes a las cartas: 1:

<sup>1</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



200 000 (Costa), 1: 500 000 (Amazonía) y 1: 50 000 (Sierra). Se sistematizó también la clasificación de suelos, según USDA (1975), y los análisis de laboratorio de los perfiles representativos de los suelos del Ecuador (Proyecto MAG-IICA-CLIRSEN, 2002: 4-6, 75-79).

### Levantamiento de suelos con enfoque geopedológico

Dentro del proyecto, se realizó el estudio semidetallado de suelos en 14 cantones de la cuenca baja del río Guayas: Babahoyo, Balzar, Baquerizo Moreno, Colimes, Daule, Lomas de Sargentillo, Milagro, Naranjito, Palestina, Samborondón, Santa Lucía, Simón Bolívar, Yaguachi y Vinces. Para dicho levantamiento se aplicó el enfoque geopedológico, aplicando, sistemáticamente, el análisis geomorfológico para el mapeo de suelos, debido a la correlación suelo-geomorfología. Se utiliza el perfil del suelo como base del análisis edafológico, mediante el mapeo libre y/o en transectos, apoyados en la Teledetección y en el uso intensivo de la fotointerpretación para identificar las unidades geomorfológicas.



**Figura 1.** Mapas elaborados en algunos estudios de suelos en el Ecuador.

Como una fase previa a este levantamiento, se realizó la revisión, análisis y evaluación de toda la información disponible de estudios anteriores de suelos realizados en el país, por la valiosa información que proveen. Se puso mayor énfasis en los atributos considerados en los mapas morfopedológicos y de suelos, correspondientes a la zona de estudio, a escala 1: 200 000, publicados por el PRONAREG-ORSTOM, entre los años 1979 a 1986. Los atributos considerados en el convenio MAG-IICA-CLIRSEN (2002), MAGAP-PRAT<sup>2</sup> (2008), así como de la guía para descripción de suelos de la FAO (2009), fueron la base para la determinación de los mismos, que permitieron la normalización de criterios de la geoinformación edafológica.

Los atributos y dominios<sup>3</sup> edafológicos considerados son características cualitativas de las propiedades físicas y mediciones cuantitativas de las propiedades químicas del suelo. Los atributos físicos en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra, además, éstos, a juicio de expertos, son los que, principalmente, definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación de una unidad de tierra, cuando es utilizada para propósitos específicos como usos agropecuarios y forestales (MAGAP-PRAT, 2008: 94). Los atributos químicos definen las propiedades, composición y reacciones químicas del suelo, que serán utilizados para aplicar diferentes sistemas de evaluación o clasificación práctica (Porta *et al.*, 2008: 192).

<sup>2</sup> Programa de Regularización y Administración de Tierras Rurales (PRAT)

<sup>3</sup> Atributo: característica de un tipo de objeto. Dominios: valores del atributo (DPAE, 2007).

### Diseño y desarrollo del Sistema de Administración de Geoinformación (SAG)

Un SIG permite administrar, consultar y visualizar la geoinformación de una base de datos; dentro del cual, un Sistema de Información de Suelos (SIS) constituye un caso particular, cuya finalidad es recopilar, almacenar, analizar y gestionar la información espacial de suelos, obtenida en un inventario y compilada en una base de datos georeferenciada, para poder atender con soporte institucional las demandas de las personas que utilizan información (Porta *et al.*, 2008: 359).

Una base de datos es un grupo de registros de archivos organizados de tal forma que, además de minimizar la redundancia de los datos, facilita localizarlos y compartirlos, cuando sea necesario, por uno o varios usuarios (IGAC, 1995: 33).

Partiendo de esta conceptualización se procedió a desarrollar el SAG, siendo un modelo que conecta las complejas relaciones espaciales, que están ordenadas en tablas, que consisten en un conjunto de atributos y dominios. El diseño, desarrollo e implementación del SAG cumplió tres fases:

#### *Fase 1: Elaboración del esquema conceptual*

La creación del SAG está orientada al uso de la Informática como herramienta para la gestión de geoinformación generada en el proyecto, el cual se estructuró bajo una arquitectura cliente-servidor, para facilitar el intercambio de información entre los técnicos y diseñado con la finalidad de: 1) almacenamiento y control de datos estandarizados de descripciones de perfiles de suelos y reportes de laboratorio; 2) almacenamiento y procesamiento semi-controlado de dominios geopedológicos de los perfiles; 3) migración de la geoinformación para la visualización en un ambiente SIG y procesamiento espacial de las unidades geomorfológicas; y, 4) emisión de reportes para el control de datos.

En el diseño del sistema se consideró la importancia de incluir dos niveles de control en el manejo de los datos: a) seguridad: refiriéndose a la protección de los datos contra la alteración, digitalización errónea o destrucción indebida, asegurando que los usuarios sólo ejecuten las operaciones para las cuales tienen autorización; b) integridad de los datos: que garantiza que las transacciones realizadas por los diferentes usuarios se lleve a cabo de acuerdo con los procedimientos previamente definidos, asegurando la exactitud o validez de los datos, evidenciando, además, las posibles inconsistencias conceptuales o deficientes interpretaciones en campo, así como, contradicciones que puedan suscitarse en los datos de las fichas, o a su vez, con otras actividades.

La información generada y procesada se encuentra almacenada en una base de datos relacional. Esta base es un modelo que conecta las complejas relaciones espaciales entre objetos, basada en los atributos y dominios propuestos en las fichas de campo y en los reportes de análisis de laboratorio (Murai, 1999: 35).

Para el manejo de las fichas de campo, ha sido desarrollado e implementado un instructivo, que proporciona las directrices para el almacenamiento de los datos recolectados en campo, para cuidar: la integridad, calidad y, sobre todo, controlar la trazabilidad<sup>4</sup> del dato.

#### *Fase 2: Levantamiento de procesos*

El levantamiento de procesos establece enlaces en las diferentes fases del flujo de la información temática, desde el levantamiento de información, análisis e inclusive en la generación de productos. En este sentido, la fase de levantamiento de procesos es importante, pues aquí es donde se analiza el flujo de la información y se diseña cada uno de los procesos y subprocesos, con el fin de conservar la integridad de los datos. Para entender en forma general el levantamiento de suelos, con enfoque geopedológico, se ha dividido en siete fases: recopilación de información, generación de cartografía

<sup>4</sup> Trazabilidad.- Término modificado, que explica el seguimiento y control de los datos edafológicos desde la toma hasta el usuario final.

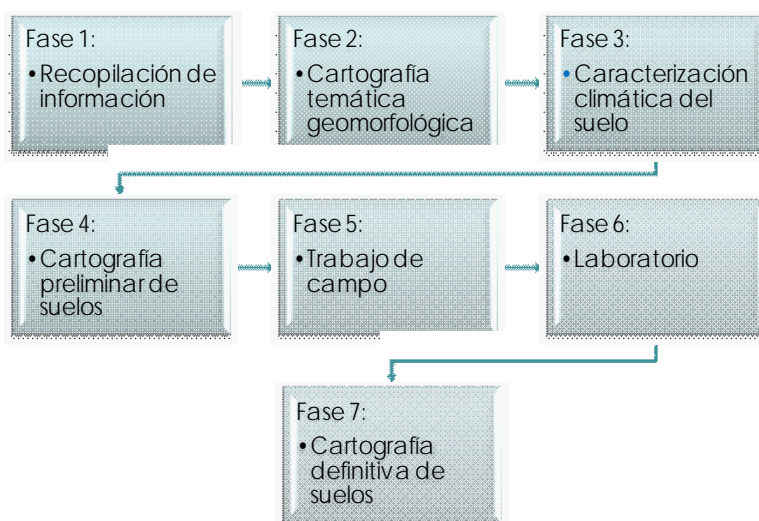
temática geomorfológica, caracterización climática del suelo, elaboración de cartografía preliminar de suelos, trabajo de campo, interpretación de análisis de laboratorio y elaboración de cartografía definitiva (**Figura 2**).

La construcción de la aplicación del SAG se fundamentó en el levantamiento de procesos, utilizados en cada actividad de generación de geoinformación (

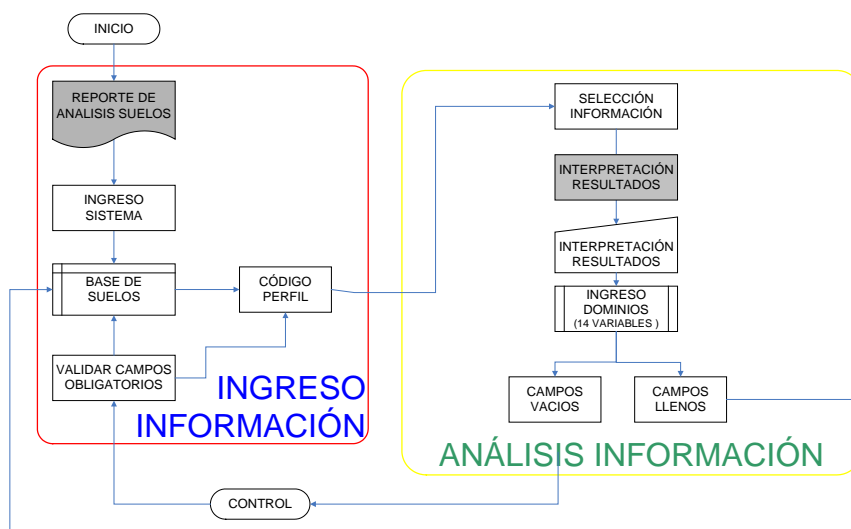
**Figura 3**).

*Fase 3: Desarrollo de la programación*

Para el desarrollo del SAG se emplearon herramientas de programación *Microsoft Visual Studio*, específicamente *Microsoft Visual Basic 6.0*, y en casos apropiados se utilizó *Microsoft Visual Basic for Applications*. Todas las aplicaciones de programas del SAG y de las herramientas para su desarrollo cumplen totalmente con las aplicaciones orientadas al Modelo de Objetos (COM).



**Figura 2.** Flujo de procesos del levantamiento geopedológico. CLIRSEN. 2010



PRODUCTO No 2. REPORTE DE SUELOS E INTERPRETACIÓN DE VARIABLES DE SUELOS  
**PROCESO DE LABORATORIO**

**Figura 3.** Levantamiento del proceso para la construcción de la aplicación del SAG, en la generación de geoinformación edáfica. CLIRSEN. 2010

Para el acceso a la base de datos del SAG se utilizó la arquitectura de *ActiveX Data Objects* (ADO) que es uno de los mecanismos que usan los programas de computadoras para comunicarse con las bases de datos, darles órdenes y obtener resultados de ellas.

Para integrar la tecnología de sistemas de información geográfica con el SAG, se utilizó la plataforma de desarrollo ESRI *ArcObjects*, que es un conjunto de librerías del software *ArcGIS*, que permite implementar las principales funcionalidades de un SIG al SAG. Estas librerías deben ser utilizadas desde el entorno de un lenguaje de programación de alto nivel (*Microsoft Visual Basic y Microsoft Visual Basic for Application*).

Una vez diseñado y elaborado el SAG, se llevó a cabo la ejecución de una prueba piloto, efectuada con los datos obtenidos de los levantamientos de suelos del cantón Balzar realizados en el año 2009. Se verificó su funcionamiento y se realizaron los cambios pertinentes para corregir los errores e inconsistencias encontradas.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los atributos y dominios establecidos para la normalización de la geoinformación edáfica se presentan en la Tabla 1, contabilizándose 16 atributos, los mismos que facilitaron su interpretación y caracterización. Por otro lado, como sistema de clasificación de suelos<sup>5</sup>, se utilizó las *Claves para la Taxonomía de Suelos* (10ª edición) de la USDA -*United States Department of Agriculture*- (Soil Survey Staff, 2006).

**Tabla 1.** Atributos y dominios propuestos para el manejo de geoinformación edafológica. CLIRSEN, 2010.

ATRIBUTOS:	Textura superficial		Textura profundidad		Pedregosidad	Profundidad efectiva	pH	Toxicidad	Materia orgánica
D O M I N I O S	Arena	Franco arcilloso	Arena	Franco	Sin	Muy superficial	Muy ácido	Sin o nula	Bajo (costa)
	Arena muy fina	Franco arcillo-arenoso	Arena muy fina	Franco arcillo-arenoso	Muy pocas	Superficial	Ácido	Ligera (acidez)	Medio (costa)
	Arena fina	Franco arcillo-limoso	Arena fina	Franco arcillo-limoso	Pocas	Poco profundo	Medianamente ácido	Media (acidez)	Alto (costa)
	Arena media	Limoso	Arena media	Limoso	Frecuentes	Moderadamente profundo	Ligeramente ácido	Alta (acidez)	Bajo (sierra)
	Arena gruesa	Arcilloso	Arena gruesa	Arcilloso	Abundantes	Profundo	Practicamente neutro	Ligera (carbonatos)	Medio (sierra)
	Areno francoso	Arcillo-arenoso	Areno francoso	Arcillo-arenoso	Pedregoso o rocoso	Sin suelo	Neutro	Media (carbonatos)	Alto (sierra)
	Franco	Arcillo-limoso	Franco	Arcillo-limoso			Ligeramente alcalino	Alta (carbonatos)	
	Franco arenoso	Arcilla pesada	Franco arenoso	Arcilla pesada			Medianamente alcalino	Sin suelo	
							Alcalino	Sin suelo	
		Franco limoso	Sin suelo	Franco limoso	Sin suelo		Sin suelo		

<sup>5</sup> El mapa geopedológico tiende a la difusión de una clasificación y nomenclatura a nivel nacional y correlacionada internacionalmente, para lograr un acuerdo sobre las definiciones de agrupaciones edafológicas que permitan definir distinciones y similitudes, evitando así usar los mismos términos para referirse a suelos diferentes y distintos términos para referirse a un mismo suelos (González *et al.*, 1986).



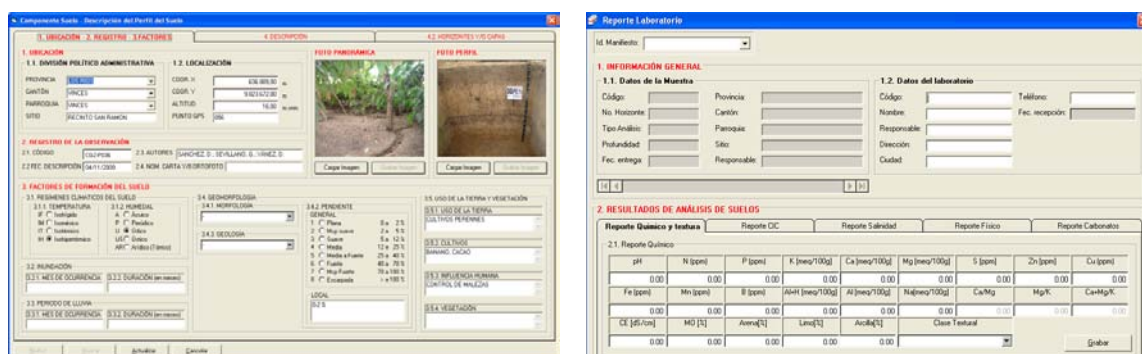
ATRIBUTOS:	Salinidad	Profundidad nivel freático	Drenaje natural	Régimen de temperatura del suelo	Régimen de humedad del suelo	Capacidad de Intercambio Catiónico	Saturación de bases	Fertilidad	Inundabilidad
DOMINIOS	No salino	Muy superficial	Excesivo	Isófrígido	Árido	Muy bajo	Bajo	Muy baja	Sin o muy corta
	Ligeramente salino	Superficial	Bueno	Isoméxico	Ústico	Bajo		Baja	Corta
	Salino	Poco profundo	Moderado	Isóhipertérmico	Péridico	Alto	Media	Mediana	Mediana
	Muy salino	Medianamente profundo	Mal drenado						Larga
		Extremadamente salino	Profundo	Sin suelo	Ácuico	Muy alto	Alta	Alta	Permanente
	Sin suelo	Sin evidencia							

Los atributos y dominios normalizados constituyeron la base de datos que facilitaron el almacenamiento independiente para futuras aplicaciones potenciales, así como el control en el acceso por los diferentes usuarios y la actualización de los datos de manera rápida. El levantamiento de suelos, por sí solo, no representa una herramienta de planificación para la toma de decisiones, ya que, para esto es necesario que se conjuguen, de manera apropiada y mediante metodologías claras, diferentes atributos y dominios no solo edáficos, sino: climáticos, geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, entre otros; permitiendo generar cartografía de síntesis, como: evaluación de tierras por su capacidad de uso, zonificación agroecológica de cultivos, mapas de erosión, etc., con el fin de coadyuvar al uso sostenible<sup>6</sup> y sustentable<sup>7</sup> de los recursos naturales.

Se denominó SAG a la herramienta informática que se diseñó para gestionar la geoinformación edáfica. El SAG contiene bases de datos de información normalizada de descripciones de perfiles de suelos georeferenciados y propiedades cualitativas y cuantitativas edafológicas, expresadas en atributos y dominios para la caracterización de unidades geopedológicas. Para facilitar el uso e implementación del SAG, se ha diseñado un manual del usuario, que contiene los pasos para la instalación del programa, ingreso de usuarios, ingreso de geoinformación, interpretación de las variables de suelos y generación de reportes de control.

EL SAG permitió la manipulación, centralización, visualización e intercambio de geoinformación levantada en campo, que asociado a un Sistema de Información Geográfica (SIG), mejoró el control y validación de los productos obtenidos, preservando, de manera continua, la trazabilidad de los datos por medio de cuatro interfaces: módulo de ingresos, transformación de datos, reportes de inconsistencias y sistema de información geográfica.

**Módulo de Ingresos.**- Compuesto por formularios para el ingreso de los datos que incluye validaciones de campos (**Figura 4**).



<sup>6</sup> Garantizar a las futuras generaciones las mismas oportunidades y privilegios que hoy disfrutamos (Nieto, s.f.).  
<sup>7</sup> Cuidar de no rebasar el límite de la capacidad de carga de los recursos y ecosistemas naturales (Nieto, s.f.).

**Figura 4.** A la izquierda, pantalla que almacena las características morfológicas de los perfiles de suelos. A la derecha, reporte de laboratorio del análisis físico-químico de los horizontes del suelo. 2010.

*Transformación de datos.-* Aplicación que permite evaluar y convertir las características de los perfiles a parámetros cualitativos, que representarán las unidades geopedológicas (**Figura 5**).

**1. Información Taxonomía de Suelos**  
 Código Perfil: CG1-P001 Subgrupo Taxonómico: Vertic Hapludalfs Características: Suelos arcillosos, mal drenados, moderadamente profundos, pH ligeramente ácido, c  
 Código Clave: JEJF\_

**2. Interpretación Variables de Suelos**  
 Textura Superficial: Franco arcilloso Textura Profundidad: Arcilloso Drenaje Natural: Mal drenado Profundidad Efectiva: Moderadamente p Pedregosidad: Sin Toxicidad: Sin o nula Potencial Hidrógeno: Ligeramente acid Salinidad: No salino  
 Profun. Nivel Freático: Sin evidencia Régimen Temperatu.: Isohipertermico Régimen Humedad: Udico Materia Orgánica: Alto (costa) CIC: Bajo Saturación de Bases: Bajo Fertilidad: Alta Inundabilidad: Sin u ocasional

**3. Consulta Información Base Suelos**

Símbolo	Prof. (cm)	Color	Color Moteos	Textura Ficha Suelos	Textura Laboratorio	ESTRUCTURA Tipo(forma)	Tamaño	Grado	Raíces	Frag. Gruesos
1 Ap	0 - 25	S H 10 YR 2/1	P S	Arcilloso	Franco arcilloso	Bloques sub-angulares	Grueso/espeso		VF F Común M C	Ninguno
2 A1	25 - 55	S H 10 YR 2/1	P S	Arcilloso	Arena	Bloques sub-angulares	Grueso/espeso		VF F M C	
3 AC	55 - 90	S H 10 YR 8/1 10 YR 4/1	P S	Arcilloso		Desmenuzable	Muy fino/delgado		VF F M C	Ninguno
4 CA	90 - 120	S H 10 YR 4/1	P S	Arcilloso		Masiva	Grueso/espeso		VF F M C	

**Figura 5.** Pantalla que reúne los datos de perfiles de suelos y reportes de laboratorio. 2010.

*Reporte de inconsistencias.-* Reporta errores de digitalización en el ingreso de la ficha por parte del usuario y posibles inconsistencias conceptuales del levantamiento, así como, malas interpretaciones de campo y contradicciones de datos de fichas (**Figura 6**).

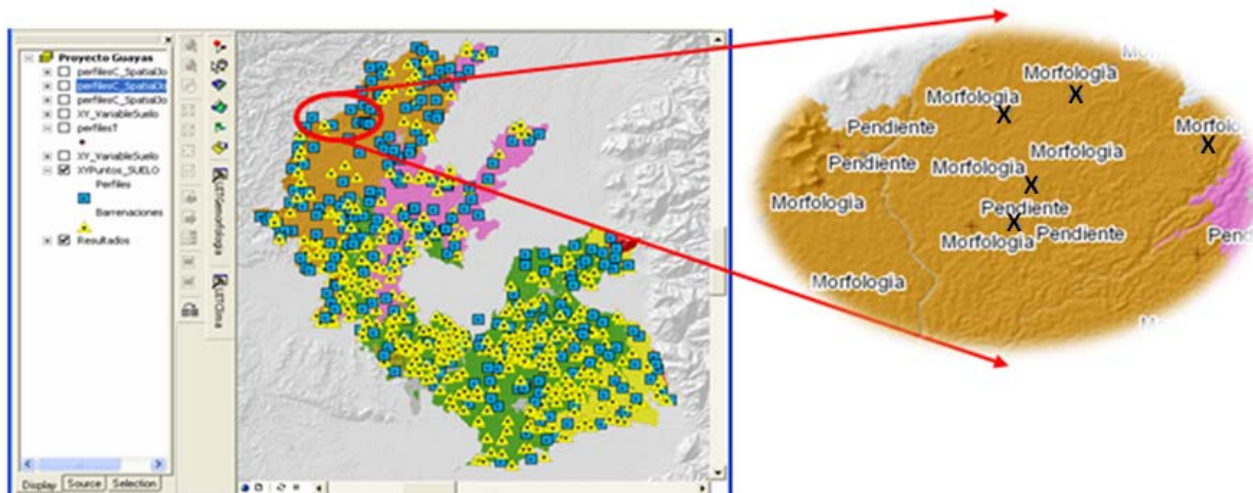
**PERMEABILIDAD DRENAJE NATURAL**

No. Observación	Drenaje Nat	Horizonte	Textura	Drenaje Natural
CG3-B082	4	1	14	Error
CG3-B082	4	2	14	Error
CG3-B082	4	3	11	Error
CG3-B087	4	1	10	Error
CG3-B087	4	2	15	Error
CG3-B087	4	3	11	Error
CG3-B087	4	4	11	Error
CG2-B052	4	1	10	Error
CG2-B052	4	2	14	Error
CG2-B052	4	3	14	Error
CG2-B052	4	4	14	Error
CG2-B052	4	5	14	Error
CG3-P023	4	1	10	Error
CG3-P023	4	2	14	Error
CG3-P023	4	3	11	Error
CG6-P006	4	1	7	Error
CG6-P006	4	2	10	Error
CG6-P006	4	3	14	Error

Registro actual: 1 de 200

**Figura 6.** Vista de la ventana “Control intraficha” del SAG. Reporte de inconsistencias. 2010.

*Sistema de información geográfica para el SAG.*- Visualiza los datos georeferenciados que describen y cuantifican propiedades específicas del perfil de un suelo y las inconsistencias espaciales entre el mapa geomorfológico y los datos georeferenciados de los perfiles (**Figura 7**).



**Figura 7.** Inconsistencias espaciales, representadas por una “X”, mediante la interacción del SAG con ArcGIS. 2010.

Cabe mencionar, que se comparte la visión del Dr. Misael Acosta Solís, plasmada en su libro “Recursos naturales del Ecuador y su conservación” (1965), con respecto a la ausencia en la centralización y conexión de los datos generados en estudios de levantamientos de suelos que, si bien éstos convergen en un solo punto de vista, como es el mejoramiento de la producción agropecuaria, no guardan nexo para correlacionar los resultados, ya que siguen siendo trabajos dispersos. Frente a esto, surgió la necesidad de crear e implementar el Sistema de Administración de Geoinformación (SAG), cuya aplicación evitará incurrir en la duplicación de trabajos y gastos, pues permite la centralización y administración de la geoinformación edafológica, para ser utilizada en la planificación y gestión de proyectos de desarrollo.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta. M. 1965. Los recursos naturales del Ecuador y su conservación. 1ª Parte. México D.F., MX. p. 55–68.
- CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, EC), 1979. Evaluación preliminar de la información recopilada sobre los recursos edafológicos. Quito, Gerencia de Operaciones, Departamento de Aplicaciones Unidad Agricultura. p. 24-30.
- DPAE (Dirección de Prevención y Atención de Emergencia de Bogotá, CO). 2007. Catalogo de objetos y símbolos. Volumen 1.1. Bogotá D.C. p. 5.
- González, A., F. Maldonado, y L. Mejía. 1986. Memoria explicativa del mapa general de suelos del Ecuador. Quito, EC, Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. p. 30
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO), 1995. Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. Santa Fe de Bogotá D.C. p. 33.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, EC). 2002. Proyecto de generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario. Quito, EC. (Informe Final).
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, EC); PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC). 2008. Metodología de valoración de tierras: propuesta. Quito. p. 94.
- Nieto, C. s.f. Agroecología y métodos alternativos de producción agropecuaria. p. 8.
- Porta, J., y M. López-Acevedo. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 192, 618.
- \_\_\_\_\_; M. López-Acevedo, y R. Poch. 2008. Introducción a la edafología: uso y protección del suelo. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 357, 359.
- Portais, M. 1977. Un ejemplo de geografía aplicada: el inventario de los recursos naturales renovables y la regionalización de la planificación agrícola en Ecuador. Revista geográfica no. 9: 19, 23, 25.
- Murai, S. 1999. SIG: manual base. Vol. 1: conceptos fundamentales. Revista SELPER 15(1): 35.