



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL
CENTRO DE APOYO RÍO VERDE DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Dannes Alexander Tomalá Reyes

La Libertad, 2020



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL
CENTRO DE APOYO RÍO VERDE DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

UPSE

Autor: Dannes Alexander Tomalá Reyes

Tutor: Ing. Daniel Antonio Ponce de León Lima, Ph.D.

La Libertad, 2020

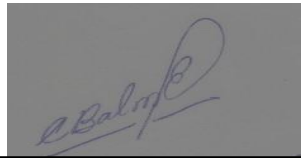
TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano, Ph.D.
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



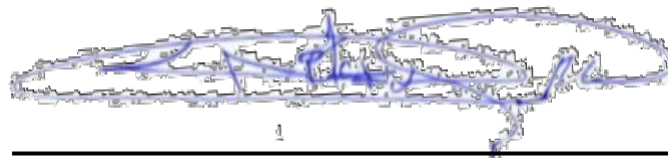
Ing. Ángel León Mejía, M.Sc.
**DIRECTOR (E) DE CARRERA
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, Ph.D.
**PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce de León Lima,
Ph.D.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL (E)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Mis padres y hermanas por el apoyo incondicional, por la atención brindada y el espacio prestado para que pueda desarrollar mis actividades académicas.

A mis abuelitos por el tiempo compartido y las bendiciones de siempre.

A cada familiar que en su momento me brindó su apoyo tanto para las actividades académicas como moral.

A mi novia, por su amor, confianza y motivación.

A la docencia de la infancia que con la práctica de germinación de semillas en algodón me orientó al camino de la agricultura.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la Facultad Ciencias Agrarias y sus docentes que con sus conocimientos técnicos aportaron en mi formación profesional.

Al coordinador del Centro de Apoyo Río Verde, por facilitarme la información necesaria para este trabajo.

Al docente tutor por su comprensión, guía y criterios técnicos durante las etapas de desarrollo de la tesis.

DEDICATORIA

A mi árbol genealógico con quienes tuve que sacrificar tiempo simbiótico y que fueron dedicados a la actividad universitaria, pero que a su vez son con quienes he compartido momentos que se vuelven perennes en mi memoria y que le dan un valor nutritivo a mi vida, siempre guiándome por el camino fértil, despejándome de nubosidades, acompañándome en caminos sinuosos o en mi escala sobre pendientes inclinadas, contra el viento y escorrentía y en momentos positivos como éste, por todo eso, este trabajo también es suyo, son mis raíces y este es un fruto de aquel árbol formado.

RESUMEN

Se desarrolla el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la finca agropecuaria del Centro de Apoyo Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, se parte de la organización y modelado de datos sustentado en estándares internacionales. Los metadatos de la información fueron validados en QGIS por la Norma ISO19115 y la Calidad de Información por las Normas 19113 y 19114, donde fue necesario un proceso de rectificación espacial para trabajar a escala parcelaria dentro del error permisible. Se construyó una única base de datos Geopackage. Como resultado de su implementación se realizó un estudio de caso donde se utilizaron herramientas de geoprocursos y análisis de terreno, que permitieron evaluar el estado actual de desarrollo de procesos de erosión hídrica en cárcavas presentes en la zona de estudio, basado en ello, se generan propuestas para su control en concordancia con las condiciones del terreno a partir del análisis de la base de datos y sus relaciones contempladas en el modelo conceptual.

Palabras claves: Sistema de Información Geográfica, finca agropecuaria, erosión hídrica en cárcavas, Geopackage.

ABSTRACT

The Geographic Information System (GIS) of the agricultural farm Río Verde Support Center of the Santa Elena Peninsula State University is developed, begins with the organization and modeling of data supported by international standards. The information metadata were validated in QGIS by the Standard ISO 19115 and the Information Quality by the Standards 19113 and 19114, where a spatial rectification process was necessary to work on a parcel scale within the permissible error. A single Geopackage database was built. As a result of its implementation, a case study was carried out where geoprocessing tools and terrain analysis were used, that allowed evaluating the current state of water erosion processes in gullies present in the study area, based on it, proposals are generated for its control in accordance with the conditions of the terrain from the analysis of the database and its relationships contemplated in the conceptual model.

Keywords: Geographic Information System, agricultural farm, water erosion in gullies, Geopackage.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, reading "Dannes Alexander Tomalá Reyes". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Dannes Alexander Tomalá Reyes

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Sistema de Información Geográfica	5
1.2. Componentes de un Sistema de Información Geográfica.....	5
1.3. Quantum GIS	6
1.4. Etapas de desarrollo de un Sistema de Información Geográfica	6
1.4.1. Análisis de requisitos.....	6
1.4.2. Diseño del sistema.....	7
1.4.3. Implementación	7
1.4.4. Evaluación	7
1.5. Uso de un Sistema de Información Geográfica	7
1.6. Base de datos - BBDD	8
1.6.1. Base de datos espaciales - BDE.....	8
1.7. Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD o DBMS- DataBase Management System)	9
1.8. Lenguaje de los SIG.....	9
1.8.1. Lenguaje de análisis espacial.....	10
1.9. SQL – Structure Query Language	10
1.10. SQLite	10
1.11. SpatiaLite	11
1.12. Geopackage.....	11
1.13. Modelado de datos geográficos	11
1.14. Modelo Conceptual.....	12
1.15. Modelo Entidad Relación (E-R)	12
1.16. Pasos para un Modelo Entidad Relación (E-R)	12
1.17. Componentes de un Modelo Entidad Relación.....	13
1.17.1. Entidades	13
1.17.2. Atributos	13
1.17.3. Relaciones.....	14
1.17.4. Cardinalidad o conectividad	14
1.17.5. Identificador	14

1.18. Modelador Gráfico de QGIS.....	15
1.18.1. Pasos para crear un Modelo Gráfico	15
1.18.2. Guardar y cargar modelos	16
1.18.3. Editar un modelo	16
1.19. Normas ISO de Información geográfica.....	17
1.19.1. Calidad de metadatos.....	17
1.19.2. Calidad de información	17
1.20. El proceso de la toma de decisiones	17
1.21. Estudios realizados	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1. Ubicación y descripción del lugar	20
2.2. Materiales.....	20
2.3. Métodos	21
2.3.1. Desarrollo del diseño del modelo conceptual.....	21
2.3.2. Desarrollo de la documentación de la información.....	22
2.3.3. Caso de aplicación: Propuestas para el control de erosión en cárcavas del CARV mediante el Sistema de Información Geográfica.	24
2.4. Softwares utilizados.....	26
2.4.1. Quantum GIS – QGIS versión 3.4 “Madeira”.....	26
2.4.2. Dia Diagram Editor (Dia) versión 0.97.2	26
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Diseño del sistema - Documentación de la información	27
3.1.1. Organización y codificación de la información.....	27
3.1.2. Modelo Conceptual E-R.....	30
3.1.3. Metadatos y calidad de la información.....	33
3.2. Implementación de la Base de Datos.....	36
3.3. Evaluación del SIG - Caso de estudio	38
3.3.1. Fundamentación	38
3.3.2. Análisis.....	39
3.3.3. Propuestas.....	46
3.4. Consideraciones finales	51

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
Conclusiones.....	53
Recomendaciones	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Errores medios máximos permisibles por diferentes fuentes.	24
Tabla 2. Organización de datos-Infraestructura y Cultivo	28
Tabla 3. Organización de datos-Especie Forestal, Sistema Eléctrico e Hídrico	29
Tabla 4. Organización de datos-Suelo	30
Tabla 5. Metadatos de la capa cárcava.....	34
Tabla 6. Resultados de exactitud posicional inicial y rectificado.....	35
Tabla 7. Comparación de representaciones de entidades.....	36
Tabla 8. Capa organizativa del CARV en <i>geopackage</i>	37
Tabla 9. Área afectada por cárcavas en el CARV	39
Tabla 10. Influencia de las cárcavas a entidades de interés con buffer de 10 m.	42
Tabla 11. Descripción de suelos por pendiente, FAO (2009).....	44
Tabla 12. Estrategias agroecológicas descritas por Altieri y Nicholls (2017).....	46
Tabla 13. Distancia de siembra de vetiver por pendiente, Vásquez (2015).....	47
Tabla 14. Espaciamiento entre diques de retención, Gómez et al. (2011).....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de abstracción de un SIG.....	12
Figura 2. Pasos para un Modelo Entidad-Relación.....	12
Figura 3. Interfaz del modelador gráfico de QGIS	15
Figura 4. Entradas y algoritmos del modelador gráfico de QGIS.....	16
Figura 5. Ventana superior del modelador gráfico de QGIS	16
Figura 6. Capas de entradas en el modelador gráfico de QGIS	25
Figura 7. Procesos vectoriales en el modelador gráfico de QGIS	25
Figura 8. Modelo Conceptual del CARV	31
Figura 9. Validación de metadatos para capa cárcava	35
Figura 10. Base de datos del CARV.	38
Figura 11. Representación y porcentaje de área afectada por cárcavas	40
Figura 12. Modelador gráfico de intersección de entidades	40
Figura 13. Influencia de cárcava en cultivos	41
Figura 14. Cercanía de cárcavas con instalaciones agropecuarias.....	41
Figura 15. Modelador gráfico para análisis de terreno.	42
Figura 16. Influencia del sistema de riego hacia las cárcavas.	43
Figura 17. Análisis de porcentaje y orientación de la pendiente.	43
Figura 18. Precipitación anual esperada en Santa Elena	45
Figura 19. Propuesta de ubicación de barrera de vetiver en curvas de nivel	48
Figura 20. Propuesta de reubicación de tuberías en el cultivo de guanábana.	48
Figura 21. Diques de retención en el control de cárcavas.	50
Figura 22. Inclinaciones recomendadas para cabeceo de cárcava.	51
Figura 23. Modelo propuesto de cabeceo de cárcava en el CARV.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

- Figura 1A. Diccionario de datos – Infraestructura
- Figura 2A. Diccionario de datos – Sistema eléctrico
- Figura 3A. Diccionario de datos – Cultivo
- Figura 4A. Diccionario de datos – Especie forestal
- Figura 5A. Diccionario de datos – Sistema hídrico
- Figura 6A. Diccionario de datos – Suelo (Cárcava y muestreo)
- Figura 7A. Diccionario de datos – Suelo (Sistema productivo y geopedológico)
- Figura 8A. Modelo Conceptual completo (Entidades y atributos)
- Figura 9A. Recolección y proceso de datos

INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de hardware, software, datos y personas, que mediante procesos orientados facilitan la manipulación, análisis, modelado y representación de información geográficamente referenciada, para dar solución a problemas de planificación y gestión. Un SIG permite interactuar con dicha información para lograr objetivos concretos (Beltrán, 2013).

En los años sesenta, Roger Tomlinson considerado “el padre del SIG” creó el CGIS (Sistema de Información Geográfica de Canadá) para el inventario de recursos naturales, este SIG fue diseñado como un sistema de mapas computarizado, en 1969, dos estudiantes del Laboratorio de Harvard formaron la empresa ESRI. En 1972 se lanza el Landsat 1, el primer satélite de teledetección de la superficie terrestre y en 1978 se pone en órbita el primer satélite GPS (Pérez Navarro, Botella Plana and Muñoz Bollas, 2011).

En los años ochenta las empresas forestales y agencias de recursos naturales fueron los primeros clientes de productos SIG, por la necesidad de regular el uso eficiente de los recursos. En esta década Peter Burrough publicó el libro *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*, que fue considerado el libro de referencia para los estudiantes de SIG en todo el mundo (Pérez Navarro, Botella Plana and Muñoz Bollas, 2011).

Para la creación de un SIG se consideran tres fases, la Fase de Inventario que está relacionada al levantamiento de información, ejemplo redes públicas, transporte o catastro, u otra información temática relevante, la Fase de Análisis es donde los SIG pueden resolver preguntas complejas, relacionar capas de información, usar técnicas estadísticas y análisis espacial; y la Fase de Gestión orientada a la administración y soporte a la toma de decisiones, enfatizando en el análisis espacial sofisticado y la modelización (Beltrán, 2013).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo principal de un SIG es facilitar respuestas a interrogantes relacionadas a información espacial y que con estas respuestas los entes competentes tomen decisiones, porque por medio de un SIG pueden tener una ubicación espacial del problema estudiado, normalizar la recolección de datos,

proporcionar un almacenamiento coherente, facilitar la presentación gráfica de resultados y simular las consecuencias de una decisión antes que un error de planeación modifique un paisaje de manera irreversible (Beltrán, 2013).

La base de un SIG es un conjunto de capas de información digital que representan variables u objetos enlazados a una base de datos (BBDD), que posee información de los mismos, permitiendo combinar datos almacenados en diferentes formatos y provenientes de distintas fuentes (Rosendo Ramos, 2010).

Antes de la tecnología, los datos se escribían en un papel para ser guardados y almacenados en bibliotecas donde se podía consultar información de interés, esto constituyó las primeras Bases de Datos. El avance de la tecnología permitió crear nuevos métodos de almacenamiento; en 1884 con la máquina perforadora de Herman, se guardaba información mediante perforaciones en tarjetas usando código binario (Álvarez, 2016).

Una BBDD es un conjunto estructurado de información, de tipo espacial, numérico y alfanumérico, que almacenado de forma sistemática facilita su acceso y reutilización. Este almacenamiento produce menor redundancia, mayor independencia, disponibilidad, seguridad, eficiencia de captura, codificación y entrada de datos (Olaya, 2014).

La Base de Datos Espacial describe los objetos mediante tres propiedades básicas, atributos, localización y topología geoespacial; los atributos representan sus características, la localización, su geometría y ubicación al sistema de referencia y la topología geoespacial, las relaciones conceptuales y espaciales entre objetos, para establecer una relación, mejorando su interpretación (Gutiérrez, 2006).

El modelado de datos es una herramienta para describir información, su significado, relaciones y restricciones de consistencia; existen tres tipos de modelado, Conceptual, Lógico y Físico (Marques, 2002). Un Modelado o Diseño Conceptual, es la primera fase en el desarrollo de bases de datos y se subdivide en análisis de requisitos y la generación del esquema conceptual (Ruiz, 2001).

Actualmente existen diversos modelos para representar tablas, como el Entidad-Relación (E-R) y Relacional (Álvarez, 2016). El Modelo E-R es considerado un Modelo Conceptual porque permite ver con claridad a un alto nivel la información (Cuartas, 2011), se representa en entidades, atributos y relaciones, los diagramas E-R muestran gráficamente el esquema conceptual y la independencia que mantienen respecto a la implementación (Moreno, 2000).

ISO por sus siglas en inglés (*International Organization for Standardization*) es la Organización Internacional de Estandarización, con sede en Ginebra y membresía de 164 organismos nacionales de normalización (ISO, 2015) se dedica a crear estándares que aseguran la calidad, seguridad y eficiencia de productos y servicios mediante las llamadas Normas ISO (López, 2018), las cuales son herramientas de gran utilidad porque brindan reconocimiento y aceptación internacional a las organizaciones que las aplican (ISOTools, 2019).

Las Normas ISO sobre la Calidad en Información Geográfica tratan los estándares que facilitan el entendimiento inequívoco entre productores y usuarios de esta información, facilitando el mercado y el eficiente uso de la información geográfica (Ariza and García, 2008). Las Normas ISO sobre Metadatos proporcionan un conjunto común de definiciones, terminologías y procedimientos de aplicación para los metadatos y describir la información sobre los datos geográficos (Sánchez, Noguera and Ballari, 2008).

El Centro de Apoyo Río Verde (CARV) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) tiene como objetivo el desarrollo de actividades de producciones agrícolas y pecuarias que generen recursos económicos para su sostenimiento y las actividades académicas donde los estudiantes realizan prácticas para desarrollar habilidades y destrezas en su formación profesional (Ortega, 2018).

La información de uso de suelos, muestreos, cultivos, riego e infraestructuras tomadas en el CARV no es completamente utilizada porque no se centraliza en una sola base de datos que esté organizado con fines de planificación y gestión. Con el modelo conceptual se relaciona dicha información para que sea de fácil manejo a los usuarios

que accedan a la información como soporte a la toma de decisiones científicamente fundamentadas.

Se espera que con la implementación del sistema de información geográfica de la finca, se facilite el análisis y visualización de las actividades agropecuarias presentes y su arreglo espacial, cuyo manejo pueda influir en la sostenibilidad y sustentabilidad del Centro, además, sirva de base para su ordenamiento y gestión futura.

Problema Científico:

¿Cómo organizar la información temática orientada a la toma de decisiones agropecuarias en el Centro de Apoyo Río Verde?

Objetivo General:

Desarrollar un Sistema de Información Geográfica del Centro de Apoyo Río Verde a partir del Modelo Conceptual.

Objetivos Específicos:

1. Diseñar el modelo conceptual con la información temática disponible del Centro de Apoyo Río Verde.
2. Documentar la información temática del Centro de Apoyo Río Verde basado en estándares de la Información Geográfica.
3. Demostrar la potencialidad de un Sistema de Información Geográfica en la toma de decisiones a nivel de finca mediante un estudio de caso.

Hipótesis:

Mediante el desarrollo de un modelo conceptual y la implementación en un SIG se facilitará la toma de decisiones del Centro de Apoyo Río Verde.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Sistema de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto que integra tecnología informática, personas e información geográfica con la función de capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Olaya, 2014), es decir, incluye su posición en el espacio mediante un sistema de coordenadas estandarizado de una proyección cartográfica (Sarría, 2006).

Un SIG analiza la ubicación espacial y organiza la información visualizándolas mediante capas y escenas 3D, con estas capacidades se pueden revelar información más profundas sobre los datos, como patrones, relaciones y situaciones que sirven de ayuda a los usuarios en la toma de decisiones (Esri, 2019).

El SIG permite encontrar información geográfica organizada, a través de identificadores asociados a los objetos gráficos de un mapa digital, señalando un objeto para conocer sus atributos o preguntando por un registro en la BBDD para conocer su localización en la cartografía (Valdiviezo Castro, 2019).

1.2. Componentes de un Sistema de Información Geográfica

Según Olaya (2014) un Sistema de Información Geográfica tiene los siguientes componentes:

Datos. - Son la materia prima para el desarrollo de un SIG, contiene la información geográfica.

Métodos. - Conjunto de metodologías y formulaciones que se aplican sobre los datos.

Hardware. - Equipo para ejecutar el software.

Personas. - Se encargan de diseñar y utilizar el software.

Software. - Aplicación informática que trabaja con los datos e implementa métodos. Asqui Poma (2015) manifiesta que el software es la parte medular porque gestiona las funciones, herramientas, procesos y visualización de los entes geográficos.

Por su parte Hernández Yoc (2014) indica que el software se compone de los siguientes elementos:

- Herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica.
- Un Sistema Manejador de Base de Datos.
- Herramientas de búsqueda, análisis y visualización geográfica.
- Una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el fácil acceso a sus herramientas.

1.3. Quantum GIS

Quantum GIS (QGIS) es un software de Sistema de Información Geográfica de código abierto, que funciona en la mayoría de plataformas Unix, Windows y Mac. QGIS es ligero, fácil de usar y tiene una GUI amigable. QGIS se distribuye bajo Licencia Pública General GNU (GPL), que permite acceder a un programa SIG libre de costo (QGIS, 2019). Méndez (2011) menciona que entre las principales características de Quantum GIS se encuentran:

- Soporta formatos de datos, vectoriales y ráster.
- Soporta datos de tablas no espaciales.
- Integrado con GRASS.
- Herramientas de impresión de mapas.
- Soporta WMS y WFS.
- Herramientas de digitalización.
- Edición de datos.
- Etiquetado de elementos.
- Proyección de datos al vuelo.

1.4. Etapas de desarrollo de un Sistema de Información Geográfica

1.4.1. Análisis de requisitos

El análisis de requisitos consiste en extraer las necesidades del software SIG, referido a sus funciones, propiedades, comportamiento, rendimiento e interconexión. Se establecen los objetivos que el sistema debe cumplir, organizando y comunicando los procesos en esquemas y modelos del sistema (Mesa Giraldo, 2012).

1.4.2. Diseño del sistema

En el diseño del sistema se realiza la organización y representación de los datos y componentes del sistema de información. Incluye el modelado del sistema y de la base de datos geográfica (Mesa Giraldo, 2012).

1.4.3. Implementación

La implementación corresponde a la configuración necesaria para el funcionamiento de la base de datos. Se consideran los resultados de la etapa de análisis y de modelado, que define la estructura y especificaciones de almacenamiento en el sistema y la carga de información (Mesa Giraldo, 2012).

1.4.4. Evaluación

En la evaluación se comprueba que el SIG funcione correctamente de acuerdo a la etapa de análisis y diseño. El objetivo es que todas las operaciones de ingreso, visualización, consulta y análisis se realicen correctamente y que los errores se reporten para ser corregidos (Mesa Giraldo, 2012).

1.5. Uso de un Sistema de Información Geográfica

Sarría (2006) indica los siguientes usos de un sistema de información geográfica:

Almacenamiento. - Trata de como codificar y almacenar los distintos fenómenos existentes mediante modelos adecuados, es decir, modelizar la realidad y codificar el modelo.

Visualización. - El manejo de los datos espaciales presentados en un espacio de cuatro dimensiones (tres espaciales y el tiempo).

Consultas. - Basados en atributos temáticos como en propiedades espaciales, mediante coordenadas o selección directa en el mapa.

Análisis. - Mediante el uso de herramientas de análisis espacial y álgebra de mapas para desarrollar y verificar hipótesis sobre la variables y objetos.

Toma de decisiones. - Usando el análisis espacial y álgebra de mapas para tomar decisiones de planificación física, ordenación territorial, estudios de impacto ambiental, etc.

Modelización. - Se relaciona con la integración de modelos matemáticos de procesos naturales, dinámicos y distribuidos, con objetivos científicos, planificación y ordenamiento.

La razón fundamental para el uso de un SIG, es la gestión de información espacial, esto le diferencia de otros sistemas de información, permite separar los datos en distintas capas temáticas y almacenarlas independientemente para trabajar con ellas de forma rápida y sencilla, facilita al profesional las posibilidades de relacionar la información existente mediante la topología de los objetos (Valdiviezo Castro, 2019).

1.6. Base de datos - BBDD

Una BBDD es un almacén de datos relacionados con diferentes formas de organización, representan aspectos del mundo real que son de interés de los usuarios, son almacenados para un propósito específico; esta organización permite que un programa del ordenador seleccione los datos rápidamente para que puedan ser recuperados, actualizados, insertados o borrados (Gutiérrez, 2009).

1.6.1. Base de datos espaciales - BDE

Obe y Hsu (2011) señala que una BDE es aquella base de datos que define tipos especiales de datos para objetos geométricos y almacenarlos en tablas de datos, provee de funciones e índices especiales para realizar consultas y manipular datos usando SQL.

En la actualidad es muy importante almacenar los datos espaciales en un SIG mediante una geodatabase, con la finalidad de que la información sea masiva y ayude en la toma de decisiones. Una geodatabase permite escalar en tamaño y operabilidad, su mecanismo de almacenamiento es por medio de tablas en un disco del servidor (Asqui Poma, 2015).

Según Asqui Poma (2015), el uso de BDE permite manejar de forma conjunta datos geográficos (geométricos) como los descriptivos (alfanuméricos). Por su parte Rodríguez y Reyes (2015) describen que una BDE tiene dos componentes:

- **Datos Espaciales.** - Llamados también atributos espaciales, son las características geográficas de los objetos, por ejemplo, ubicación, dimensión y forma.
- **Datos No Espaciales.** - También denominados atributos no espaciales, son las características cuantitativas asociadas al objetos, se almacenan en tablas y administradas por una manejador de base de datos.

1.7. Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD o DBMS- DataBase Management System)

Un SGBD es el software que controla y gestiona el acceso a la BBDD, permite consultas en datos alfanuméricos y espaciales (Prieto de Lope, 2014), como cualquier herramienta, la calidad del producto final depende de la destreza y pericia del que la utiliza y de acuerdo a las especificaciones del cliente (Nevado Cabello, 2010), además ésta autora, menciona en su libro “Introducción a las Bases de Datos Relacionales” las siguientes funciones de un SGBD:

- Crear, modificar y borrar estructura de datos.
- Añadir, actualizar y borrar registros.
- Extraer información de los datos.
- Mantener la seguridad e integridad.
- Construir aplicaciones.

1.8. Lenguaje de los SIG

Es el tipo de lenguaje que mejora la comunicación entre los diferentes equipos y campos profesionales (Esri, 2019). El lenguaje de consulta más utilizado en programas de gestión de base de datos es el Lenguaje Estructurado de Consultas o SQL (*Structured Query Language*) por sus siglas en inglés; se obtienen tablas que pueden combinarse con capas de información espacial para obtener nuevas capas (Sarría, 2006).

1.8.1. Lenguaje de análisis espacial

Esri (2019) menciona que el lenguaje del análisis espacial se utiliza para ubicar en un mapa donde están las cosas, como se relacionan, el significado y las decisiones a tomar. Con el análisis espacial se logra:

- Entender el donde. - Mapas de ubicación.
- Medir tamaño, forma y distribución. - Calcular geometrías de elementos.
- Determinar cómo los lugares están relacionados. - Cercanías, coincidencias, superposiciones en espacio y tiempo.
- Encontrar la mejor ubicación y rutas. - Ubicaciones que cumplen un conjunto de criterios, buscar mejores rutas o flujos a lo largo de una red.
- Detectar y cuantificar patrones. - Tendencias espaciales locales, regiones y globales, cambios de patrones espaciales en el tiempo.
- Hacer predicciones. - Identificar, clasificar y predecir ubicaciones similares, interpolar superficies continuas y tendencias con muestras discretas.

1.9. SQL – Structure Query Language

SQL es un lenguaje de consulta estructurado, diseñado para administrar y recuperar información, establecido como estándar para sistemas de base de datos relacionales. Los responsables de publicar este lenguaje son, la ANSI (*Instituto Americano de Normalización*) y la ISO (*Organismo Internacional de Normalización*) (García, 2004).

1.10. SQLite

SQLite, Es un Sistema Gestor de Base de Datos (OSGeo, 2019). Su código fuente es de dominio público, implementa un motor de base de datos SQL, rápido, pequeño, autónomo, de alta confiabilidad y con todas sus funciones. Es el más usado en el mundo, integrado en la mayoría de las computadoras (SQLite, 2019).

El formato de archivo SQLite es estable y multiplataforma (SQLite, 2019). Cada base de datos SQLite es un archivo que se puede copiar, comprimir y portar en Windows, MacOS, Linux, etc. (OSGeo, 2019).

1.11. SpatiaLite

SpatiaLite es un motor de base de datos SQLite. Esta extensión agrega el soporte de datos espaciales a SQLite. *SpatiaLite* tiene una arquitectura único servidor, diferente al tradicional cliente-servidor, que le permite que todo el sistema gestor de base de datos se encuentre integrado dentro de la aplicación en que es utilizado (Zhindón Mora, 2014; OSGeo, 2019).

1.12. Geopackage

Geopackage es un estándar de codificación que almacena en una base de datos SQLite conjuntos vectoriales, mapas ráster, atributos y extensiones, es decir, es el contenedor de base de datos, debido a que la biblioteca de software SQLite le proporciona un contenedor de un solo archivo, multiplataforma, sin servidor, transaccional y de código abierto, el cual admite su uso directo sin formatos intermedios. *Geopackage* es una opción independiente de la plataforma y el proveedor, ayuda a garantizar la integridad de los datos que contiene (OGC, 2018).

1.13. Modelado de datos geográficos

Los modelos de datos obtenidos del mundo real son el corazón del SIG, constituyen el conjunto para la representación de objetos y procesos del mundo real en el plano digital (Hernández Yoc, 2014). Existen cuatro niveles de abstracción para la representación del mundo real en una computadora, mencionadas a continuación:

- Primer nivel de abstracción (Realidad misma). - Es donde se encuentran los datos sobre el fenómeno geográfico.
- Segundo nivel de abstracción (Modelo Conceptual). - Es donde se organizan los datos identificados mediante criterios básicos.
- Tercer nivel de abstracción (Modelo Lógico). - Es la organización lógica y analítica del fenómeno.
- Cuarto nivel de abstracción (Modelo Físico). - Es la representación del fenómeno geográfico, por la cual es llamada también modelo representativo. El tercer y cuarto nivel son productos del software.

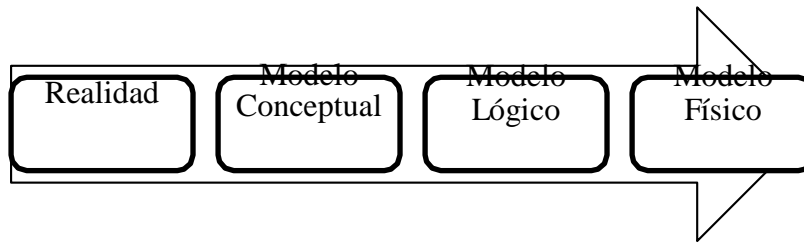


Figura 1. Niveles de abstracción de un SIG.
Fuente: Hernández Yoc (2014).

1.14. Modelo Conceptual

El modelado conceptual es una técnica de análisis y de diseño de BBDD, como análisis ayuda a identificar problemas de requisitos antes de iniciar el desarrollo, como técnica de diseño de base datos permite representar de manera abstracta los conceptos y hechos relevantes del dominio del problema y transformarlos en un esquema de base de datos concreta (Toro, 2011).

1.15. Modelo Entidad Relación (E-R)

El Modelo E-R propuesto por primera vez por Peter Chen en 1976 como “Modelo de Datos Conceptual” de alto nivel (Kroenke, 2003). Es el más utilizado a nivel mundial cuando se quiere elaborar una base de datos relacional (Pinzón y Sanabria 2013), describe un conjunto de entidades relacionadas de forma lógica y coherente, representa gráficamente el esquema de una base de datos, en relaciones, entidades y atributos que la conforman (Osorio Rivera, 2008).

1.16. Pasos para un Modelo Entidad Relación (E-R)

Vargas Moris (2015) presentó el siguiente diagrama de los pasos para realizar un Modelo E-R:

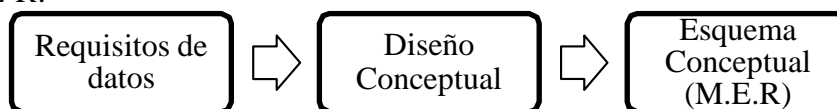


Figura 2. Pasos para un Modelo Entidad-Relación
Fuente: Vargas Moris (2015)

- **Requisitos de datos.** - Es la información que administra la empresa y ayuda a entender su desenvolvimiento.
- **Diseño Conceptual.** - Representa de manera independiente el modelo y la estructura de la Base de Datos facilitando su comprensión.
- **Esquema Conceptual (M.E.R).** - Es la descripción clara y concisa de la información, detalla las entidades, atributos y relaciones; no contiene detalle de la implementación, facilita la comunicación con usuarios que no tienen conocimientos técnicos informáticos.

1.17. Componentes de un Modelo Entidad Relación

1.17.1. Entidades

Las Entidades son los objetos que tienen existencia física, características similares que pueden ser descritos con los mismos tipos de datos, deben ser definidos con un nombre representativo y debe ser escrito en singular, se representan por un rectángulo (Fernández Alarcón, 2006).

Sánchez (2004) describe dos tipos de entidades:

- **Regulares.** - Son las entidades normales, tienen existencia por sí mismas y no dependen de otras.
- **Débiles.** - Son entidades en que su existencia depende de otras.

1.17.2. Atributos

Los atributos son las características de cada entidad, es decir, una entidad puede tener varios atributos, pero un atributo solo puede estar en una entidad, se representan por una elipse (Kendall y Kendall, 2010).

Fernández Alarcón (2006) manifiesta que los atributos se clasifican en:

Simples. - Son los que no dependen de otros, es decir, existen de manera independiente y no se dividen en más atributos.

Compuestos. - Son aquellos atributos que se encuentran formados por un conjunto de atributos simples.

1.17.3. Relaciones

Pons (2009) menciona que las relaciones son las asociaciones o nexos lógicos coherentes entre dos o más entidades, están representados por un rombo.

De acuerdo a Sánchez (2016), existen los siguientes tipos de relaciones:

- **Binarias.** - Asociación entre dos entidades, son las más típicas.
- **Ternarias.** - Relacionan tres entidades, se pueden simplificar en binarias, aunque no siempre es posible.
- **n-arias.** - Asocian n entidades, son muy raras.
- **Dobles.** - Dos relaciones distintas asocian a las mismas entidades.
- **Reflexiva.** - Sirve para relacionar a la misma entidad

1.17.4. Cardinalidad o conectividad

La cardinalidad es la forma como se unen las entidades, indican el número de relaciones en las que una entidad puede aparecer (García Mariscal, 2015). Por la cardinalidad existen tres tipos de relaciones:

- **Relación uno a uno (1:1).** – Una entidad A se relaciona con otra (B) en una instancia y viceversa (González Fernández, 2005).
- **Relación uno a varios (1:m)(m:1).** - Una entidad de un conjunto se puede relacionar con varias entidades del segundo, pero una entidad del segundo conjunto solo se relaciona con una entidad del primero (Pons, 2009).
- **Relación varios a varios (m:n)(n:m).** - Una entidad de un conjunto se relaciona con cualquier número de entidades del segundo y viceversa (Pons, 2009). No es muy recomendable, se debe hacer a través de una tercera tabla en la que existan claves primarias de las tablas que entran en ésta relación (Nevado Cabello, 2010).

1.17.5. Identificador

Según Marques (2002), un identificador es un atributo o conjunto de atributos que determina el modo único de cada ocurrencia en una entidad, es decir, no debe existir dos entidades con el mismo identificador, a su vez, el identificador no debe omitirse, toda entidad debe tener al menos un identificador o varios alternativos.

1.18. Modelador Gráfico de QGIS

El modelador gráfico permite crear modelos complejos, con el uso de una interfaz simple y fácil. Puede envolver una cadena de procesos que puede ser ejecutado en un solo algoritmo, ahorrando tiempo y esfuerzo (QGIS 3.4, 2019).

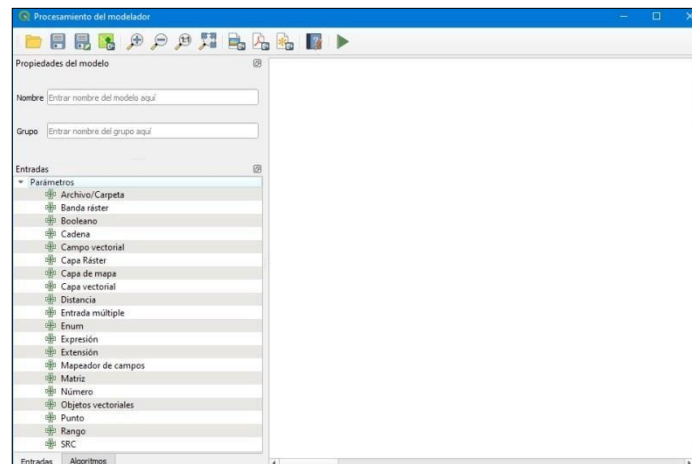


Figura 3. Interfaz del modelador gráfico de QGIS

1.18.1. Pasos para crear un Modelo Gráfico

QGIS 3.4 (2019) en su guía práctica menciona los siguientes pasos para crear un Modelo Gráfico:

- **Definición de entradas.** - Se agregan a la ventana de parámetros, el usuario puede colocar los valores cuando se ejecutan los modelos. Las entradas se añaden en la vista del modelador.
- **Definición de flujo de trabajo.** - Utilizando datos entrantes, el flujo de trabajo se define por algoritmos adicionales y seleccionando como se usan las entradas y salidas generadas que están en el modelo; una vez asignados todos los parámetros, el algoritmo se agregará al lienzo.

Para cambiar la forma de la estructura del modelo, los elementos se pueden arrastrar a una posición diferente, los enlaces entre los elementos se actualizan automáticamente. Se debe guardar y cerrar el cuadro de dialogo del modelador, para permitir la actualización del contenido

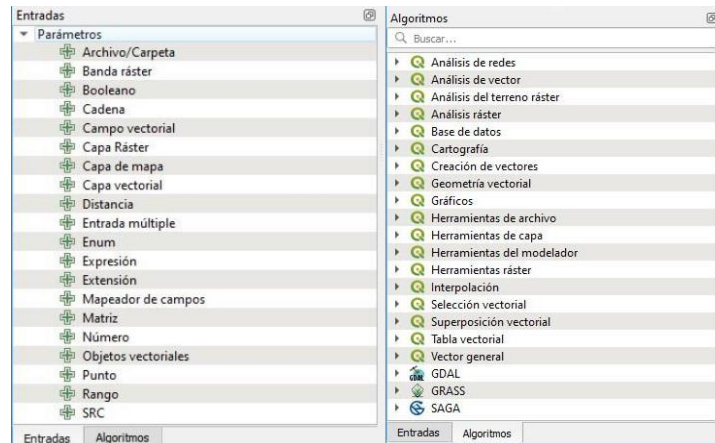


Figura 4.

Entradas y algoritmos del modelador gráfico de QGIS

Entradas y

1.18.2. Guardar y cargar modelos

Antes de guardar un modelo, se debe agregar el nombre y grupo, en la ventana superior de la caja de texto, al validar estos parámetros se guardará con la extensión *model*; también se puede guardar el modelo en el proyecto con el botón *addToProjectSave*, usando este método, el modelo se incrustará el archivo de nombre *_proyecto.qgz*. Los modelos estarán disponibles en la caja de herramientas y se podrán ejecutar; además se pueden exportar como una imagen, SVG o PDF con fines ilustrativos (QGIS 3.4, 2019).



Figura 5. Ventana superior del modelador gráfico de QGIS

1.18.3. Editar un modelo

QGIS 3.4 (2019) menciona que se puede editar un modelo creado, redefiniendo el flujo de trabajo, la relación entre algoritmos y entradas. Entre las opciones están:

- **Remove.** - El algoritmo seleccionado se eliminará si no hay otros dependiendo de éste, caso contrario, al intentar eliminar un algoritmo dependiente, aparecerá un mensaje de advertencia.

- **Editar.** - Mostrará los parámetros de diálogo del algoritmo para poder cambiarlos, esto no estará disponible si las capas o valores generados en pasos más avanzados causan una dependencia circular.
- **Desactivar.** - Permite ejecutar un modelo parcialmente, desactivando algunos de sus algoritmos, se pueden activar siguiendo el mismo proceso.

1.19. Normas ISO de Información geográfica

1.19.1. Calidad de metadatos

Los metadatos describen la localización y acceso de los datos al definir fecha, autor, formato, ubicación, escala, limitaciones legales, etc., para la explotación eficaz de los mismos (Morales, 2014). Según ISO 19115 (2003) la calidad de los metadatos de un producto cartográfico permiten juzgar al usuario final sobre el uso de los datos para sus propósitos.

1.19.2. Calidad de información

Las Normas ISO 19113 (2002) aplica a los usuarios y productores de datos geográficos y comprende dos de los elementos más importantes para la información geográfica, la exactitud posicional y la exactitud temática, la ISO 19114 (2003) provee las pautas y procedimientos para la evaluación de los mismos.

1.20. El proceso de la toma de decisiones

El pensamiento en la vida cotidiana se aplica en tres formas, la toma de decisiones, la solución de problemas y la creatividad. La toma de decisiones se refiere a elegir una acción entre varias alternativas; en la solución de problemas el objetivo es encontrar una conclusión o respuesta a un problema y la creatividad se refiere a generar nuevas ideas (Mercado Esquivel, 2013).

1.21. Estudios realizados

Mercado Esquivel (2013) en su tesis de maestría en México, por resolver uno de los principales problemas de las MYPE (Pequeñas y Medianas Empresas), como el manejo de información georreferenciada de los negocios, ubicación de mercados, búsqueda de caminos para entrega de mercancía, determinación de cobertura

geográfica del negocio y competencia, implementó un Sistema de Información Geográfica con software libre (QGIS) para el apoyo a la toma de decisiones en las PYMES, donde utilizó como base el esquema conceptual Entidad – Relación para el desarrollo del diseño físico, que describe la estructura de los datos que puede procesar el SGBD PostgreSQL+PostGIS. Concluyó manifestando que para las PYMES con solo información tabular, es difícil representar las ventas, ubicar proveedores, sucursales y rutas de distribución.

En Guayaquil-Ecuador, debido a la falta de persistencia de la información (control del paciente, nombres, apellidos, dirección, dolencia, médico tratante, medicamentos) del Hospital Universitario y del dispensario médico Cerritos Los Morreños generada en el sistema MySoul (aplicativo de medición de ritmo cardiaco), Vargas Moris (2015) desarrolló un Modelo Entidad-Relación de la base de datos almacenadas en SQL Server 2008, para resolver este inconveniente, tomando como referencia la normalización de la bases de datos de la Universidad de Córdoba en España. Con esta implementación se logró manejar el historial y realizar consultas de lectura, estandarizando, centralizando, integrando y relacionando la información mencionada.

Ortiz Ávila (2015) luego de analizar el uso de Sistemas de Información Geográfica, en las producciones agrícolas de Europa, Asia y algunos países en América Latina, elaboró un SIG de la granja experimental San Pablo de la Facultad de Ciencias Agrícolas (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo, con la finalidad de disponer de un SIG básico y motivar el uso de estos recursos en futuras investigaciones. La información georreferenciada y digitalizada se realizó mediante el empleo del software QGIS y entre los resultados se dispone de mapas como, curvas de nivel, uso de suelo, riego y red de drenaje.

Moncayo (2012) en la empresa de cultivos orgánicos “*Andean Organics*” que ofrece productos como hortalizas, hierbas medicinales y culinarias, con clientes en cadena de supermercados, hoteles y restaurantes del Ecuador. Por el aumento de la población, demanda de alimentos, reducción de áreas de siembra, uso de técnicas inadecuadas, aumento de precios de productos y sobre todo por la necesidad de que, para el crecimiento exponencial de la empresa, la información no debe llevarse en hojas de Excel, elaboró un Sistema de Información Geográfica de la hacienda productora,

utilizando el software ArcGIS y el administrador de base de datos PostgreSQL. Dentro de las tablas obtenidas están, finca, lote, cama, surco, labores, cosecha, cultivo, siembra-trasplante, insumo y aplicación. Manifestó que un SIG en la agricultura permite tener un mejor control de los cultivos en sus respectivas etapas, para llevar estadística comparativa entre años, cultivos del mismo lote u otros lugares geográficos.

En las laderas La Carbonera y El Espino de la Ciudad Bolívar, Sur Oriente de Bogotá en Colombia, por ser zonas vulnerables a remoción en masa (deslizamientos), debido a acciones provocadas por el hombre, como la explotación inadecuada de materiales de construcción en los años 70 y posterior urbanización, que generó problemas en el manejo de las redes domiciliarias y alcantarillado, conllevó a Díaz (2013) realizar una evaluación de riesgo en esta localidad mediante el software libre QGIS, recopilando de entidades públicas y privadas, datos geográficos tales como, uso de suelo, topografía, hidrogeología, drenajes superficiales, entre otros. Luego de digitalizar y georreferenciar la información, acoplándola y organizándola en la base de datos, procedió al análisis integrado, con el que determinó la alta vulnerabilidad de remoción en masa en este sector, sugiriendo la realización de obras civiles de mitigación o mejoramiento, como pueden ser, taludes, sistema de drenaje y muros de contención.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del lugar

El CARV de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, está ubicado en la comuna Río Verde, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena (Ortega, 2018), a 25 km de la capital cantonal, a una altura de 54 msnm (Yépez, 2018). Los parámetros meteorológicos influyentes en la zona son:

- Temperatura: 16-31 °C.
- Humedad Relativa: 75%
- Precipitación: Invierno 110 mm/mes y verano 0,2 mm/mes
- Luminosidad: 12-13 horas luz/día (Ortega, 2018).

2.2. Materiales

- Garmin Etrex 20x.
- Celular Samsung Galaxy Core 2
- Flexómetro 3.0 metros.
- Laptop HP, sistema operativo Windows 10 de 64 bits.
- Tablet, Samsung Galaxy Tab A6

Aplicaciones:

-**QField para QGIS, OPENGIS.ch.** - Herramienta GIS móvil, para el campo en proyectos QGIS.

-**App clinometer + bubble level.** – Herramienta buscador de pendiente, nivel de burbuja e inclinómetro.

- Estándares ISO:
 - Metadatos: Norma ISO 19115:2003
 - Calidad de información: Normas ISO 19113:2002 e ISO 19114:2003.
- Información inicial del CARV.
 - Grupos y capas en formato shapefile (shp)

Infraestructura

- ❖ Perímetro
- ❖ Zonificación

- ❖ Vías
- ❖ Naves
- ❖ Infraestructura de almacenamiento

Vegetación

- ❖ Cultivos de ciclo corto
- ❖ Cultivos perennes
- ❖ Árboles

Sistema de riego

- ❖ Aspersores
- ❖ Líneas de riego
- ❖ Cuarto de bomba
- ❖ Reservorio
- ❖ Pozos
- ❖ Línea madre

Uso de suelo

- ❖ Agrícola
- ❖ Conservación y protección

Suelo

- ❖ Puntos de muestreo
- ❖ Mapa geopedológico

2.3. Métodos

2.3.1. Desarrollo del diseño del modelo conceptual

Para realizar el modelo conceptual del CARV, se utilizó el Modelo Entidad-Relación propuesto por Chen en 1976, para obtener gráficamente la información (Cobo, 2009). En el diseño conceptual se siguieron los pasos descritos por Vargas Moris (2015), mencionados a continuación:

- Encontrar entidades.
- Identificar atributos de las entidades.
- Buscar identificadores.
- Especificar las relaciones y cardinalidades.

2.3.2. Desarrollo de la documentación de la información

Se documentó la información del CARV descrita en las siguientes acciones:

Organización. - Para el diseño y creación de una base de datos según Olaya (2014):

- **Recopilación de datos**

Pueden derivar de distintas fuentes, necesitando la elaboración de una lista de datos detallando sus características.

- **Preparación de datos**

Se debe considerar, extensión geográfica, formato, modelo de datos y sistema de coordenadas.

La organización de la información fue dentro del programa QGIS creando un nuevo proyecto con el Sistema Referencial de Coordenadas (SRC) WGS 84 / UTM zone 17S recomendado por el Instituto Geográfico Militar (IGM) para coordenadas de proyección en Ecuador, la versión del programa utilizado permite que una vez configurado el SRC toda la información que se ingrese adquiera el mismo sistema de referencia.

Codificación. - Los códigos, clasifican, sintetizan y facilitan el análisis de los datos (Monge, 2015).

El formato de organización de la información fue el vectorial Shapefile (shp), y debido a que el mismo no permite más de diez caracteres en los nombres de los campos, se procedió a codificar los nombres de manera que puedan ser entendibles por el operador y que sean iguales tanto en el modelo conceptual y en el software.

Calidad de información y metadatos

Se validaron los metadatos en QGIS, debido a que el mismo tiene compatibilidad con el estándar de metadatos ISO 19115:2003 (FGDC, 2016), el proceso como ejemplo se describe en la capa Cárcava.

Se descartó la evaluación de exactitud temática debido a que no hay registros temporales para comparar. Para el cálculo de la exactitud posicional se tomó de manera aleatoria 40 intersecciones de segmentos (pares de coordenadas) de acuerdo con el Federal Geographic Data Committee (1998) que recomienda como mínimo 20 puntos. Se comparó la posición tomada con el GPS usado en estudio y el mapa satélite de ESRI con resolución de pixel de un metro. La metodología aplicada es directa externa, basado en los parámetros utilizados por Ponce de León, Hernández y Balmaseda (2008) señalados a continuación:

- Error Medio.
- RMSE.- Raíz del Error Medio Cuadrático (Indica la dispersión de las posiciones en relación a las calculadas, a menor RMSE mayor precisión).
- Exactitud para el 95% de probabilidad, Ex95% (Para cualquier punto en el mapa existe una probabilidad del 95% de obtener un error inferior al valor calculado).

$$E_{\text{Medio}} = \frac{\sqrt{(x_p - x_d)^2 + (y_p - y_d)^2}}{2} \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N}} \quad E_{95\%} = E_{\text{Medio}} + (Z * S_x)$$

Dónde:

- x_p = coordenada x en el mapa base (ESRI)
- y_p = coordenada y en el mapa base (ESRI)
- x_d = coordenada x tomada con el GPS
- y_d = coordenada y tomada con el GPS
- N = cantidad de puntos muestreados
- Z = valor en una distribución normal tipificada
- S_x = desviación estándar

Los resultados obtenidos fueron comparados con la siguiente tabla que muestra los errores medios máximos permisibles a diferentes escalas.

Tabla 1. Errores medios máximos permisibles por diferentes fuentes.

Fuente	Escala de mapa	Mapa (mm)	Error medio máximo permisible (metros)
Servicio Geológico de EEUU	1 : 50 000	0.508	25.400
	1 : 25 000	0.508	12.700
ASPRS Specifications and Standards Committee	1 : 20 000	0.254	5.080
	1 : 10 000	0.254	2.540
	1 : 5 000	0.254	1.270
	1 : 1 000	0.254	0.254
	1 : 500	0.254	0.127
	1 : 200	0.254	0.051
	1 : 100	0.254	0.025
	1 : 50	0.254	0.013

Creación de base de datos

A fin de resolver lo indicado por Sarría (2006) que una geodatabase o base de datos necesita de un programa externo y el software SIG para acceder a los datos y visualizarlos, y al establecerse como finalidad utilizar una BBDD que se encuentre dentro de QGIS sin necesidad de una conexión mediante un software externo, se usó geopackage, que es una base de datos contenedor de los mismos y permite almacenar datos vectoriales y formatos ráster de acuerdo a OGC (2018).

Se empaquetaron las capas mediante el algoritmo del mismo nombre en QGIS, esta acción permite crear y cargar la base datos, con el nombre CARV_BBDD. Al poder almacenar información ráster con formato tif., se cargó el mapa de ESRI satélite que ubica el Centro y el Modelo Digital de Elevación (DEM) obtenido del satélite Alos Palsar con resolución de 12.5 metros, utilizado en el caso de aplicación.

2.3.3. Caso de aplicación: Propuestas para el control de erosión en cárcavas del CARV mediante el Sistema de Información Geográfica.

Para el caso de aplicación se utilizó el modelador gráfico de QGIS, en el que se introducen capas de entradas con sus correspondientes algoritmos asociados, entre las capas utilizadas están las cárcavas (cartografiadas con ese fin) y los cultivos (Figura 6), dentro del proceso de modelador, se usaron las herramientas de geoprocso vectorial apropiadas al estudio (Figura 7).

Para el análisis de terreno se utilizó la herramienta del mismo nombre, usando el DEM para extraer la pendiente, orientación de la pendiente y las curvas de nivel. De acuerdo a estos análisis se determinó las distintas propuestas a realizar para el control de cárcavas basado en criterios referenciados.

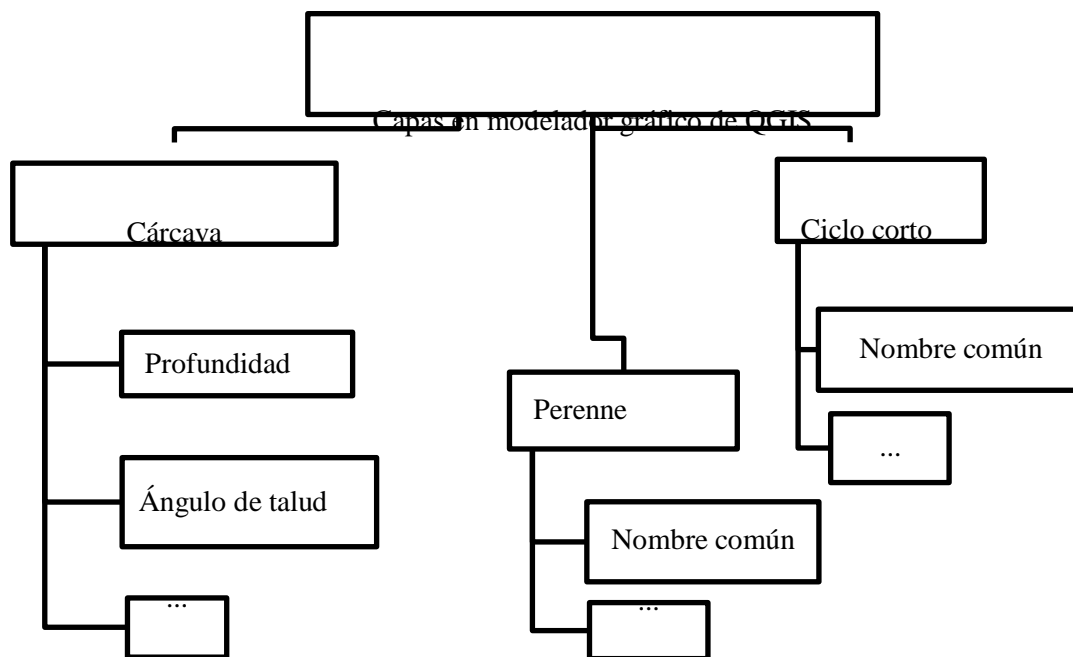


Figura 6. Capas de entradas en el modelador gráfico de QGIS

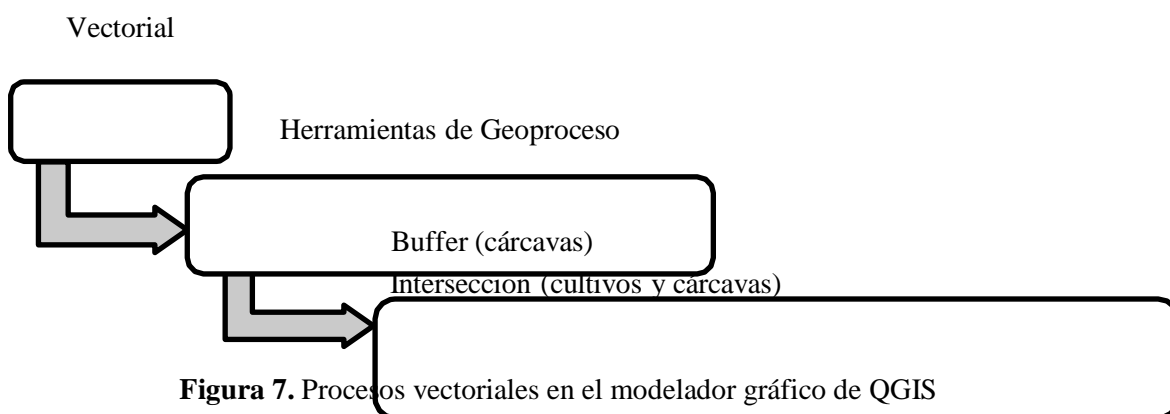


Figura 7. Procesos vectoriales en el modelador gráfico de QGIS

2.4. Softwares utilizados

2.4.1. Quantum GIS – QGIS versión 3.4 “Madeira”

El programa Quantum GIS o QGIS es un software libre para plataformas GNU/Linux, Unix; Mac OS y Microsoft Windows, permite trabajar con formatos ráster y vectoriales, además con base de datos. Para construir un sistema de información geográfica (SIG) consta de un conjunto de aplicaciones para crear datos, mapas, modelos y consulta de datos geoespaciales (CUOM, 2013).

QGIS 3 permite la implementación de bases de datos espaciales como PostGIS y alternativas ligeras como Spatialite y Geopackage; estas alternativas almacenan información en un solo archivo, no necesita de un sistema gestor externo para acceder a los datos (Pérez 2018).

2.4.2. Dia Diagram Editor (Dia) versión 0.97.2

La aplicación de código abierto Dia, disponible para Windows, Mac OS X y Linux, sirve para crear diagramas técnicos como el modelo de relaciones de entidad (ER), UML, eléctrico, cronogramas y otros. El ER representa en alto nivel los modelos conceptuales, que comúnmente se usan modelar la estructura de cómo se almacenará una base de datos. Entre las características de la aplicación destacan, la impresión de varias páginas, exportación a diversos formatos como png, dxf, gif, jpg, tif y pdf (Dia, 2011).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la metodología descrita por Mesa Giraldo (2012), se desarrolló el SIG en el CARV, la primera etapa de análisis corresponde al software, para lo que se seleccionó al QGIS como software SIG, al cumplir con los requisitos en cuanto a componentes y funcionalidades (Olaya 2014).

La fase de diseño del sistema se cumple con la documentación general de la información, y la implementación corresponde a la carga de la información en la base de datos *geopackage* y mediante el caso demostrativo se cumple la fase de evaluación por medio de métodos, los cuales son parte de los componentes del SIG.

3.1. Diseño del sistema - Documentación de la información

El modelo conceptual, la organización y codificación de la información del CARV fueron elaborados de manera simultánea debido a que se partió de una compilación de información temática generada por estudiantes de cursos de edafología y SIG anteriores, pero almacenadas como capas aisladas, por tanto, se establecieron los nombres, las relaciones y las cardinalidades del conjunto de capas temáticas relativas a la finca. Para ello el trabajo se basó en autores que específicamente no tratan de sistemas de información geográfica, pero establecen guías de criterios de acuerdo con el tema que se aborde.

3.1.1. Organización y codificación de la información

Para facilitar la organización (tabla 2,3 y 4) se agrupó la información en infraestructura, sistema eléctrico, cultivo, especie forestal, sistema hídrico, y suelo, la codificación de la información se representa en el diccionario de datos que muestra los nombres y dominios de los campos o atributos de cada entidad (Anexos), esto concuerda a la metodología aplicada por Díaz (2013) sobre el uso de SIG, donde señala que la información debe organizarse según la temática, para ello, es necesario hacer una investigación de las fuentes, clasificar, filtrar y digitalizar según se requiera.

Tabla 2. Organización de datos-Infraestructura y Cultivo

ENTIDAD	AUTOR	DESCRIPCIÓN
CENTRO DE APOYO RÍO VERDE FINCA O GRANJA	Sánchez Llorens (2014).	Requiere de caminos, cerramientos, invernaderos, semilleros, instalaciones, pozos, bombas y tuberías
	Finkeros (2014).	Agua, energía, árboles, vías de acceso, seguridad, tierra fértil, baño, cercas, casa, buena ubicación.
	Vogel (2011).	Inst Agrícola: Viveros, invernaderos, talleres. Inst Pecuaria: Corrales, alambrados, manga, cargadero, baño, balanza.
	Ureña (2009).	Selección de terreno, agua, sistema de almacenamiento, material vegetativo, análisis de suelo, bodegas, seguridad.
INFRA ESTRUCTURA	Sánchez Llorens (2014). Marbekys (2014).	Estructuras o instalaciones de larga vida útil, prestan un servicio, para que una actividad se desarrolle eficientemente
DESLINDE	Heras (2014).	Acto formal de distinguir los límites de una propiedad, indica su forma y dimensión, no su propietario.
VIA	Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial (2018). Hidalgo (2015).	Son las estructuras construidas para la movilidad terrestre de vehículos, ciclistas, peatones y semovientes.
INSTALACION_ SERVICIO	Saldarriaga (2018).	Son espacios que cumplen una operación o función planificada, su inclusión representa comodidad, pertenencia, apoyo y productividad.
INSTALACION_ AGROPECUARIA	Vogel (2011). INEC (2019).	Inst Agrícola: Utilizadas en la parte agraria; Inst Pecuaria: Utilizadas para cuidados, cría, etc., de animales de producción.
CULTIVO	Laurentin (2017). SISSAN (2012). Bembibre (2009).	Es la práctica de sembrar semillas y obtener un beneficio, sea, alimentación humana, animal, materias primas. Se clasifican en: Ciclo corto, Bianaues, Perennes.
C_CORTO	Laurentin (2017).	Cultivos con ciclo de vida no superior a un año.
PERENNE	Laurentin (2017).	Cultivos con ciclo de vida superior a un año, ocupan la tierra durante periodos prolongados.

Tabla 3. Organización de datos-Especie Forestal, Sistema Eléctrico e Hídrico

ENTIDAD	AUTOR	DESCRIPCIÓN
ESPECIE_FORESTAL	Macías (2015). Aguirre (2012).	Conjunto de plantas salvajes o cultivadas que desempeñan un papel importante en producción, protección del suelo, ciclo de carbono, humus y producción de oxígeno. Se clasifica en: Árboles, Arbustos.
ARBOL	Aguirre (2012).	Planta de gran tamaño y longevidad.
SISTEMA ELÉCTRICO	Yusta Loyo, Dufo López y Bernal Agustín (2011).	Conjunto de instalaciones, conductores y equipos que se necesitan en la generación, transporte y distribución de energía eléctrica.
MEDIDOR	EPSA (2018).	Dispositivo para registrar el consumo de energía eléctrica.
POSTE	Cabrera (2018).	Soporte vertical de poca altura.
RED_ELECTRICA	Navas (2015).	Parte del sistema eléctrico, su función es el suministro de energía eléctrica hasta los usuarios finales.
TABLERO ELECTRICO	Farina (2011).	Son equipos de los sistemas eléctricos destinados a cumplir una función, sea de: medición, control, maniobra y protección.
SISTEMA_HIDRICO	UNESCO y ROSTLAC (1991).	Conjunto de elementos que tienen por objetivo la adecuación y distribución del agua para las plantas, animales y familias.
POZO	Chávez Valdez <i>et al.</i> (2013).	Excavación para aprovechar agua con fin agrícola, pecuario o industrial.
BOMBA	Heras (2011).	Máquina que trabaja con un fluido incomprensible, transformando energía mecánica en hidráulica.
RESERVORIO	Salinas (2010).	Almacenamiento de agua, para uso doméstico, ganado, implementación de cultivos que utilicen riego.
TANQUE_ELEVADO	Astupiña (2017).	Depósito de almacenamiento de agua, da servicio por gravedad.
RED_TUBERIA	Novagric (2016).	Conjunto de tuberías para la distribución del agua.

Tabla 4. Organización de datos-Suelo

ENTIDAD	AUTOR	DESCRIPCIÓN
SUELO	Roca (2017).	Es un sistema abierto y dinámico, constituido por parte sólida, líquida y gaseosa. En el suelo se desarrollan actividades de acuerdo a sus propiedades y necesidades de la sociedad
CARCAVA	Gómez <i>et al.</i> (2011) y Rodríguez <i>et al.</i> (2005).	Incisión en el terreno provocada por el flujo de agua. Disminuyen unidades productivas. Afectan y dañan infraestructuras.
MUESTREO	De Bustos (2013)	Guía para conocer las condiciones y características del suelo, planificar actividades de manejo y decidir su uso.
SISTEMA_PRODUCTIVO	IGM (2012).	Procesos y decisiones para la adquisición, consumo y transformación de insumos y/o recursos. (incluye cobertura y uso de la tierra)
GEOPEDOLOGIA	MAGAP y TRACASA-NIPSA (2016).	Es la integración de la Geomorfología y Pedología. Ordena, organiza y clasifica los suelos.

La organización de la información establecida se corresponde con el concepto de finca (Borsdorf et al., 2013), de acuerdo a la descripción de Ortega (2018) sobre el CARV donde manifiesta que en este lugar se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias, y sirve de soporte a las decisiones en ese entorno.

3.1.2. Modelo Conceptual E-R

Se establecieron las relaciones y cardinalidades entre las entidades del modelo conceptual basados en la deducción, argumentado en lo descrito por Delgado Dapena (2002) que manifiesta que cada grupo o individuo tiene su forma propia de modelar, no siempre se cuenta con todo el conocimiento y experiencia del sistema que se va representar, por lo que las relaciones se referencian en los autores citados en la organización de la información.

En el modelo conceptual, se representan los atributos más importantes y las relaciones se asocian mediante verbos de acción o pertenencia (Katcheroff, 2008). Las relaciones entre las entidades en el modelo conceptual obtenido (Figura 8) se puede apreciar el uso de verbos de acción como suministrar, proporcionar, proteger y de pertenencia o inclusión como tener y contener, validando el manifiesto de Fanjul (2008) al indicar que los verbos tener y haber hacen referencia a “pertenencia, posesión y existencia” y Ruiz (2001) al señalar que los verbos ser y estar en el diseño de modelo conceptual permiten crear jerarquías y asociación de entidades.

Las relaciones del Modelo Conceptual del CARV difieren con la de movimientos de laderas e Información Edafológica elaborados por Fernández Del Castillo *et al.* (2006) y Balmaseda (2006) respectivamente, donde las principales relaciones son de inclusión o inclusión parcial, agregación y composición, ambos trabajos enfocados al análisis mediante el uso de sistemas de información geográfica.

El Modelo E-R obtenido fue diseñado para representar el sistema en general, poder identificar problemas y tomar decisiones para su solución o control, este criterio está dentro de La Norma ISO 19103 (2001) que señala que un modelo es la representación de los objetos y fenómenos existente en el mundo real que está bajo estudio.

Las relaciones más comunes son de tipo binarias, encontrando además la relación terciaria entre pozo, bomba y red de tuberías, debido a que por el accionar de la bomba se suministra agua del pozo a la red de tuberías, y la relación doble entre cárcava y sistema productivo puesto que las cárcavas afectan el sistema productivo y el sistema productivo influye en la formación de cárcavas, coincidiendo con Sánchez (2016).

Respecto a la cardinalidad de las relaciones entre las entidades (Figura 8) se observa que del lado izquierdo de cada conectividad se obtuvieron valores de 0 o 1, por consiguiente del lado derecho valores de 1 o m, lo que corresponde a la cardinalidad en mínimos y máximos de las relaciones y que concuerda con lo descrito por Sánchez (2016) al manifestar que aunque la cardinalidad mínima de una relación sea mayor a 1, lo que representaría a muchos, solo se debe colocar 0 o 1, y en el caso de la cardinalidad máxima los valores a indicar es 1 o m.

Para obtener la cardinalidad general descrita por García Mariscal (2015), se debe tomar los valores máximos de cada cardinalidad. Cada entidad posee un identificador único, en el modelo se representa mediante una línea subrayada (Figura 8), que se constituye como la llave primaria de la entidad, coincidiendo con Marques (2002). El atributo imagen (Figura 8 y diccionario de datos) sirve para registrar el hipervínculo de la fotografía tomada a la entidad.

3.1.3. Metadatos y calidad de la información

➤ Metadatos

En la Tabla 5, se resume el proceso de validación de la capa “Cárcava”. En QGIS aparecen nueve pestañas para registro de la información pertinente (Figura 9), según:

Identificación.- la cárcava corresponde al grupo suelo por lo que éste representa su identificador padre, el identificador corresponde a la ubicación de la capa en el sistema, el título a la referencia de búsqueda; el tipo de dato se elige *dataset* porque se trata de un conjunto de datos, idioma ECU que representa a Ecuador, y el resumen el cual no es obligatorio, describe los campos que contiene la capa.

Categoría – de acuerdo a las opciones del software se elige Agropecuaria debido a que se relaciona con el trabajo realizado. Al aplicar estos cambios y abrir la pestaña **Palabras claves**, se añaden automáticamente los ítems seleccionados en categoría.

Acceso - para las licencias, *Creative Commons Attribution 4.0* y *Open data Commons Open Database License* que corresponden a licencias donde es libre compartir la base de datos por cualquier medio o formato, añadir datos a la misma e indica el proceso correcto para la atribución del crédito a la base de datos (Creative Commons, 2016) y (Open Data Commons, 2009). Los derechos corresponden a UPSE y no se aplica restricciones debido a que toda la información ha sido manejada en software libre y que además debe ser actualizada.

Extensión - el SRC corresponde al usado en todo el proyecto, la extensión de acuerdo con la capa que se está manejando y la temporal se define desde que se empezó la recopilación de datos hasta el momento de exportar las capas a la base de datos *geopackage*.

Contacto - se registró la información institucional, nombre, correo electrónico, celular y dirección. **Enlaces** - se agregaron las referencias usadas en la organización de la información. **Historial** - se describe parte el resumen registrado en identificación y el origen de la capa.

Tabla 5. Metadatos de la capa cárcava.

METADATOS : CAPA CÁRCAVA		
Clase	Ítems	Información registrada
Identificación	Identificador padre	Suelo
	Identificador	CARV_BBDD.gpkg layername=6_CARCAVA
	Título	CARCAVA - CARV - UPSE
	Tipo	Dataset
	Idioma	ECU
	Resumen	Esta capa contiene datos de profundidad, ángulo, cobertura, estado y área de cárcava
Categorías	Categorías Iso	Agropecuaria
Palabras clave	Concepto - clave	gmd:topicCategory Agropecuaria
Acceso	Cuotas	
	Licencias	Creative Commons Attribution 4.0 Open Data Commons Open Database License
	Derechos	UPSE
	Restricciones	
Extensión	SRC	EPSG: 32717 - WGS 84 / UTM zone 17S
	Z máxima	
	Z mínima	
	Extensión temporal	Desde: 1/10/2020 Hasta: 14/02/2020
Contacto	Nombre	Dannes Alexander Tomalá Reyes
	Rol	
	Organización	UPSE
	Posición	Estudiante
	Correo electrónico	Secretaria_general@upse.edu.ec
	Voz	UPSE: (04) 2781732 - 2781738
	Fax	UPSE: 2784305
	Dirección	Vía La Libertad – Santa Elena
Enlace	http://digital.csic.es/bitstream/10261/49395/1/Manual_del_operador_xcarcavax.pdf	
Historial	Esta capa contiene datos de profundidad, ángulo, cobertura, estado y área de cárcava. Los puntos fueron tomados con el GPS Garmin Etrex 20x.	
Validación	Válida de acuerdo con el esquema de QGIS	

Ante lo descrito, los metadatos de la capa cárcava han sido creados y validados (Figura 9), el metadato se guarda y es reutilizado para crear los metadatos de las capas que pertenecen a este grupo, donde solo se cambia e ingresa información exclusiva de la capa específica dentro del grupo, este mismo proceso se realiza con todas las capas tanto vectoriales como ráster, mediante esta validación se obtiene la calidad de la información, afirmando lo mencionado por Alonso (2017) al cumplir con el estándar, los metadatos de información geográfica están regulados por la Norma ISO 19115 en QGIS mediante una interfaz intuitiva a la hora de ingresar datos, tanto para tipo ráster como vectorial y que se puede aplicar una plantilla cuando un elevado número de capas tienen la misma procedencia, la validación de los metadatos es acorde al estándar seleccionado.

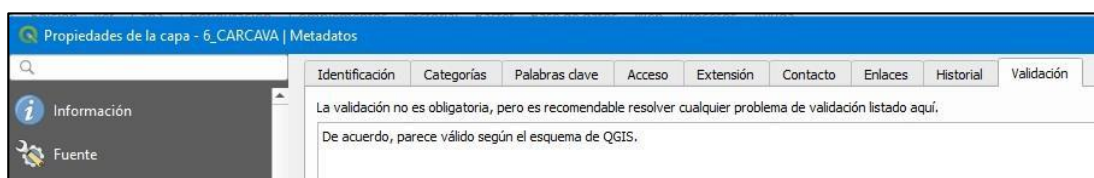


Figura 9. Validación de metadatos para capa cárcava

➤ **Exactitud posicional**

La Tabla 6 de exactitud posicional muestra que el error medio obtenido entre las entidades del CARV tomadas con el GPS y el mapa satélite de ESRI es de 6.18 m., que relacionada con la Tabla 1 está dentro de los errores permisibles para la escala 1:25000, ante esto, se realizó una rectificación espacial (Álvarez Rogel y Conesa García, 2018), desplazando los objetos con la herramienta digitalización de QGIS, tomando como base el mapa satélite de ESRI, logrando mediante el mismo proceso un error medio de 0.12 m., que permite manejar la escala 1:500, ideal para trabajar en planos parcelarios (Sánchez Ogallar, 1999).

Tabla 6. Resultados de exactitud posicional inicial y rectificado.

Origen	EM (m)	Sx	RMSE_x	RMSE_y	RMSE_r	Ex95%
GPS	6,18	2,44	5,89	3,04	6,62	10,96
Rectificado	0,12	0,06	0,11	0,08	0,14	0,24

De esta manera se validaron los metadatos basados en la Norma ISO 19115 del 2003 y relacionado a ello se determinó la calidad de información de acuerdo con las Normas ISO 19113 e ISO 19114, permitiendo de esta manera que el usuario considere el uso de esta información acorde a la escala definida en sus propósitos.

3.2. Implementación de la Base de Datos

Las capas organizadas en QGIS, con sus metadatos, estilos e identificadores correspondientes, únicos, el cual hace el vínculo del objeto representado en el mapa con el acceso a la información contenida en la tabla de atributos, concuerdan con Granja (2011) al mencionar que las capas con formato vectorial tienen un vínculo identificador entre el registro de las tablas y la localización de un objeto en el mapa, que es usado para hacer consultas SQL, esto se comprueba al revisar que todas las capas que fueron creadas para representar un objeto espacial tienen un identificador y que no existen registros en las tablas que no tengan una representación en el mapa.

Tabla 7. Comparación de representaciones de entidades

Comparación de representaciones de entidades			
Granja (2011)		CARV	
Entidad	Representación	Entidad	Representación
Arboles aislados	Punto	Árbol	Punto
Cultivos	Polígono	Ciclo corto	Polígono
		Perenne	Polígono
Carretera	Línea	Carretera	Línea
Sendero	Línea	Sendero	Línea
Límite parroquial	Polígono	Deslinde	Polígono
Galpones	Polígono	Instalación agropecuaria	Polígono
Establos	Polígono		
Corrales	Línea		
Invernaderos	Polígono		
Construcción	Polígono	Instalación de servicio	Polígono
Poste	Punto	Poste	Punto
Red principal	Línea	Red de tuberías	Línea
Red secundaria	Línea		
Tanque	Polígono	Tanque elevado	Punto
Embalse	Polígono	Reservorio	Polígono

Para mantener una buena percepción, y comprensión de información, cada capa fue creada con el tipo de geometría que le corresponde (Figura 10 y diccionario de datos) que concuerda en su mayoría con Granja (2011), resultados mostrados resumidos y comparados con dicha fuente en la Tabla 7, diferenciándose en la representación geométrica del tanque, que en el trabajo realizado y de acuerdo a la escala, se utilizó tipo punto (Figura 10), además que actúa como nodo en la red de tuberías y la representación de los corrales que se relacionan con el cerramiento que se encuentra dentro de la finca, representado como polígono (geometría cerrada), dentro de la entidad “instalación agropecuaria”, concordando al concepto de cerramiento que sirve de protección (Sánchez Llorens, 2014).

Previo a la creación de la base en geopackage, dentro de las capas en formato *shp*, el campo **Imagen** que contiene el hipervínculo de la fotografía, dirige a la carpeta de las fotografías, pero al exportar la base de datos, en archivo *.gpkg*, guarda el hipervínculo, pero no es posible encontrar la ubicación de la carpeta, por lo que para acceder, se debe dar la ubicación respectiva, por medio de su edición y formulario de atributos. Por consiguiente los metadatos, exportados luego de la validación, su acceso es mediante la carpeta del mismo nombre adjunta.

En la Figura 10 se observa la información almacenada en geopackage, cada nombre de capa fue antecedido de un número el cual representa el grupo de la organización, debido a que el mismo no guarda la organización por grupos, por tal motivo se creó una capa en geopackage sin ninguna geometría de nombre CARV (Tabla 8), que contiene el nombre del grupo y el identificador, esto con el fin de mantener organizada la base de datos y saber el grupo a que corresponde cada capa.

Tabla 8. Capa organizativa del CARV en geopackage

Capa: CARV	
Id	Agrupación
1	Infraestructura
2	Sistema Eléctrico
3	Cultivo
4	Especie Forestal
5	Sistema Hídrico
6	Suelo

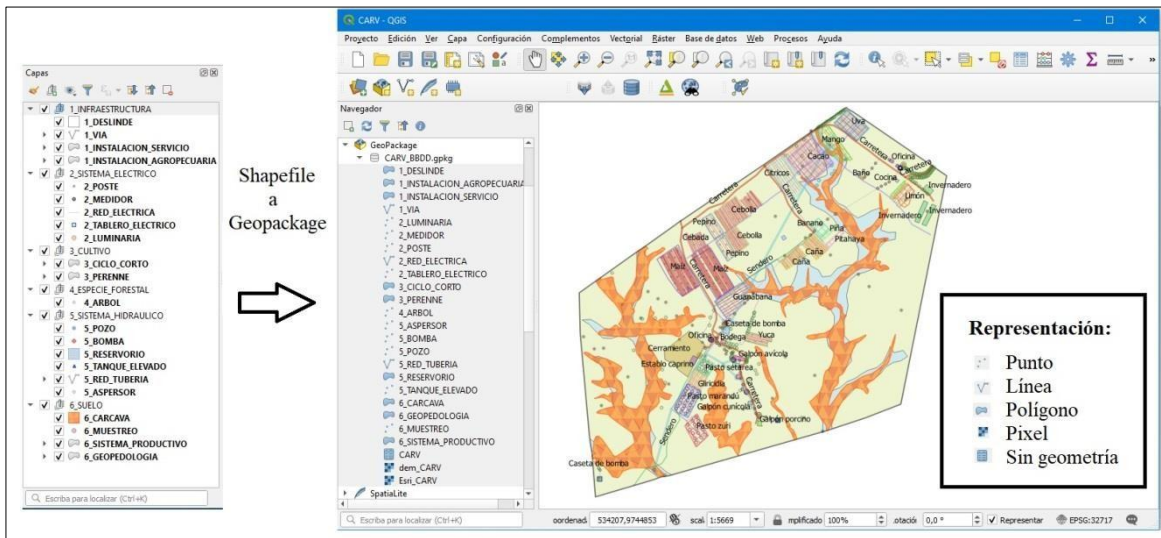


Figura 10. Base de datos del CARV.

De esta manera se ha creado la base de datos, el cual es indispensable en un SIG, partiendo del modelo conceptual y la organización de la información, transformando tal como en el modelo relacional donde las entidades pasan a tablas, los atributos a columnas y los identificadores a la clave primaria (Ruiz 2001) todo esto con sus dominios respectivos, establecidos en este trabajo en el diccionario de datos.

3.3. Evaluación del SIG - Caso de estudio

3.3.1. Fundamentación

La magnitud de las cárcavas del CARV fueron visibles durante el levantamiento de datos y posterior digitalización de dicha capa en el software, en el modelo conceptual se identifican las afectaciones que puede causar y las prácticas que se realizan en la finca y que contribuyen a que la misma se mantenga activa y siga expresándose este tipo de erosión hídrica.

El Caso de estudio se orienta a ofrecer propuestas para el control de las cárcavas. Calero *et al.* (2019) mencionan que la erosión produce pérdidas económicas difíciles de valorar, porque además de la disminución del potencial productivo del suelo se pueden generar daños a las infraestructuras, por lo que se debe aplicar medidas para asegurar la sostenibilidad en el futuro.

El proceso erosivo pasa por tres etapas, i. el desprendimiento y remoción del material, donde la energía del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo aporta a que esto suceda, ii. el transporte de partículas por escurrimiento superficial y iii la sedimentación, que mediante la disminución de velocidad del escurrimiento se depositan partículas en el suelo.

Algunos de los factores que afectan a la erosión hídrica son la pendiente del terreno y su longitud, la cubierta vegetal y las prácticas de conservación. Los procesos de erosión pueden ser por causas naturales o antrópicas, que aceleran el proceso, siendo estas últimas las que modifican el ecosistema y causan degradación. Cada año el deterioro del suelo por erosión es mayor al aumentar la superficie afectada y acelerándose el ritmo de perjuicio (Fernández Bedini, 2017).

El monocultivo de especies que aportan poco volumen de rastrojos, quemas, sobrepastoreo, favorecen la presencia de suelos desnudos o con poca cobertura, provocando la compactación y el aumento de la escorrentía ante la disminución de infiltración, que conlleva a una baja fertilidad de suelos y con ello el desarrollo de la erosión hídrica laminar, en surcos y cárcavas (Fernández Bedini, 2017).

3.3.2. Análisis

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos mediante el software SIG posterior al proceso de levantamiento, digitalización y procesamiento de la información, 6.28 ha se corresponden a las cuatro cárcavas más importantes del área estudiada, las cuales están activas y representa el 16% del total del área del CARV (Figura 11). El terreno libre ocupa 33.48 ha, hay que señalar que la parte “libre” incluye las zonas de influencia de las cárcavas, las cuales son inutilizables para actividades o construcciones agropecuarias como las existentes en el Centro.

Tabla 9. Área afectada por cárcavas en el CARV

Comparación de áreas en el CARV	
Entidad	Área m2
Deslinde	397674.59
Cárcava	62848.82
Libre	334825.77

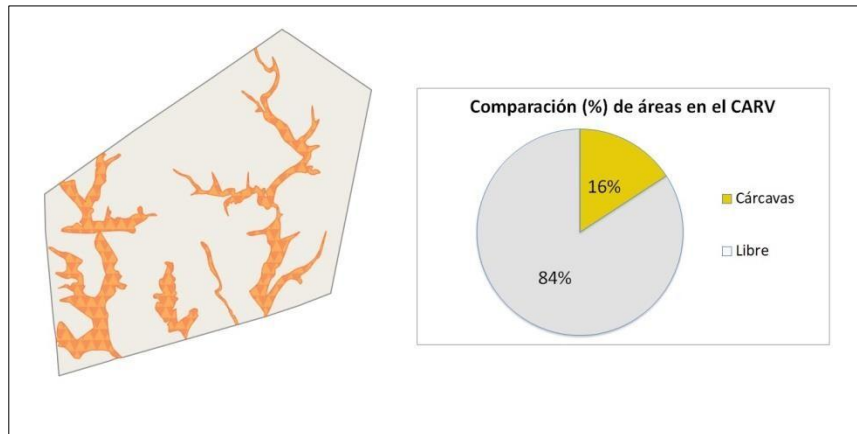


Figura 11. Representación y porcentaje de área afectada por cárcavas

Con el proceso de modelado gráfico (Figura 12), se ejecutó el geoproceso vectorial de intersección entre la capa **cárcava** y las entidades **ciclo corto**, **perenne** e **instalaciones**, que según el modelo conceptual son entidades con posibilidad de ser afectadas, además se realizó una operación *buffer* de 10 m a la capa “cárcava”, para observar que entidades afectaría si se incrementara en dicha distancia en un corto a mediano plazo. La distancia de 10 m también responde al criterio de la franja de protección necesaria para su control (Fernández Escalante, 2008).

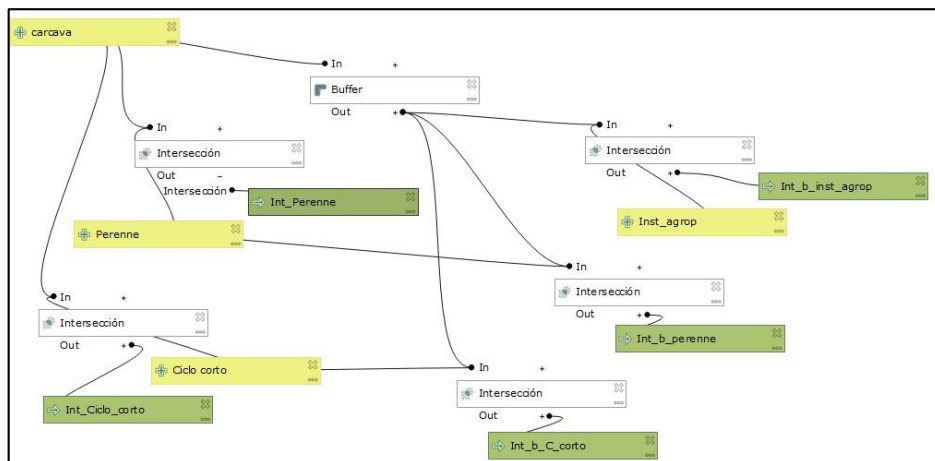


Figura 12. Modelador gráfico de intersección de entidades

En la Figura 13 se puede observar como las cárcavas afectan a los cultivos de mango y cacao, mientras que la plantación de guanábana se adaptó a la forma de la cárcava, pero con un avance de ésta el cultivo será afectado.

La Figura 14, muestra la cercanía de las cárcavas a distintas instalaciones del Centro, con esto se confirma además la relación de las cárcavas y las afectaciones al sistema productivo donde se incluye a los cultivos e instalaciones agropecuarias.



Figura 13. Influencia de cárcava en cultivos

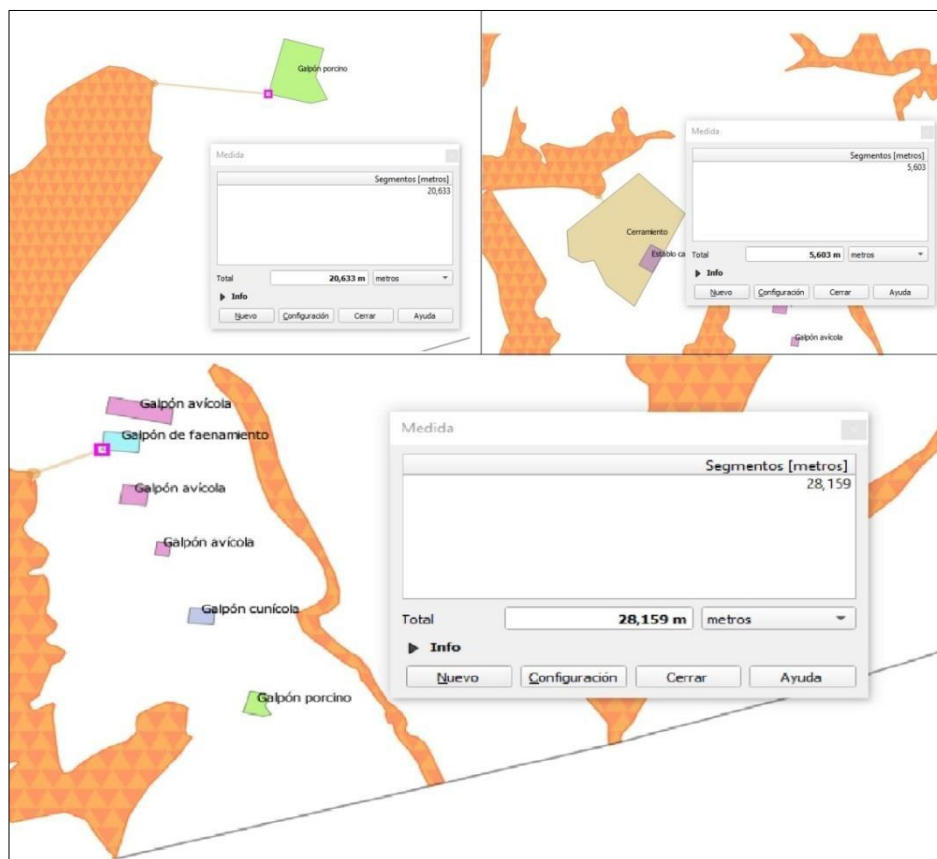


Figura 14. Cercanía de cárcavas con instalaciones agropecuarias

La Tabla 10 muestra los resultados del procesamiento al hacer un buffer de 10 m a la entidad “cárcava” y la intersección a las entidades de interés, donde la cárcava 1 (C1), afectaría a los cultivos de maíz, pepino, pitahaya y guanábana, adicionalmente a los cultivos de mango y cacao, que ya están afectados (Figura 13), C2 afecta al cultivo de yuca, C3 a los pastos zuri y setarea, y C4 afectaría al cultivo de maíz y el cerramiento caprino.

Tabla 10. Influencia de las cárcavas a entidades de interés con buffer de 10 m.

Acción buffer	Cárcava (C)	Afectación
Int_b_int_agrop	4	Cerramiento
Int_b_C_corto	1	Maíz. pepino
	2	Yuca
	4	Maíz
Int_b_perenne	1	Pitahaya, guanábana, cacao, mango
	3	Pasto setarea, pasto zuri

La Figura 15 muestra el modelador grafico para el análisis de terreno, que mediante su ejecución permite extraer la pendiente, su orientación y las curvas de nivel con el estilo previamente determinado para su visualización.

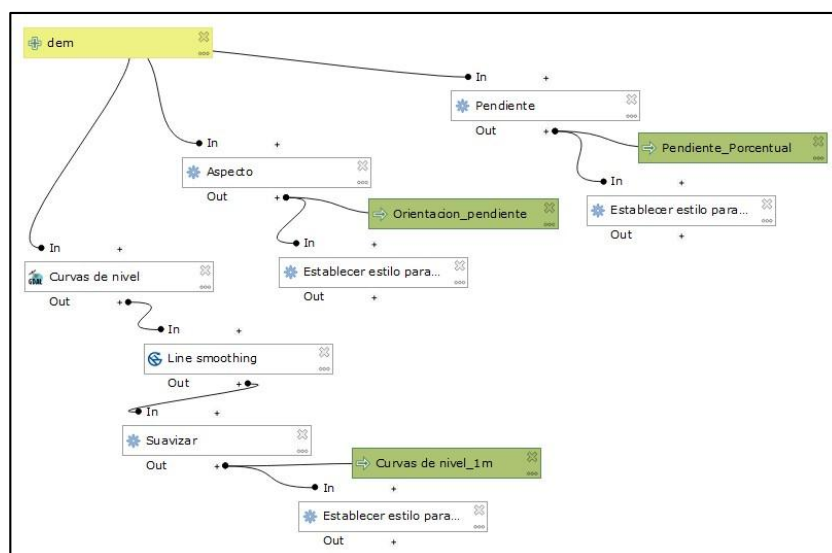


Figura 15. Modelador gráfico para análisis de terreno.

Tomando como ejemplo un lugar, en la Figura 16 se puede observar el sistema de riego del cultivo de guanábana, en que los portaemisores no están distanciados de acuerdo al marco de plantación y hace que se forme una franja orientada perpendicular a las curvas de nivel, lo que provoca un aumento de la escorrentía superficial y arrastre del suelo (De las Heras, Fabeiro y Meco, 2003), hacia las cárcavas.

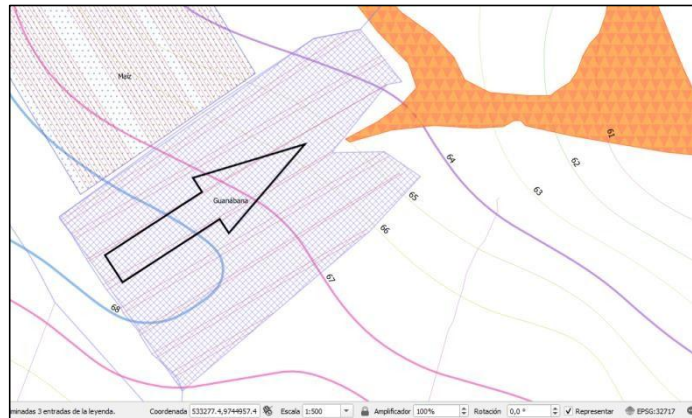


Figura 16.

sistema de riego hacia las cárcavas.

Influencia del

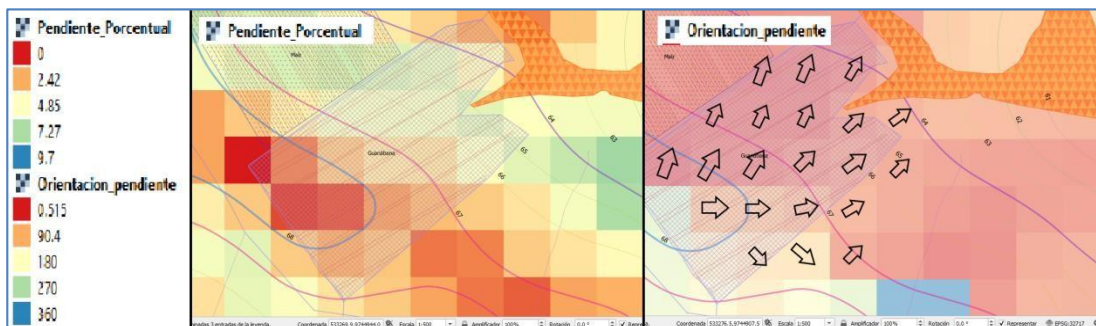


Figura 17. Análisis de porcentaje y orientación de la pendiente.

Mediante la Figura 17, se observa que en el Centro existen rangos de pendientes de 0 a 9.7%, que se corresponde, según FAO (2009), a suelos desde planos a inclinados (Tabla 11) por lo que es importante registrar estas variaciones para estudios de erosión, riego y drenaje. Se puede comprobar también por medio de la orientación de la pendiente, como el flujo de agua se direcciona hacia la cárcava, el software toma como norte 0° siguiendo en sentido horario (QGIS 3.4, 2019).

Tabla 11. Descripción de suelos por pendiente, FAO (2009).

Descripción	Pendiente %
Plano	0 - 0,2
Nivel	0.2 – 0.5
Cercano al nivel	0.5 – 1.0
Muy ligeramente inclinado	1.0 a 2.0
Ligeramente inclinado	2.0 – 5.0
Inclinado	5.0 – 10.0
Fuertemente inclinado	10.0 – 15.0
Moderadamente escarpado	15.0 – 30.0
Escarpado	30.0 – 60.0
Muy escarpado	> 60

De acuerdo con Balmaseda y Ponce de León (2019), en estudios realizados en la finca, cuyos datos alimentan la base de datos, se aprecia que la mayor parte de superficie presenta suelos con clase textural franco-arcillo-arenosa que permiten una buena retención de humedad y nutrientes, favoreciendo la penetración de las raíces y la aireación, pero con baja estabilidad estructural y pobre contenido de materia orgánica, según Da Costa (2018) estos son suelos con alta sensibilidad a la formación de cárcavas.

Respecto al drenaje, se clasifica de bueno a moderado, sin presencia de rocosidad, la velocidad de infiltración oscila entre relativamente lenta (0.5 – 2.0 cm/hora) y moderada (2.0 - 6.5 cm/hora), los factores limitantes para la producción agrícola son la profundidad efectiva y la fertilidad (Tomalá Cruz, 2019), esta última debido al bajo contenido de fosforo, potasio y materia orgánica, los suelos predominantes corresponden al orden taxonómico Aridisoles, que según Barragán (2018), son suelos de zonas áridas o semiáridas y presentan un déficit de humedad que los hace susceptibles a degradarse. Tales características justifican la presencia de las cárcavas que de acuerdo con Díaz *et al.* (2012), se presentan con mayor frecuencia en climas semiáridos, entornos frágiles donde la desertificación se ve acelerada (De la Torre, 2018).

La cobertura de suelo que predomina en el Centro es el matorral seco medianamente alterado IGM (2012), esto es corroborado por Uriña y Cuenca (2018), al señalar que el matorral seco caracteriza la mayor superficie de cobertura vegetal en Santa Elena.

Según Urquizo *et al.* (2011), este tipo de vegetación se encuentra en zonas cercanas a las playas, en ocasiones hasta los 100 metros de altitud. La ausencia de elevaciones no permite concentrar humedad del aire, provocando sequedad en el ambiente y escasas lluvias anuales, Como aspecto general la vegetación es seca y dura y rara vez sobrepasa los tres metros de altura. Los ecosistemas secos son los más sensibles a la erosión, desertificación y cambio global llevando a cambios más dramáticos (López, 2011).

En esta zona las precipitaciones son escasas, pero presentan picos intensos de lluvia en el verano (Henríquez Tigrero, 2018), corroborado con INOCAR (2020), al indicar que en Santa Elena se espera que el mes más seco sea agosto con 0.4 mm de lluvia y marzo con 115,7 mm es el mes con mayor promedio de precipitación (Figura 18), los eventos de lluvia de intensidad elevada y escasa recurrencia cumplen un papel importante en la dinámica de la erosión (García-Fayos, 2004).

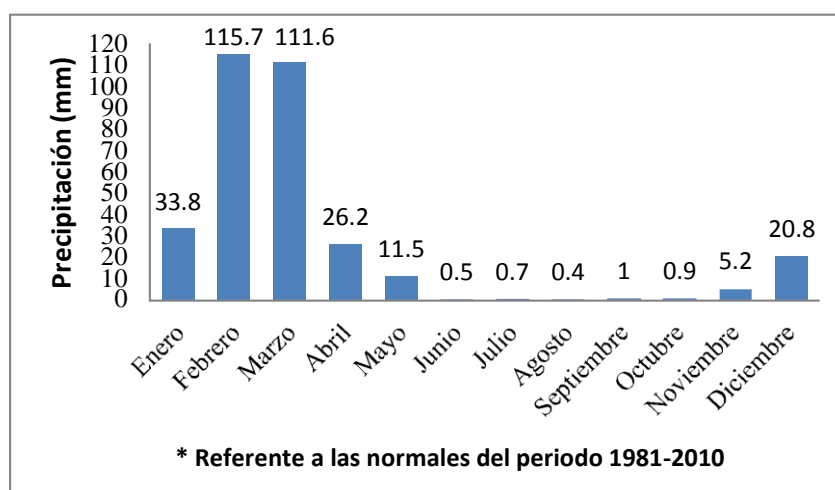


Figura 18. Precipitación anual esperada en Santa Elena
Fuente: INOCAR (2020).

La cantidad de precipitación en un solo evento necesaria para generar procesos erosivos es de 20 a 30 mm, cantidades menores pueden ser absorbidas por el suelo (Foster, 1990). En el periodo de lluvias, éstas se concentran en pocos días, resultando en un incremento notable de la intensidad. Como ejemplo, existen registros de INAMHI (1998), que el 5 marzo de dicho año se obtuvo 180 mm como precipitación máxima en 24 horas.

Los conceptos anteriores se vinculan a la presencia de las cárcavas debido a que el lugar de estudio tanto la infiltración como el drenaje llegan máximo a moderado, influyendo directamente al aumento de escorrentía superficial y riesgo de erosión (Da Costa, 2018) y que según el análisis de pendiente están orientadas hacia las cárcavas, que de acuerdo a Lopes da Silva (1995), la pendiente del terreno influencia positivamente en la velocidad y el volumen de escorrentía, intensificando la erosión.

3.3.3. Propuestas

Resultado del estudio se realizaron un conjunto de propuestas que parten del principio de conservar el matorral, debido a que éste en ambientes semiáridos desempeña un papel protector tan eficaz o más que el bosque (López, 2011), así como reordenar paulatinamente el área de influencia.

Se recomienda además que las acciones que incluyen cultivos se ejecuten mediante labranza reducida o labranza cero, que ayudan a conservar el suelo y el agua, la labor de arar con tractores es costosa y el laboreo excesivo contribuye a que la erosión se acelere, provocando mayor compactación y pérdidas indebidas de humedad (Castro, 2012).

Tabla 12. Estrategias agroecológicas descritas por Altieri y Nicholls (2017).

Prácticas Agroecológicas	Incremento de la materia orgánica del suelo	Reciclaje de nutrientes	Mayor cobertura de suelo	Reducción ET	Reducción de escorrentía	Mayor retención de humedad	Mayor infiltración	Reducción de compactación de suelos	Reducción de la	Mejor regulación hidrológica	Uso más eficiente del agua
Diversificación											
Agroforestería	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Rotación de cultivos	X	X	X		X		X	X	X		X
Mezcla de variedades locales			X								X
Manejo de suelos											
Cultivos de cobertura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Abonos verdes	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Agricultura de labranza cero			X	X	X		X	X	X		X
Conservación de suelos											
Curvas de nivel					X		X	X	X	X	
Barreras vivas			X		X		X		X	X	
Terrazas					X		X		X	X	

Las propuestas para el control de las cárcavas se argumentan en las estrategias agroecológicas de Altieri y Nicholls (2017), resumidas en la Tabla 12 y por Gómez *et al.* (2011) al manifestar que éstas son un conjunto de acciones dirigidas a frenar el crecimiento, relleno y restauración de cárcavas con el tiempo, y están basados en los siguientes principios:

- Mejorar las condiciones desde donde se vierte agua a la cárcava y de esta manera reducir la escorrentía.
- Desviar de ser necesario, parte o toda la escorrentía que ingresa a la cárcava
- Estabilizar la cárcava por medidas estructurales y revegetación si fuese necesario.

De acuerdo con el análisis, y a los principios básicos para el control de cárcavas, se recomienda implementar:

Barreras vivas en curvas de nivel

Las razones para sembrar *Vetiveria zizanioides* o vetiver destacan, su ciclo perenne, esterilidad, resistencia a sequías, inundaciones y fuego, no es hospedero de enfermedades o insectos indeseables, protege el suelo por la profundidad de sus raíces (4.5 m) y la razón más importante es la retención de escorrentía al estar sembradas en hileras formando una barrera, de este modo aumenta la infiltración, controlando la erosión (USDA, 2015). La distancia de siembra por la pendiente del terreno será de acuerdo a (Vásquez, 2015), indicadas en la Tabla 13.

Tabla 13. Distancia de siembra de vetiver por pendiente, Vásquez (2015).

Pendiente del terreno (%)	Distancia entre barrera viva (m)
2	30
5	28
8	24
10	20
14	18
16	16
20	14
25	12
30	10

La Figura 19, muestra la propuesta de implementación de barreras vivas de vetiver con distancias de 20 m por las pendientes máximas del lugar y de acuerdo con las curvas de nivel, reduciendo la escorrentía hacia las cárcavas. En la misma figura se representa en 2.5D.

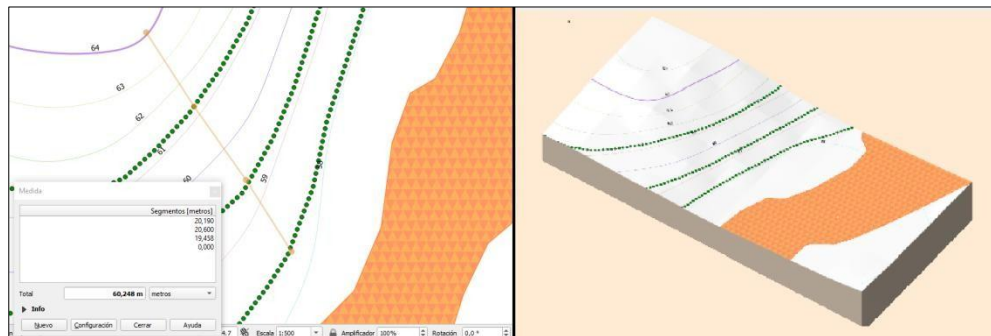


Figura 19. Propuesta de ubicación de barrera de vetiver en curvas de nivel

Obstáculos de control

Por lo descrito en la Figura 16, se recomienda reubicar las tuberías y colocarlas perpendiculares a la dirección del flujo o de acuerdo a las curvas de nivel para que dicha formación provocada por el riego pueda servir de obstáculo y disminuir la velocidad del agua que precipita y con ello la erosión hídrica (figura 20), esto concuerda con Castro (2012), al indicar que esta acción además de disminuir la velocidad del flujo, suaviza la pendiente de la cárcava por sedimentación.



Figura 20. Propuesta de reubicación de tuberías en el cultivo de guanábana.

Restauración de vegetación

La restauración de la vegetación suele ser muy efectiva a mediano y largo plazo (Díaz *et al.*, 2012). En los ambientes áridos y semiáridos, la recuperación en forma natural

es limitada, siendo necesaria la intervención del hombre para acelerar dicho proceso, se debe recuperar la vegetación con especies nativas, que implementadas no requieran energía extra, las especies leñosas perennes facilitan la instalación de otras especies, debido a que actúan como trampa de restos orgánicos y semillas transportadas por el viento, que se acumulan debajo de ellas y le proveen un sustrato para su germinación (D'Amario, 2016). Ante lo mencionado se propone la revegetación en distintos puntos del CARV con especies nativas como, algarrobo y cascol las cuales permitirán el establecimiento de otras al actuar como nodrizas.

Control de avance en cárcava

Las cárcavas del CARV están activas, con cobertura vegetal en los taludes escasa, que favorece el crecimiento lateral e inestabilidad de los taludes, debido a que no hay una relación entre las raíces y partículas que mejoren la resistencia del suelo (Hernández Sánchez *et al.*, 2019), por tanto no solo el control consiste en la disminución del escurrimiento superficial y sedimentación, sino también en los taludes de las cárcavas y considerar el cabeceo de las mismas. Ante esto se recomienda:

Diques de retención a lo largo de la cárcava, para frenar la velocidad del flujo de agua y que el sedimento se deposite antes de pasar por el alto del muro, con esta acción en ocasiones no se rellena toda la cárcava, pero deja de crecer y se puede considerar controlada. El espaciamiento de los diques a lo largo de la cárcava deben aproximarse a una situación que el nivel máximo de agua de un dique llegue hasta el pie del dique siguiente situado aguas arriba, este modelo es difícil llevar a campo de forma íntegra, por lo que las distancias deben aproximarse a lugares más estrechos de la cárcava, lo que permite más facilidad y reducción económica de construcción. El material, depende de la disponibilidad y costo, empleándose piedras, estacas, ramas, mallas metálicas y otros, respetando los criterios básicos de diseño (Gómez *et al.*, 2011).

La Tabla 14 ayuda a determinar los espaciamientos entre diques de acuerdo a la pendiente a lo largo de la cárcava y la Figura 21 tomada de Campero (2012), muestra cómo quedaría la implementación de diques en el control de cárcavas, considerando los espaciamientos referidos, además de la variación en la separación hacia una sección más estrecha que permita la reducción económica y la facilidad de trabajo.

Tabla 14. Espaciamiento en metros, entre diques de retención, Gómez et al. (2011).

Pendiente cárcava %	2	4	10	16	20	24	30	40
Altura dique m								
0.1	17	6	3	2	2	1	1	1
0.3	50	17	10	6	5	3	2	2
0.5	83	28	17	11	8	4	3	3
0.7	117	39	23	15	12	6	5	4
0.9	150	50	30	19	15	8	6	5
1.1	183	61	37	23	19	9	8	6
1.3	217	72	44	27	22	11	9	7
1.5	250	83	50	32	25	13	10	8
1.7	283	95	57	36	29	15	12	9
1.9	317	106	64	40	32	17	13	10

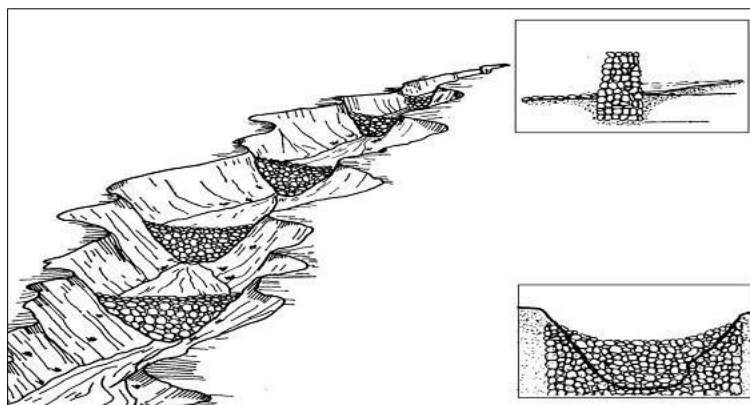


Figura 21. Diques de retención en el control de cárcavas.
Fuente: Campero (2012).

Cabeceo de cárcavas, son acciones que se realizan en la parte inicial de la cárcava mediante despalme de un instrumento manual (pico, barreta, pala u otro) para evitar el crecimiento erosivo remontante, permitiendo disminuir la pendiente de los taludes para evitar deslizamientos, estas obras deben estar acompañadas con otras que disminuyan la velocidad y escurrimiento aguas arriba que alimenta la cárcava (CONAFOR, 2009), sus bordes deben rodearse plantando vegetación para frenar la velocidad del agua y con las raíces retener mejor el terreno (Gómez *et al.*, 2011).

Ante estas referencias, las barreras vivas de vetiver cumplen dicha acción aguas arriba, se propone además por las características que posee, rodear las cabeceras de cárcava con vetiver, siguiendo su contorno o curvas de nivel.

Entre los materiales para el recubrimiento del cabeceo de cárcava, están los inertes (piedras, cemento, costales, etc.) o material vegetal muerto de estructuras (estacas, troncos) que tienen la finalidad de amortiguamiento de la energía por escorrentía (CONAFOR, 2009). En la Figura 22, se muestran las inclinaciones recomendadas para el cabeceo de cárcava, según las características de estabilidad del suelo, de modo que para el CARV como propuesta planteada para esta acción (figura 23) se recomienda pendiente 2:1 o 26° por la sensibilidad del suelo al acarcavamiento, recubriendo el cabeceo con materiales disponibles en el lugar, como piedras o costales con suelo u otro material.

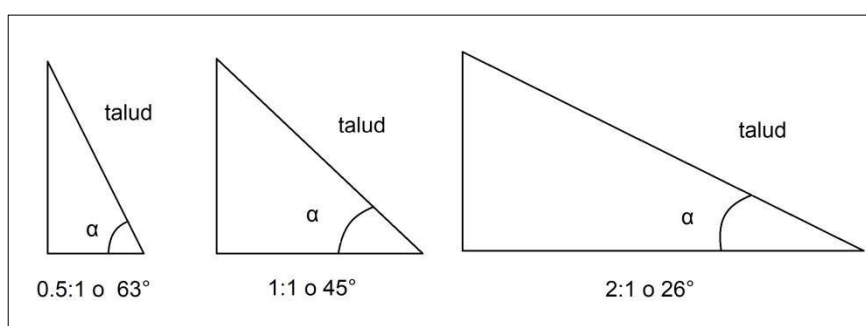


Figura 22. Inclinaciones recomendadas para cabeceo de cárcava.
Fuente: Modificado de CONAFOR (2009)

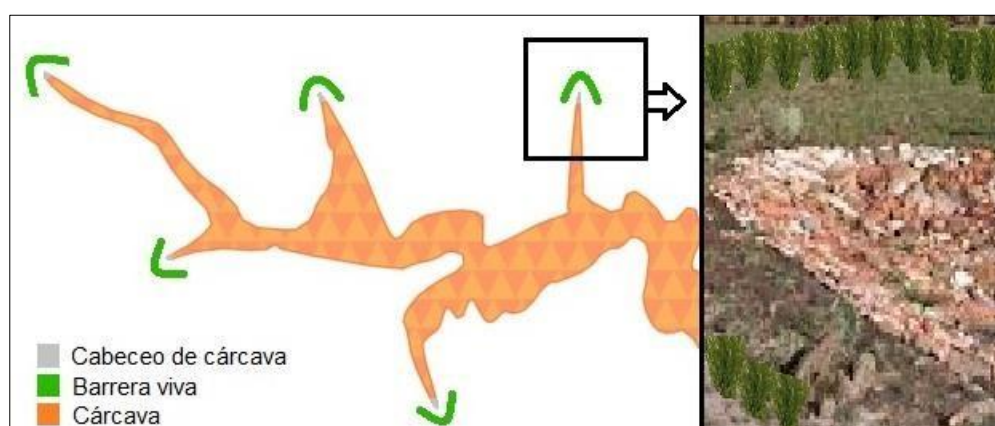


Figura 23. Modelo propuesto de cabeceo de cárcava en el CARV.

3.4. Consideraciones finales

La parte de mayor ocupación en tiempo de trabajo fue la organización de la información, debido a que la misma debía ser referenciada para darle un peso mayor

y que además ayudaría a relacionar las entidades en el modelo conceptual, por eso es claro recalcar que parecería que este proceso solo es parte de tiempo, pero a más de eso, es el indicador de la calidad de la información al estar referenciada, por lo que se hace necesario citar a Sarría (2006) al manifestar que la mayor parte de los fracasos de los proyectos SIG es la infravaloración a la digitalización intensiva de los datos; por tanto, este trabajo se constituye como la base para realizar nuevos proyectos, mejorados, pero que sin duda, ayudará a optimizar el tiempo dedicado a esta actividad.

A su vez, el tiempo ocupado para desarrollar el SIG fue de cinco meses desde octubre a febrero, lo que está dentro de los rangos de Sarría (2006) al asumir que para desarrollar un proyecto SIG como tiempo promedio se necesita entre 4 y 8 meses, el cual depende en gran medida de su adecuada planificación. Sin embargo se debe enfatizar que este trabajo debe ser actualizado periódicamente porque de ello depende su éxito como manifiesta Fitzcarrald (2015), que además señala que los usuarios cumplen un papel importante en la configuración estructural SIG, porque para ellos está orientado su uso. Se resalta a Sarría (2006) al manifestar sobre la actualización del SIG, que si éste no se garantiza el proyecto pasará a considerarse muerto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El modelo conceptual diseñado de acuerdo a referencias literarias y la aplicación del método deductivo, permite al usuario ver el funcionamiento del lugar representado de una forma simplificada, y este a su vez por las relaciones e información que contienen facilitan la creación de procesos en el software.

La documentación de la información del CARV, de acuerdo con referencias y estándares de información geográfica, permite ejecutar correctamente los procesos y análisis, con lo que se asegura la calidad de la información resultante.

La utilización del SIG_CARV permitió identificar mediante geoprocesamiento problemas de diseño técnico en las instalaciones de riego para el cultivo de guanábana, con relación a los procesos erosivos presentes, así como diagnosticar y pronosticar las afectaciones a los cultivos de cacao, mango y otros usos de la tierra en el área por el avance de la erosión.

El análisis de la información de campo almacenada en la base de datos, en conjunto con las obtenidas de satélites, permitió proponer acciones acordes al lugar de estudio, fundamentadas en las características y formas del terreno, localización de cultivos e instalaciones de la finca mediante el uso del SIG implementado.

Recomendaciones

- Considerar el uso de un DEM con mayor detalle para análisis de terreno en cárcavas a superficies del trabajo.
- Actualizar la información geográfica del trabajo como tiempo máximo cinco años, considerando las entidades cambiantes como cultivos de ciclo corto y cárcavas.
- Trabajar con versiones actuales de software (QGIS) verificando su estabilidad, con búsqueda a complementos que permitan realizar acciones en beneficios del SIG.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, Z. (2012) *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. Ecuador: MAE/FAO.

Alonso, D. (2017) 'Cómo crear, visualizar y editar metadatos en QGIS', *MappingGIS*, 12 January. Available at: <https://mappinggis.com/2017/01/como-crear-visualizar-y-editar-metadatos-en-qgis/> (Accessed: 14 February 2020).

Altieri, M. and Nicholls, C. (2017) *Estrategias agroecológicas para enfrentar el cambio climático. Biodiversidad en América Latina, Bio Diversidad*. Available at: http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Estrategias_agroecologicas_para_enfrentar_el_cambio_climatico (Accessed: 2 March 2020).

Álvarez Rogel, Y. and Conesa García, C. (2018) 'Georreferenciación de documentos cartográficos históricos para el análisis del trazado fluvial del Bajo Segura, Vega Media (Murcia, España)', *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 0(21), pp. 101–118. doi: 10.21138/http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/editor/viewMetadata/536.

Álvarez, V. (2016) *Entorno para el diseño de tablas en el modelo entidad-relación*. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Ariza, F. and García, J. (2008) 'Normas sobre la calidad en información geográfica (ISO 19113, ISO 19114, ISO 19138, ISO 2859 e ISO 3951)', *Mapping, ISSN 1131-9100*, pp. 68–83.

Asqui Poma, J. E. (2015) *Construcción de un Framework para el diseño de una base de datos espacial basados en shapefiles, aplicado al sistema de infraestructura vial de la provincia de Chimborazo*. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Astupiña, J. (2017) 'Cisterna y tanque elevado'. Universidad Nacional Federico Villarreal. Available at: <https://es.slideshare.net/JhoselynKassandraAst1/cisterna-ytanqueelevado-78925214> (Accessed: 30 December 2019).

Balmaseda, C. (2006) *Contribución metodológica para la inserción de información edafológica en infraestructura de datos espaciales*. Universidad Agraria de La Habana.

Balmaseda, C. and Ponce de León, D. (2019) 'Características de los suelos del Centro de Producción y Prácticas Río Verde, Santa Elena, Ecuador', *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación. ISSN 2528-8083*, 4(3), pp. 18–26.

Barragán, C. (2018) 'Seguridad alimentaria asociada a la degradación del suelo en Colombia', *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Política para la gestión sostenible del suelo. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016. Universidad Militar Nueva Granada, p. 15.*

Beltrán, J. (2013) 'Sistema de Información Geográfica. Geografía Física. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia'. *Geografía anual*, Bogotá, Colombia. Available at: <https://geografiaanal.files.wordpress.com/2013/01/sistema-de-informacion-geografica.pdf>.

Bembibre, V. (2009) *Definición de Cultivo, Definición ABC*. Available at: <https://www.definicionabc.com/general/cultivo.php> (Accessed: 23 December 2019).

Borsdorf, A., Mergili, M. and Ortega, L. A. (2013) 'La Reserva de la Biósfera Cinturón Andino, Colombia: ¿Una región modelo de estrategias de adaptación al cambio climático y el desarrollo regional sustentable?', *Revista de geografía Norte Grande*, (55), pp. 7–18. doi: 10.4067/S0718-34022013000200002.

Cabrera, A. (2018) 'Lineas de Transmision de Energía Electrica'. Universidad Fermín Toro. Available at: https://issuu.com/stefanylameda/docs/lineas_de_transmision_cabrera (Accessed: 11 December 2019).

Calero, J. *et al.* (2019) *Panorama de la erosión del olivar de Jaén: procesos, metodologías y significación económica y ambiental, Interempresas*. Available at: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/240818-Panorama-erosion-olivar-Jaen-procesos-metodologias-significacion-economica-ambiental.html> (Accessed: 19 February 2020).

Campero, J. (2012) 'Construcción de caminos: Medidas de mitigación ante el cambio climático'. Available at: <https://www.monografias.com/docs110/medidas-mitigacion-cambio-climatico/medidas-mitigacion-cambio-climatico.shtml> (Accessed: 4 March 2020).

Carpani, F. (2000) *CMDM: Un Modelo Conceptual para la Especificación de Bases Multidimensionales*. Universidad de la República. Available at: <https://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/tesis/tesis-carpani.pdf>.

Castelán Vega, R. *et al.* (2014) 'Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México', *Investigaciones geográficas*. Instituto de Geografía, UNAM, (83), pp. 28–40. doi: 10.14350/riig.33480.

Castro, H. A. (2012) *Zonificación agroecológica basada en un plan de ordenamiento territorial en la comunidad La Pacífica, parroquia Tixán, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Chávez Valdez, M. *et al.* (2013) 'El pozo: usos, seguridad y tradición en la subcuenca del río San Javier', *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 21(41), pp. 261–286.

Cobo, Á. (2009) 'Modelización conceptual de datos. Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas. ISSN 1988-6047', p. 14.

CONAFOR (2009) 'Manual de conservación de suelos. Obras en taludes'. Comisión Nacional Forestal. Available at:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1312Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>.

Creative Commons (2016) *Creative Commons - Reconocimiento 4.0 Internacional - CC BY 4.0, Atribución 4.0 Internacional (CC By 4.0)*. Available at: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> (Accessed: 25 February 2020).

Cuartas, J. (2011) 'Modelo Entidad Relación. Sistema de base de datos'. *Sistema de base de datos*. Available at: <https://es.slideshare.net/josecuartas/modelo-entidad-relacin-7005694> (Accessed: 27 September 2019).

CUOM (2013) 'Manual operativo para la utilización del sistema de información geográfica Quantum GIS 1.8. Universidad Veracruzana'.

Da Costa, A. (2018) *Análisis de erosión hídrica de suelos: Avance de cárcavas en Olivares*. Universidad de Jaén.

D'Amario, M. (2016) *Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior*. Universidad Nacional de Cuyo.

De Bustos, M. E. (2013) *Muestreo de suelos*, INTA. Available at: <https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos-0> (Accessed: 28 December 2019).

De la Torre, L. (2018) 'Inestabilidad del paisaje y susceptibilidad a erosión en cárcavas en el área de Cerro de San Pedro, San Luis Potosí'. *Agenda Ambiental*. Available at: <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/4651> (Accessed: 28 February 2020).

De las Heras, J., Fabeiro, C. and Meco, R. (2003) *Fundamentos de Agricultura Ecológica: Realidad Actual y Perspectivas*. España: Univ de Castilla La Mancha.

Delgado Dapena, M. (2002) 'Modelo Conceptual de un proyecto de software utilizando el razonamiento basado en casos', *Ingeniería Industrial*, 23.

Dia (2011) *Introducción a Dia Diagram Editor, Dia Diagram Editor*. Available at: <http://dia-installer.de/> (Accessed: 30 January 2020).

Díaz, J. (2013) *Uso de Sistemas de Información Geográfica SIG para análisis de procesos de remoción en masa dentro de zonas de alta vulnerabilidad, sector Ciudad Bolívar, Bogotá*. Universidad Católica de Colombia.

Díaz, V. *et al.* (2012) 'Erosión en cárcavas: una revisión de los efectos de los diques forestales', in. Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA 2012: Universidad Católica de Ávila. Available at: https://www.researchgate.net/publication/276292818_Erosion_en_carcavas_una_revision_de_los_efectos_de_los_diques_forestales (Accessed: 6 February 2020).

EPSA (2018) 'Norma Técnica de Medición y Acometidas. Gerencia de Distribución'. Available at: <https://www.celsia.com/Portals/0/Documentos/Norma-Medicion-Acometida-Ver-2018.pdf>.

- Esri (2019) 'Esri para dummies ¿Qué son los SIG?', *Esri Ecuador*. Available at: <https://www.esri.com.ec/esri-dummies/sig/> (Accessed: 24 September 2019).
- Fanjul, A. P. (2008) 'Funcionamiento de verbos de existencia y posesión', *SIGNOS ELE (Revista de español como lengua extranjera)*, 0(1-2), p. 5.
- FAO (2009) *Guía para la descripción de suelos*. Cuarta edición. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Farina, A. (2011) 'Tableros eléctricos'. Cámara Argentina de Distribuidores de Materiales Eléctricos (CADIME).
- Federal Geographic Data Committee (1998) 'Geospatial Positioning Accuracy Standards. Virginia, USA'.
- Fernández Alarcón, V. (2006) *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado*. Primera Edición. Barcelona: UPC.
- Fernández Bedini, M. (2017) *Proyecto de control de erosión hídrica - Los Molinos, Córdoba*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Fernández Del Castillo, T. *et al.* (2006) 'Diseño de un modelo de datos espacial de movimientos de ladera', p. 16.
- Fernández Escalante, E. (2008) *Técnicas de tratamiento de suelo y acuífero (S.A.T.) aplicadas a la gestión de la recarga artificial*. Segunda edición. Madrid: GRAFINAT-MÉTODO GRÁFICO.C/Albasanz (Hidrología hoy). Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=yQ-XBAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
- FGDC (2016) *QSphere. Estándares de contenido de metadatos geoespaciales compatibles, Revisión del editor de metadatos ISO*. Available at: <https://www.fgdc.gov/iso-metadata-editors-registry/editors/11> (Accessed: 24 February 2020).
- Finkeros (2014) 'Las 15 cosas que toda finca debe tener', *ABC del Finkero*. Available at: <http://abc.finkeros.com/las-15-cosas-que-toda-finca-debe-tener/> (Accessed: 23 December 2019).
- Fitzcarrald, A. (2015) *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para el monitoreo de las condiciones oceanográficas del fenómeno 'El Niño'*. Escuela Superior de Guerra Naval. Available at: <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/8156/Tesis%20Fitzcarrald.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Foster, A. B. (1990) *Métodos aprobados en conservación de suelos*. México, D. F., [México]: Trillas.
- García, A. (2004) 'Manual práctico de SQL. Orientado a SQL 7.0'.

García Mariscal, A. B. (2015) *UF2175 - Diseño de bases de datos relacionales*. Quinta edición. España: Editorial Elearning, S.L.

García-Fayos, P. (2004) *Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente (España). Available at: <https://digital.csic.es/handle/10261/48695> (Accessed: 1 March 2020).

Gómez, J. et al. (2011) *Criterios técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y revegetación de paisajes agrarios: Manual del operador en inversiones no productivas*. Signatura Ediciones, S.L. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (Agricultura. formación).

González Fernández, J. M. (2005) *Access avanzado: bases de datos*. Primera edición. Vigo: IdeasPropias.

Granja, P. (2011) *Diseño de un Sistema de Información Geográfica que permita optimizar los recursos que dispone la Dirección Metropolitana de Catastro de Quito para la formación, mantenimiento y actualización catastral*. Universidad San Francisco de Quito. Available at: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1279/1/100865.pdf>.

Gutiérrez, A. (2009) 'Base de Datos. Centro Cultural Itaca S.C.' Centro Cultural Itaca S.C.

Gutiérrez, M. (2006) 'El rol de las bases de datos espaciales en una infraestructura de datos', in *GSDI-9 Conference Proceedings*. Chile, pp. 6–10.

Henríquez Tigreiro, Y. (2018) 'Salinas en la Provincia de Santa Elena, Ecuador. Caracterización e impactos por la expansión urbana', *Territorios en formación*, (14), p. 40. doi: 10.20868/tf.2019.14.3891.

Heras, J. (2014) 'Linderos, Deslinde y Amojonamiento', *Topografía, Cartografía, Catastro y SIG*. Available at: <https://joseluisherass.wordpress.com/2014/01/23/linderos-deslinde-y-amojonamiento-2/> (Accessed: 12 December 2019).

Heras, S. (2011) *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica. Available at: <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3229099> (Accessed: 23 December 2019).

Hernández Sánchez, J. M. de los D. et al. (2019) 'Evaluación de la estabilidad de taludes en cárcavas, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México.', *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 37(3), p. 303. doi: 10.28940/terra.v37i3.468.

Hernández Yoc, H. J. (2014) *Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hidalgo, F. (2015) *Estudio definitivo para la Ampliación y Apertura de la vía Guano-Riobamba L=4.7Km*. Universidad Internacional del Ecuador.

IGM (2012) *Santa Elena, Instituto Geográfico Militar*. Available at: http://www.geoportalmgm.gob.ec/descargas_prueba/santa_elena.html (Accessed: 16 December 2019).

INAMHI (1998) *Anuario Meteorológico 1998*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, p. 156. Available at: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.

INEC (2019) 'Encuesta de edificaciones 2019 (Permisos de construcción)'. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Ecuador.

INOCAR (2020) *Acumulado mensual de precipitaciones por estación, Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada*. Available at: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php> (Accessed: 9 July 2020).

ISO (2015) *ISO - International Organization for Standardization, ISO*. Available at: <http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/home.html> (Accessed: 9 September 2019).

ISO 19103 (2001) 'Draft Technical Specification 19103. Geographic information - Conceptual schema language. ISO/TC 211'.

ISO 19113 (2002) 'Geographic information. Quality principles. ISO/TC 211'.

ISO 19114 (2003) 'Geographic information. Quality evaluation procedures. ISO/TC 211'.

ISO 19115 (2003) 'Geographic information. Metadata. ISO/TC 211'.

ISOTools (2019) *Beneficios de normas ISO - Software ISO, ISOTools. Blog Calidad y Excelencia*. Available at: <https://www.isotools.org/2019/02/21/beneficios-de-normas-iso/> (Accessed: 18 October 2019).

Katcheroff, P. (2008) *Desarrollador .NET*. Primera edición. Banfield: USERSHOP.

Kendall, K. E. and Kendall, J. E. (2010) *Análisis y diseño de sistemas*. Sexta edición. México: Pearson Educación.

Kroenke, D. M. (2003) *Database processing: fundamentals, design & implementation*. 8th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Laurentin, H. (2017) 'Clasificación de los cultivos. Universidad Agrícola'. Available at: <http://universidadagricola.com/como-se-clasifican-los-cultivos/> (Accessed: 18 December 2019).

Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial (2018) 'Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre'. LexisFinder.

Lince, L. *et al.* (2015) 'Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia'. Available at:

https://www.researchgate.net/publication/316000140_Erosividad_de_la_lluvia_en_la_region_cafetera_de_Risaralda_Colombia (Accessed: 11 July 2020).

Lopes da Silva, M. S. (1995) 'Estudos da erosao'. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995., p. 20.

López, F. (2011) 'Interacción entre vegetación, erosión y desertificación', p. 27.

López, S. (2018) 'Normas ISO ¿Qué es ISO?, beneficios para tu empresa', *SPG CERTIFICACIÓN. Certificado ISO 9001*. Available at: <https://www.certificadoiso9001.com/que-es-iso/> (Accessed: 9 September 2019).

Macías, R. (2015) *Regeneración natural de las especies forestales laurel y cedro en el bosque húmedo de la Comuna El Pital del cantón Puerto López*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

MAGAP and TRACASA-NIPSA (2016) 'Levantamiento de Cartografía Temática, escala 1:25.000, Lote 2'.

Marbekys (2014) *Infraestructura Agrícola, Club Ensayos. Ciencia*. Available at: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Infraestructura-Agricola/1374668.html> (Accessed: 23 December 2019).

Marques, M. (2002) 'Tema 6. Diseño Conceptual de Base de Datos. Modelo Entidad-Relación'.

Méndez, J. (2011) *Quantum Gis (QGIS): Un Sistema de Información Geográfica basado en Software Libre, Kudos Ltda*. Available at: <https://gkudos.com/blog/2011/02/15/quantum-gis-qgis-un-sistema-de-informacion-geografica-basado-en-software-libre/> (Accessed: 14 November 2019).

Mercado Esquivel, E. C. (2013) *Implementación de un Sistema de Información Geográfica con Software Libre para el apoyo a la toma de decisiones en las PYMES*. Instituto Politécnico Nacional.

Mesa Giraldo, S. F. (2012) *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica Web para el análisis espacial y temporal de las finanzas del Reino de Castilla en el siglo XVI*. Universidad Complutense de Madrid.

Moncayo, J. (2012) *Elaboración de un SIG agrícola con la ayuda de una aplicación Web*. Universidad San Francisco de Quito.

Monge, V. (2015) 'La codificación en el método de investigación de la Grounded Theory o Teoría Fundamentada', *Innovaciones Educativas*, 17(22), pp. 77–84. doi: 10.22458/ie.v17i22.1100.

Morales, A. (2014) 'Comenzando a trabajar con metadatos en GIS', *MappingGIS*, 8 May. Available at: <https://mappinggis.com/2014/05/trabajar-con-metadatos/> (Accessed: 14 February 2020).

Moreno, A. (2000) *5.1 Modelado conceptual de bases de datos relacionales: El modelo E/R*, Universidad Autónoma de Barcelona. Available at: <http://elies.rediris.es/elies9/5-1.htm> (Accessed: 5 September 2019).

Morgan, R. P. C. (2005) *Soil Erosion and Conservation*. Tercera. Wiley.

Navas, G. (2015) ‘Las redes de distribución’. Instituto Bolivariano Politécnico ‘Santiago Mariño’. Available at: <https://es.slideshare.net/GabrielNavas/las-redes-de-distribucion> (Accessed: 11 December 2019).

Nevado Cabello, Ma. V. (2010) *Introducción a las bases de datos relacionales*. Primera edición. Madrid: Visión Libros.

Novagric (2016) *Tubos de Riego | Tuberías de Riego | Goteo*. Available at: <https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/tubos-de-riego> (Accessed: 5 December 2019).

Obe, R. and Hsu, L. (2011) *PostGIS in action*. Greenwich, Conn. : London: Manning ; Pearson Education.

OGC (2018) *OGC® GeoPackage Encoding Standard - con corrección de errores, Geopackage, un formato abierto para información espacial*. Available at: <https://www.geopackage.org/spec121/> (Accessed: 17 February 2020).

Olaya, V. (2014) *Sistemas de Información Geográfica. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos*. España. Available at: <https://volaya.github.io/libro-sig/index.html> (Accessed: 8 September 2019).

Open Data Commons (2009) ‘Open Data Commons Open Database License (ODbL)’, *Open Data Commons*, 17 February. Available at: <https://opendatacommons.org/licenses/odbl/> (Accessed: 25 February 2020).

Ortega, K. (2018) *Análisis económico de la producción agropecuaria del Centro de Apoyo Río Verde, periodos 2010-2012*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4627>.

Ortiz Ávila, E. V. (2015) *Elaboración de un Sistema de Información Geográfico en el campus experimental San Pablo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Técnica de Babahoyo*. Universidad Técnica de Babahoyo.

OSGeo (2019) *Spatialite — OSGeoLive 13.0 Documentation, OSGeoLive*. Available at: https://live.osgeo.org/es/overview/spatialite_overview.html (Accessed: 14 November 2019).

Osorio Rivera, F. L. (2008) *Bases de datos relacionales teoría y práctica*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial ITM.

Pérez, L. E. (2018) *Introducción al uso de Spatialite y Geopackage en QGIS 3, El blog de franz*. Available at: <https://acolita.com/introduccion-al-uso-de-spatialite-y-geopackage-en-qgis-3/> (Accessed: 17 February 2020).

Pérez Navarro, A., Botella Plana, A. and Muñoz Bollas, A. (2011) *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. Barcelona, España: Editorial UOC. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/detail.action?docID=3201076> (Accessed: 7 September 2019).

Pinzón, M. F. G. and Sanabria, J. S. G. (2013) 'Aplicación del estándar ISO/IEC 9126-3 en el modelo de datos conceptual entidad-relación', *Facultad de Ingeniería*, 22(35), pp. 113–125.

Ponce de León, D., Hernández, O. and Balmaseda, C. (2008) 'Exactitud posicional y temática de la versión digital del mapa nacional de suelos de Cuba escala 1:25000 (Serie Pinar del Río)', p. 10.

Pons, O. (2009) *Introducción a las bases de datos: el modelo relacional*. Primera edición. Madrid: Paraninfo.

Prieto de Lope, R. Á. (2014) *SGBD e instalación. IFCT0310*. Primera edición. Madrid: IC Editorial. Available at: <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4184158> (Accessed: 29 October 2019).

QGIS (2019) *QGIS. Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto, QGIS*. Available at: <https://qgis.org/es/site/> (Accessed: 14 November 2019).

QGIS 3.4 (2019) *Modelador gráfico de QGIS*. Available at: https://docs.qgis.org/3.4/es/docs/user_manual/processing/modeler.html#definition-of-inputs (Accessed: 27 October 2019).

Roca, A. (2017) *El suelo como ente vivo: Organización y Características, Universidad Agrícola*. Available at: <http://universidadagricola.com/el-suelo-como-ente-vivo-organizacion-y-caracteristicas/> (Accessed: 28 December 2019).

Rodríguez, J. and Reyes, M. (2015) *Diseño de una base de datos espacial e implementación de un visor web geográfico, utilizando herramientas de software libre para la visualización de las pólizas de estabilidad y calidad de las obras de movilidad que realiza el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Rosendo Ramos, D. (2010) *Los sistemas de información geográfica en la educación secundaria*. Madrid: Wanceulen Editorial. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/detail.action?docID=5190471> (Accessed: 8 September 2019).

Ruiz, F. (2001) 'Diseño Conceptual, Lógico y Físico. Universidad de Castilla-La Mancha', p. 67.

Saldarriaga, D. (2018) 'Áreas de servicio: Mucho más que espacios complementarios en un CEDI', *Zonológica*. Available at: <https://zonologica.com/areas-de-servicio-mucho-mas-que-espacios-complementarios-en-un-cedi/> (Accessed: 25 December 2019).

Salinas, A. (2010) *Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización*. Costa Rica: Universidad Nacional, CEMEDE.

Sánchez, A., Nogueras, J. and Ballari, D. (2008) 'Normas Sobre Metadatos (ISO 19115, ISO 19115-2, ISO 19139, ISO 15836)', 123, pp. 48–57.

Sánchez, J. (2004) *Diseño Conceptual de Base de Datos. Guía de aprendizaje*. Stanford, California: Creative Commons.

Sánchez, J. (2016) *Manual de Gestión de Bases de Datos. Modelo Entidad/Relación*. Available at: <https://jorgesanchez.net/manuales/gbd/entidad-relacion.html> (Accessed: 11 February 2020).

Sánchez Llorens, J. L. (2014a) *Infraestructuras e instalaciones agrícolas*. Madrid: Síntesis.

Sánchez Llorens, J. L. (2014b) *Infraestructuras e instalaciones agrícolas*. Madrid: Síntesis.

Sánchez Ogallar, A. (1999) *Conocimiento geográfico*. Madrid: Narcea Ediciones.

Sarría, F. A. (2006) 'Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Murcia'. Available at: <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>.

SISSAN (2012) *Superficie de cultivos permanentes, Ministerio Coordinador de Desarrollo Social*. Available at: http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/SISSAN/ficsan_K006.htm (Accessed: 23 December 2019).

SQLite (2019) *¿Qué es SQLite?, SQLite pequeña, rápida, de confianza*. Available at: <https://www.sqlite.org/index.html> (Accessed: 14 November 2019).

Tomalá Cruz, M. M. (2019) *Capacidad de uso de las tierras del centro de producción y prácticas Río Verde*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4806> (Accessed: 1 June 2020).

Toro, A. (2011) 'Introducción al Modelado Conceptual. Universidad de Sevilla', (5), p. 20.

UNESCO and ROSTLAC (1991) *Agua, vida y desarrollo: Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe*. Montevideo, Uruguay: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO. Available at: <http://opac.biblioteca.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=92150>.

Ureña, J. (2009) 'Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Aguacate', p. 52.

Uriña, J. and Cuenca, M. (2018) 'Diversidad de especies de microalgas encontradas en raíces de mangle', *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 2(21), pp. 54–60. doi: 10.31876/re.v2i22.360.

Urquiza, R. *et al.* (2011) *Biodiversidad del Guayas: Conociendo nuestra verdadera riqueza*. Guayaquil, Ecuador: Gobierno Provincial del Guayas - Dirección de Medio Ambiente.

USDA (2015) 'Hoja informativa - Vetiver/Pacholí'. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Available at: <http://www.pr.nrcs.usda.gov/>.

Valdiviezo Castro, A. L. (2019) *Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores*. Universidad de Piura.

Vargas Moris, F. J. (2015) *Desarrollo del Modelo Entidad Relación de Base de Datos que permita almacenar e integrar la información del sistema Mysoul con las Bases de Datos del Hospital Universitario y Cerrito Los Morreños*. Universidad de Guayaquil.

Vásquez, N. (2015) 'El pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) como barrera viva contra la erosión', *Centeotl*. Available at: <https://centeotl.org.mx/web/?p=2865> (Accessed: 2 March 2020).

Vogel, R. (2011) 'Instalaciones Agropecuarias'. Escuela de Educación Técnica N°487. Malabrigo, Argentina. Available at: <https://sites.google.com/site/487instalacionesagropecuarias/> (Accessed: 26 December 2019).

Yépez, V. (2018) *Comportamiento agronómico de la piña, (Ananas comosus L.) variedad perolera, en cuatro distancias de siembra, en el Centro de Producción y Prácticas, Río Verde, de la UPSE, en el cantón Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4307>.

Yusta Loyo, J. M., Dufo López, R. and Bernal Agustín, J. L. (2011) *Tecnología eléctrica*. Primera edición. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Zhindón Mora, M. G. (2014) *Implementación de un Sistema de Navegación con realidad aumentada basado en puntos conocidos para geo localización de puntos de interés*. Universidad del Azuay.

ANEXOS

Diccionario de datos

INFRAESTRUCTURA								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
POLÍGONO	DESLINDE							DESLINDE DEL TERRENO DEL CENTRO
POLÍGONO	DESLINDE	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del deslinde del Centro
			Mat_cerr	Qstring	String	10	0	Material de cerramiento del Centro
			D_e_post_m	double	Real	10	3	Distancia entre postes en metros
			alt_cerr_m	double	Real	10	3	Altura del cerramiento en metros
			Area_ha	double	Real	10	3	Área del terreno en hectárea
			Perim_m	double	Real	10	3	Perímetro del terreno en metros
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
LÍNEA	VIA							VIAS
LÍNEA	VIA	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de vía
			Tipo	Qstring	String	10	0	Tipo de vía
			C_rod	Qstring	String	10	0	Capa de rodadura de la vía
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
POLÍGONO	INSTALACION_SERVICIO							INSTALACION DE SERVICIO
POLÍGONO	INSTALACION_SERVICIO	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de instalación de servicio
			Construc	Qstring	String	20	0	Tipo de construcción de servicio
			Mat_cim	Qstring	String	20	0	Material de cemento
			Mat_est	Qstring	String	20	0	Material de estructura
			Mat_pared	Qstring	String	20	0	Material de pared
			Mat_cub	Qstring	String	20	0	Material de cubierta
			Area_m2	double	Real	10	3	Área en metros cuadrados
			Perim_m	double	Real	10	3	Perímetro en metros
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
POLÍGONO	INSTALACION_AGROPECUARIA							INSTALACIÓN AGROPECUARIA
POLÍGONO	INSTALACION_AGROPECUARIA	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de instalación agropecuaria
			Construc	Qstring	String	20	0	Tipo de construcción agropecuaria
			Mat_cim	Qstring	String	20	0	Material de cemento
			Mat_est	Qstring	String	20	0	Material de estructura
			Mat_pared	Qstring	String	20	0	Material de pared
			Mat_cub	Qstring	String	20	0	Material de cubierta
			Area_m2	double	Real	10	3	Área en metros cuadrados
			Perim_m	double	Real	10	3	Perímetro en metros
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen

Figura 1A. Diccionario de datos – Infraestructura

SISTEMA ELÉCTRICO								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
PUNTO	POSTE							POSTE O COLUMNA ELÉCTRICA
PUNTO	POSTE	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del poste
			Mat	Qstring	String	10	0	Material del poste
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
PUNTO	MEDIDOR							MEDIDOR ELÉCTRICO
PUNTO	MEDIDOR	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de medidor
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
LÍNEA	RED ELÉCTRICA							RED ELÉCTRICA
LÍNEA	RED_ELÉCTRICA	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del red eléctrica
			Tipo	Qstring	String	10	0	Tipo de red de distribución eléctrica
			Imagen	Qstring	String	254	0	Url de la imagen
PUNTO	TABLERO ELÉCTRICO							TABLERO ELÉCTRICO
PUNTO	TABLERO_ELÉCTRICO	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de tablero eléctrico
			Tipo	Qstring	String	10	0	Tipo de tablero eléctrico
			Mat_gab	Qstring	String	10	0	Material del gabinete protector
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
PUNTO	LUMINARIA							LUMINARIA
PUNTO	LUMINARIA	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de la luminaria
			Estado	Qstring	String	10	0	Estado de funcionamiento
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen

Figura 2A. Diccionario de datos – Sistema eléctrico

CULTIVO								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
POLÍGONO	CICLO_CORTO							CULTIVO DE CICLO CORTO
POLÍGONO	CICLO_CORTO	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del cultivo de ciclo corto
			N_comun	Qstring	String	10	0	Nombre común del cultivo de ciclo corto
			N_cient	Qstring	String	20	0	Nombre científico del cultivo de ciclo corto
			Edad_mes	Qstring	Real	10	3	Edad del cultivo
			Estado_fen	Qstring	String	30	0	Estado fenológico del cultivo
			D_e_pl_m	double	Real	10	3	Distancia entre plantas
			D_e_hi_m	double	Real	10	3	Distancia entre hileras
			Area_m2	double	Real	10	3	Área del cultivo
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
POLÍGONO	PERENNE							PERENNE
POLÍGONO	PERENNE	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del cultivo perenne
			N_comun	Qstring	String	10	0	Nombre común del cultivo perenne
			N_cient	Qstring	String	30	0	Nombre científico del cultivo perenne
			Edad_anual	Qstring	Real	10	3	Edad del cultivo
			Estado_fen	Qstring	String	30	0	Estado fenológico del cultivo
			D_e_pl_m	double	Real	10	3	Distancia entre plantas
			D_e_hi_m	double	Real	10	3	Distancia entre hileras
			Area_m2	double	Real	10	3	Área del cultivo
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen

Figura 3A. Diccionario de datos – Cultivo

ESPECIE FORESTAL								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
PUNTO	ARBOL							ARBOL
PUNTO	ARBOL	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del árbol
			N_comun	Qstring	String	10	0	Nombre común del árbol
			N_cient	Qstring	String	20	0	Nombre científico del árbol
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen

Figura 4A. Diccionario de datos – Especie forestal

Figura 5A. Diccionario de datos – Sistema hídrico

SISTEMA HÍDRICO								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
PUNTO	POZO							POZO DE AGUA
PUNTO	POZO	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador del pozo
			Tipo	Qstring	String	10	0	Tipo de pozo
SUELO								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
POLÍGONO	CARCAVAS							CARCAVA
POLÍGONO	CARCAVAS	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de cárcava
			Ca_Prof_m	double	Real	10	3	Profundidad en metros de la cabeza de cárcava
			Me_Prof_m	double	Real	10	3	Profundidad en metros - parte media de cárcava
			Co_Prof_m	double	Real	10	3	Profundidad en metros de la cola de cárcava
			Tal_ang	qlonglong	Integer64	10	0	Ángulo de talud en grados de la cárcava
			Cob_porc	qlonglong	Integer64	10	0	Porcentaje de cobertura de la cárcava
			Estado	Qstring	String	10	0	Estado de la cárcava
			Area_m2	double	Real	10	3	Área en metros cuadrados de la cárcava
			Imagen	Qstring	String	254	0	Hipervínculo de la imagen
PUNTO	MUESTREO							MUESTREO DE SUELO
PUNTO	MUESTREO	PK	Id	qlonglong	Integer64	10	0	Identificador de muestreo del suelo
			Pend_porc	qlonglong	Integer64	10	0	Pendiente porcentual en el muestreo de suelo
			Erosion_ca	Qstring	String	10	0	Clasificación de erosión por categoría
			Erosion_gd	Qstring	String	10	0	Clasificación del grado de erosión
			Tex	Qstring	String	10	0	Textura de suelo
			C_sec_Msll	Qstring	String	10	0	Color del suelo en seco (Tabla de Munsell)
			C_hum_Msll	Qstring	String	10	0	Color del suelo en húmedo (Tabla de Munsell)
			Estruc_gd	Qstring	String	10	0	Grado de estructura del suelo
			Estruc_tp	Qstring	String	10	0	Tipo de estructura del suelo
			Estruc_tm	Qstring	String	10	0	Tamaño de estructura del suelo
			Cons_sec	Qstring	String	10	0	Consistencia en seco
			Cons_hum	Qstring	String	10	0	Consistencia en húmedo
			Cons_adhe	Qstring	String	10	0	Consistencia (adhesividad del suelo)
			Drenaje	Qstring	String	10	0	Drenaje del suelo
			Pedre	Qstring	String	10	0	Pedregosidad
			HorA_prf_m	double	Real	10	3	Profundidad del Horizonte A en metros
			ProfE	Qstring	String	10	0	Profundidad efectiva

Figura 6A. Diccionario de datos – Suelo (Cárcava y muestreo)

SUELO								
REPRESENTACIÓN	ENTIDAD	LLAVE	CAMPO	TIPO	NOMBRE DE TIPO	LONGITUD	PRECISIÓN	DESCRIPCIÓN
POLIGONO	SISTEMA_PRODUCTIVO							MAPA DE SISTEMA PRODUCTIVO
POLIGONO	SISTEMA_PRODUCTIVO	PK	OBJECTID	qlonglong	Integer64	10	0	Código automático no editable generado para C/U
			símbolo	Qstring	String	10	0	Símbolo
			cobertura	Qstring	String	250	0	Cobertura
			uso	Qstring	String	80	0	Uso de suelo
			tam_parcel	Qstring	String	80	0	Tamaño de parcela
			riego	Qstring	String	80	0	Riego
			mv_alk_cn	Qstring	String	80	0	Nivel de alteración de la cobertura natural
			sist_prod	Qstring	String	80	0	Sistema de producción
			act_minera	Qstring	String	80	0	Actividad minera
			area_ha	double	Real	23	15	Área en hectárea
			Shape_Leng	double	Real	23	15	Longitud del perímetro de la geoforma
			Shape_Area	double	Real	23	15	Superficie de la geoforma
		POLIGONO	GEOPEDELOGICO					
POLIGONO	GEOPEDELOGICO	PK	OBJECTID	qlonglong	Integer64	10	0	Código automático no editable generado para C/U
			UnidadAmbi	Qstring	String	250	0	Unidad ambiental
			U_genet	Qstring	String	250	0	Unidad genética
			U_morfol	Qstring	String	250	0	Unidad morfológica
			Cod	int	Integer	5	0	Código
			F_cima	Qstring	String	50	0	Forma de cima
			F_vertient	Qstring	String	50	0	Forma de vertiente
			F_valle	Qstring	String	50	0	Forma de valle
			Pendiente	Qstring	String	50	0	Pendiente de la geoforma
			R_pendient	Qstring	String	50	0	Rango de pendiente (%)
			D_relativo	Qstring	String	50	0	Desnivel relativo medio de la geoforma
			L_vertien	Qstring	String	50	0	Longitud de la vertiente media de la geoforma
			Dr_tipo	Qstring	String	50	0	Tipo de drenaje
			Dr_dens	Qstring	String	50	0	Densidad de drenaje
			Geologia	Qstring	String	250	0	Geología
			Tipo_roca	Qstring	String	250	0	Tipo de roca
			Obs	Qstring	String	250	0	Observación
			Simb	Qstring	String	50	0	Símbolo
			CodP	Qstring	String	50	0	Código del perfil
			Clave	Qstring	String	50	0	Clave
			SGT	Qstring	String	230	0	Subgrupo taxonómico del suelo (Soil Taxonomy, 200
			TexS	Qstring	String	50	0	Textura superficial
			TexP	Qstring	String	50	0	Textura en profundidad
			Drena	Qstring	String	50	0	Drenaje
			ProfE	Qstring	String	50	0	Profundidad efectiva
			Pedre	Qstring	String	50	0	Pedregosidad
			Toxi	Qstring	String	50	0	Toxicidad
			pH	Qstring	String	50	0	Potencial Hidrógeno
			Salni	Qstring	String	50	0	Salinidad
			PNF	Qstring	String	50	0	p-nitrofenol
			RTS	Qstring	String	50	0	Régimen de temperatura del suelo
			RHS	Qstring	String	50	0	Reducción de humedad en el suelo
			MO	Qstring	String	50	0	Materia orgánica
			CIC	Qstring	String	50	0	Capacidad de intercambio catiónico
			SatB	Qstring	String	50	0	Saturación de bases
			FER	Qstring	String	50	0	Fertilidad
			IN	Qstring	String	50	0	Imandabilidad
			Caracteris	Qstring	String	254	0	Características
			Cod_1	Qstring	String	10	0	Código
			Shape_Leng	double	Real	23	15	Longitud del perímetro de la geoforma
			Shape_Area	double	Real	23	15	Superficie de la geoforma

Figura 7A. Diccionario de datos – Suelo (Sistema productivo y geopedológico)



Figura 9A. Recolección y proceso de datos