

ZRH: PLUGIN DE ARCGIS PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS RELATIVAMENTE  
HOMOGÉNEAS EN EL CÁLCULO DE UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES

Autores:

Andrea Stefania Díaz Rojas

Ana Milena Duque Rocha

Trabajo de grado en modalidad de monografía presentado como requisito parcial para optar por  
el título de especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

Salomón Ramírez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C., Colombia

Mayo 2018

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. ALCANCE	9
5. OBJETIVOS	10
6. ESTADO DEL ARTE	11
6.1. Marco teórico	11
6.2. Antecedentes	13
7. METODOLOGÍA	15
8. RESULTADOS	17
8.1. Planeación y diseño	17
8.2. Desarrollo de la extensión	21
8.3. Revisión del producto realizando pruebas	23
8.4. Evaluación de la extensión	28
9. CONCLUSIONES	34
10. REFERENCIAS	36

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo consistió en desarrollar e implementar una extensión del programa SIG de escritorio ArcGIS, que tuviese la funcionalidad de zonificar el territorio de acuerdo a las variables biofísicas y socioeconómicas definidas en la actualización metodológica para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares (UAF) en el país, con el ánimo de proponer una solución al proceso de obtención de Zonas Relativamente Homogéneas (ZRH), que tradicionalmente se realiza en lapsos de tiempo relativamente largos, a causa del geoprocesamiento de información, cuya manipulación conlleva esfuerzos repetitivos que repercuten en costes de tiempo y dinero para la entidad a cargo. A partir de este problema se plantea una solución para automatizar el proceso de homogenización del territorio por ZRH, con el desarrollo del plugin “ZRH” para el software ArcGIS.

Para el desarrollo e implementación del plugin se recurre a la metodología de programación SCRUM, que comprendió dos (2) fases: la primera de planeación y diseño, donde se establecieron los objetivos, el alcance y limitaciones del proceso, teniendo como resultado un análisis preliminar de requerimientos y; una segunda fase, delimitada en cuatro etapas: el análisis preliminar de requerimientos, donde se estableció el diagrama de casos de uso con el fin de crear el diseño arquitectónico del sistema; el desarrollo del plugin; la revisión del producto, realizando pruebas unitarias a los avances y; la evaluación de la extensión, verificando que la funcionalidad del plugin cumpliera con lo requerido.

La evaluación del plugin se llevó a cabo tomando como unidad de trabajo los cuatro departamentos del país, que fueron el piloto de la validación de la metodología actualizada para el cálculo de las UAF, adelantada por el Instituto de Estudios Interculturales -IEI de la Pontificia Universidad Javeriana y la Agencia Nacional de Tierras ANT, en el marco del convenio de asociación No. 556 de 2017.

Con base en la implementación, los resultados arrojaron un nivel de satisfacción óptimo por parte del usuario, en términos de usabilidad del plugin y del producto obtenido, debido a la alta coincidencia (80%) entre el resultado del proceso manual de ZRH y el proceso automatizado que lleva a cabo el plugin. Se concluye entonces que el proceso de automatización logró reducir la inversión de tiempo del profesional SIG involucrado en la obtención de Zonas Relativamente Homogéneas, que antes tardaba hasta dos jornadas laborales (16 horas) por departamento, a un periodo de veinte minutos, lo que equivale a una optimización de 48 veces el periodo inicial.

## 2. PROBLEMA

Los criterios metodológicos para determinar las extensiones máximas y mínimas de baldíos adjudicables en Unidades Agrícolas Familiares - UAF por Zonas Relativamente Homogéneas-ZRH, fueron reglamentados a través del Acuerdo 202 de 2009 por el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural – INCODER, mediante convenio con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. En la actualidad, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, a través del Instituto de Investigación de Estudios Interculturales (IEI) y en convenio con la Agencia Nacional de Tierras (ANT antes INCODER), ha venido adelantando la actualización de esta metodología y su implementación piloto en algunas regiones del país.

La nueva propuesta metodológica considera la realidad geográfica del país, que combinada con la cultura y las lógicas productivas generan un tejido social y una base fisiográfica compleja, reflejo de la heterogeneidad del territorio colombiano. En este sentido, la actualización de la metodología para el cálculo de la UAF, contempla dentro de los 11 pasos que describe, la homogenización biofísica y socioeconómica del territorio traducida como zonificación relativamente homogénea, insumo que se convierte en la base para el cálculo de la extensión de tierra a entregar a las familias pobres del país (UAF).

Actualmente el proceso de la determinación de ZRH es producto del traslape de las capas correspondientes a las Zonas Biofísicas Homogéneas – ZBH y las Zonas Socioeconómicas Homogéneas – ZSEH. La elaboración de las capas mencionadas se realiza en lapsos de tiempo relativamente largos, debido al procesamiento de información geográfica cuya manipulación

requiere del campo de conocimiento específico de los Sistemas de Información Geográfica –SIG y conlleva esfuerzos repetitivos que repercuten en costes de tiempo y dinero para la entidad a cargo.

Además de esto, se considera que la ejecución del proceso metodológico de zonificación de forma manual, puede representar un riesgo en el aseguramiento de la confiabilidad de las capas resultantes, debido a que el geoprocesamiento de la información estaría a cargo de uno o varios individuos. Por ello, dado que el proceso presupone cierta especificidad, la facilitación de herramientas nuevas para personal no especializado en el campo de los SIG, tiene como consecuencia la reducción de tiempos en la creación de las ZRH y por ende reducción en el desarrollo metodológico de los pasos posteriores.

Por lo anterior, se propone la implementación de un complemento para el programa SIG de escritorio ArcGIS, que permita la automatización de los pasos 1 al 3 de la actualización metodológica para el cálculo de la UAF, de modo que sea posible obtener zonas relativamente homogéneas por departamento de manera más ágil y segura. Al momento de establecer dicho complemento, se reducirá el porcentaje de error probable en la toma de decisiones, debido a que la parametrización de reglas establecidas por el modelo de zonificación y a un asistente de ayuda, que reducirían los riesgos, ya que se obliga al técnico que manejará la herramienta a tomar decisiones en un abanico definido de posibilidades de respuesta, en el momento de construcción de las zonas relativamente homogéneas.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La implementación de una extensión para una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG) de escritorio, que permita la automatización de los tres primeros pasos de la metodología para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares, referente a la zonificación del territorio, abonará al desarrollo metodológico planteado por la Agencia Nacional de Tierras -ANT y la Universidad Javeriana Cali, en diferentes sentidos.

Inicialmente permitirá obtener zonas relativamente homogéneas por departamento de manera más ágil y segura, suprimiendo los pasos manuales realizados por el técnico o profesional a cargo de ejecutar geoprocесamientos directamente en el software SIG. De esta forma, habrá mayor confiabilidad de los productos resultantes, debido a que la parametrización de reglas establecidas por el modelo de zonificación, coadyuvará a reducir el error probable derivado de la toma de decisiones o de la ejecución de los procesos.

Dicha automatización también facilitará que el proceso de obtención de Zonas pueda llevarse a cabo por parte de personal no especializado en ejecutar procesos complejos en la herramienta de SIG, dado que la interfaz de la extensión mencionada permitirá al usuario seleccionar y cargar los insumos necesarios de tipo vectorial sin tener que dar instrucciones específicas para el geoprocесamiento.

Adicionalmente, y quizá sea la mayor ventaja que se evidenciará con la implementación de la extensión, es que se optimizaran los recursos del proyecto, manifestados en el tiempo que demanda

la creación de las zonas para el profesional a cargo y para todo el equipo que desarrolla la metodología, ya que el insumo de las ZRH es la base a partir de la cual se llevan a cabo los demás pasos de la metodología para calcular el tamaño de las UAF.

De acuerdo con lo expuesto, es posible asegurar que con la estandarización del proceso de zonificación para obtener Zonas Relativamente Homogéneas por medio de un servicio (plugin), se beneficiaran varios actores. Uno de ellos, y quizá el más importante, es la ANT, que como máxima autoridad de tierras del país es la encargada de ejecutar las políticas formuladas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, sobre el ordenamiento social de la propiedad rural, específicamente en la administración de las tierras baldías de la Nación, para adelantar los procesos generales y especiales de titulación de UAF por Zonas Relativamente Homogéneas.

Se verá beneficiado así mismo, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, que a través del Instituto de Estudios Interculturales y en convenio con la ANT ha sido la encargada desde 2016 de realizar la actualización de la metodología para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares y de su implementación piloto en cuatro zonas del país, con prospectiva de aplicación en los departamentos donde se identifiquen tierras baldías.

Así mismo, se verá beneficiado el actor que se designe para poner en práctica la actualización metodológica de la UAF en el nivel nacional, ya que este deberá zonificar cada departamento del país por Zonas Relativamente Homogéneas, para poder proponer por cada una de éstas un tamaño apropiado de tierra para adjudicar.



## 4. ALCANCE

### 4.1. Alcance Técnico

La extensión del software de escritorio SIG implementado, se desarrolló en el lenguaje de programación Python. Cabe mencionar que el plugin funciona sobre la Licencia de ESRI para la aplicación de escritorio (ArcGIS for Desktop), dado que las funciones que éste desarrolla involucran geoprocesos restringidos a su licenciamiento. En cuanto a la interfaz gráfica el plugin, la misma desarrollada en Python, ésta se compone de una ventana que contiene cinco cuadros de entrada de datos, que corresponden a la ruta de la carpeta de trabajo y a las capas necesarias para la ejecución de la herramienta. Dichas capas son vectoriales y de geometría tipo polígono, además contempla parámetros de consulta que asignara el usuario para seleccionar el Departamento de interés y la Superficie mínima representable en la capa de salida.

Además cuenta con dos botones, a saberse: un botón para ejecutar el proceso que lleva a cabo el plugin y otro para cancelar el proceso. Esto hace que la interfaz sea intuitiva y fácil de usar.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

Implementar una extensión de programa SIG de escritorio que tenga la funcionalidad de realizar una zonificación del territorio de acuerdo a las variables biofísicas y socioeconómicas definidas en la actualización metodológica para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares en el país.

### 5.2. Objetivos específicos

- Identificar requerimientos funcionales y no funcionales que satisfagan las necesidades del desarrollo del plugin.
- Definir y establecer la arquitectura que permita cumplir los requerimientos funcionales y no funcionales acorde a las funcionalidades del plugin.
- Desarrollar las funcionalidades del plugin que tendrá la capacidad de llevar a cabo los procesos necesarios para la obtención de Zonas Relativamente Homogéneas.
- Evaluar la funcionalidad y usabilidad de la herramienta implementada para realizar la zonificación del territorio.

## 6. ESTADO DEL ARTE

### 6.1.Marco teórico

Uno de los objetivos principales de la Ley 160 de 1994 (por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino), es regular el proceso de ocupación del territorio y el aprovechamiento del mismo, mediante la titulación de tierras baldías de la Nación. Las tierras baldías son tituladas a través de las Unidades Agrícolas Familiares UAF, cuyas extensiones mínimas y máximas se determinan por Zonas Relativamente Homogéneas -ZRH (Congreso de Colombia, 1994).

Como se menciona antes, las ZRH son la base sobre la cual se realiza el cálculo del tamaño de las UAF, una propuesta desarrollada para ayudar a superar la línea de pobreza de las familias rurales vulnerables en Colombia (Presidencia de la República, 2017). El objetivo de las UAF es que una familia pueda obtener un ingreso superior al costo de la canasta básica mediante dos vías: la remuneración de la mano de obra familiar y un excedente suficiente para poder mantener su respectiva Unidad Productiva (UPA), y así poder acumular y mejorar su nivel de vida (Congreso de Colombia, 1994).

De acuerdo a la definición propuesta por el Instituto de Estudios Interculturales de la Universidad Javeriana Cali, en el marco de la actualización metodológica para el cálculo de las UAF (IEI, 2017), las *Zonas Relativamente Homogéneas* hacen referencia a territorios delimitados que denotan condiciones agrológicas, fisiográficas, ambientales y socioeconómicas similares. Estas zonas permiten definir sistemas productivos acordes con las condiciones del medio y, a su vez, señalar las extensiones máximas y mínimas adjudicables de los baldíos productivos en Unidades

Agrícolas Familiares, con base en lineamientos de ordenamiento territorial, productivo y social.

En términos generales, las ZRH son producto del traslape de las capas correspondientes de las Zonas Biofísicas Homogéneas – ZBH y las Zonas Socioeconómicas Homogéneas – ZSEH. Por definición, las ZBH son territorios con patrones de homogeneidad, producto de la relación entre el sistema dinámico de la tierra, el aire y el agua. Se diferencian dada su composición fisiográfica, climática, edafológica y ecosistémica (IEI, 2017).

El segundo criterio metodológico para la configuración de las ZRH es la construcción de Zonas Socioeconómicas Homogéneas (ZSEH), que son el producto de la separación y segregación del territorio respecto de su entorno, según las economías rurales determinadas por la dinámica productiva agropecuaria, la cercanía a centros poblados, la infraestructura vial, servicios básicos, la economía familiar, las dinámicas de tenencia de la tierra, así como el encadenamiento a los mercados dentro y fuera de la zona y su interrelación con el entorno socioeconómico y ambiental (IEI, 2017).

Estas variables son resumidas en dos índices, que dan cuenta de las diferencias y similitudes territoriales: el Índice de Vulnerabilidad para la Producción Rural – IVPR, el cual condensa una serie de variables de índole social y económica y; el Índice para la Producción Agropecuaria – IPAP que, como su nombre lo indica, retoma aspectos tanto agrícolas como pecuarios de la producción rural (IEI, 2017).

## **6.2. Antecedentes**

Actualmente, los procesos de zonificación del territorio se realizan con la ayuda de programas de Sistemas de Información Geográfica debido a la cantidad de variables que influyen durante el proceso. Por lo tanto, el desarrollo de herramientas de extensión para programas SIG permite optimizar tiempos y agilizar el procesamiento de las áreas en estudio para zonificación. En 2015, Bob Smith financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial como parte del proyecto Áreas Protegidas Resilientes al Cambio Climático (PARCC, por sus siglas en inglés) dirigido por el PNUMA-WCMC, desarrolló CLUZ (software de zonificación para el uso de la tierra de conservación) que es un complemento de QGIS que permite a los usuarios diseñar redes de áreas protegidas y otros paisajes de conservación y paisajes marinos. Este complemento de QGIS también permite la conexión con el software de planificación de la conservación Marxan (Smith, B. 2016).

Marxan está diseñado para identificar áreas prioritarias para la conservación. CLUZ y Marxan trabajan dividiendo la región de planificación en una serie de unidades de planificación, enumerando la distribución de las características de conservación encontradas en cada unidad de planificación, estableciendo objetivos para la cantidad de cada característica que se incluirá en el paisaje de conservación (Smith, B. 2016).

En 2013 la Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre (WCS por sus siglas en Inglés), publicó una herramienta auxiliar para programas SIG, diseñada para apoyar el proceso de identificación y priorización de áreas para la conservación a nivel regional, específicamente para el territorio andino Colombiano, en el marco del proyecto “Respuesta al Cambio Climático:

Planificación Adaptativa para la Conservación en los Andes Colombianos”, financiado por la Fundación John D. y Catherine T. MacArthur, WCS. Este complemento fue desarrollado para el Software ArcGIS® y está basado en herramientas de análisis espacial. El geoprocesamiento que lleva a cabo integra variables para la zonificación del territorio que permiten identificar dónde puede ser oportuno establecer un área protegida. El proceso calcula la importancia del ecosistema, de acuerdo a su representatividad territorial, el grado de transformación, la remanencia y el nivel de amenaza y arroja zonas que no se encuentran representadas en el sistema nacional de áreas protegidas.

Es importante tener en cuenta las variables socioeconómicas durante los procesos de zonificación del territorio; considerando esto la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 2015 desarrollo un complemento para la API de FAOSTAT, que permite crear mapas temáticos a partir de las estadísticas relacionadas con aspectos sociales dispuestas en la aplicación de la FAO (FAO, 2017).

Además, aparentemente pese a que existen iniciativas que permiten agilizar y optimizar los procesos de zonificación del territorio con ayuda de extensiones de herramientas SIG de escritorio, éstas son aplicaciones específicas, por lo que no ofrecen una solución concreta frente a la necesidad de homogenizar el territorio considerando las variables citadas en la actualización metodológica para el cálculo de las UAF en el país.

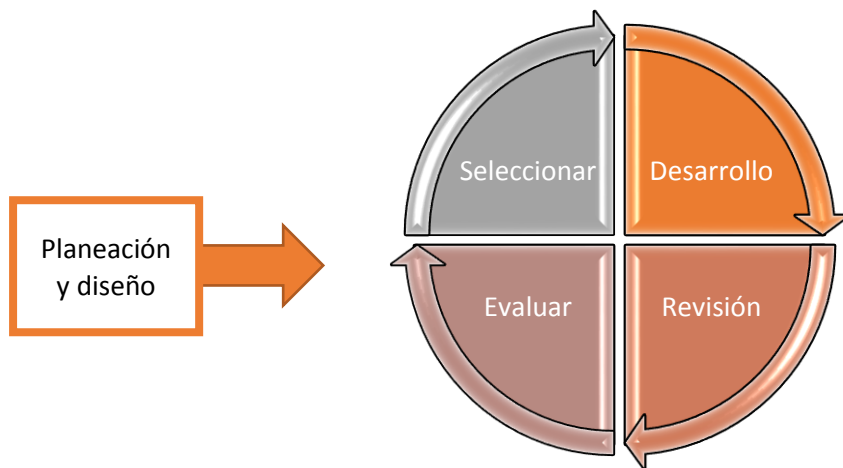
## 7. METODOLOGÍA

El desarrollo de la extensión de programas SIG de escritorio, permite la automatización del proceso para obtener Zonas Relativamente Homogéneas, como base para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares en el país, la formulación de una metodología en un entorno sencillo y de manera ágil permite llevar a cabo los procesos de manera incremental para obtener resultados fiables.

Debido a la complejidad del proceso metodológico que se buscó modelar y considerando que el desarrollo del proyecto debió ser menor a 4 meses, se consideró conveniente emplear una metodología que permita obtener subproductos a los que es posible aplicar pruebas unitarias y que formen parte a su vez de un proceso incremental. Por esto, la metodología que mejor se ajusta a las necesidades de la presente propuesta de desarrollo de un plugin para un software SIG de escritorio (ArcGIS) es la denominada SCRUM, una metodología ágil y flexible, con alta capacidad de reacción ante los cambios de requerimientos generados por necesidades que surjan en el desarrollo de la herramienta.

De acuerdo con lo anterior, y como se puede visualizar en la **Figura 1**, la metodología adaptada comprendió dos (2) fases que se describen a continuación:

1. En primer lugar, se consideró una fase de planeación y diseño del proyecto, donde se establecieron los objetivos, el alcance y limitaciones teniendo como resultado un análisis preliminar de requerimientos para el desarrollo del proyecto.



**Figura 1.** Esquema metodológico SCRUM

*Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Castro, J & Toledo, H. 2017.*

2. En la fase dos se establecieron 4 etapas, correspondientes cada una a un sprint con una duración máxima de 2 semanas. En la primera etapa se llevó a cabo el reconocimiento del análisis preliminar de requerimientos, lo cual permitió realizar un ajuste a los requerimientos funcionales y no funcionales acordes con el desarrollo de la herramienta; además se logró la identificación de actores y se establecen los diagramas de casos de uso útiles en el diseño arquitectónico del sistema. La etapa dos correspondió al desarrollo de la extensión del programa SIG de escritorio; seguido de la revisión del producto, durante la cual se realizaron pruebas unitarias a los avances incrementales que se llevaban a cabo sobre éste. Por último, se hizo la evaluación de la extensión, verificando que la funcionalidad del producto cumpliera con lo requerido.



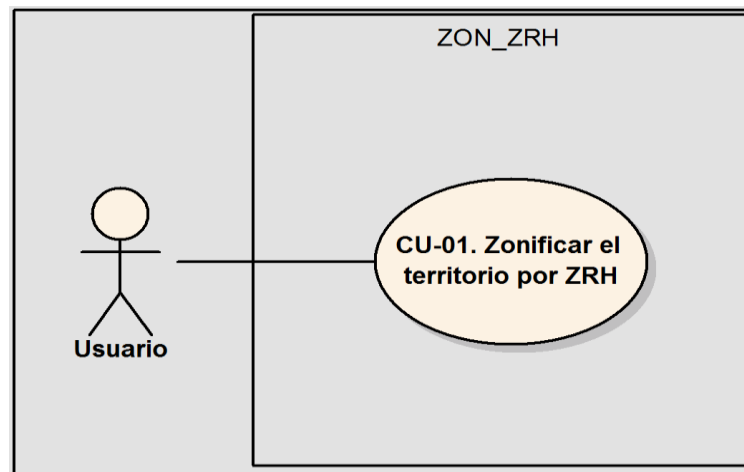
## 8. RESULTADOS

### 8.1.Planeación y diseño

#### Especificación de Requerimientos

##### *Diagrama Caso de Uso*

Inicialmente se llevó a cabo el levantamiento de los requerimientos, proceso en el que se logra identificar como un único requerimiento el Zonificar el Territorio por ZRH. Este proceso es útil para establecer la relación que existe entre los requerimientos del usuario y los casos de uso. De acuerdo con esto, en el diagrama de caso de uso representa en la **Figura 2**, se muestra la funcionalidad del complemento del programa SIG de escritorio de ArcGIS y los actores que intervienen.



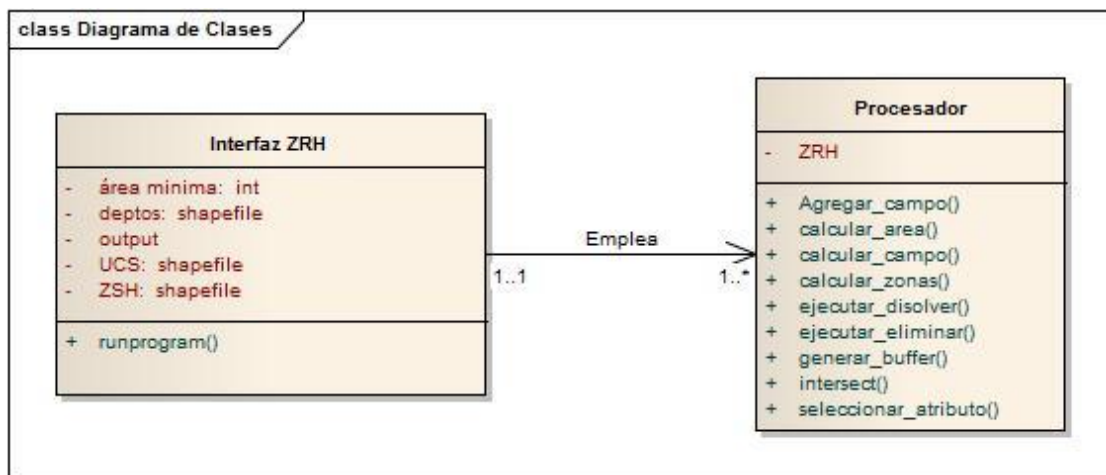
**Figura 2.** Diagrama Caso de uso

*Fuente: Elaboración propia.*

El diagrama describe la forma en el usuario interactúa a través del límite del sistema y la respuesta del mismo con sus relaciones de asociación. Cada caso de uso especificado está relacionado con el requerimiento de software al que hace referencia.

### *Diagrama de Clases*

El diagrama de clases muestra los objetos que interactúan en el desarrollo del producto generado por la herramienta de ZRH (ver **Figura 3**), como lo son: Carpeta de trabajo (output); departamentos (deptos); Unidades Cartográficas de Suelos (UCS); símbolos que no corresponde con las UCS en el atributo “Símbolo” (noUCS); orden de los caracteres de clima y paisaje (order\_paisa\_clima). Este diagrama forma parte del modelo estructural y representa un modelo estático de la extensión, sirve para mostrar la visibilidad entre clases, que trata de la habilidad de un objeto de tener una referencia hacia otro objeto.



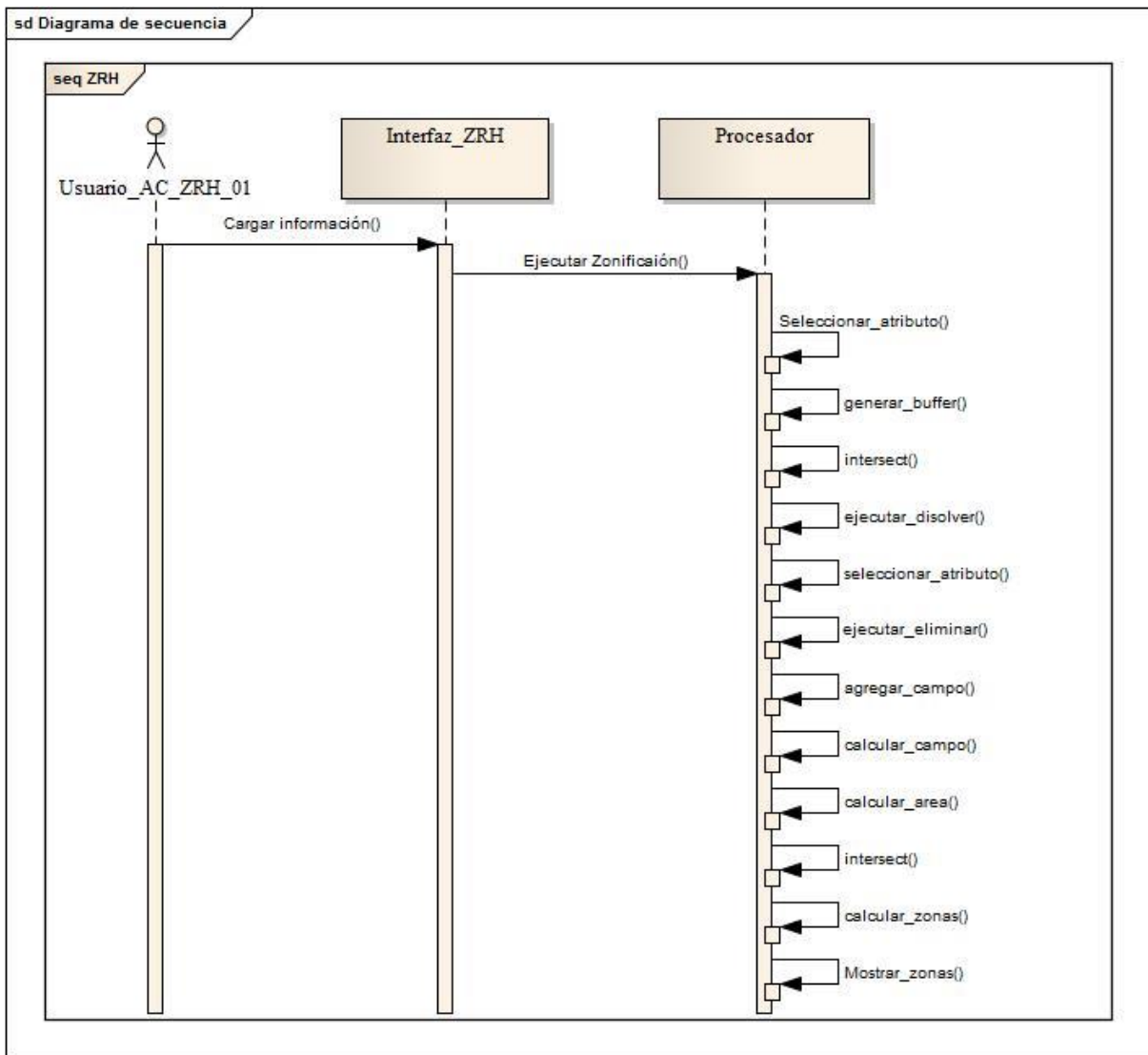
**Figura 3.** Diagrama de Clases

*Fuente: Elaboración propia.*

### *Diagrama de Secuencias*

El diagrama de secuencia se usa para modelar el comportamiento del sistema y representa la interacción entre el usuario y la extensión ZRH, donde la línea continua simboliza la instrucción dada por el usuario y la respuesta del sistema. El modelo de secuencia permite identificar las responsabilidades generales que tienen los objetos que interactúan en el proceso de generación de

zonas. En los diagramas de secuencia, herramienta gráfica para modelar el proceso de casos de uso, es posible especificar instrucciones a través de mensajes para el funcionamiento de la extensión ZRH.



**Figura 4.** Diagrama de Secuencias

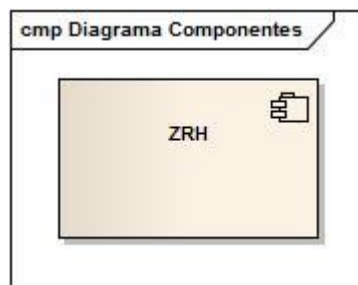
*Fuente: Elaboración propia*

Para el plugin ZRH (ver **Figura 4**), dado que solo existe un caso de uso, el usuario accede al plugin,

éste muestra una interfaz que permite ingresar las capas de información geográfica, realizar las consultas y definir la ruta de trabajo, que son insumo para la generación de Zonas Relativamente Homogéneas, la interfaz guardar estas rutas y envía la petición a generador para que zonifique el territorio de interés por ZRH.

### ***Diagrama de Componentes***

A continuación se presenta el diagrama de componentes del plugin ZRH. Para este caso solo se cuenta con un componente necesario para generar las Zonas Relativamente Homogéneas por departamento, en el cual los procesos de carga de datos, procesamiento y visualización de resultados se realizan sobre la misma extensión.



**Figura 5.** Diagrama de componentes

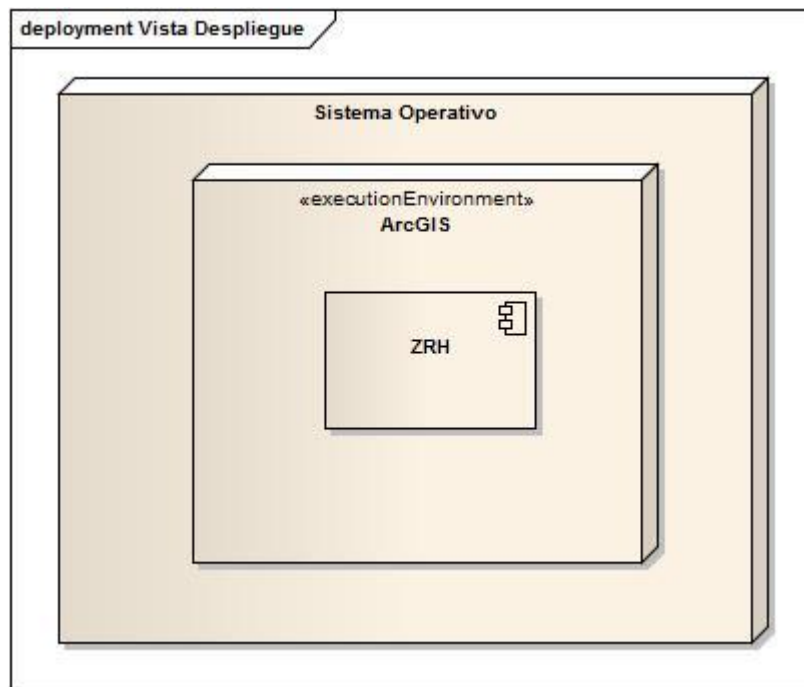
*Fuente: Elaboración propia*

### ***Diagrama de Despliegue***

El diagrama de despliegue muestra de manera esquemática y ordenada la vista de despliegue, que representa el modelo monolítico de la arquitectura de la extensión, donde todos sus componentes operan en un mismo nodo que contiene los siguientes elementos:

Inicialmente un nodo principal, el cual se considera la base que soporta el funcionamiento de los elementos restantes. Para el caso de ArcGIS está disponible solo para el sistema operativo

Windows, sobre el que se soporta la interfaz que interactúa con el software en mención, para el cual se diseñó la extensión SIG de escritorio ZRH. En el ambiente de ejecución de ArcGIS se realiza la codificación usando como componente el entorno de desarrollo de Python y por último, el artefacto que hace referencia a la extensión ZRH, la que será ejecutada desde la interfaz de usuario a través de sus complementos (ver **Figura 6**).



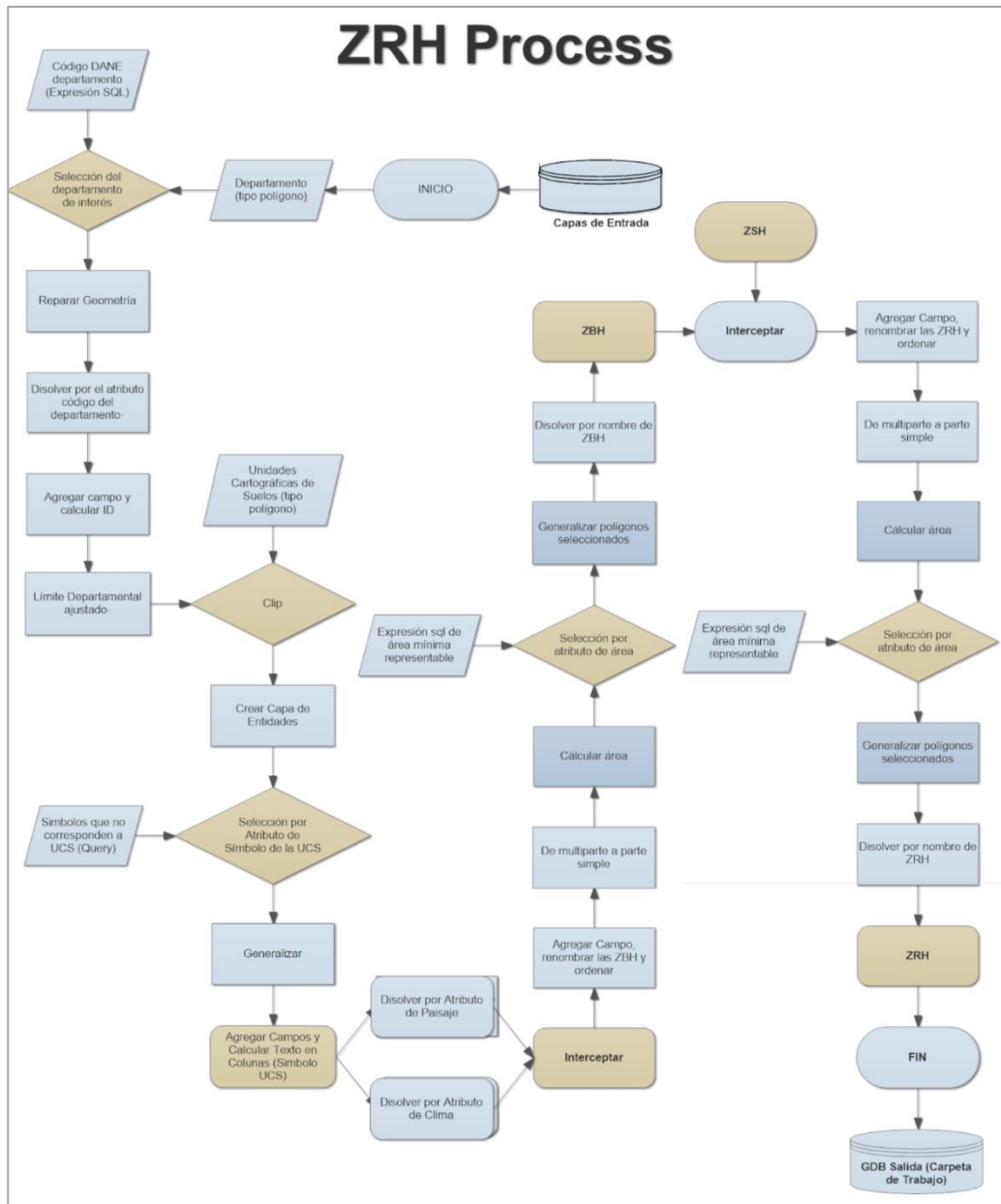
**Figura 6.** Diagrama de Despliegue

*Fuente: Elaboración propia*

## **8.2.Desarrollo de la extensión**

Para el desarrollo de la extensión se empleó el lenguaje de programación Python para ser implementado en el Software ArcGIS. El código de implementación considera varios geoprocesos

para generar la Zonas Relativamente Homogéneas. De manera esquemática se presenta a continuación el mapa de procesos que lleva a cabo la herramienta (ver Figura 7).



**Figura 7.** Diagrama de procesos

*Fuente: Elaboración propia*

### **8.3.Revisión del producto realizando pruebas**

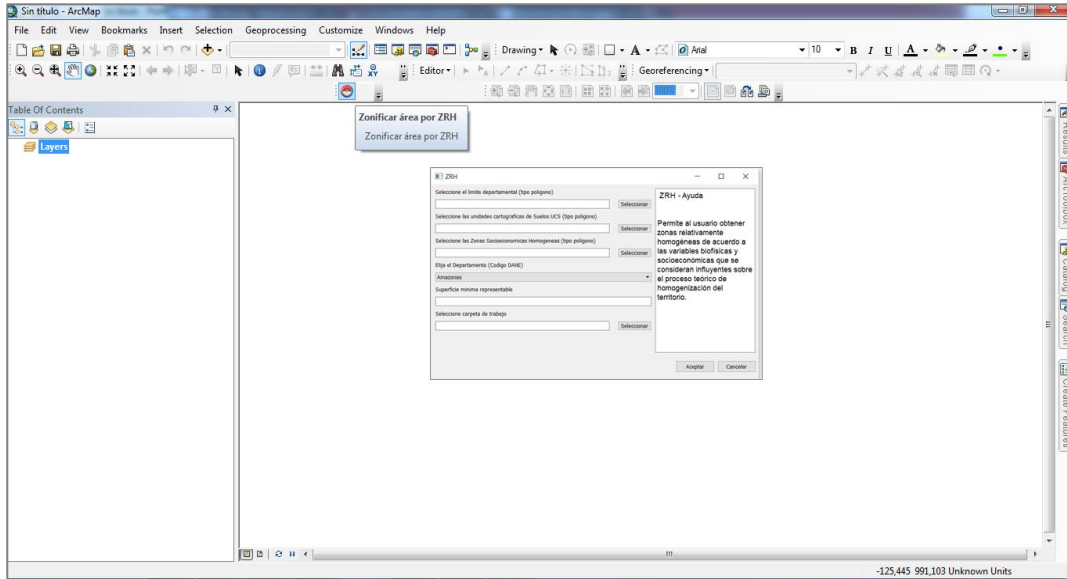
Teniendo en cuenta el desarrollo preliminar, a continuación se evidencia el funcionamiento del plugin ZRH, a través de la revisión del producto realizando pruebas piloto.

Inicialmente se muestra la interfaz gráfica del complemento, descrita a través de cinco cuadros para la navegación basada en texto (TexBrowser) y un cuadro desplegable (ComboBox), donde se insertan los parámetros de entrada definidos. A su vez, cuatro botones de los cuales tres cumplen la función de inserción de capas geográficas vectoriales (Departamentos, ZSH y UCS) y un botón que permite ubicar la carpeta de trabajo donde se guardarán los productos. Se tiene también un cuadro desplegable que permite seleccionar el departamento para el cual se realiza la zonificación. Finalmente, dos botones que llevan a cabo funciones específicas: El botón “Aceptar” da la instrucción y desencadena todos los geoprocamientos considerados en el plugin y; el botón “Cancelar”, que deroga la ejecución de los procesos.

La interfaz cuenta con un recuadro de ayuda, que proporciona información acerca de la funcionalidad del plugin.

Una vez insertadas las capas y señaladas las consultas en los campos correspondientes de la interfaz y dada la instrucción de ejecutar “OK”, el software inicia el proceso de zonificación. Cabe señalar que el plugin no podrá ejecutarse hasta que el usuario ingrese la totalidad de las capas y las consultas requeridas. La finalización de la ejecución del proceso, es notificada al usuario a través de un cuadro que imprime un mensaje informativo señalando la terminación del mismo.

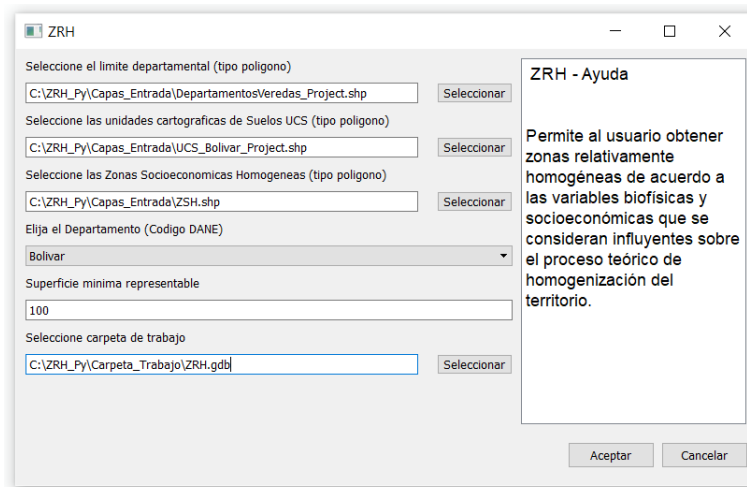
En la siguiente figura se bosqueja la interfaz de usuario del plugin “ZRH” y el botón que ejecuta la herramienta.



**Figura 8.** Vista principal del plugin ZRH

*Fuente: Elaboración propia*

En la Figura 9 se puede visualizar como se observa la extensión con todas las capas cargadas y parámetros ingresados.

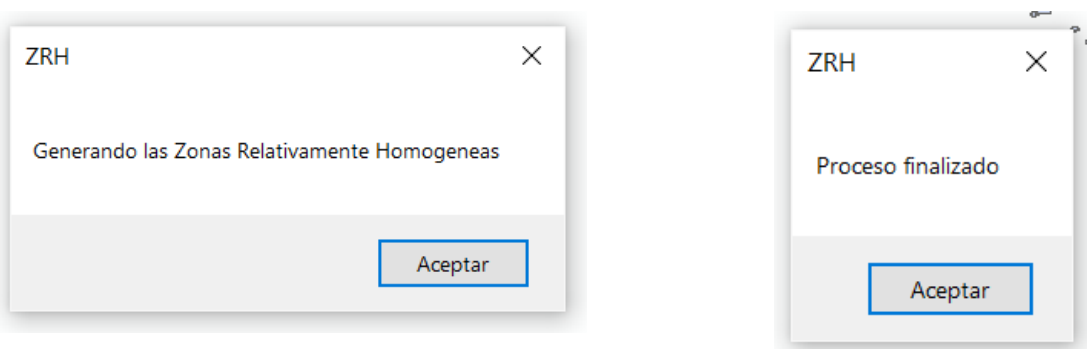


**Figura 9** Parámetros de entrada para el plugin

*Fuente: Elaboración propia*

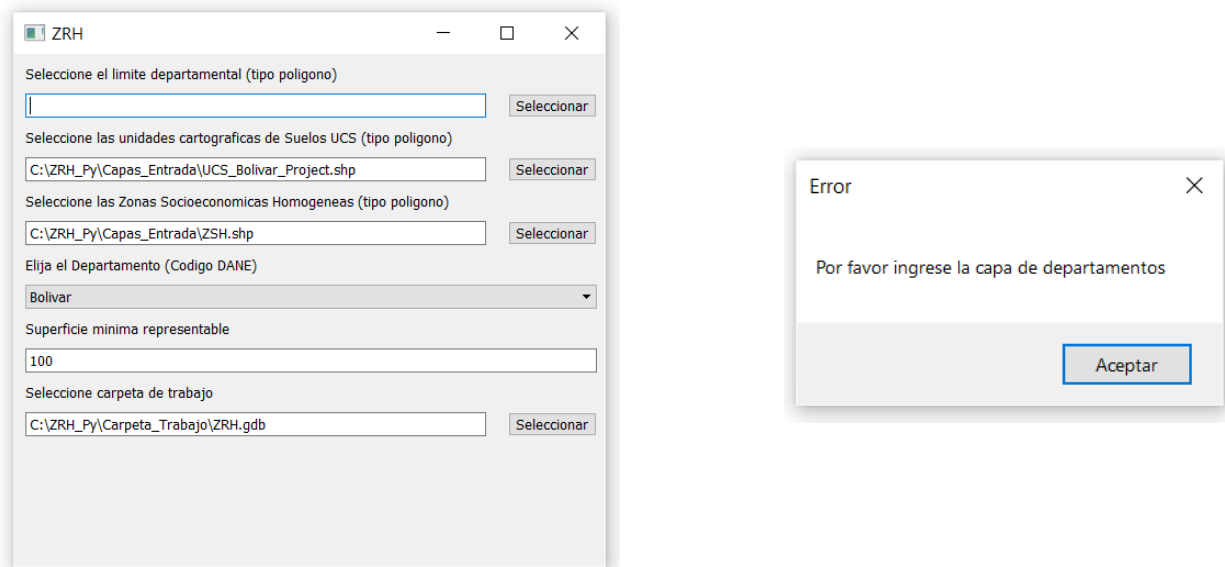


Además se cuenta con mensajes que notifican el inicio y finalización del proceso (Figura 10), al igual que antes de iniciar la funcionalidad de la extensión se implementó validadores que verifiquen el ingreso de cada parámetro requerido para la generación de las ZRH (Figura 11).



**Figura 10** Mensajes de notificación

*Fuente: Elaboración propia*

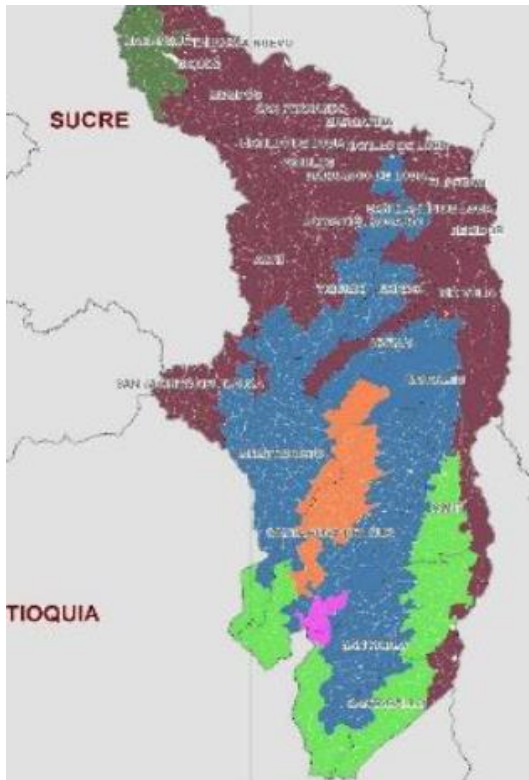


**Figura 11** Validadores

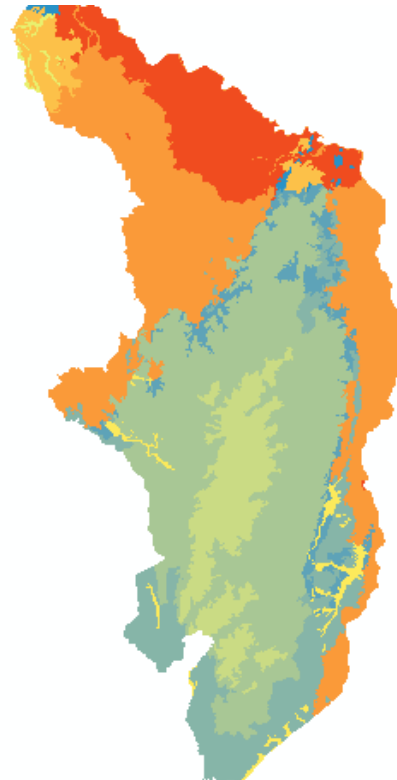
*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a las pruebas de funcionalidad del plugin, se partió de cuatro unidades geográficas que corresponden a los departamentos de Bolívar, Casanare, Cundinamarca y Caquetá, los cuales fueron insumo del proceso piloto de la validación de la metodología actualizada para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares UAF, adelantada por el Instituto de Estudios Interculturales - IEI y la Agencia Nacional de Tierras ANT. De acuerdo con los resultados que arrojó el estudio de validación desarrollado en el marco del convenio de asociación No. 556 de 2017 y las zonas que se generaron a través de la implementación del plugin, se encontró un alto grado de coincidencia entre las mismas.

Según se refleja en la Figura 12, para el caso del departamento de Bolívar, específicamente en el área geográfica del sur de Bolívar, la obtención de Zonas Biofísicas Homogéneas (paso intermedio para la obtención de las ZRH), se diferencia de las unidades obtenidas de manera manual en el criterio de área mínima representable, asignado por el profesional a cargo.



**a. Resultado Manual**

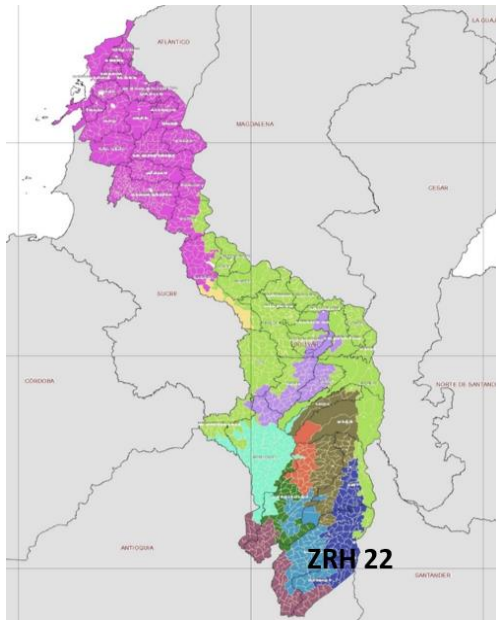


**b. Resultado obtenido con plugin**

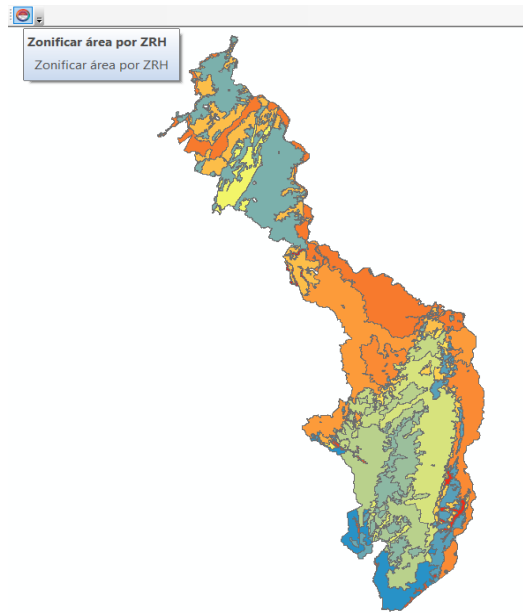
**Figura 12.** Zonas Biofísicas Homogéneas del Sur de Bolívar

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con lo anterior, en la siguiente figura se presenta el resultado final de los dos procesos de homogenización, el primero generado de manera manual (Figura 13a) y el segundo, obtenido con la implementación del plugin (Figura 13b). La coincidencia del proceso es del 80%.



**a. Resultado Manual**



**b. Resultado obtenido con plugin**

**Figura 13.** Zonas Relativamente Homogéneas departamento de Bolívar

*Fuente: Elaboración propia*

#### **8.4.Evaluación de la extensión**

La revisión de la calidad de la extensión desarrollada se hizo a partir de una evaluación de la usabilidad, tomando como referencia la norma ISO/IEC 25010 donde se establecen los principales parámetros de calidad del producto software.

La usabilidad según la Norma ISO 25010 está definida como: “la capacidad del software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones” (ISO, 2015). Para la evaluación de la usabilidad se tuvo en cuenta la metodología realizada por Claros,I & Collazos,C, 2006 donde toman 5 criterios de evaluación (tabla 1), los criterios se integran por métricas y atributos que los describen. A continuación se presenta el modelo planteado para la evaluación de la usabilidad:

**Tabla 1** Metodología de evaluación

<b>Criterios</b>	<b>Métricas</b>	<b>Atributos</b>
Aprendizaje	Facilidad de aprendizaje	Tiempo usado para terminar una tarea
		Lenguaje común
	Comprensibilidad	Tiempo de entrenamiento
		Fácil de reconocer
	Recordación	Mecanismos paso a paso dentro de una tarea
	Satisfacción	Atracción
Complacencia del usuario con los resultados		
Contenido	Comunicación	Estética
	Accesibilidad	Compatibilidad con diferentes servicios
		Idiomas
Eficiencia	Velocidad y medios	Tiempo de respuesta de los servicios
	Desempeño humano	Comando involucrados en hacer una tarea
		Tiempo gastado en errores
		Frecuencia con que se acude a la ayuda
Eficacia	Recuperación, diagnóstico de errores	Mensajes de error

*Fuente: Adaptada de Claros,I & Collazos,C. 2006*

Considerando los criterios, métricas y atributos de evaluación se precedió a realizar la evaluación de la usabilidad de la extensión de programa SIG de escritorio tomando como referencia las métricas y atributos que mejor se ajustaran al producto realizado. En la metodología se le asigna un valor de importancia a cada atributo (Tabla 2), luego se realiza una ponderación del valor de importancia de los atributos; a partir de lo anterior se determina una calificación por atributo (escala 0 a 5) y finalmente se realiza una sumatoria del valor de la calificación general de la usabilidad de la herramienta (Tabla 3).

**Tabla 2** Nivel de importancia

<b>Nivel de importancia</b>	<b>Peso</b>
Obligatorio	10
Deseable en alto grado	7
Deseable	5
Irrelevante	0

*Fuente:* (Yanquén & Otálora, 2015)

**Tabla 3** Calificación general

<b>Calificación general</b>		
Excelente	5	90-100
Bueno	3	80-90
Regular	2	60-80
Malo	0	<60

*Fuente:* Elaboración propia

Finalmente se presentan los resultados de la evaluación de usabilidad con la metodología anteriormente expuesta (Tabla 4):

**Tabla 4** Evaluación de la usabilidad de la extensión ZRH

<b>Criterios</b>	<b>Métricas</b>	<b>Valor de Importancia</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Atributos</b>
Aprendizaje	Facilidad de aprendizaje	7	3	Tiempo usado para terminar una tarea
		10	5	Lenguaje común
	Comprensibilidad	7	4	Tiempo de entrenamiento
		10	5	Fácil de reconocer
	Recordación	5	3	Mecanismos paso a paso dentro de una tarea
	Satisfacción	Atracción	10	5
10			5	Complacencia del usuario con los resultados
Contenido	Comunicación	7	5	Estética

<b>Criterios</b>	<b>Métricas</b>	<b>Valor de Importancia</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Atributos</b>
	Accesibilidad	5	3	Compatibilidad con diferentes servicios
		5	5	Idiomas
Eficiencia	Velocidad y medios	7	3	Tiempo de respuesta de los servicios
	Desempeño humano	5	4	Comando involucrados en hacer una tarea
		7	3	Tiempo gastado en errores
		5	3	Frecuencia con que se acude a la ayuda
Eficacia	Recuperación, diagnóstico de errores	10	2	Mensajes de error

*Fuente: Elaboración propia*

La calificación obtenida para la extensión tiene un valor de 80,18 unidades sobre cien, que de acuerdo con la metodología tenida en cuenta, la usabilidad del plugin ZRH es buena. Los principales aspectos a mejorar son: Tiempo usado para terminar una tarea, compatibilidad con diferentes servicios, tiempo de respuesta y tiempo gastado en errores. En términos generales, la usabilidad de ZRH tuvo buenos resultados, aunque se deben mejorar aspectos de diseño, se destaca



que es sencilla, entendible para los usuarios y con una facilidad de aprendizaje buena, adicionalmente cumple con el objetivo principal de generar Zonas Relativamente Homogéneas que servirán como insumo para el cálculo de las Unidades Agrícolas Familiares.

## 9. CONCLUSIONES

- El complemento de programa SIG de escritorio permite realizar la homogenización del territorio desde una perspectiva biofísica teniendo en cuenta la información contenida en la capa de Unidades Cartográficas de Suelos UCS tomada del IGAC, además cruza información de variables sociales y productivas considerando indicadores de tipo agropecuario, con el fin de realizar la determinación de Zonas Relativamente Homogéneas.
- La implementación del plugin permite obtener zonas relativamente homogéneas por departamento de manera más ágil y segura, suprimiendo los pasos manuales. De esta forma, habrá mayor confiabilidad de los productos resultantes, debido a que la parametrización de reglas establecidas por el modelo de zonificación, coadyuvará a reducir el error probable derivado de la toma de decisiones en la ejecución de los procesos.
- Con la automatización del proceso de obtención de Zonas, es posible generar zonas sin necesidad de que el personal a cargo tenga una especialidad para la ejecución de procesos complejos en la herramienta de SIG, dado que la interfaz diseñada permite al usuario seleccionar y cargar los insumos necesarios directamente sin tener que dar instrucciones específicas para el Geoprocesamiento.
- Con la solución implementada, se concluye que el proceso de automatización llevado a cabo por el plugin, logró reducir la inversión de tiempo del profesional SIG involucrado en la obtención de Zonas Relativamente Homogéneas, que antes tardaba hasta dos jornadas laborales (16 horas) por departamento, a un periodo de veinte minutos, lo que equivale a una optimización de 48 veces el tiempo inicial.

- Se realizó una comparación entre las áreas generadas por la extensión y las áreas obtenidas de manera manual teniendo un 80% de similitud, lo cual permite concluir que el complemento desarrollado cumple con los requerimientos establecidos en la metodología para el cálculo de las Zonas Relativamente Homogéneas.
- La evaluación de la usabilidad de la extensión permite concluir que el plugin tiene una valoración de 80 puntos sobre 100 posibles, lo cual corresponde a una calificación general buena. Sin embargo, los principales aspectos a mejorar en el desarrollo del complemento están relacionados con la estética de la interfaz de usuario y el tiempo de ejecución de la funcionalidad, debido a la cantidad de información cruzada que dependiendo del área de estudio puede abarcar grandes extensiones de territorio y por tanto, mayor es la información que será procesada por la extensión.

## 10. REFERENCIAS

- Claros, I., & Collazos, C. A. (2006). Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web: Experiencia Colombiana. *artemisa*.
- Congreso de Colombia. (1994). Ley 160. *Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de <http://www.unidadvictimas.gov.co/es/ley-160-de-1994/13656>
- IEI. (2017). *Guía Metodológica para el cálculo de la Unidad Agrícola Familiar –UAF*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Presidencia de la República. (2017). Decreto Ley 902 de 2017. *Por el cual se adoptan medidas para facilitar la implementación de la Reforma Rural. Integral contemplada en el Acuerdo Final en materia de tierras, específicamente el procedimiento para el acceso y formalización y el Fondo de Tierras*. Bogotá D.C. Obtenido de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20902%20DEL%2029%20DE%20MAYO%20DE%202017.pdf>
- Ramirez, S. (2009). *Documento de especificaciones para Sistema de Información para la Gestión Electoral Universitaria - SIGEU*. Bogotá, D.C.
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software* (Novena edición ed.). Mexico: Pearson.
- Yanquén, C. A., & Otálora, J. E. (2015). Evaluación de usabilidad en aplicaciones educativas móviles. *Revista vínculos*, 12(2), 119-126.