

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

ATLAS DIGITAL DEL PLAN REGULADOR DEL CANTÓN DE
ALVARADO, CARTAGO, COSTA RICA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA

ESTEBAN DE JESÚS MONTENEGRO HERNÁNDEZ

CARTAGO, COSTA RICA, 2018

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

ATLAS DIGITAL DEL PLAN REGULADOR DEL CANTÓN DE
ALVARADO, CARTAGO, COSTA RICA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA

ESTEBAN DE JESÚS MONTENEGRO HERNÁNDEZ

CARTAGO, COSTA RICA, 2018



ATLAS DIGITAL DEL PLAN REGULADOR DEL CANTÓN DE ALVARADO, CARTAGO, COSTA RICA.

Esteban de Jesús Montenegro Hernández*

RESUMEN

En el año 2016 se aprobó el plan regulador del cantón de Alvarado con una vigencia de cinco años. Además, en el 2018 el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo de Costa Rica (INVU), publicó un nuevo manual de planes reguladores. Por estos motivos en la municipalidad de Alvarado se inició el proceso de actualización y se identificó la necesidad en cuanto al manejo, organización, creación y actualización de la información geográfica. En este trabajo, se planteó el objetivo de generar una base de información para la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado, en esta base se generó la información siguiendo recomendaciones para la organización, en consenso con otro municipio de la región. De las 110 capas geográficas identificadas como necesarias para actualizar el plan regulador del cantón de Alvarado, fueron creadas 24, lo que corresponde a un 21,81%. Sin embargo, este trabajo generó una de las capas más complejas, que fue la de uso del suelo, esta es una de las más importantes para el ordenamiento territorial y fue generada utilizando el programa QGIS 3.0 con el complemento Semi-Automatic Classification Plugin. Se obtuvo una clasificación con un 85,252% de exactitud general, con 11 clases de uso del suelo. Se generaron otras capas como las de red vial, puentes, rutas de buses, cuencas, entre otras. Además, se capacitó a los funcionarios de la municipalidad sobre la estructura de la base generada y la metodología para la actualización de la información.

Palabras claves: SIG, Ordenamiento Territorial, Plan Regulador, Alvarado, Información Geográfica.

ABSTRACT

In 2016, the regulatory plan of the canton of Alvarado was approved with a term of five years. In addition, in 2018 the Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo de Costa Rica (INVU), published a new manual of regulatory plans. For these reasons, in the municipality of Alvarado, the updating process was initiated and the need for management, organization, creation and updating of geographic information was identified. In this work, the objective of generating an information base for updating the regulatory plan of the canton of Alvarado was raised, on this basis the information was generated following recommendations for the organization, in consensus with another municipality in the region. Of the 110 geographical layers identified as necessary to update the regulatory plan of the canton of Alvarado, 24 were created, which corresponds to 21.81%. However, this work generated one of the most complex layers, which was the use of land, this is one of the most important for territorial ordering and was generated using the QGIS 3.0 program with the Semi-Automatic Classification Plugin. A classification with 85.252% of general accuracy was obtained, with 11 classes of land use. Other layers were generated such as road network, bridges, bus routes, watersheds, among others. In addition, officials of the municipality were trained on the structure of the generated base and the methodology for updating the information.

Keywords: GIS, Territorial Ordering, Regulatory Plan, Alvarado, Geographic Information.

*Montenegro Hernández, E. 2018. Atlas digital del plan regulador del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

ACREDITACIÓN

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal evaluador, integrado por Máster Casia Soto, Arq. Carlos Ugalde y Ph.D. Nancy Gamboa como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



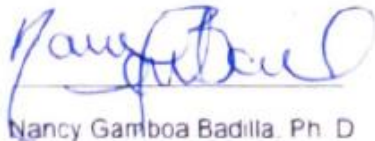
Casia Soto Montoya, M. Sc.

Directora de tesis



Carlos Ugalde Hernández, Arq.

Profesor Lector



Nancy Gamboa Badilla, Ph. D.

Profesora Lectora



Dorian Carvajal Venegas

Coordinador de Trabajos

Finales de Graduación



Esteban Montenegro Hernández

Estudiante

DEDICATORIA

A mi familia y seres queridos por apoyarme, ayudarme y estar siempre conmigo deseándome lo mejor en los estudios y en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la municipalidad de Alvarado por el apoyo recibido durante mi trabajo de graduación.

A los profesores y administrativos de la Escuela de Ingeniería Forestal por el aprendizaje y oportunidades brindadas.

A mi profesora tutora Casia Soto por los consejos, ideas y enseñanza brindada durante los años de carrera y el desarrollo del trabajo de graduación.

A mi compañera de carrera María Alejandra Fernández por compartir experiencias durante estos años y su apoyo en el trabajo.

A Carlos Ugalde por el acompañamiento y guía durante el desarrollo del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| RESUMEN | i |
| ACREDITACIÓN..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE CUADROS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | x |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1 General..... | 3 |
| 2.2 Específicos | 3 |
| 3. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 3.1 Ordenamiento territorial | 4 |
| 3.1.1 Conceptos e historia del ordenamiento territorial a nivel global | 4 |
| 3.1.2 Historia del ordenamiento territorial en Costa Rica..... | 5 |
| 3.1.3 Programas e instituciones relacionados al ordenamiento territorial en Costa Rica..... | 7 |
| 3.1.4 Normativas y leyes asociadas al ordenamiento territorial | 9 |
| 3.2 Planes Reguladores | 12 |
| 3.2.1 Elaboración del plan regulador de Alvarado | 14 |
| 3.2.2 Fases del plan regulador de Alvarado..... | 15 |
| 3.3 Sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en el ordenamiento territorial..... | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 Complementos importantes para trabajar con SIG..... | 17 |
| 3.5 Bases de datos geográficas | 18 |
| 3.6 Cobertura y Uso del suelo de un territorio | 20 |
| 3.6.1 Conceptos e importancia de la cobertura y uso del suelo para el ordenamiento territorial | 20 |
| 3.6.2 Implementación de tecnologías para casos de cobertura y uso del suelo | 20 |
| 3.7 Técnicas de capacitación en SIG | 21 |
| 3.8 Cantón de Alvarado | 22 |
| 4. METODOLOGÍA | 24 |
| 4.1 Descripción del área de estudio | 24 |
| 4.2 Diagnóstico de las capas disponibles | 25 |
| 4.3 Selección de capas a elaborar y corregir..... | 26 |
| 4.4 Corrección y creación de capas | 26 |
| 4.5 Creación de tutoriales y modelos cartográficos | 26 |
| 4.6 Metadatos de las capas..... | 27 |
| 4.7 Capa de uso del suelo del cantón de Alvarado | 28 |
| 4.7.1 Obtención de la imagen satelital | 28 |
| 4.7.2 Preprocesamiento de la imagen satelital | 28 |
| 4.7.3 Procedimiento para la clasificación de uso del suelo | 29 |
| 4.7.4 Proceso de Filtrado..... | 31 |
| 4.7.5 Validación | 31 |
| 4.8 Plantilla para la elaboración de mapas | 33 |
| 4.9 Organización en carpetas de la base de datos..... | 34 |
| 4.10 Capacitación al personal | 35 |

| | |
|--|----|
| 5. RESULTADOS | 36 |
| 5.1 Diagnóstico de la información geográfica | 36 |
| 5.2 Selección de capas a elaborar y corregir..... | 37 |
| 5.3 Generación y organización de la información geográfica | 37 |
| 5.4 Capa de uso del suelo del cantón de Alvarado | 40 |
| 5.4.1 Usos del suelo obtenidos de la clasificación para el cantón de Alvarado .. | 40 |
| 5.4.2 Exactitud de la clasificación | 45 |
| 5.5 Plantilla de mapas aplicado | 49 |
| 5.6 Organización en carpetas de la base de datos..... | 50 |
| 5.7 Capacitación al personal de la municipalidad..... | 52 |
| 6. CONCLUSIONES | 53 |
| 7. RECOMENDACIONES | 55 |
| 8. REFERENCIAS | 56 |
| 9. ANEXOS | 63 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Leyes asociadas al ordenamiento territorial. | 10 |
| Cuadro 2. Matriz de la clasificación..... | 32 |
| Cuadro 3. Capas encontradas en cada fuente para el plan regulador del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 36 |
| Cuadro 4. Lista de capas generadas según su categoría para el cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 38 |
| Cuadro 5. Usos del suelo del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica. | 41 |
| Cuadro 6. Matriz de confusión para evaluar la exactitud de los resultados de la clasificación de uso del suelo del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica. | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Área de estudio, cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica. | 24 |
| Figura 2. Sección del archivo de Excel de los metadatos para las capas del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 27 |
| Figura 3. Plantilla propuesta para los mapas del plan regulador de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 33 |
| Figura 4. Organización de las carpetas..... | 34 |
| Figura 5. Tabla de atributos organizada de la capa de centros de atención. | 39 |
| Figura 6. Tabla de atributos organizada de la capa de ríos. | 39 |
| Figura 7. Nombres de los ejes escritos correctamente. | 40 |
| Figura 8. Mapa de uso actual del suelo para el cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 42 |
| Figura 9. Capa de puntos creado con su respectiva justificación para mejorar el valor de la exactitud general. | 47 |
| Figura 10. Mapa base del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica..... | 49 |
| Figura 11. Organización de la base datos aplicada..... | 50 |
| Figura 12. Visualización de los ejes en la carpeta ATLAS_PR y ubicación de los metadatos. | 51 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Recomendaciones para ordenar la información..... | 63 |
| Anexo 2. Cuadro con lista de capas requeridas por el plan regulador. | 66 |
| Anexo 3. Modelo cartográfico para el preprocesamiento de datos de la capa de uso del suelo..... | 72 |
| Anexo 4. Tutoriales de las capas realizadas. | 75 |
| Anexo 5. Secciones de metadatos de las capas generadas. | 184 |
| Anexo 6. Fotografías y lista de asistencia de la capacitación. | 189 |
| Anexo 7. Laboratorios realizados en la capacitación | 192 |

1. INTRODUCCIÓN

El ordenamiento territorial se puede entender como el proceso político, económico, social, ambiental y cultural encaminado a determinar los usos de los espacios geográficos de un territorio, a fin de dar sostenibilidad al desarrollo y al manejo sustentable de los recursos naturales (Astorga, 2011).

El desarrollo de los asentamientos urbanos en Costa Rica está directamente ligado a la evolución del sistema político y económico. A finales del siglo XIX e inicios del XX la población comenzó a aumentar considerablemente en la parte central del país, esto hizo que se pensara en políticas para el ordenamiento del territorio, en 1968 se promulgó la ley de Planificación Urbana N°4240, donde se definieron las reglas en materia de planificación urbana para Costa Rica (Jiménez, 2017). Más adelante en 1982, se aprobó el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Gran Área Metropolitana (GAM) elaborado por el INVU (MIVAH, 2017). La población siguió en aumento y este Plan GAM de 1982 requería de una actualización. Esto se intentó solventar con el Proyecto de Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana (PRUGAM) que inició en el año 2003 y finalizó en el año 2008. Sin embargo, no se consolidó ni ejecutó, pues no se logró la aceptación y consenso político ni técnico (Martínez, 2012). En el 2010 el INVU con la no aprobación del PRUGAM realizó una propuesta alternativa denominada Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana (POTGAM); sin embargo, tampoco se ejecutó esta propuesta.

A pesar de esta situación, en el 2013 se aprobó el Plan GAM 2013, elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica con muchos de los insumos del proyecto PRUGAM y POTGAM. Así, el Plan GAM 2013 conforma un plan que orienta de manera permanente la planificación a escala regional y funciona como punto de partida y referencia para los planes reguladores locales (Consejo Nacional de Planificación Urbana y Secretaría Plan Nacional de Desarrollo Urbano, 2013).

Los planes reguladores son un instrumento de planificación y gestión a nivel local, en el que se define en un conjunto de planos, mapas y reglamentos, las políticas de desarrollo urbano y los planes de distribución de la población, así como los usos del suelo, vías de circulación, servicios públicos, construcción, renovación urbana, entre otros (INVU, 2018). La Ley de Planificación Urbana N° 4220, menciona que los gobiernos locales poseen la competencia y autoridad para planear y controlar el desarrollo humano urbano dentro de los límites de su territorio. Es así como algunos de los cantones del país empezaron a implementar esta herramienta de ordenamiento territorial llamada plan regulador. En el 2007, el INVU publicó el manual de planes reguladores, que ayuda a que más cantones implementen esta herramienta y en el 2017 el manual fue actualizado. Este nuevo documento llamado *“Manual de Planes Reguladores como Instrumento de Ordenamiento Territorial”* menciona las modificaciones necesarias para responder adecuadamente a las transformaciones conceptuales, normativas, procedimentales, entre otras, en materia de planificación urbana y ordenamiento territorial.

El cantón de Alvarado en junio del 2016 aprobó por primera vez su plan regulador (Municipalidad de Alvarado, 2016). Sin embargo, actualmente, tiene la necesidad de utilizar recursos tecnológicos como sistemas de información geográfica que permitan el monitoreo del ordenamiento de su territorio, ya que además se cuenta con el problema de tener la información geográfica desorganizada y no se sabe con certeza que información falta.

Es a partir de las necesidades en cuanto al manejo y organización de información geográfica y de las variables que pide el nuevo manual de planes reguladores, que este trabajo mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) y metodologías para estructurar bases de datos, tiene como objetivo, generar una base de información geográfica para la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Generar una base de información geográfica para la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado.

2.2 Específicos

- Realizar un diagnóstico de las capas que requiere el plan regulador de la municipalidad de Alvarado.
- Generar un conjunto de metodologías para crear, actualizar y organizar las capas seleccionadas.
- Transferir a los funcionarios competentes la metodología para crear y actualizar las capas geográficas de relevancia para el ordenamiento territorial de la municipalidad de Alvarado.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Ordenamiento territorial

3.1.1 Conceptos e historia del ordenamiento territorial a nivel global

Existen diferentes conceptos de ordenamiento territorial y la idea ha evolucionado con el paso del tiempo. Antes del surgimiento de las políticas de ordenamiento territorial, los países latinoamericanos experimentaron diversas opciones de planificación tanto sectoriales como pluri sectoriales, mediante las cuales se incidió sobre el territorio (Massiris, 2002). Para 1950, el crecimiento de las principales ciudades latinoamericanas hizo que las autoridades voltearan la mirada hacia las políticas de planificación urbana. Diez años más tarde, las políticas fueron orientadas a la planificación económica. Con la inclusión del término ecodesarrollo en los años de 1970, se introdujo la variable ambiental como un elemento clave, dando paso a la planificación ambiental. En los ochentas, se dio el inicio de la creación de planes reguladores y leyes para respaldar lo que se conoce hoy como ordenamiento territorial (Sáenz, Le Coq, Villalobos y Cathelin, 2011).

Algunas de las definiciones del concepto de ordenamiento territorial son las siguientes:

“La Ordenación del Territorio es la proyección en el espacio de las políticas social, ambiental, cultural y económica de una sociedad, cuyas estrategias implican usos y aprovechamientos del suelo” (Recalde y Zapata, 2007).

“Conjunto de acciones concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos buscando su desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente” (Jordan y Sabatini, 1988).

Por tanto, se puede decir que el ordenamiento territorial va más allá de la organización físico-política de los territorios. Hoy en día se hace énfasis en la necesidad de incorporar elementos sociales, culturales y ambientales, que circunscriben las particularidades de cada lugar, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas (Sáenz et al., 2011).

3.1.2 Historia del ordenamiento territorial en Costa Rica

El desarrollo de los asentamientos urbanos en nuestro país está directamente ligado a la evolución del sistema político y económico. Las primeras ciudades costarricenses fueron creadas bajo el esquema general de pueblo en cuadrícula, facilitando el surgimiento de localidades relativamente homogéneas (STPNDU, 2001). Este modelo caracterizó el urbanismo del país en el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Desde el punto de vista demográfico, Costa Rica mantuvo un crecimiento casi nulo hasta el siglo XVIII. En el siglo XIX se dio un crecimiento de la población que terminó por quintuplicar la población según el censo de 1892 (Rosero, 2004).

En términos territoriales, en el siglo XIX predominó una serie de poblados concentrados en el Valle Central, que aglomeró la mayoría de las actividades económicas y administrativas como producto del auge de la actividad cafetalera. Esta primera configuración empezó a tener incidencia territorial notoria con el apogeo de rutas conectoras entre las vertientes Atlántica y Pacífico Central. En el siglo XIX y primera mitad del siglo XX, la consolidación de la oligarquía cafetalera estuvo relacionada con la colonización y creación de poblados vinculados a las rutas comerciales (Jiménez, 2017). En la segunda mitad del siglo XX, continuó el aumento de la población y el fortalecimiento del estado como interventor en las dinámicas urbanas y territoriales. En la década de los ochenta se dio un giro hacia un sistema económico más abierto que privilegió las exportaciones y la inserción del país en las dinámicas del mercado global (Jiménez, 2017).

Actualmente, la Gran Área Metropolitana (GAM) es la mayor aglomeración urbana del país, constituida por una serie de ciudades y subcentros conurbados en las zonas periféricas y circundantes a San José, ciudad que ha visto disminuido su papel de centralidad (STPNDU, 2001). La zona delimitada para el crecimiento urbano del GAM comprende más de 44 000 hectáreas, donde se ha centralizado el mayor crecimiento urbano y los otros límites de las ciudades han ido desapareciendo (STPNDU, 2008). El GAM alberga al 52,7% de la población nacional en el 3,8% del territorio (OUGAM, 2016). A lo interno del GAM se encuentran en un primer orden las cuatro cabeceras de provincia, las cuales constituyen los centros urbanos más consolidados: San José, Alajuela, Cartago y Heredia. Fuera del anillo de contención urbana, se encuentran en un segundo orden otros poblados como Poás de Alajuela, San Rafael de Heredia, Oreamuno y Alvarado de Cartago. Estos centros urbanos no han contado con procesos sólidos de planificación urbana, aspecto que provoca un crecimiento descontrolado, siguiendo los ejes viales, ocupando zonas de riesgo y resintiendo carencias en infraestructura vial que mejore la conectividad con el resto del sistema de ciudades (STPNDU, 2001). En el tercer orden del sistema se encuentran las ciudades pequeñas, constituidas por núcleos urbanos con una población menor que responden a dinámicas subregionales. Se caracterizan por el desarrollo urbano sobre los ejes viales, aunque algunas cuentan con desarrollos en cuadrícula. Muchas están asociadas a la actividad agrícola o turística. Algunos ejemplos son Golfito, Ciudad Neilly, Matina, Siquirres, La Fortuna, Zarcero, Nicoya, Cañas, Garabito y Quepos (Jiménez, 2017).

3.1.3 Programas e instituciones relacionados al ordenamiento territorial en Costa Rica

Un gran hito del período de los años ochenta fue la elaboración del primer plan regional urbano del país: el PLAN GAM de 1982. En este plan se pretendió orientar el crecimiento de la región central del país, concentrando al máximo las actividades urbanas (Martínez, 2015). Este modelo planteó un esquema de este a oeste y retomó el concepto de “polos de desarrollo”, siguiendo las teorías que al respecto se formularon en la década de los cincuenta. El plan, determinó una serie de estructuras regionales a nivel de transporte de carga, zonas industriales, carreteras, áreas agrícolas y de conservación. El anillo de contención fue una de estas estructuras de alcance regional que perdura hasta el día de hoy (Jiménez, 2017). En consonancia con la limitada capacidad de análisis y evolución en los temas urbanos, el PLAN GAM 1982 ha experimentado pocas actualizaciones. La más notable se realizó en 1997 en el decreto Ejecutivo N° 25902-MIVAH-MP-MINAE en el cual se incluyeron una serie de cuadrantes urbanos fuera del anillo de contención, se incorporaron nuevas zonas especiales de protección y se realizaron modificaciones al reglamento de zonas industriales.

Con la aprobación de la Ley Orgánica del Ambiente en 1995, surgió una nueva generación de normativa que se concentró por un enfoque más integral de la planificación. El concepto del ordenamiento territorial fue introducido en el escenario nacional, lo que provocó el cuestionamiento del enfoque presente en la ley de planificación urbana. Adicionalmente, con la aprobación del Código Municipal en 1998, se reivindicó el papel de los gobiernos locales en la planificación urbana y se abrió una etapa que significó un mayor protagonismo de las municipalidades en la discusión del tema urbano (Jiménez, 2017). En este período se aprobó una mayor cantidad de planes reguladores a escala cantonal. Aunque se aumentó la aprobación de planes, el balance total continuó arrojando un déficit importante en la planificación ya que abarcó en su mayoría, únicamente las zonas urbanas ya constituidas.

A partir del año 2000, el urbanismo en el país estuvo marcado por el desencuentro conceptual en el modelo de ciudad y ocupación del territorio e inició con una deuda importante en la planificación urbana nacional. Con esta necesidad, se creó en el año 2000 el Consejo Nacional de Planificación Urbana (CNPU) y la Secretaría Técnica del Plan Nacional de Desarrollo Urbano (STPNDU), como una estrategia para apoyar a la Dirección de Urbanismo del INVU en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo Urbano. Durante su primer período de actividad, la STPNDU pudo avanzar en la elaboración y aprobación del primer plan nacional de desarrollo urbano. Dentro de este plan se incluyó la actualización del plan regional urbano del GAM (PRUGAM). La construcción del plan PRUGAM inició en el año 2003 y finalizó en el año 2008. El plan PRUGAM incluyó como parte de sus productos la elaboración y actualización de los planes reguladores de los 31 cantones del GAM. En el año 2008, con la entrega de los productos del proyecto PRUGAM se hizo evidente el desencuentro de dos visiones sobre la ciudad. El proyecto PRUGAM recibió críticas de parte del sector inmobiliario y el INVU desaprobo el PRUGAM. En el año 2010 se realizó una propuesta alternativa denominada plan de ordenamiento territorial para la gran área metropolitana (POTGAM) (Jiménez, 2017).

El POTGAM se basó en una noción “ciudad balcón” y buscó aprovechar el valor paisajístico de las zonas altas del GAM. En términos generales se detectó una diferencia conceptual importante entre los productos ofrecidos por la STPNDU y el plan propuesto por el INVU. Por una parte, el PRUGAM impulsó la utilización de las áreas centrales del valle que cuentan con menor fragilidad ambiental y desincentivó la urbanización de las periferias. POTGAM por su parte, relegó a un segundo plano el tema de la renovación urbana y se centró en la consolidación de los procesos urbanísticos en las zonas cercanas al anillo de contención. Luego de fuertes críticas tanto por el fondo como por la forma, el plan POTGAM fue descartado (Jiménez, 2017).

En 2013 se aprobó el Plan GAM 2013, elaborado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica con muchos de los insumos del proyecto PRUGAM. El Plan GAM conceptualmente rescató la visión de una ciudad compacta y densa. El plan trabajó el concepto de Centralidades Densas Integrales (CDIs) de manera que se aproveche la estructura instalada en los centros urbanos y se reduzcan los tiempos de viaje de los habitantes (MIVAH, 2017).

Otro instrumento que reivindicó la necesidad de promover ciudades más compactas y generar una mayor autonomía municipal en la actualidad, fue la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT) aprobada por decreto ejecutivo N° 37623- PLAN-MINAET-MIVAH en el 2013. La PNOT buscó establecer una serie de objetivos país para el mejoramiento de la calidad del hábitat, la gestión ambiental y la competitividad territorial (Jiménez, 2017).

3.1.4 Normativas y leyes asociadas al ordenamiento territorial

En el ordenamiento jurídico costarricense se determinan las competencias en materia de planificación urbana y ordenamiento territorial. A continuación, en el Cuadro 1 se señalan algunas de las leyes que regulan la materia.

Cuadro 1. Leyes asociadas al ordenamiento territorial.

| LEY NO. | NOMBRE | AÑO DE EMISIÓN | NATURALEZA | AUTORIDAD COMPETENTE |
|---------|---|----------------|---|--|
| 4240 | Ley de Planificación Urbana | 1968 | Lineamientos fundamentales para el desarrollo urbano y la generación de planes reguladores | Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) adscrito al Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) |
| 6043 | Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre | 1977 | Lineamientos sobre la protección, manejo y administración de la Zona Marítimo Terrestre | Instituto Costarricense de Turismo adscrito al Ministerio de Turismo |
| 7554 | Ley Orgánica del Ambiente | 1995 | Lineamientos generales sobre la política nacional de ordenamiento territorial | Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y el Poder Ejecutivo |
| 7575 | Ley Forestal | 1996 | Entre otros, establece los lineamientos de protección por de los bosques y cuerpos de agua | Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) por medio del Sistema Nacional de Áreas de Protección (SINAC). |
| 7778 | Ley de Biodiversidad | 1998 | Establece las bases para la protección, manejo y conservación de la biodiversidad del país. | Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) por medio del Sistema Nacional de Áreas de Protección (SINAC) |
| 7779 | Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo | 1998 | Establece la planificación de uso del suelo para actividades agrícolas y agropecuarias. Tiene efectos directos en el uso del suelo rural. | Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) |
| 8848 | Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo | 2003 | Establece la necesidad de desarrollar planificación de uso del suelo a nivel municipal que prevenga los desastres naturales. | Comisión Nacional de Prevención de Desastres y Atención de Emergencias (CNE) adscrita al Ministerio de la Presidencia. |

Fuente: Astorga, A. (2011). Decimoséptimo Informe Estado de la Nación: Ordenamiento Territorial en Costa Rica (2010).

Otras de las normativas asociadas a este tema son:

- **Código Municipal**, N°7794 de 30 de abril de 1998.
- **Ley de Catastro Nacional**, N°6545 de 25 de marzo de 1981 y su Reglamento, Decreto Ejecutivo N°34331 del 27 de setiembre del 2008.
- **Ley de Creación de SENARA**, N°6877 de 18 de junio de 1983.
- **Ley General de Caminos Públicos**, N°5060 de 22 de agosto de 1972.
- **Ley de Construcciones**, N°833 de 2 de noviembre de 1949.

- **Ley sobre Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica**, N°7555 de 4 de octubre de 1995.
- **Ley sobre Patrimonio Arqueológico**, N°6703 de 28 de diciembre de 1981.
- **Ley de Aguas**, N°276 de 27 de agosto de 1942.
- **Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamiento y Urbanizaciones**, del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo aprobado en sesión N°3391 del 13 de diciembre de 1982.
- **Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte III**, Decreto Ejecutivo N°32967-MINAE de 04 de mayo del 2006.
- **Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2012-2040**, Decreto Ejecutivo N°37623-PLAN-MINAET-MIVAH de 10 de mayo del 2013.
- **Creación del Sistema Nacional de Información Territorial**, Decreto Ejecutivo N°37773-JP-H-MINAE-MICITT de 12 de julio del 2013.
- **Metodología General para la Elaboración de los Estudios Hidrogeológicos para los Planes Reguladores**, Acuerdo N°4975 de SENARA.
- **Metodología Determinación Capacidad Uso de Tierras en Costa Rica**, Decreto Ejecutivo N°23214-MAG-MIRENEM de 05 de setiembre de 2007.

Es importante recalcar que estas no son todas las leyes y normativas, existen aún más que abarcan también, temas relacionados al ordenamiento territorial.

3.2 Planes Reguladores

El inicio de los planes reguladores en Costa Rica se dio mediante la Ley de Planificación Urbana N° 4240 de 1968. Sin embargo, había una generalizada ausencia de planes reguladores durante esa época, por lo que el PLAN GAM 1982 definió una serie de parámetros urbanos en principio responsabilidad de las municipalidades. “El PLAN GAM 1982 efectuó indicaciones detalladas de uso del suelo, alturas, densidades, fraccionamientos y el desarrollo de temas que en la ley de Planificación Urbana N° 4240 están definidos como de alcance municipal pero que, ante la ausencia de planes reguladores, el PLAN GAM funcionó como un plan regulador sustituto, mientras no se desarrollaran los planes a escala local” (Martínez, 2015).

Años más tarde con la aprobación en el 2006 del Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA), inició una nueva generación de planes reguladores que incorporaron la variable ambiental de previo a la realización de las propuestas de corte urbanístico. La Secretaría Técnica Ambiental (SETENA) asumió un papel preponderante en la revisión y aprobación de planes reguladores. Además, para el año 2007 se publicó el documento “*Manual de Procedimientos para la Redacción y Elaboración de Planes Reguladores*” elaborado por la Unidad de Planificación Territorial de la Dirección de Urbanismo del INVU, el MIVAH y la Entidad Gestora del Proyecto PRUGAM. El objetivo fue crear un modelo estructural, equilibrado, eficiente, jerarquizado y en plena armonía con el medio ambiente y la idiosincrasia nacional, proyectando núcleos urbanos integrados e integrales, para generar ciudades más humanas, en armonía con el quehacer urbano y con una mejor calidad de vida (Manual de Procedimientos para la Redacción y Elaboración de Planes Reguladores, 2007).

En el año 2018 se publicó en la gaceta un nuevo manual llamado “*Manual de Planes Reguladores como instrumento de ordenamiento territorial*” que orienta sobre los procedimientos para la elaboración y gestión de Planes Reguladores, para que actúen como instrumentos clave para el ordenamiento territorial en Costa Rica.

Esta actualización del manual incorporó las modificaciones necesarias para responder adecuadamente a las transformaciones conceptuales, normativas, procedimentales, entre otras, que en materia de planificación urbana y ordenamiento territorial se han experimentado en el país. Además, indicó los lineamientos de acatamiento obligatorio establecidos en la Ley de Planificación Urbana N°4240 y demás normativa vigente en la materia, así como aquellos de carácter orientador (INVU, 2018).

El manual está conformado por la *Fase de Elaboración del Plan Regulador*, este contiene las etapas denominadas *“Preparación preliminar”, “Diagnóstico Territorial”, “Formulación de la propuesta”,* así como *“Asesoría, revisión y adopción de un Plan Regulador nuevo”*.

En la segunda fase, llamada *Fase de Gestión del Plan Regulador* contiene las etapas denominadas *“Implementación, seguimiento y evaluación”, “Modificación, suspensión y derogación”,* así como *“Asesoría, revisión y adopción de la modificación, suspensión y derogación de un Plan Regulador”*.

Con estos avances en materia de ordenamiento territorial, la definición de plan regulador se podría entender como el “instrumento de planificación local que define en un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo y los planes para la distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas” (Astorga, 2011).

3.2.1 Elaboración del plan regulador de Alvarado

La elaboración del proyecto del plan regulador del cantón de Alvarado respondió al trabajo conjunto de una serie de actores que representaron las distintas voluntades de la ciudadanía y de sus respectivas instituciones, a partir de los resultados del Proyecto PRUGAM (Municipalidad de Alvarado, 2015). El plan regulador se basó y fundamentó en los estudios e investigaciones realizados por el proyecto PRUGAM, se integró más de un 50% de los reglamentos que lo constituyen, sin la base de estudios y análisis realizados por PRUGAM, dicho resultado no hubiese sido posible (Municipalidad de Alvarado, 2015).

Los reglamentos complementarios que se lograron elaborar con la participación de todos los técnicos intermunicipales fueron:

- Reglamento General.
- Reglamento: De las Licencias y otros permisos municipales.
- Reglamento: De los Desarrollos urbanos: Construcciones e Infraestructura.
- Reglamento de Renovación Urbana.
- Reglamento de Publicidad Exterior.
- Reglamento de Conservación del Patrimonio Histórico-Arquitectónico del cantón de Alvarado.
- Reglamento de Zonificación de los Usos de Suelo.
- Reglamento de Vialidad.
- Reglamento de Telecomunicaciones.

Es importante aclarar que la propuesta de reglamentos adoptada en este plan regulador no pretendió sustituir, sino más bien ampliar y complementar los reglamentos contenidos en el Código Urbano. En el caso particular, el Reglamento de Desarrollo Urbano fusionó los conceptos de construcción y urbanización de tal forma que ayudó alcanzar los propósitos particulares sin contradecir las normas nacionales (Municipalidad de Alvarado, 2015).

El equipo técnico finalizó en 2013 el plan regulador de Alvarado, para ello se realizaron visitas de campo en todo el cantón de Alvarado. Lo anterior, con el fin de adaptar el mismo a las necesidades y realidades actuales de la comunidad, y lograr un balance entre los requerimientos legales y ambientales. Así como los requerimientos socioeconómicos del desarrollo territorial del cantón de Alvarado (Municipalidad de Alvarado, 2015).

3.2.2 Fases del plan regulador de Alvarado

El plan regulador del cantón de Alvarado en total presentó cinco fases. La primera de ellas fue la fase de recopilación de datos, en la cual se mencionan los planos base, situación geográfica, usos del suelo, tipo de infraestructura existente y requerida, salud, educación, vivienda y la descripción de los servicios comunales existentes. La segunda fase fue la de análisis y diagnóstico, esta sección contiene información de los análisis de geología, climatología, hidrografía, cobertura vegetal, aspectos políticos-administrativos, culturales y económicos, entre otros. La fase de pronóstico fue la tercera etapa, consistió en que, a partir de la información obtenida de la fase de análisis y diagnóstico, se elaboró un pronóstico donde se pudieron distinguir claramente las demandas y necesidades, así como las fuentes de recurso para satisfacerlas. De igual forma, permitió la identificación de tendencias positivas y negativas, así como su impacto en el territorio (Municipalidad de Alvarado, 2015). La cuarta fase fue una fase propositiva y detalló las disposiciones generales, licencias y otros permisos municipales, el reglamento de rehabilitación urbana, el reglamento de zonificación de los usos del suelo, el reglamento de protección y conservación del patrimonio histórico-

arquitectónico y el reglamento de vialidad, entre otros. La última fase fue la de gestión para la implementación, con el objetivo general de promover y consolidar una cultura de participación ciudadana en torno al ordenamiento territorial cantonal. Además, presentó la justificación de la elaboración del plan regulador, visión de futuro, estrategia y componentes del sistema, que se refiere a alianzas estratégicas y cultura ciudadana (Municipalidad de Alvarado, 2015).

3.3 Sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en el ordenamiento territorial

Según Bernhardsen (2002), los sistemas de información geográfica (SIG) son una tecnología que abarca una serie de funciones como la actualización, almacenamiento, gestión, presentación y análisis de datos geoespaciales con rapidez y flexibilidad. Permiten concentrar información, muchas veces dispersa, descrita y almacenada en diversos formatos. Además, los SIG constituyen una herramienta novedosa de apoyo en la toma de decisiones en temas de ordenamiento territorial, dado que permiten la rápida manipulación digital de mapas y bases de datos con grandes volúmenes de información.

En los análisis de ordenamiento territorial se obtienen por su naturaleza una gran cantidad de datos que pueden provenir de diversas fuentes: fotografías aéreas, imágenes de satélite, encuestas socioeconómicas, censos y múltiples análisis de información estadística. Se puede afirmar que la eficiencia de almacenamiento, procesamiento y despliegue de estos datos crece considerablemente cuando se emplean herramientas como los sistemas de información geográfica (Jaimes y Plata, s.f).

La aparición de los llamados Sistemas de Información Geográfica introdujo el componente espacial en las bases de datos de los estudios geográficos, estableciendo así las llamadas bases de datos geográficas. Los SIG son una herramienta lo suficientemente eficaz para analizar el territorio, dicha técnica ha evolucionado notablemente en sus aportes, métodos y criterios empleados (García, 1999).

La información que se utiliza en estudios de ordenamiento territorial es compleja y voluminosa e involucra gran parte de las disciplinas científicas, desde las relacionadas con los aspectos físicos del medio ambiente y de los recursos naturales, hasta con los aspectos bióticos, sociales y económicos y de legislación ambiental. Debido a esta diversidad de disciplinas, métodos de análisis y clases de información, la captura, organización, integración y análisis de los datos es cada vez más complicada y es en ese campo, donde la aplicación de los SIG es la más clara en cuanto a sus posibilidades de uso de información y de análisis espacial (Jaimes y Plata, s.f). Además, suministra apoyo a las políticas de administración local y regional, de manera que sea compatible el desarrollo socioeconómico del territorio y la funcionabilidad de los sistemas naturales para el adecuado ordenamiento del territorio (Castell, Beltrán, y Margall, 2003).

3.4 Complementos importantes para trabajar con SIG

Al momento de trabajar con sistemas de información geográfica (SIG) es importante aprender y aplicar diferentes técnicas, procedimientos y complementos para agilizar el trabajo y producir con mayor precisión la información geográfica utilizada para el ordenamiento de un territorio. El siguiente conjunto de procedimientos se utiliza para precisar, crear, obtener y simplificar las capas, es decir, la información geográfica:

La georreferenciación: hace referencia a asignar información geográfica válida a objetos que no la poseen para ser empleados en análisis espacial (De Battista, Pascal, & Herrera, 2016). Es un proceso que permite determinar la ubicación de un elemento en un sistema de coordenadas diferente al que se encuentra; se utiliza normalmente en los SIG para asignar a imágenes vectoriales y ráster, un sistema de proyección ya que se desconoce (Dávila, y Camacho, 2012).

La digitalización: corresponde a dibujar por medio de las herramientas de QGIS con una imagen satelital o fotografía aérea, la información de la cobertura que se desea, esta se puede representar como puntos, líneas o polígonos.

El levantamiento de puntos con GPS: corresponde a desplazarse a un lugar específico donde se requiere información geográfica y por medio de este dispositivo, tomar la información para posteriormente ser analizada y procesada.

El geoprocetamiento de capas: corresponde a realizar distintos procesos como recortes, uniones, difusiones, entre otros; con las capas vectoriales disponibles.

Otras herramientas o complementos son los tutoriales y modelos cartográficos, estos últimos tienen el objetivo de ser una guía sobre la creación y los procedimientos que las capas llevan, además se incluyen las herramientas utilizadas en los programas para el manejo de esta información geográfica.

Los tutoriales por su parte pueden ser videos o documentos en los cuáles se explican en un lenguaje entendible y la mayoría de las ocasiones con imágenes, los procedimientos seguidos para crear, modificar o generar algún producto, en este caso información geográfica.

Por último, se encuentran los metadatos, que se puede decir que son “datos acerca de los datos” y sirven para suministrar información sobre los datos producidos. Los metadatos consisten en información que caracteriza los datos, describen el contenido, calidad, condiciones, historia, disponibilidad, fuentes y otras características de los datos (Comité Coordinador de la Infraestructura de Datos Espaciales de Perú, 2017).

3.5 Bases de datos geográficas

Una base de datos geográficos es una colección de datos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de una o varias aplicaciones en los SIG (IGN, 2018). Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos componentes principales: datos espaciales y atributos o datos no espaciales (ESRI, 1998). Los datos o atributos espaciales son las características geográficas de los objetos descritos (ubicación, dimensión, forma).

Los datos no espaciales son las características cuantitativas asociadas al objeto que se desea describir, generalmente se almacenan en tablas y se administran por algún manejador de bases de datos, también son llamados datos descriptivos (ESRI, 1998). La misión más importante de una base de datos geográfica es proporcionar los datos espaciales de una manera ordenada para que las aplicaciones los puedan tratar como objetos y dibujar o hacer operaciones con ellos (Morales, 2001).

Los datos que constituyen una base de información geográfica generalmente se clasifican en tres tipos: vectorial, ráster y alfanuméricos. El tipo vectorial se representa en lo que son puntos, líneas o polígonos. Por su parte, el tipo ráster contiene la información del tipo de imagen o celda, también llamados píxeles, tales como ortofotos digitales y modelos digitales de elevación. Finalmente, el tipo alfanumérico, que comprende los datos provenientes de los reportes de campo y que van asociados a los datos vectorial o ráster (Morales, 2001).

Entre las ventajas y desventajas de una base de datos geográfica se tienen:

Reducción en la redundancia de los datos, mantenimiento de la calidad y la integridad de los datos, datos consistentes, se puede contar con restricciones de seguridad, entre otras. Una de las principales desventajas es el mantenimiento de los datos espaciales y otros componentes geográficos. Por ejemplo, cuando en la vida real aparecen y desaparecen poblaciones, caminos y resulta en ocasiones difícil generar estas actualizaciones. De hecho, se debe analizar con detalle y determinar que es mejor, actualizar los datos o adquirir una nueva base de datos (Morales, 2001).

3.6 Cobertura y Uso del suelo de un territorio

3.6.1 Conceptos e importancia de la cobertura y uso del suelo para el ordenamiento territorial

La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema (elementos bióticos y abióticos) y su conocimiento es indispensable para definir y determinar unidades ecológicas homogéneas. Existen diferentes tipos de coberturas, las cuales se agrupan en clases de acuerdo con sus características (Alcaldía Municipal de Miranda, 2001). El uso del suelo corresponde al uso funcional del sitio (elementos biofísicos y culturales), que el ser humano ha asignado a cada unidad de un territorio. Su inferencia requiere una perspectiva humana y la interpretación de las actividades realizadas sobre la cobertura de la tierra en un sitio determinado; está asociado a un área mínima (Ortiz y Tapia, 2017). El conocimiento de la cobertura y uso de la tierra constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico para el ordenamiento territorial por ser indispensable no sólo en la caracterización y especialización de las unidades de paisaje, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos (Alcaldía Municipal de Miranda, 2001).

3.6.2 Implementación de tecnologías para casos de cobertura y uso del suelo

Entre los casos sobre la determinación de los usos del suelo, se destaca el programa de la Unión Europea denominado CORINE-Land Cover. Este es un proyecto que trata de cartografiar (a escala 1:100 000) la cobertura del suelo de toda la Unión Europea, utilizando como base imágenes del satélite LANDSAT. Otros trabajos relevantes son los desarrollados por la mayoría de las administraciones Autonómicas, como es el caso del Servicio de Información Territorial de Galicia (SITGA), que pretende obtener cartografía de usos del suelo de toda Galicia a una escala 1:25 000, apoyándose en imágenes de satélite (LANDSAT, SOPT) y fotografía aérea (Rodríguez, González y Arias, 1999).

En Costa Rica, con el objetivo de aportar información para el ordenamiento y la planificación del uso del suelo mediante la caracterización de la utilización en las regiones agrícolas de la Gran Área Metropolitana (GAM), se realizó una investigación entre marzo 2008 y octubre 2009, por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG). En el estudio se utilizaron imágenes aéreas correspondientes al proyecto Misión Carta, capturadas entre febrero y marzo del 2005, lo que permitió identificar la distribución y extensión de los principales cultivos existentes en la GAM (Wei-Salas y Durán-Quirós, 2015).

3.7 Técnicas de capacitación en SIG

Las necesidades de capacitación de personal variarán significativamente en función de su estatus (permanente o temporal) y de la clase de trabajo que realizan (técnico, operativo, administrativo, etc.). Para el personal que realiza tareas específicas y de corto plazo, la capacitación puede ser relativamente corta y efectuada ya sea de manera directa o mediante manuales o instructivos. El personal que ejecute tareas más complejas requerirá una capacitación más estructurada y prolongada. Generalmente se sostiene que se aprende y retiene más haciendo (capacitación operativa), siendo el método visual el siguiente más efectivo, seguido del auditivo y el escrito. Desde luego, la efectividad de cualquier técnica de capacitación específica varía de persona a persona, por lo que usualmente se utilizan distintas técnicas para asegurar que se satisfacen las necesidades de cada una de ellas (Aceproject, 2018).

En muchos países, las compañías ofrecen capacitación en las aplicaciones de programas de cómputo más populares, esto generalmente se realiza en laboratorios de cómputo donde a cada uno de los asistentes se le asigna una computadora en la cual seguir programas estructurados. Estos cursos suelen dedicar medio día, uno o varios días a un tema en particular, dependiendo de su complejidad. Generalmente se ofrecen en los niveles inicial, intermedio y avanzado para ajustarse a las habilidades y conocimientos de los asistentes (Aceproject, 2018).

Otro aspecto importante de la capacitación tecnológica es que debe ser un proceso continuo. Sobre todo, porque los programas de cómputo son regularmente actualizados con nuevas capacidades, es importante asegurarse que el personal recuerde y actualice periódicamente sus habilidades mediante cursos de capacitación. Una forma de lograrlo es incluir capacitación tecnológica en el plan de desarrollo y capacitación del personal, con el compromiso del personal y de la administración de que la capacitación tecnológica será regularmente revisada (Aceproject, 2018).

3.8 Cantón de Alvarado

El cantón de Alvarado fue creado según la ley N°28 del 9 de julio de 1908. Se compone de tres distritos: Capellades, Pacayas y Cervantes. Todos ellos se encuentran dentro de la Gran Área Metropolitana (Municipalidad de Alvarado 2015). Según el INEC (2011), la población del cantón de Alvarado para el año 2011 fue de 14312 habitantes. Respecto al índice de desarrollo social el cantón presentó un valor de 59,9 (INDER, 2016).

Este cantón tiene la particularidad de que el gobierno municipal solo rige en los distritos de Pacayas y Capellades, ubicándose la cabecera en Pacayas. A su vez, el distrito de Cervantes posee su municipalidad distrital. Ambas municipalidades recaudan impuestos y generan sus propios presupuestos. Esta división administrativa a lo interno del cantón ha provocado que no solo haya divisiones en cuanto a las decisiones municipales, sino que también ha generado una barrera sociocultural entre Cervantes y Pacayas. Se puede decir por lo tanto que coexisten dentro del cantón dos realidades autónomas bien diferenciadas (Municipalidad de Alvarado, 2015).

Alvarado se caracteriza por tener dos actividades principales, la actividad pecuaria y una zona altamente agrícola basada en cultivos de papa, repollo, zanahoria, culantro y otras hortalizas (Municipalidad de Alvarado, 2016). Además, por su identidad rural, aspecto que lo define cultural, social y económicamente. Es también un cantón donde los factores naturales tienen una gran importancia por sus áreas protegidas, zonas de recarga acuífera, así como una gran cantidad de zonas de riesgo y zonas vulnerables,

debido a las difíciles condiciones topográficas (Municipalidad de Alvarado, 2015). En lo referente a las áreas protegidas, en la parte norte del cantón se encuentra una sección del Parque Nacional Volcán Irazú, que corresponde aproximadamente a un 5%. Así mismo, se encuentra parte de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, aproximadamente un 9% de su territorio se localiza en el cantón de Alvarado. En todo caso, el Área Protegida Parque Nacional Volcán Irazú y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, abarcan cerca del 35% del territorio total del cantón de Alvarado (INDER, 2016).

4. METODOLOGÍA

4.1 Descripción del área de estudio

Este trabajo se realizó en el cantón de Alvarado, el cual fue creado según ley N°28 de 9 de julio de 1908 con cuatro distritos. Actualmente se compone de tres distritos: Capellades, Pacayas y Cervantes, los cuales se observan en la figura 1. El cantón se sitúa en el extremo oriental de la Gran Área Metropolitana (GAM), en el Valle Central de Costa Rica. Forma parte de la Provincia de Cartago, sus coordenadas geográficas son 09° 56' 46" latitud Norte y 83° 48' 08" longitud Oeste (Municipalidad de Alvarado, 2016).

Ubicación del área de estudio, Cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

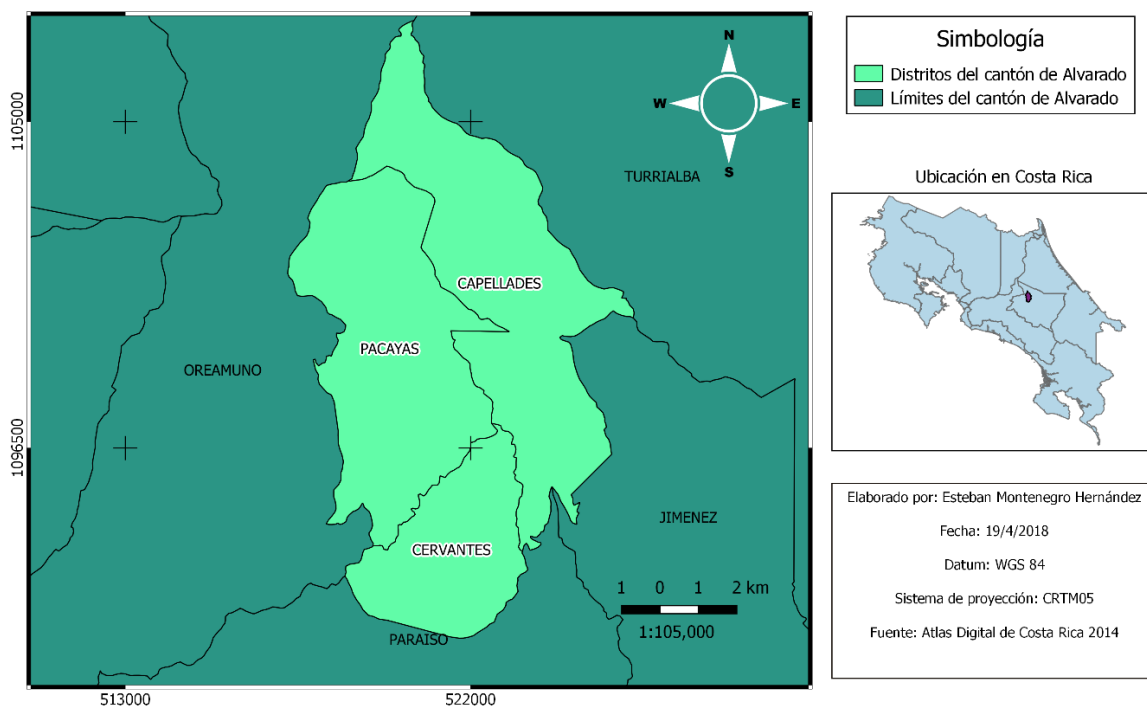


Figura 1. Área de estudio, cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

El cantón de Alvarado se encuentra a una altitud media de 1600 msnm y presenta una precipitación anual de 2277,60 mm. El mes de octubre es el más lluvioso y marzo el más seco. Tiene una temperatura promedio de 16,7 °C, con la máxima registrada en el mes de junio y la mínima en el mes de enero. La humedad relativa promedio es de 88% (INDER, 2016).

Respecto a las zonas de vida presentes en Alvarado, se encuentra el bosque muy húmedo montano bajo que predomina en un 55% de área total del cantón y el bosque pluvial montano presente en un 40%, el restante 15% corresponde a otras zonas de vida como el bosque húmedo montano bajo y el bosque pluvial montano bajo (INDER, 2016).

El cantón ocupa una superficie de 81 100 km². Según el INEC (2011), la población para el año 2011 fue de 14 312 habitantes. La zona se caracteriza por ser un cantón mayormente agrícola, las empresas dedicadas a esta actividad económica representan un 51,39 % de las registradas en la municipalidad. Además, se produce el 62 % de la papa consumida a nivel nacional (Municipalidad de Alvarado, 2016).

4.2 Diagnóstico de las capas disponibles

Se realizó una serie de reuniones con el personal de la Municipalidad de Alvarado para obtener la información disponible. Además, se recolectó información geográfica del Atlas Digital de Costa Rica 2014, del geoportal del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y del Observatorio de la Vivienda Sostenible (OVIS), el cual tenía información geográfica sobre el Plan GAM 2013. En esta etapa se identificó cada una de las capas existentes correspondientes al cantón de Alvarado. Se revisó el sistema de proyección, la forma de organización de la información utilizada y los cambios que se han presentado desde la elaboración de las capas hasta la actualidad (esto para conocer el estado de las capas y planificar su elaboración).

4.3 Selección de capas a elaborar y corregir

Después de conocer la información disponible, en el programa Excel se realizó una lista con las capas que se debían generar según las especificaciones del manual de planes reguladores. A partir de esta lista, se clasificaron como no aplicable (NA) y aplicable (A) según los requerimientos del territorio. Seguidamente se realizó otra clasificación, en este caso para las capas aplicables (A), donde se definió la potencialidad de crearlas. Para ello se obtuvieron tres subclases: Alta, Media y Baja, esto de acuerdo con la cantidad de información para crear la capa, el tiempo disponible y del trabajo de otros profesionales expertos en temas más complejos.

4.4 Corrección y creación de capas

Con la información recolectada y disponible del territorio de Alvarado, se procedió a corregir las capas aplicando las recomendaciones que se muestran en el Anexo 1, las cuales incluyen aspectos relacionados al sistema de proyección, información contenida en la tabla de atributos y el nombre correcto para capas.

Para el proceso de creación de las capas también se siguió lo establecido en el Anexo 1, además, se utilizaron distintos métodos como digitalización, levantamiento de puntos con GPS, geoprocésamiento de capas y selección de información disponible en la municipalidad, el Atlas Digital de Costa Rica, la base de datos del plan GAM 2013 y el SNIT.

4.5 Creación de tutoriales y modelos cartográficos

Se realizaron tutoriales explicativos de las capas que se crearon desde cero, es decir que no se encontró información en la etapa de diagnóstico, pero si se realizaron giras de campo para recolectar esa nueva información. Estos tutoriales se encuentran en el Anexo 4 y fueron creados para que los funcionarios de la municipalidad puedan replicar y entender el proceso de creación y actualización de las capas.

Adicionalmente, se creó un modelo cartográfico en el programa Word, sobre el procesamiento de la información para la capa de uso del suelo. En este modelo se documentaron los pasos que se siguieron para obtener los puntos con la información de campo sobre el uso del suelo, para posteriormente usarlos y realizar la clasificación supervisada.

4.6 Metadatos de las capas

En un documento de Excel se creó una plantilla de los metadatos basada en los utilizados por el geoportal del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Después se agregaron las capas generadas y se llenó la información correspondiente. En la Figura 2 se puede observar una parte de estos metadatos.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Título* | Título alternativo* | Fecha de creación de la capa* | Edición | Formato de presentación* | Resumen* |
|-----------------|--|--|----------------------------------|---------|---------------------|-------------------------------|---------|--------------------------|----------|
| Físico espacial | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | | | | | | |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | | | | | | |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | | | | | | |
| | | Barrios | barrios.shp | | | | | | |
| | | Poblados | poblados.shp | | | | | | |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_vial_nacional.shp | | | | | | |
| | | Red vial cantonal | red_vial_cantonal.shp | | | | | | |
| | | Puentes | puentes.shp | | | | | | |
| | | Paradas de autobuses | paradas_autobuses.shp | | | | | | |
| | | Terminales de | terminales_autobuses.shp | | | | | | |
| | Facilidades comunales | Rutas de buses | rutas_buses.shp | | | | | | |
| | | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos.shp | | | | | | |
| | | Centros de salud públicos y privados | centros_salud.shp | | | | | | |
| | | Centros culturales | centros_culturales.shp | | | | | | |
| | Áreas Verdes | Centros de atención primaria | centros_atencion.shp | | | | | | |
| | | Parques y plazas | parques_plazas.shp | | | | | | |
| | Patrimonio Arquitectónico e Intangible | Sectores urbanos, edificaciones o prácticas de interés patrimonial | edificaciones_patrimonio_arq.shp | | | | | | |
| | Uso actual del suelo | Áreas urbanas y rurales | area_urbana_rural.shp | | | | | | |

Figura 2. Sección del archivo de Excel de los metadatos para las capas del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

4.7 Capa de uso del suelo del cantón de Alvarado

4.7.1 Obtención de la imagen satelital

Se dispuso de la imagen aérea a utilizar con la menor cantidad de nubes y sombras, para obtener un mejor resultado final y se descargó de la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Dicha imagen correspondió a una Landsat 8 con resolución espacial de 30 metros para las bandas de la 1 a la 9, excepto la banda 8 llamada pancromática que presentó una resolución de 15 metros. Además, se descargaron los metadatos para poder realizar la corrección atmosférica. La fecha de la imagen es del 26 de enero del 2017.

4.7.2 Preprocesamiento de la imagen satelital

La imagen utilizada, descargada de la USGS, ya poseía un tipo de corrección geométrica, esto incluía los siguientes procesos:

Georreferenciación: ubicar geográficamente una imagen que no tiene un sistema de coordenadas definidas.

Orto rectificación: corregir distorsiones en la imagen producidas por el lente del sensor y también por las variaciones topográficas.

Se realizó la corrección atmosférica a la imagen, que consistió en disminuir y eliminar las partículas que el sensor captó de la atmósfera y también la reflectancia generada por la interacción de estos dos componentes. Este procedimiento se realizó con el programa QGIS 3.0 con el complemento Semi-Automatic Classification Plugin.

4.7.3 Procedimiento para la clasificación de uso del suelo

Con el programa QGIS 3.0 se dividió el cantón en cuatro segmentos de área similar y dentro de estos segmentos se crearon rutas de aproximadamente 40 km. De esta forma, se cubrió la mayor cantidad de área y se obtuvieron los datos de forma homogénea a lo largo del cantón. Una vez efectuado este procedimiento, se realizaron dos giras de campo, donde se tomaron puntos con el GPS cada 500 metros. En cada una de estas paradas se tomó información de las coordenadas "X" y "Y" en CRTM05, la cobertura y el uso del suelo a 50, 100 y 150 metros por medio del documento llamado Sistema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra para Costa Rica Versión 1.1 (Grupo G6, 2018). Además, se tomaron los datos del azimut, fotografías e información para verificar el uso y cobertura del suelo, así como observaciones en general. Este procedimiento se realizó hacia ambos lados de la carretera. Se recolectaron aproximadamente 350 puntos.

Los puntos tomados con GPS se descargaron en la computadora, en formato predeterminado (gpx), se subieron al programa QGIS y en la tabla de atributos se creó una columna nueva llamada "COORD" para generar las coordenadas "X" y "Y" de cada uno de los puntos. Posteriormente, se guardó este archivo en formato "CSV delimitado por comas" para visualizarlo en Excel. En este programa se calcularon las coordenadas reales a 50, 100 y 150 metros, por medio de las fórmulas propuestas por Jiménez (s.f):

$$X_r = X_c + \text{seno}(A) * \text{Distancia}$$

$$Y_r = Y_c + \text{cos}(A) * \text{Distancia}$$

Donde:

X_r / Y_r : Son las coordenadas reales a 50, 100 y 150 metros.

X_c / Y_c : Son las coordenadas conocidas, tomadas con el GPS.

A: Azimut en radianes.

Distancia: 50, 100 o 150 metros.

Seguidamente, en el programa QGIS se abrió el archivo en formato CSV y se guardó en formato shapefile (shp). Lo anterior para poder visualizar los puntos a 50, 100 y 150 metros sobre las rutas realizadas y comprobar que estuvieran bien georreferenciados.

Para obtener las clases de uso de suelo, se realizó el procedimiento Clasificación supervisada con el complemento del programa QGIS 3.0 llamado Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), por medio del algoritmo de clasificación "Distancia mínima". Este proceso de clasificación supervisada consistió en que a partir de los datos obtenidos en las giras de campo, se digitalizaron muestras (áreas de entrenamiento) para cada uso del suelo. Para la digitalización de las zonas de entrenamiento, se tomó en cuenta tanto la imagen satelital Landsat 8 ya corregida y la imagen satelital de Bing Aerial, como el programa Google Earth Pro. Esto para asegurar que la zona de entrenamiento correspondía al uso asignado en campo. Se realizaron al menos 10 zonas de entrenamiento para cada uno de los usos de tierra encontrados en campo. Para verificar que las zonas de entrenamiento realizadas de un mismo uso de tierra estaban correctamente digitalizadas, se analizaron los gráficos denominados firmas espectrales, para verificar que poseían el mismo comportamiento. Se realizó la clasificación del uso del suelo con las muestras de las zonas de entrenamiento correspondientes a un 70% de los datos tomados en campo.

4.7.4 Proceso de Filtrado

Este proceso se realizó de igual forma con la herramienta SCP, por medio de “Filtrado de la clasificación”, para eliminar los píxeles que quedaron aislados dentro de un área con diferente clasificación. Este problema de clasificación (“Sal y pimienta”) se mejoró con el procedimiento de filtrado y se determinó un umbral de tres; es decir, si menos de tres píxeles sufren ese fenómeno en un área determinada, se debe eliminar y clasificar como se clasificaron los ocho vecinos próximos.

4.7.5 Validación

Con la información de las clases de uso de la capa de puntos para validación (30% de los datos tomados en campo) y la imagen clasificada ya filtrada en formato ráster, se procedió a realizar una matriz llamada “matriz de confusión”. Se creó en Excel una tabla dinámica, se colocó en las columnas el uso que cada punto posee y en filas las clases de usos del suelo según la clasificación en la imagen, donde la diagonal mayor mostró el número de puntos de muestreo correctamente clasificados como se observa en el Cuadro 2. Además, se calcularon las exactitudes que se generaron en la clasificación, tal y como se explican a continuación (Boca y Rodríguez, 2012):

La exactitud general o global se calculó como el número de unidades clasificadas correctamente, sobre el número total de unidades consideradas. Se obtuvo sumando los elementos de la diagonal divididos por el total de observaciones y se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje.

La exactitud del clasificador o productor: se calculó como la razón entre el número de unidades muestreadas que fueron correctamente clasificadas (diagonal) y el número de unidades que pertenecen a esa clase (datos de campo), luego se multiplicó por 100 para obtenerlo como porcentaje.

La exactitud del usuario: se calculó como la razón entre el número de unidades muestreadas que fueron correctamente clasificadas (diagonal) y el número total de unidades que forman esa clase en el mapa (clasificación), seguidamente se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje.

Cuadro 2. Matriz de la clasificación.

| Clases del mapa | Clases en campo | | | | | Total mapa | Exactitud usuario |
|---------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|----------|------------|-------------------|
| | 1100 | 1300 | 2100 | 3200 | 5100 | | |
| 1100 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0.0 |
| 1300 | 1 | 5 | 16 | 17 | 4 | 43 | 11.6 |
| 2100 | 0 | 1 | 30 | 7 | 3 | 41 | 73.2 |
| 3200 | 0 | 0 | 6 | 27 | 2 | 35 | 77.1 |
| 5100 | 0 | 0 | 7 | 1 | 3 | 11 | 27.3 |
| Total campo | 1 | 8 | 61 | 52 | 12 | 134 | |
| Exactitud productor | 0.0 | 62.5 | 49.2 | 51.9 | 25.0 | | |

Por último, se calculó el estadístico Kappa con la siguiente fórmula:

$$K_{hat} = \frac{N * \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

Donde:

r : número de filas en la matriz.

x_{ii} : suma de observaciones en la fila i, y columna i (los valores en la diagonal).

x_{i+} : total de observaciones en la fila i (el total en la fila i a la derecha de la matriz).

x_{+i} : total de observaciones en la columna i (total en la columna i debajo de la matriz).

N es número total de observaciones o puntos de control usados en la validación.

4.8 Plantilla para la elaboración de mapas

Se propuso una plantilla basada en la propuesta por Ruiz (2014), utilizada en los mapas del Atlas Plan GAM 2013. Esto para aquellos mapas que se vayan a generar en la municipalidad para el plan regulador de Alvarado, en la figura 3 se observa dicha plantilla.

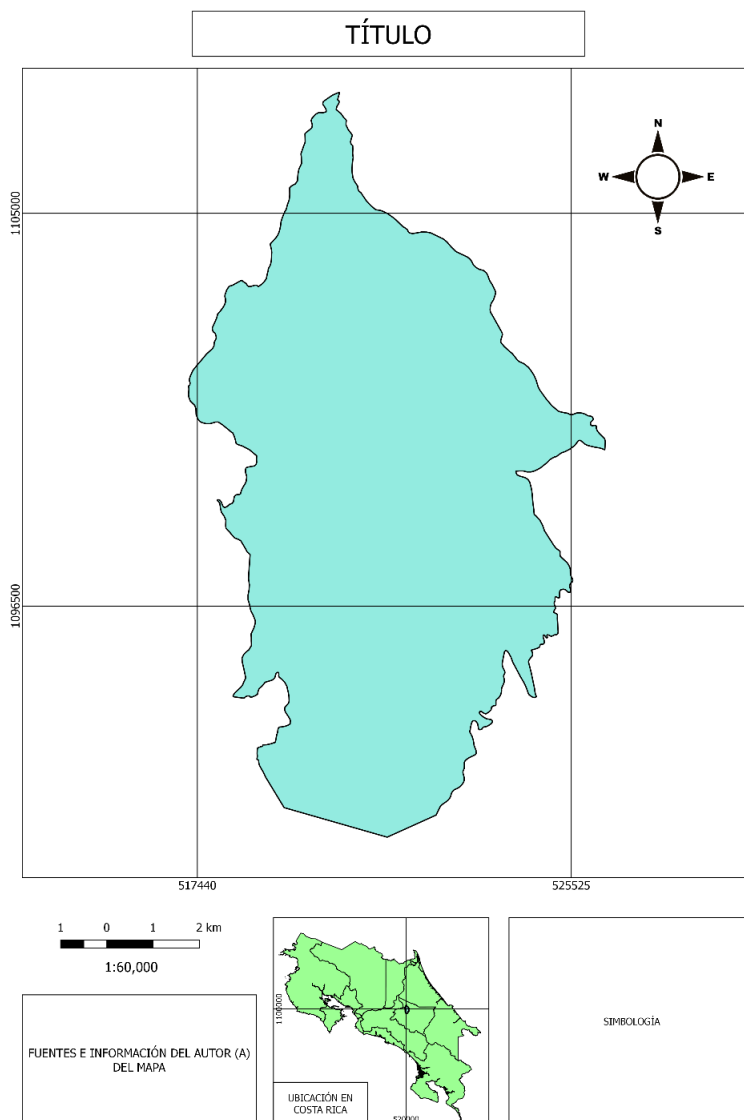


Figura 3. Plantilla propuesta para los mapas del plan regulador de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

4.9 Organización en carpetas de la base de datos

Se creó una carpeta llamada “ATLAS_PR”, donde se incluyeron seis carpetas que representaron los distintos ejes (físico espacial, social, económico, jurídico, político institucional y ambiental) según el manual de planes reguladores. Dentro de estas carpetas se incluyeron subcarpetas con todos los temas relacionados a cada eje. Cada tema posee diferentes variables a ser analizadas, por lo que cada una tenía su carpeta y a la vez cuatro subcarpetas correspondientes a los archivos shape, los ráster (imágenes satelitales o modelos de elevación digital), los mapas y una carpeta de documentos utilizados, como se puede observar en la Figura 4.

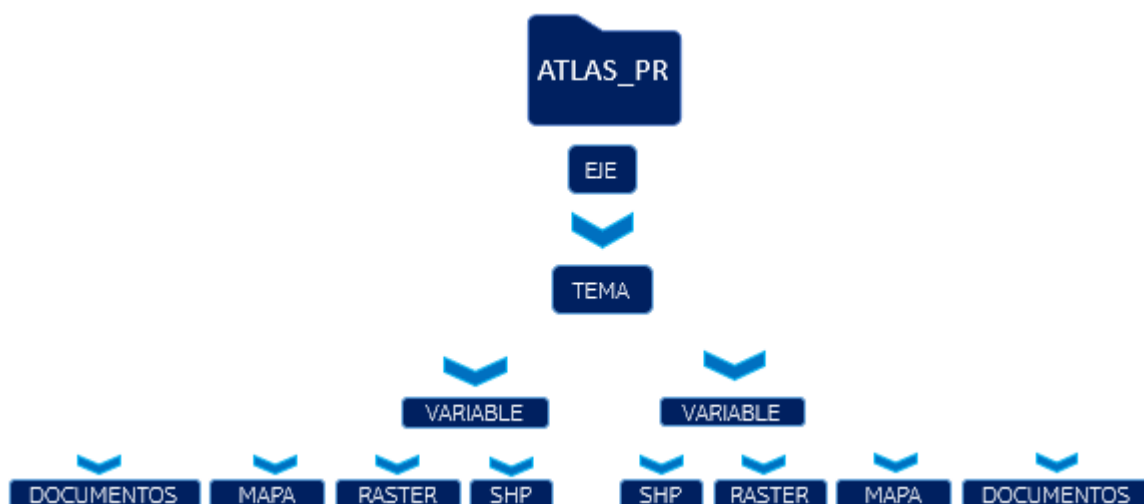


Figura 4. Organización de las carpetas.

4.10 Capacitación al personal

Se ejecutó una capacitación al personal de la municipalidad, específicamente una persona del departamento de catastro, una de aguas y acueductos y una persona de gestión ambiental. Lo anterior para asegurar que el proceso de actualización e incorporación de la nueva información geográfica al Atlas Digital del Cantón de Alvarado se realice en el futuro de una manera correcta. La información generada posee el mismo formato planteado en este trabajo y presenta la calidad requerida por parte de la Municipalidad de Alvarado. En el proceso de capacitación se realizó una presentación del trabajo realizado para la municipalidad, se explicaron las recomendaciones para organizar la información geográfica y se mostraron los laboratorios que se iban a realizar en la capacitación. Estos laboratorios consistieron en realizar ejercicios que explicaban los procedimientos utilizados en el programa QGIS para crear y actualizar capas.

5. RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la información geográfica

Se encontró información en la Municipalidad de Alvarado, en el Atlas Digital de Costa Rica, el geoportal del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y el Observatorio de la Vivienda Sostenible (OVIS), la cual tenía información geográfica sobre el Plan GAM 2013. Las capas que fueron encontradas en el diagnóstico según su fuente se observan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Capas encontradas en cada fuente para el plan regulador del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

| Fuente | Capa |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Municipalidad de Alvarado | Cantón |
| | Curvas de nivel |
| | Cabecera de cantón |
| | Poblados |
| Base de datos del plan GAM 2013 | Red vial nacional |
| | Red vial cantonal |
| | Escuelas y Colegios |
| | Parques y plazas |
| | Clínicas y Cruz Roja |
| | Cementerios |
| | Iglesias |
| | Bomberos |
| Estación de policía | |
| SNIT | Puentes |
| Atlas Digital de Costa Rica, 2014 | Áreas de conservación |
| | Distritos |
| | Ríos |
| | Cuencas |
| | Provincias |

5.2 Selección de capas a elaborar y corregir

A partir del manual de planes reguladores publicado en 2018, se creó una lista de capas, esta se dividió en dos categorías: aplicables (A) o no aplicables (N.A) para el cantón de Alvarado. Dentro de estas capas no aplicables se encontraban las que se referían a temas marítimos y transportes aéreos.

Para las capas aplicables (A) se creó una lista categorizada según potencialidad de realización (Alta-Media-Baja), la lista completa se puede encontrar en el Anexo 2 de este documento. El objetivo fue generar todas las capas de la categoría Alta y hacer la mayor cantidad de capas de la categoría Media, según la disponibilidad de tiempo e información existente. Esto tanto para dejar planteada la lista de la categoría Baja para ser realizada después por otros profesionales, como para que la municipalidad pueda utilizar estas capas en el futuro.

5.3 Generación y organización de la información geográfica

Para las capas que se realizaron se aplicaron diferentes técnicas, tal es el caso de la digitalización avanzada, fotointerpretación, geoprosos (unión, recortes, cálculo de áreas) y toma de datos con GPS. Para las capas de la categoría Alta o Media que no se encontró información, se realizaron giras de campo y se generaron. Se crearon siete capas: uso actual del suelo, edificaciones declaradas patrimonio, área urbana, áreas urbanas y rurales, paradas, terminales y rutas de buses. Para estas capas fueron realizados tutoriales detallados para conocer los procesos de elaboración de las capas, estos tutoriales se encuentran en el Anexo 4 de este documento.

En Cuadro 4 se observa que fueron generadas 19 capas de la categoría Alta que corresponde al 100% de su categoría, 5 de la categoría Media correspondiente al 36% del total de esta categoría y ninguna de la categoría Baja.

Cuadro 4. Lista de capas generadas según su categoría para el cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

| Categoría | Capas generadas |
|----------------------|--|
| Alta | Distritos |
| | Cabeceras |
| | Área urbana |
| | Áreas urbanas y rurales |
| | Poblados |
| | Red vial nacional |
| | Red vial cantonal |
| | Centros educativos (puntos) |
| | Centros educativos (polígonos) |
| | Centros de salud (puntos) |
| | Centros de salud (polígonos) |
| | Centros culturales (puntos) |
| | Centros culturales (polígonos) |
| | Centros de atención primaria (puntos) |
| | Centros de atención primaria (polígonos) |
| | Edificaciones declaradas patrimonio |
| | Cuencas hidrográficas |
| Ríos | |
| Uso actual del suelo | |
| Media | Puentes |
| | Paradas de bus |
| | Rutas de bus |
| | Terminales de bus |
| | Parques y Plazas |

Para seguir el mismo formato de organización y creación de las capas, se siguió lo establecido en el documento de recomendaciones presente en el Anexo 1, así todas las capas fueron guardadas con el mismo formato de nombre y la escritura en la tabla de atributos también está organizada. Producto de esto se puede observar en las Figuras 5 y 6, los nombres de las columnas, los cuales se escribieron en mayúscula. La información en la tabla se escribió con tildes, espacios y en los números se utilizaron siempre tres decimales, por mencionar algunas de las recomendaciones aplicadas.

centros_atencion_puntos :: Objetos totales: 4, Filtrados: 4, Seleccionados: 0

| ID | TIPO | DISTRITO | AREA_M2 | AREA_HA | COORD_X | COORD_Y |
|----|----------------------|-----------|---------|---------|------------|-------------|
| 1 | Estación de Policía | Cervantes | 287.603 | 0.029 | 520912.295 | 1093291.553 |
| 2 | Estación de Bomberos | Pacayas | 641.923 | 0.064 | 520714.810 | 1096525.065 |
| 3 | Estación de Policía | Pacayas | 185.750 | 0.019 | 520731.528 | 1096476.053 |
| 4 | Cruz Roja | Pacayas | 268.369 | 0.027 | 520770.667 | 1096526.794 |

Figura 5. Tabla de atributos organizada de la capa de centros de atención.

rios :: Objetos totales: 66, Filtrados: 66, Seleccionados: 0

| ID | NOMBRE | CATEGORIA | LONG_M |
|----|---------------|--------------|----------|
| 1 | Río Turrialba | Permanente | 4532.812 |
| 2 | Río Maravilla | Permanente | 1273.805 |
| 3 | Sin nombre | Permanente | 666.151 |
| 4 | Acueducto | Permanente | 315.820 |
| 5 | Sin nombre | Permanente | 381.321 |
| 6 | Sin nombre | Permanente | 486.668 |
| 7 | Sin nombre | Permanente | 569.833 |
| 8 | Sin nombre | Intermitente | 453.525 |
| 9 | Sin nombre | Permanente | 1036.154 |
| 10 | Río Pilas | Permanente | 2190.705 |

Figura 6. Tabla de atributos organizada de la capa de ríos.

También se siguió lo establecido por el documento de recomendaciones para las carpetas donde se agregó la información geográfica. En la figura 7 se observa cómo las carpetas se dividieron por guiones bajos y siempre se escribieron con mayúscula.

| Name | Status | Date modified | Type | Size |
|------------------------------|--------|--------------------|---------------------------|-------|
| 1_EJE_FISICO_ESPACIAL | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| 2_EJE_SOCIAL | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| 3_EJE_ECONOMICO | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| 4_EJE_JURIDICO | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| 5_EJE_POLITICO_INSTITUCIONAL | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| 6_EJE_AMBIENTAL | ✓ | 17-Sep-18 10:27 PM | File folder | |
| METADATOS_SNIT | ↻ | 22-Oct-18 2:01 PM | Microsoft Excel Worksheet | 66 KB |

Figura 7. Nombres de los ejes escritos correctamente.

Para llevar un control de las capas, las fuentes, las modificaciones hechas y otras características, se creó un documento de Excel de metadatos tomando como base el formato utilizado por el SNIT. Se pueden observar secciones de estos metadatos en el Anexo 5.














5.4 Capa de uso del suelo del cantón de Alvarado

5.4.1 Usos del suelo obtenidos de la clasificación para el cantón de Alvarado

La principal capa creada para el cantón de Alvarado fue la de uso del suelo, esta se realizó obteniendo información preliminar en campo sobre los usos observados en el cantón. Seguidamente, la información recolectada se procesó mediante procedimientos documentados en un modelo cartográfico que explicó los pasos específicos para pasar los datos al programa QGIS (mayor detalle en el Anexo 3). En el programa se realizaron geoprosesos y se aplicó el algoritmo de distancia mínima para obtener la capa de uso del suelo. El procedimiento detallado de la generación de esta capa se encuentra descrito en el Anexo 4.

De la capa resultante se obtuvieron los usos y se calculó el área en hectáreas para cada clase de uso del suelo encontrado en el cantón de Alvarado (Cuadro 5 y Figura 8).

Cuadro 5. Usos del suelo del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

| Código | Uso | Color | Área (Ha) | Porcentaje (%) |
|---------------|----------------------|---|------------------|-----------------------|
| 1100 | Bosque maduro |  | 573,300 | 7,246 |
| 1300 | Bosque secundario |  | 1548,720 | 19,574 |
| 2140 | Tierras en barbecho |  | 1288,530 | 16,285 |
| 2150 | Hortalizas |  | 696,690 | 8,805 |
| 2170 | Raíces y tubérculos |  | 441,090 | 5,575 |
| 2200 | Cultivos permanentes |  | 327,510 | 4,139 |
| 2400 | Cultivos confinados |  | 48,420 | 0,611 |
| 3210 | Pastos con árboles |  | 385,560 | 4,873 |
| 3220 | Pastos limpios |  | 1854,990 | 23,445 |
| 4200 | Cuerpos de agua |  | 29,250 | 0,370 |
| 5100 | Zonas urbanizadas |  | 384,840 | 4,864 |
| 7100 | Sombras |  | 314,550 | 3,976 |
| 7200 | Nubes |  | 18,720 | 0,237 |

MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO DEL CANTÓN DE ALVARADO, CARTAGO, COSTA RICA

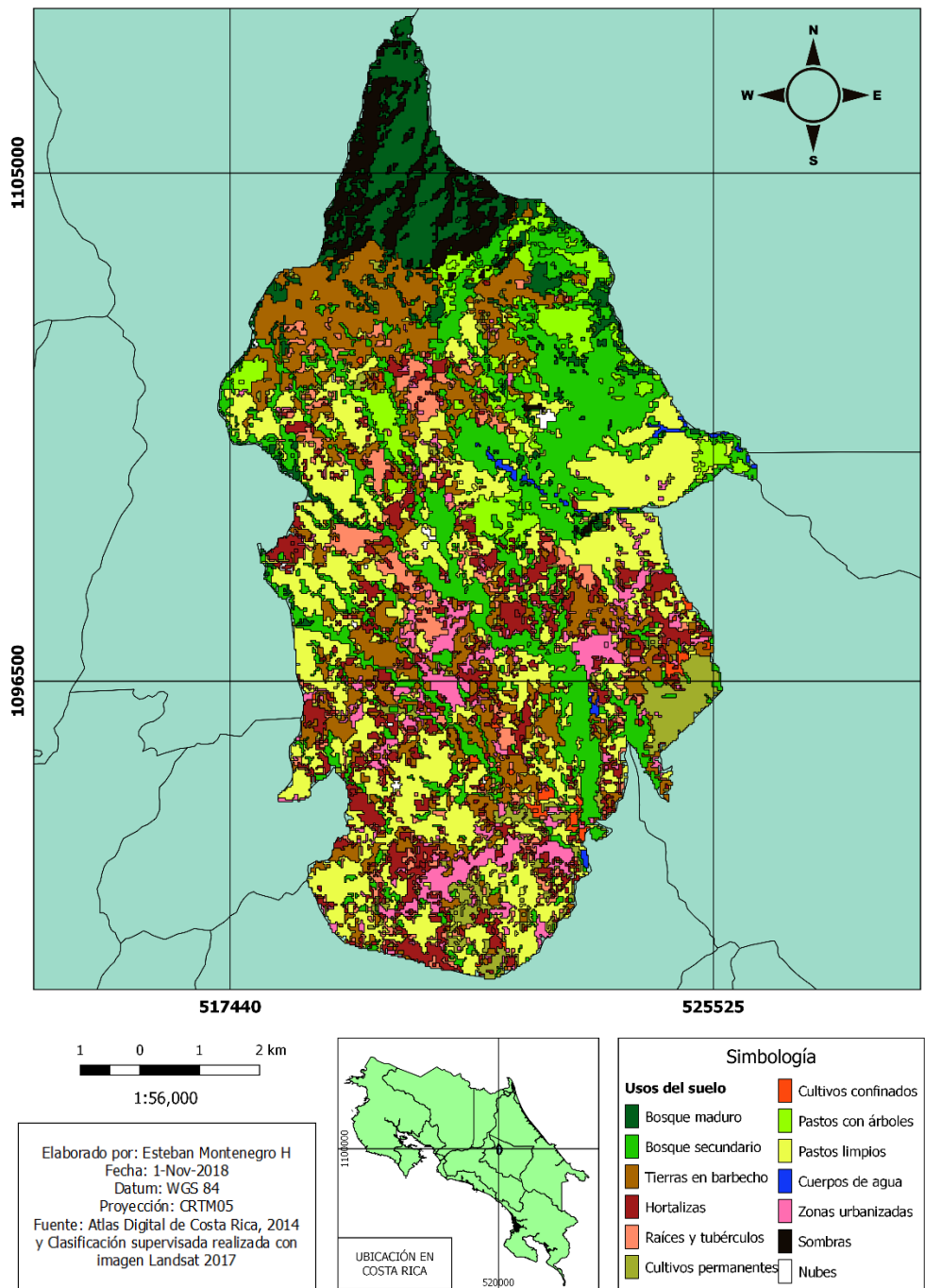


Figura 8. Mapa de uso actual del suelo para el cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

Tal y como se observa en el Cuadro 5 y la Figura 8, el mayor uso encontrado fue el de pastos con y sin árboles con un total de 2240,550 hectáreas que corresponde a un 28,318% del total del cantón de Alvarado. Estas zonas generalmente son utilizadas para ganadería (Municipalidad de Alvarado, 2016). Otra zona de gran importancia fue la de bosques (26,820% del área total del cantón), con 573,300 hectáreas el bosque maduro se encontró en la parte norte del cantón donde está presente una sección del Parque Nacional Volcán Irazú, y parte de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central (INDER, 2016). Refiriéndose al bosque secundario (1548,720 hectáreas), este se encontró mayormente en la parte noreste del cantón, también hubo bosque secundario en los bordes de los principales ríos como el Birrís, Pacayas, Coliblanco y Ortiga.

Como lo menciona la Municipalidad de Alvarado (2016), este cantón se caracteriza por ser una zona altamente agrícola, por lo que al haber sumado las áreas del Cuadro 5 de los usos de tierras en barbecho, hortalizas, raíces y tubérculos, cultivos permanentes y confinados, se obtuvo un área de 2802,240 hectáreas, la cual corresponde a un 35,415% del cantón. Estos usos se encontraron principalmente en la parte norte y rodeando a los principales poblados como Pacayas y Capellades en la zona central del cantón. De esta manera queda en evidencia que la actividad agrícola es una de las principales actividades económicas del cantón de Alvarado.

Los cuerpos de agua que incluyeron los principales ríos del cantón, el Lago Sur Birrís 3 y el embalse situado en la parte sureste del cantón, para un total de 29,250 hectáreas aproximadamente (0,370%). Sin embargo, es importante resaltar que este no es un valor tan exacto, debido a que muchos de los ríos son tapados por árboles y en la imagen satelital no se logran observar, por lo que la clasificación no captó del todo este uso.

Con un valor de 4,864% del total del cantón de Alvarado, el uso de las zonas urbanizadas correspondió a todas aquellas áreas en las cuáles se identificó infraestructura. La clasificación de uso del suelo proporcionó un valor de 384,840 hectáreas, principalmente representadas por los centros de Pacayas que es la cabecera del cantón, Capellades situado al Este y Cervantes, el más pequeño de los distritos, pero el más poblado del cantón de Alvarado (INEC, 2011). Finalmente, las sombras y las nubes se añadieron debido a que la imagen satelital utilizada para la clasificación de uso del suelo presentaba pequeñas porciones de estas dos coberturas, las cuales tenían también que contabilizarse para el proceso de clasificación.

5.4.2 Exactitud de la clasificación

La exactitud de la clasificación se generó a partir de la matriz de confusión, donde en las filas se colocaron los datos clasificados por el algoritmo y en las columnas los datos tomados en campo. La matriz también indicó cuáles puntos fueron clasificados correctamente por el algoritmo de clasificación en el programa QGIS, estos fueron los valores en la diagonal gris oscuro que se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Matriz de confusión para evaluar la exactitud de los resultados de la clasificación de uso del suelo del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

| Matriz de confusión | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------------------------|-------------------|
| Código de uso | 1100 | 1300 | 2140 | 2150 | 2170 | 2200 | 2400 | 3210 | 3220 | 4200 | 5100 | Total mapa | Exactitud usuario |
| 1100 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 2 | 50.000 |
| 1300 | | 16 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 3 | | | 23 | 69.565 |
| 2140 | | | 24 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 29 | 82.759 |
| 2150 | | | 1 | 32 | 1 | | | | 6 | | 1 | 41 | 78.049 |
| 2170 | | 1 | | | 26 | 1 | | | 4 | | 2 | 34 | 76.471 |
| 2200 | | | | | | 7 | | | | | 1 | 8 | 87.500 |
| 2400 | | | | | | | 6 | | | | | 6 | 100.000 |
| 3210 | | | | | | | | 9 | | | | 9 | 100.000 |
| 3220 | | | | | 2 | | 1 | | 79 | | 1 | 83 | 95.181 |
| 4200 | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 100.000 |
| 5100 | | | 2 | 1 | 1 | | | | 2 | | 35 | 41 | 85.366 |
| Total campo | 1 | 18 | 28 | 35 | 32 | 8 | 7 | 11 | 95 | 2 | 41 | 278 | |
| Exactitud clasificador | 100.000 | 88.889 | 85.714 | 91.429 | 81.250 | 87.500 | 85.714 | 81.818 | 83.158 | 100.000 | 85.366 | Exactitud general | 85.252 |

Para la exactitud del clasificador se observó que las clases “bosque maduro” (1100) y “cuerpos de agua” (4200) obtuvieron un 100, esto quiere decir que para estas clases la probabilidad de que un punto fuera clasificado correctamente fue del 100,000%. La mayoría de las clases (1300, 2140, 2150, 2170, 2200, 2400, 3210, 3220 y 5100) fueron clasificadas correctamente en un rango de 81,250% a 91,429%.

La exactitud del usuario mostró que para las clases 2400, 3210 y 4200 hubo una probabilidad del 100,000% de que un punto clasificado en el mapa realmente represente esa clase en el campo. La clase “pastos limpios” (3220) obtuvo un 95,181% y las clases de “cultivos permanentes” (2200), “zonas urbanizadas” (5100) y “tierras en barbecho” (2140) obtuvieron valores de 87,500%, 85,366% y 82,759% respectivamente. En un grupo de tres clases que abarcó de un 78,049% a un 69,565% de exactitud del usuario, fueron los usos de hortalizas (2150), raíces y tubérculos (2170) y bosque secundario (1300). Por último, la peor clase fue la del bosque maduro (1100) que dio un valor de 50,000% ya que, de dos puntos, uno lo clasificó correctamente y el otro fue sobrestimado como bosque secundario (1300).

El tercer estadístico calculado fue la exactitud general o global, para esta clasificación de uso del suelo del cantón de Alvarado, el valor de exactitud fue de 85,252 para 11 clases de uso del suelo, lo que quiere decir que un 85,252% de lo observado en el mapa es realidad en el campo. Además, se calculó la exactitud únicamente para los usos de Bosque y se obtuvo un valor de 89,474% y para No Bosque de 91,506%.

Es importante señalar que el valor inicial de esta clasificación de uso del suelo fue de 80,220% y lo que se realizó fue una justificación, posterior corrección de 11 puntos de validación (Figura 9) que se habían clasificado incorrectamente. Así, por ejemplo, un punto que indicaba que había hortalizas (2150) en el lugar y que en el mapa fue clasificado incorrectamente como tierras en barbecho (2140), no estaba realmente incorrecto debido a que tierras en barbecho se refiere a los sitios utilizados para cultivos pero que se encuentran en descanso, por lo que el tener una imagen satelital de diferente fecha al momento de la toma de datos generó esta situación.

| | CASO | COORD_X | COORD_Y |
|----|--|------------|-------------|
| 1 | Codigo (2150) incorrecto debido a que en la imagen de google e imagen satelital aparece como bosque. Mover el punto la derecha donde si se clasificó correctamente | 521149,106 | 1101795,909 |
| 2 | Este punto fue tomado en campo como Hortalizas (2150) pero en la imagen satelital estaba reflejado como tierras en descanso porque seguramente ya habían quitado ese cultivo. Se toma como correcto. | 521314,808 | 1096818,608 |
| 3 | Según la imagen de google está encima de bosque y en la imagen satelital indica también bosque. Justo a la par se encuentra una zona que si correspondería al uso. | 524098,538 | 1097195,171 |
| 4 | Tomado en campo como Raíces y tubérculos (2170), en la imagen satelital y de google se sabe que hay un cultivo pero para el momento de la toma, el sitio se encontraba en descanso. Se toma como correcto | 519913,920 | 1102104,963 |
| 5 | Tomado en campo como Raíces y tubérculos (2170), en la imagen satelital y de google se sabe que hay un cultivo pero para el momento de la toma, el sitio se encontraba en descanso. Se toma como correcto | 518485,194 | 1101845,908 |
| 6 | Se tomó en campo como cultivo confinado (2400), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparece confinado, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 525009,705 | 1096773,891 |
| 7 | Se tomó en campo como cultivo confinado (2400), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparece confinado, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 519436,874 | 1092232,701 |
| 8 | Se tomó en campo como cultivo confinado (2400), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparece confinado, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 522216,531 | 1092583,666 |
| 9 | Se tomó en campo como zonas urbanizadas (5100), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparecen estas zonas, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 519057,752 | 1098757,298 |
| 10 | Se tomó en campo como zonas urbanizadas (5100), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparecen estas zonas, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 519523,351 | 1098726,261 |
| 11 | Se tomó en campo como zonas urbanizadas (5100), pero ni en la imagen satelital ni en la de google aparecen estas zonas, aparece muy cerca, pudo haber sido un fallo en el cálculo de la distancia. Se mueve el dato. | 521714,135 | 1097039,932 |

Figura 9. Capa de puntos creada con su respectiva justificación para mejorar el valor de la exactitud general.

Por otra parte, el valor de la exactitud general de esta clasificación (85,252%), en comparación con la exactitud del mapa de tipos de bosque realizado en el inventario nacional forestal de Costa Rica 2013-2014, dio únicamente una diferencia de 3,748%, ya que se obtuvo un valor de la exactitud general de 89% para 10 clases de uso que se definieron (SINAC – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2015).

El último estadístico calculado fue el estadístico Kappa (K_{hat}), el valor obtenido para esta clasificación fue de 0,821, indicando que la clasificación fue un 82% mejor que la realizada por el simple azar o con un clasificador aleatorio. Entendiéndose clasificador aleatorio como una clasificación visual en campo o con imágenes de alta resolución (Casco, Arias, Mareco y Kindgard, 2016). Otra forma de entender este estadístico es que para Kappa un valor de $K_{\text{hat}} = 1$ indica un total acuerdo entre la clasificación hecha en el mapa y la realidad, mientras que un valor de $K_{\text{hat}} = 0$ sugiere que los acuerdos en la clasificación mostrados en la diagonal mayor son producto del azar (Ortiz y Pérez, 2009).

5.5 Plantilla de mapas aplicado

Se utilizó la plantilla propuesta en la Figura 10, para que los funcionarios de la municipalidad también puedan utilizarla de forma similar para los mapas que se piden en el nuevo manual de planes reguladores. Este mapa correspondió al mapa base del cantón de Alvarado, el cuál es uno de los mapas que pide el vigente manual de planes reguladores.

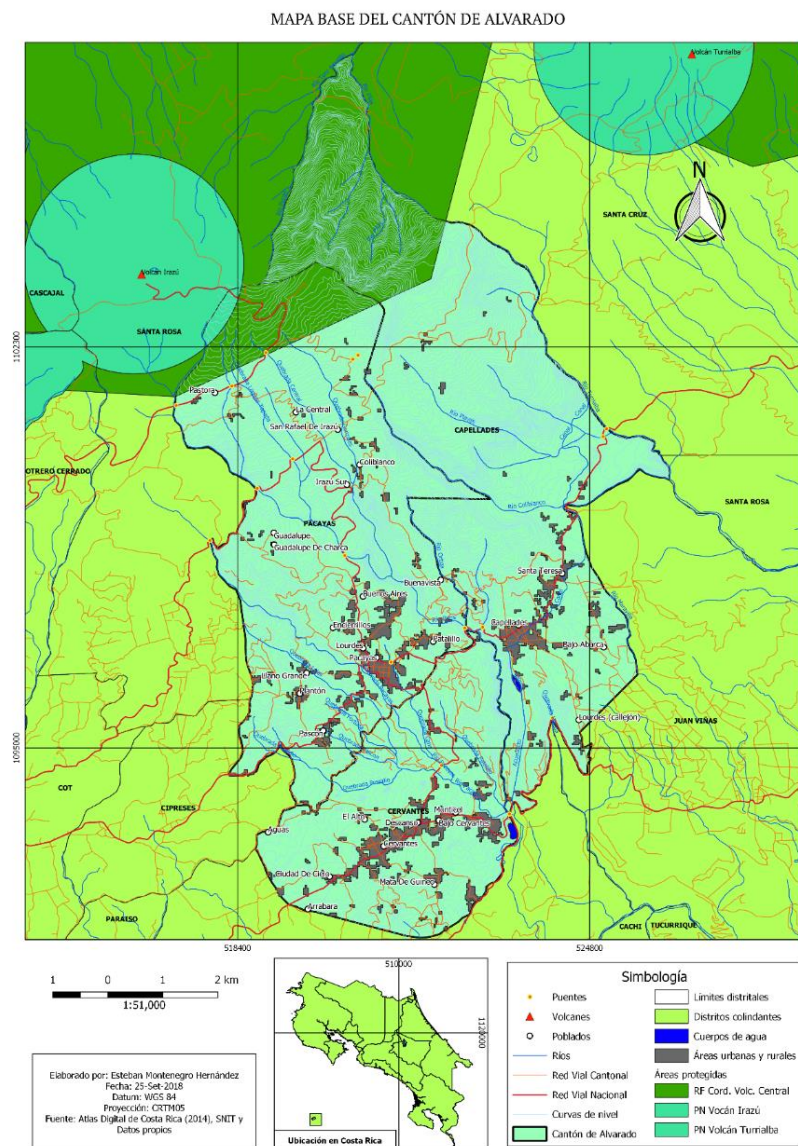


Figura 10. Mapa base del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica.

5.6 Organización en carpetas de la base de datos

El manual de planes reguladores estableció seis ejes (Físico-Espacial, Social, Económico, Político-Institucional y Ambiental) que se deben analizar, por lo que se crearon carpetas con los nombres de estos ejes y la información geográfica producida se guardó y acomodó en cada eje correspondiente. En la Figura 11 se observa de forma aplicada cómo fueron organizadas las carpetas para el eje físico espacial en el tema de Patrimonio arquitectónico e intangible.



Figura 11. Organización de la base de datos aplicada.

Para el caso de la figura anterior, en la carpeta de SHP se incluyó la capa de edificaciones declaradas patrimonio del cantón de Alvarado (edificaciones_patrimonio_arq.shp). Así se realizó con todas las capas generadas, donde se agregaron las capas a los temas que correspondían, para que en el futuro esta información pueda ser utilizada y analizada.

El archivo de Excel que contiene los metadatos se adjuntó en esta carpeta (ATLAS_PR) junto con los ejes, para de esta manera tener cerca este archivo y llevar un orden en la adición o eliminación de las capas producidas (Figura 12).

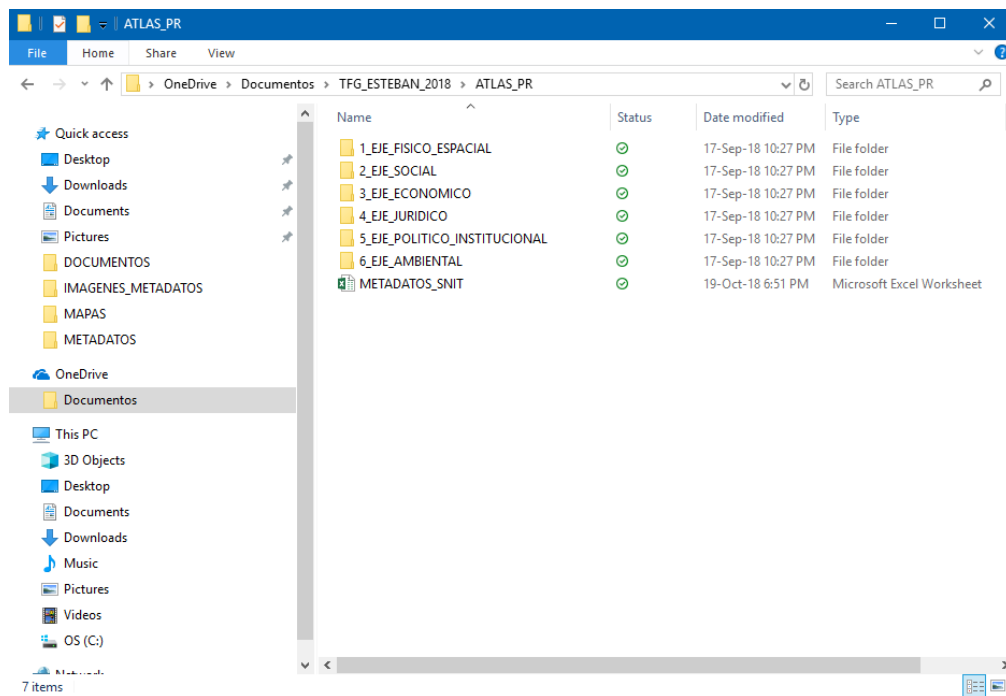


Figura 12. Visualización de los ejes en la carpeta ATLAS_PR y ubicación de los metadatos.

5.7 Capacitación al personal de la municipalidad

Se capacitó a los funcionarios de la Municipalidad de Alvarado, específicamente una persona del departamento de catastro, una de aguas y acueductos y una persona de gestión ambiental, en temas de uso de la información geográfica, para que tengan una mayor facilidad de manejo de esta información, con el fin de realizar la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado. La capacitación fue realizada en la Municipalidad de Alvarado el día 31 de octubre de 2018, con una duración total de 7 horas (4 horas en la mañana y 3 horas en la tarde). En esta capacitación se enseñaron los temas mediante laboratorios (presentes en el Anexo 7), en los cuales se encontraban los ejercicios y la explicación de los procedimientos utilizados en el programa QGIS para crear y actualizar capas. El Laboratorio 1 contenía los temas de herramientas de geoproceso y filtros avanzados, mientras que el Laboratorio 2 enseña a crear y actualizar una capa de barrios. Las fotografías y la lista de asistentes a esta capacitación se encuentran en el Anexo 6.

6. CONCLUSIONES

Con el análisis del Manual de Planes Reguladores se generó la lista de capas requeridas para el plan regulador, con una totalidad de 110 capas, distribuidas en distintos ejes.

En total se crearon 24 capas de información geográfica, para la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado, que corresponden al 21,81% de las capas identificadas en el análisis.

Se logró generar el 100% de las capas categorizadas con alta prioridad para ser realizadas en este trabajo y de la prioridad media se realizó el 36%.

Respecto a las capas no generadas se dejó planteada la lista para que después puedan ser creadas por los funcionarios de la municipalidad u otros encargados.

Las recomendaciones propuestas (Anexo1) para la organización de la información permitieron trabajar de una forma más eficiente y generar información geográfica intercambiable. Estas recomendaciones fueron creadas en consenso con la Municipalidad de Jiménez.

Se generaron una serie de metodologías de las capas creadas. Estas metodologías se presentaron en tutoriales y modelos cartográficos que posteriormente podrán ser utilizados para obtener productos similares. Se realizaron siete tutoriales y un modelo cartográfico.

Cada una de las capas generadas posee los metadatos requeridos por el SNIT en un documento de Excel.

La principal capa generada, fue la del uso del suelo del año 2017 del cantón de Alvarado, con información importante sobre el área de ocupación en hectáreas de cada uno de los usos del suelo encontrados. La clasificación tuvo una exactitud de un 85,252% en comparación con la realidad encontrada en el sitio.

Se propuso una plantilla para el diseño de los mapas, sin embargo, es una propuesta de formato que puede ser mejorada en consenso más adelante.

Se propuso un sistema de carpetas para organizar la información geográfica, basado en los ejes del Manual de Planes Reguladores.

Se capacitó a los funcionarios de la municipalidad de Alvarado, específicamente de los Departamentos de Catastro, Departamento Aguas y Acueductos y del Departamento de Gestión Ambiental, sobre la metodología para crear y actualizar las capas geográficas de relevancia para el ordenamiento territorial de la Municipalidad de Alvarado.

7. RECOMENDACIONES

Seguir siempre las recomendaciones para ordenar la información que se encuentran en el Anexo 1, con la finalidad de mantener la información de calidad y organizada.

Utilizar el archivo de Excel llamado metadatos_snit, ubicado en el ATLAS_PR, con el fin de llevar un control de las modificaciones, creación y/o eliminación de las capas.

Se recomienda utilizar la carpeta ATLAS_PR para guardar las capas que se generen, además de los mapas y demás información relacionada a la actualización del plan regulador del cantón de Alvarado.

Es recomendable subir la carpeta ATLAS_PR a un sitio web o también llamada “nube”, para tener la información creada en este trabajo y la información futura por realizar, siempre en un mismo sitio, y no en diferentes versiones o copias.

Los usos potenciales de la información generada en este trabajo corresponden a poder analizarla para la toma de decisiones para la planificación de nuevos asentamientos e infraestructuras en zonas aptas para este uso, además mediante la agregación de nueva información se podrán identificar las zonas de protección como áreas silvestres protegidas y aumentar la conectividad de estas áreas con otras en regiones colindantes.

8. REFERENCIAS

- Aceproject. (2018). *Ace Project: the electoral knowledge network*. The ACE website. Recuperado de: <http://aceproject.org/main/english/et/etd05b01.htm>
- Alcaldía Municipal de Miranda. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial Miranda. Cauca, Colombia. p. 205-206. Recuperado de: <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/miranda/08%20COBERTURA%20Y%20USO.pdf>
- Astorga, A. (2011). *Decimoséptimo Informe Estado de la Nación: Ordenamiento Territorial en Costa Rica (2010)*. [archivo PDF], p. 4. Recuperado de: https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/017/Astorga_Allan_Ordenamiento_territorial_en_Costa_Rica_2010.pdf
- Astorga Gättgens A. (2011). *Desafíos en ordenamiento del territorio*. La Nación. San José, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.nacion.com/2011-06-05/Opinion/Agora/Opinion2798324.aspx>
- Bernhardsen, T. (2002). *Standards and Geographical Infrastructure. In Geographic Information Systems*. New York, US: Edition John Wiley & Sons, p. 377-401.
- Boca y Rodríguez. (2012). Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos. Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta__mtodos_est__sensores.pdf
- Casco, G., Arias, L., Mareco, H., Kindgard., A. (2016). Informe final de evaluación de exactitud temática del mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra para los años 2000, 2005 y 2011. Programa Nacional conjunto ONUREDD+PY-. Paraguay. Recuperado de: http://www.infona.gov.py/application/files/6514/7405/3096/Evaluacion_exactitud_Mapas_000511_160516.pdf

- Castell, C., Beltran, A., & Margall, M. (2003). El Sistema de d' Informació Territorial de la Xarxa d' Espais Lliures (SITXELL) de la provincia de Barcelona. En Diputació de Barcelona (Ed.), *El territorio como sistema* (pp. 159-179). Barcelona, ES: Institut d' Edicions de la Diputació de Barcelona.
- Consejo Nacional de Planificación Urbana (CNPU) y Secretaría Plan Nacional de Desarrollo Urbano (SPNDU). (2013). *Plan GAM 2013: Capítulos introductorios*. [archivo PDF], p. 17-18. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Capitulos_Introductorios.pdf
- Comité Coordinador de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú. (2017). Qué son los metadatos. Recuperado de: <http://www.geoidep.gob.pe/conoce-las-ides/metadatos/que-son-los-metadatos>
- Dávila, F., y Camacho, E. (2012). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas "Propuesta Metodológica". *Revista Catalana de Geografia*, 17(46).
- De Battista, A.; Pascal, A. y Herrera, N. (2016). Geocodificación de comercios, industrias y profesionales del Municipio de Urdinarrain. Argentina.
- ESRI. (1998). Environmental Systems Research Institute. Inc. ESRI Educational Services.
- García, V. M. (1999). *Sistemas de Información Geográfica en la Ordenación del Territorio*. *Revista Informarte* número 19, Diciembre de 1998/Enero de 1999. México D, p 10-14.
- GeoCzech. (2018). Coordinate system transformation of value pairs on-line (cs2cs). MyGeodata Cloud. Newark, United States. Recuperado de: <https://mygeodata.cloud/cs2cs/>

- GRUPO G6. (2018). Sistema de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE). Sistema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra para Costa Rica. Versión 1.1. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2011). Censos Nacionales de Población y Vivienda 2000-2011. Indicadores cantonales. Cartago. Recuperado de: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/estadisticas/resultados/repoblaccenso2011-03.pdf.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2016). Manual de clasificación Geográfica con fines Estadísticos de Costa Rica. San José, Costa Rica. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documetos-biblioteca-virtual/meinstitucionalmcgfecr.pdf>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2018). Bases Geográficas: Las bases de datos Geográficas del IGN. Madrid. España. [archivo PDF]. Recuperado de: <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG-BD.pdf>
- Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INDER). (2016) Caracterización del territorio Paraíso-Alvarado. [archivo PDF]. pp. 18 y 27. Recuperado de: http://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_central/caracterizaciones/Caracterizacion-Territorio-Paraiso-Alvarado.pdf
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU). (2018). *Manual de planes reguladores como instrumento de ordenamiento territorial*. p. 3-4. Recuperado de: http://www.invu.go.cr/prensa/comunicados/Manual_PR.PDF
- Jaimes y Plata. (s.f). *El Uso de los Sistemas de Información Geográfica en el Ordenamiento Territorial Municipal*. Facultad de Geografía. UAEM. Toluca, México. pp. 7-9. Recuperado de: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Nuevastecnologias/Sig/15.pdf>

- Jiménez, I. (s.f). Cálculo del azimut y coordenadas. p. 5. Recuperado de:
<https://es.scribd.com/doc/89248125/Resumen-Azimut-y-Coordenadas#>
- Jiménez, R. A. (2017). Planificación urbana en Costa Rica. Apuntes sobre nuestra forma de hacer ciudad en el último siglo. [Mensaje en un blog]. Recuperado de:
<https://urbe21blog.wordpress.com/2017/01/08/planificacion-urbana-en-costa-rica/>
- Jordán, R., y Sabatini, F. (1988). *Economía política de los desastres naturales: prevención y capacitación*. Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales, p 14-43.
- Ley de Planificación Urbana N° 4240 (1968). Asamblea Legislativa. San José, Costa Rica.
- Manual de Procedimientos para la Redacción y Elaboración de Planes Reguladores. (2007). Asamblea Legislativa. San José, Costa Rica.
- Martínez, T. (2012). Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica: avances y desafíos Costa Rica Greater Metropolitan Urban Plan: Advances and Challenges Planta Regional Urbana da Grande Área Metropolitana da Costa Rica: avanços e desafios. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo, 5(9), p. 70-87. Recuperado de: <https://doaj.org/article/22cdbc1b8b6548ce858ff0d21679ccd1>.
- Martínez, T. (2015). *Treinta años de Metamorfosis Urbana Territorial en el Valle Central*. San José, Costa Rica: Vigésimo primer informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible.
- Massiris, Á. (2002). *Ordenación del territorio en América Latina*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Vol. VI, núm. 125. Recuperado de: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-125.htm>

- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Urbanos (MIVAH). (2017). *Biblioteca: Políticas, Directrices y planes*. Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana 2013. San José, Costa Rica. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_PlanGAM.shtml
- Morales, A. (2001). *Base de Datos Geográfica para el Soporte de Toma de Decisiones en la Zona del Volcán Popocatepetl*. Tesis Licenciatura. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. p. 10-12. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/morales_x_a/capitulo2.pdf
- Municipalidad de Alvarado. (2015). Plan Regulador Territorial del Cantón de Alvarado. p. 11-16. Recuperado de: http://www.munialvarado.go.cr/images/normativalegal/reglamentos/plan_regulador_territorial_cantonalvarado_version_agosto2015.pdf
- Municipalidad de Alvarado. (2016). *Historia del Cantón*. Recuperado de: <http://www.munialvarado.go.cr/index.php/mn-conozcanos/mn-micanton/mn-historiacanton>
- Observatorio Urbano de la Gran Área Metropolitana (OUGAM). (2016). *La Gran Área Metropolitana*. Universidad de Costa Rica. Montes de Oca, Costa Rica. Recuperado de <http://ougam.ucr.ac.cr/index.php/la-gam4>
- Ortiz, E; Tapia, A. (2017). Protocolo para el etiquetado de referencia: Cambios en uso de la tierra.
- Ortiz, N; Pérez, U. (2009). Imágenes Áster en la Discriminación de áreas de uso agrícola en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. 62 (1): 4923-4935. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a18v62n1.pdf>

- QGIS Development Team. (2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>.
- Recalde D.J.; Zapata R. M. (2007). *La Ordenación del Territorio Instrumento en la gestión de los Recursos Naturales*. EEA La Rioja, Información Técnica Año Nº III — ISSN 1669-323X. Serie Publicaciones del Área de Investigación del INTA EEA La Rioja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p. 4-6. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_la_ordenacin_del_territorio.pdf
- Rodríguez, J; González, X; Arias, P. (1999). Cartografía de usos del suelo por *fotointerpretación* mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG): análisis comparativo de los sistemas ráster y vectorial. Departamento de Ingeniería Minera Universidad de León E.S.T.I.A. Avda. de Astorga, S/N. 24400 – Ponferrada (León). p. 1514-1516. Recuperado de: <https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3033/Perez.pdf?sequence=1>
- Rosero-Bixby, L. (2004). Situación Demográfica General de Costa Rica. En López, G. & Herrera, R. (Editores). *Evolución Demográfica de Costa Rica y su Impacto en los Sistemas de Salud y de Pensiones*. San José, Costa Rica: Academia de Centroamérica, p.3-20.
- Ruíz, K. (2014). Atlas Digital del Plan GAM 2013. (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. p. 15.
- Sáenz, Fernando & Le Coq, Jean-François & Villalobos, Cristina & Cathelin, Cécile. (2011). *Ordenamiento territorial y conservación en Costa Rica*. p.16. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235436923_Ordenamiento_territorial_y_conservacion_en_Costa_Rica
- Secretaría Técnica del Plan Nacional de Desarrollo Urbano (STPNDU). (2001). *Documento Final Etapa I. Plan Nacional de Desarrollo Urbano*. San José, Costa Rica: Consejo Nacional de Planificación Urbana.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) – Programa REDD-CCAD-GIZ. 2015. Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014. Preparado por Ortiz, E. et al. como consultor para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica, dentro del marco del Programa REDD/CCAD/GIZ. San José, Costa Rica. 52 p. [archivo PDF]. Recuperado de: http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=7

Secretaría Técnica del Plan Nacional de Desarrollo Urbano (STPNDU). (2008). *Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. tomo I: Diagnóstico Plan PRUGAM 2008-2030*. San José, Costa Rica: Consejo Nacional de Planificación Urbana.

Wei-Salas, S; Durán-Quirós, A. (2015). Caracterización del uso del suelo en las *principales* áreas agrícolas de la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. p. 1-2. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/19553/19637>.

9. ANEXOS

Anexo 1. Recomendaciones para ordenar la información.

1. Tipos de datos permitidos

Archivo Shape (puntos, líneas o polígonos).

Capas Raster (GeoTIFF).

2. Sistema de proyección

Todas las capas finales deben estar en CRTM05.

3. Nombres de las carpetas

Cada archivo shp (shx, dbf, shp) debe ser colocado en una carpeta con el mismo nombre del shp.

Todo el nombre se escribe con mayúscula.

Las palabras se separan con “_”, no usar espacio ni ningún otro elemento.

No utilizar tildes.

No utilizar ñ, reemplazarlas con nn.

4. Nombres de los archivos shp

Todo el nombre se escribe en minúscula.

Las palabras se separan con “_”, no usar espacio ni ningún otro elemento.

No utilizar tildes.

No utilizar ñ, reemplazarlas con nn.

5. Nombres de las columnas de la tabla de atributos

Todo el nombre se escribe con mayúscula.

Las palabras se separan con “_”, no usar espacio ni ningún otro elemento.

No utilizar tildes.

No utilizar ñ, reemplazarlas con nn.

Usar como máximo 10 caracteres.

La primera columna es llamada "ID" y lleva una numeración consecutiva.

Las capas de puntos presentan dos últimas columnas llamadas "COORD_X" y "COORD_Y".

Las capas en las cuales se calculan longitudes o áreas, se debe indicar la unidad de medida con respecto al Sistema Internacional de Unidades. Por ejemplo: "LONG_KM".

6. Datos de los registros dentro de los atributos

Los datos dentro de los registros deben estar escritos de manera que las etiquetas sean agradables.

Los datos numéricos deben tener tres decimales.

Al completar la tabla de atributos en Quantum Gis es importante respetar estas recomendaciones desde el inicio. Para completar la información fuera de QuantumGis se recomienda utilizar Open Office y guardar la información con la norma **UTF-8 (8-bit Unicode Transformation Format)**, capaz de representar cualquier carácter Unicode.

Si al utilizar un documento los caracteres se representan de forma incorrecta debe:

- Abrir el archivo con el lenguaje de codificación original
- Exportar el archivo con un nuevo lenguaje de codificación (UTF-8)
- Abrir el archivo con el lenguaje de codificación UTF-8

7. Modelos cartográficos

Las capas que entran o salen en el proceso, se indican con el nombre exacto y el formato (ej: pueblos.shp). Se ponen en cuadros con línea sencilla, con borde negro y sin fondo.

La dirección del proceso se indica con flechas.

Los procesos no llevan recuadro.

Los modelos se hacen en blanco y negro.

Las notas se ponen en cuadros con línea punteada.

Los archivos de excel se ponen en cuadros con doble línea.

8. Metadatos

El lenguaje utilizado será el español.

El lenguaje de codificación del dato será UTF-8.

Anexo 2. Cuadro con lista de capas requeridas por el plan regulador.

| Eje | Tema | Variable | Título alternativo | Tipo de representación espacial | Priorización |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|---------------------------------|-------------------|
| Eje Físico Espacial | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | Vectorial: Polígonos | Alta |
| | | Cabecera | cabecera.shp | Vectorial: Puntos | Alta |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | Vectorial: Polígonos | Alta |
| | | Barrios (Asentamientos) | barrios.shp | Vectorial: Polígonos y puntos | Media |
| | | Poblados | poblados.shp | Vectorial: Puntos | Alta |
| | | Densidad de la población y compacidad actual | densidad_poblacion.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_vial_nacional.shp | Vectorial: Líneas | Alta |
| | | Red vial cantonal | red_vial_cantonal.shp | Vectorial: Líneas | Alta |
| | | Puentes | puentes.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Aceras | aceras.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Pasos peatonales | pasos_peatonales.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Paradas de autobuses | paradas_autobuses.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Terminales de autobuses | terminal_autobuses.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Publicidad en vía pública | publicidad_via.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Estacionamientos existentes | estacionamientos.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Transporte de mercancía | transporte_mercancia | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Rutas de buses | rutas_buses.shp | Vectorial: Líneas | Media |
| | | Proyectos existentes de vialidad y movilidad | proyectos_vialidad.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Facilidades comunales | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos.shp | Vectorial: Puntos |
| | Centros de salud públicos y privados | | centros_salud.shp | Vectorial: Puntos | Alta |
| Centros culturales | centros_culturales.shp | | Vectorial: Puntos | Alta | |

| | | | | | |
|--------------------|---------------------|---|------------------------------------|----------------------|-------|
| | | Centros de atención primaria | centros_atencion.shp | Vectorial: Puntos | Alta |
| | | Proyectos existentes de facilidades comunales | proyectos_facilidad_comunal.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Áreas Verdes | | Juegos infantiles | juegos_infantiles.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Parques y plazas | parques_plazas.shp | Vectorial: Polígonos | Media |
| | | Proyectos existentes de áreas verdes | proyectos_areas_verdes.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Servicios públicos | | Red de alcantarillado sanitario | red_alcantarillado_sanitario.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Pozos de alcantarillado sanitario | pozos_alcantarillado_sanitario.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Plantas de tratamiento | plantas_tratamiento.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Efluentes | efluentes.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Red de alcantarillado sanitario | red_alcantarillado_sanitario.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Pozo de aguas pluviales | pozos_aguas_pluviales.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Tragantes | tragantes.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Desfogues | desfogues.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Cordón de caño | cordon_canno.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Red de alcantarillado pluvial | red_alcantarillado_pluvial.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Sitios de disposición de residuos sólidos | disposicion_residuos.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Red de agua potable | red_agua_potable.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Red de tendido eléctrico | red_tendido_electrico.shp | Vectorial: Líneas | Media |
| | | Posteado | posteado.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Red de alumbrado público | red_alumbrado_publico.shp | Vectorial: Líneas | Media |
| | | Torres de internet | torres_internet.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | Torres de telefonía | torres_telefonia.shp | Vectorial: Puntos | Media | |

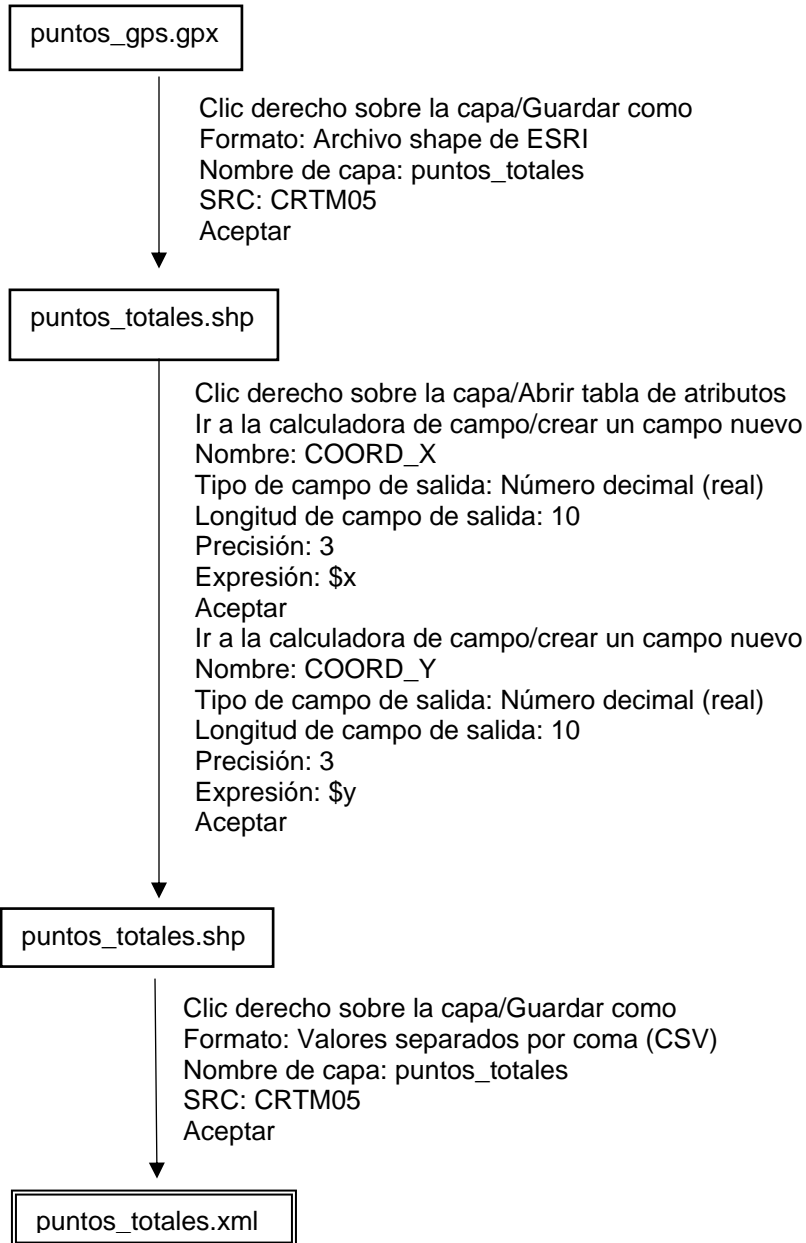
| | | | | | |
|------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| | | Proyectos existentes de servicios públicos | proyectos_servicios_publicos.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Vivienda | Viviendas | viviendas.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Proyectos existentes de viviendas | proyectos_viviendas.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Patrimonio Arquitectónico e Intangible | Sectores urbanos, edificaciones o prácticas de interés patrimonial | edificaciones_patrimonio_arq.shp | Vectorial: Puntos | Alta |
| | | Proyectos existentes de patrimonio arquitectónico e intangible | proyectos_patrimonio_arq.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Uso actual del suelo | Área urbana y rural | area_urbana_rural.shp | Vectorial: Polígonos | Alta |
| | | Uso actual del suelo | uso_actual_suelo_constru.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Proyectos existentes de uso actual del suelo | proyectos_uso_actual_suelo.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Eje Social | Población | Estructura demográfica completa (por censo)/ crecimiento demográfico | estructura_demografica.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Grupos etarios (edad) | grupos_etarios.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Género | grupos_genero.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Distribución espacial de la población | distribucion_poblacion.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Población urbana | poblacion_urbana.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Proyectos existentes de población | proyectos_poblacion.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Migración | Interna y externa | migracion_interna_externa.shp | Vectorial: Polígonos |
| | Origen destino en flujos migratorios | | origen_destino_flujos_migracion.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | Cambios poblacionales por migración | | cambios_poblacionales.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |

| | | | | | |
|---------------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | | Proyectos existentes en migración | proyectos_migracion.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Vulnerabilidad social | Seguridad ciudadana | seguridad_ciudadana.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Accesibilidad a servicios comunales | accesibilidad_servicios.shp | Vectorial: Líneas | Baja |
| | | Proyectos existentes en vulnerabilidad social | proyectos_vulnerabilidad_social.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Cultura | Proyectos existentes en cultura | proyectos_cultura.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Eje Económico | Modelo de desarrollo y competitividad local | Fuerza de trabajo actual | fuerza_trabajo.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Pobreza actual | pobreza_actual.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Modelo de desarrollo local actual y contra tendencias | modelo_desarrollo.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Estructura productiva | estructura_productiva.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Proyectos existentes del modelo de desarrollo y competitividad local | proyectos_desarrollo_local.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Mercados del suelo | Zonas homogéneas de valor del suelo | valor_suelo.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Informalidad en el mercado del suelo | informalidad_mercado_suelo.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Acceso a vivienda | acceso_vivienda.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Tenencia de tierra | tenencia_tierra.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Alquiler de vivienda | alquiler_vivienda.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | Proyectos existentes del modelo de mercados de suelo | proyectos_mercado_suelo.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | Tributación | Inversión municipal y aporte de los contribuyentes en infraestructura | inversion_infraestructura.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |

| | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|-------|
| | | Proyectos existentes de tributación | proyectos_tributacion.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Eje Político Institucional | Gobernanza | Instituciones gubernamentales y no gubernamentales | instituciones.shp | Vectorial: Puntos | Media |
| | | Proyectos existentes de gobernanza | proyectos_gobernanza.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| Eje Ambiental | Geología y geomorfología | Afloramientos geológicos | afloramientos_geologicos.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Unidades geológicas | unidades_geologicas.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | Formaciones geológicas | formaciones_geologicas.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | Estructuras tectónicas | estructuras_tectonicas.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Geodinámica externa | geodinamica_externa.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Relieve | relieve.tif | Raster | Baja |
| | | Cuerpos de agua | cuerpos_agua.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | Densidad de drenaje | densidad_drenaje.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | Amenazas naturales | Amenaza por inestabilidad de laderas | deslizamientos.shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | | inestabilidad_laderas.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | | potencial_inestabilidad_laderas.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | Amenaza sísmica | zonificacion_sismica.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |
| | | | sitios_cimentacion_shp | Vectorial: Puntos | Baja |
| | | | amenaza_sismica.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | Amenaza volcánica | amenazas_volcanicas.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| potencial_amenaza_volcanica.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | | Baja | | |
| | | amenaza_inundacion.shp | Vectorial: puntos y polígonos | Baja | |

| | | | | | |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------|-------|
| | | Amenaza de inundación y desborde | potencial_amenaza_inundacion.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | Hidrogeología | Cuencas hidrográficas | cuencas_hidrograficas.shp | Vectorial: Polígonos | Alta |
| | | | rios.shp | Vectorial: Líneas | Alta |
| | Biológico | Elementos biológicos y ecológicos presentes | elementos_terrestres_diversidad.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | | elementos_acuaticos_diversidad.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | | | elementos_diversidad.shp | Vectorial: Puntos y polígonos | Baja |
| | Modalidad de uso de la tierra | Uso actual del suelo | uso_actual_suelo.shp | Vectorial: Polígonos | Alta |
| | | Capacidad de uso de la tierra | capacidad_uso_tierra.shp | Vectorial: Polígonos | Media |
| | | Modalidad de uso de la tierra | modalidad_uso_tierra.shp | Vectorial: Polígonos | Baja |

Anexo 3. Modelo cartográfico para el preprocesamiento de datos de la capa de uso del suelo.



puntos_totales.xml

Crear 7 nuevas columnas llamadas: X, Y, DISTANCIA, AZIMUT, USO, NOMBRE Y OBS.
Repetir cada una de las coordenadas de cada punto dos veces y agregar en las mismas filas, en la columna "DISTANCIA", los valores 50, 100 y 150.
Rellenar los datos como se muestra en los formularios de campo.
Calcular las coordenadas reales de cada punto con las siguientes fórmulas:

$$X_r = X_c + \text{seno}(A) * \text{Distancia}$$

$$Y_r = Y_c + \text{cos}(A) * \text{Distancia}$$

Donde:

X_r / Y_r : Son las coordenadas reales a 50, 100 y 150 metros

X_c / Y_c : Son las coordenadas conocidas, tomadas con el GPS

A: Azimut en radianes

Distancia: 50, 100 o 150 metros

puntos_totales.xml

Abrir QGIS/Ir al ícono "Añadir capa de texto delimitado"/Seleccionar archivo
En la ventana emergente marcar la casilla "Delimitadores personalizados/Punto y coma"
Marcar la casilla "Coordenadas de punto"/En la casilla "Coordenada X" seleccionar "X" y de igual forma para las coordenadas "Y".
Aceptar

puntos_totales.xml

puntos_totales.xml



Clic derecho sobre la capa/Guardar como
Formato: Archivo shape de ESRI
Nombre de capa: puntos_totales
SRC: CRTM05
Aceptar

puntos_totales.shp

Anexo 4. Tutoriales de las capas realizadas.

1. Tutorial para crear la capa de uso del suelo

Obtención de la imagen satelital

Se intentará que la imagen aérea a utilizar tenga la menor cantidad de nubes y sombras, para obtener un mejor resultado final; la imagen se descarga de la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Dicha imagen corresponde a una Landsat 8 con resolución espacial de 30 metros para las bandas de la 1 a la 9, excepto la banda 8 llamada pancromática que presenta una resolución de 15 metros. También hay que descargar los metadatos para poder realizar la corrección atmosférica.

Para descargar imágenes satelitales de este sitio primero se tiene que registrar en dicha página. La fecha de la imagen es del 26 de enero del 2017.

Preprocesamiento de la imagen satelital

En el caso de la imagen utilizada, descargada de la USGS, posee un tipo de corrección geométrica, esto incluye los siguientes procesos:

Georreferenciación: ubicar geográficamente una imagen que no tiene un sistema de coordenadas definidas.

Orto rectificación: corregir distorsiones en la imagen producidas por el lente del sensor y también por las variaciones topográficas.

Sin embargo, se debe realizar la corrección atmosférica a la imagen, que consiste en disminuir y eliminar las partículas que el sensor captó de la atmósfera y también la reflectancia generada por la interacción de estos dos componentes. Este procedimiento se realiza con el programa QGIS 3.0 con el complemento Semi-Automatic Classification (SCP). El proceso es el siguiente:

Después de descargada la imagen se sube a Qgis las bandas de la 2 a la 7. En la caja de herramientas, se da clic en *SCP/Preprocesamiento/Landsat*.

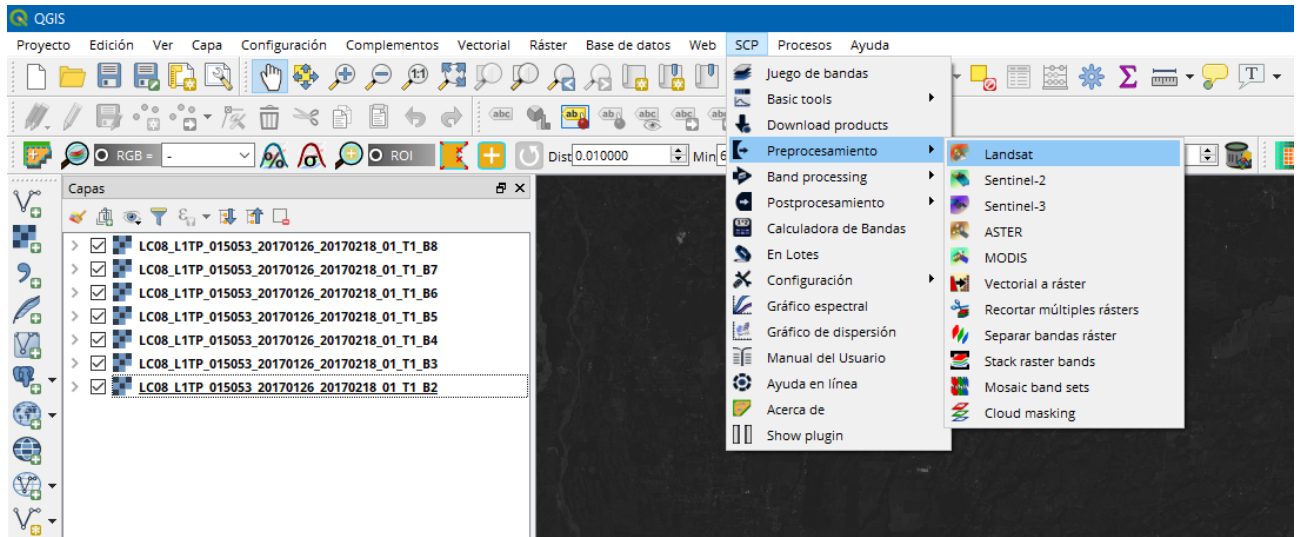


Figura 1. Ubicación del complemento para preprocesamiento.

Se abre la ventana de *Semi-Automatic-Classification Plugin*. En: *Directorio conteniendo bandas Landsat* se selecciona la carpeta donde se encuentran las imágenes Landsat (Figura 2). Además, se selecciona la opción *Aplicar la corrección atmosférica DOS1* y las demás opciones se dejan así como aparecieron.

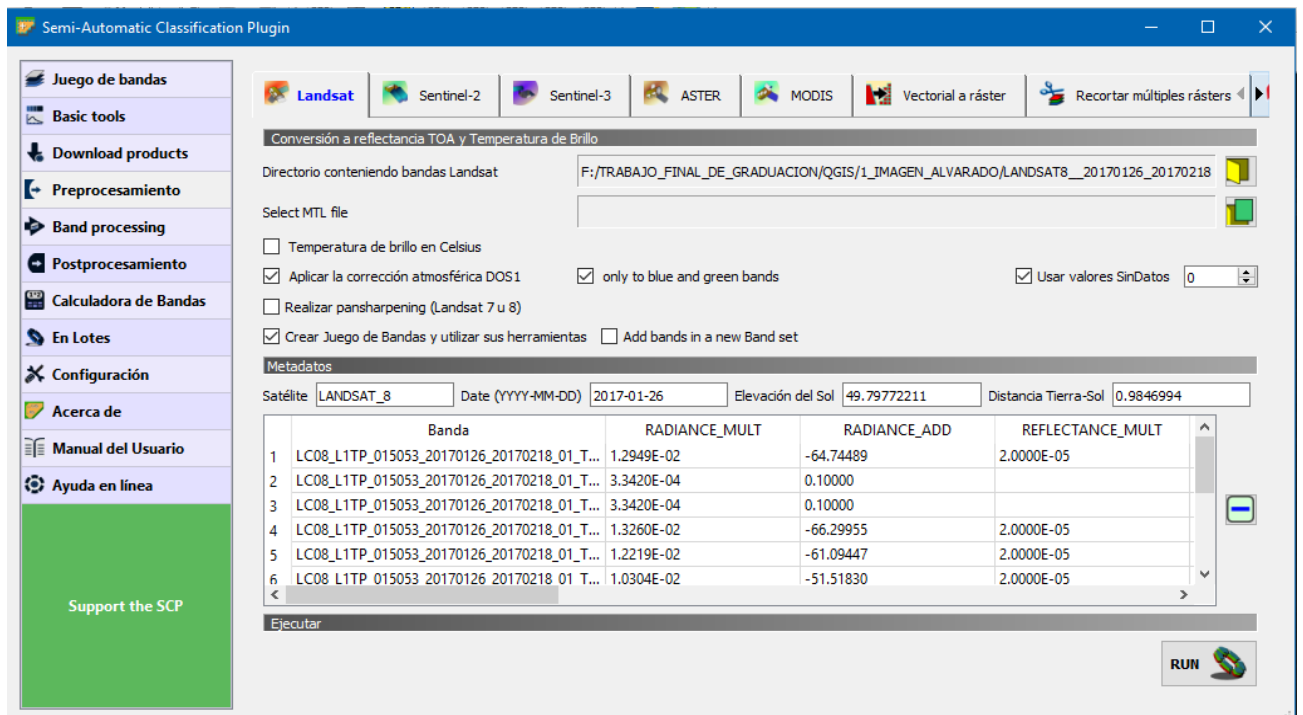



Figura 2. Ventana principal de Semi-Automatic-Classification Plugin.

Hechos los pasos anteriores se procede a seleccionar *Run* . En ese momento el programa pide seleccionar el directorio de salida donde se guardarán las imágenes corregidas, se selecciona la carpeta de preferencia.

El proceso tardará aproximadamente 1 o 2 minutos.

Al finalizar el proceso se cargarán las imágenes a Qgis. El nombre de las capas aparecerá al inicio con las letras RT que significan Reflectancia que quiere decir que ya están corregidas atmosféricamente.

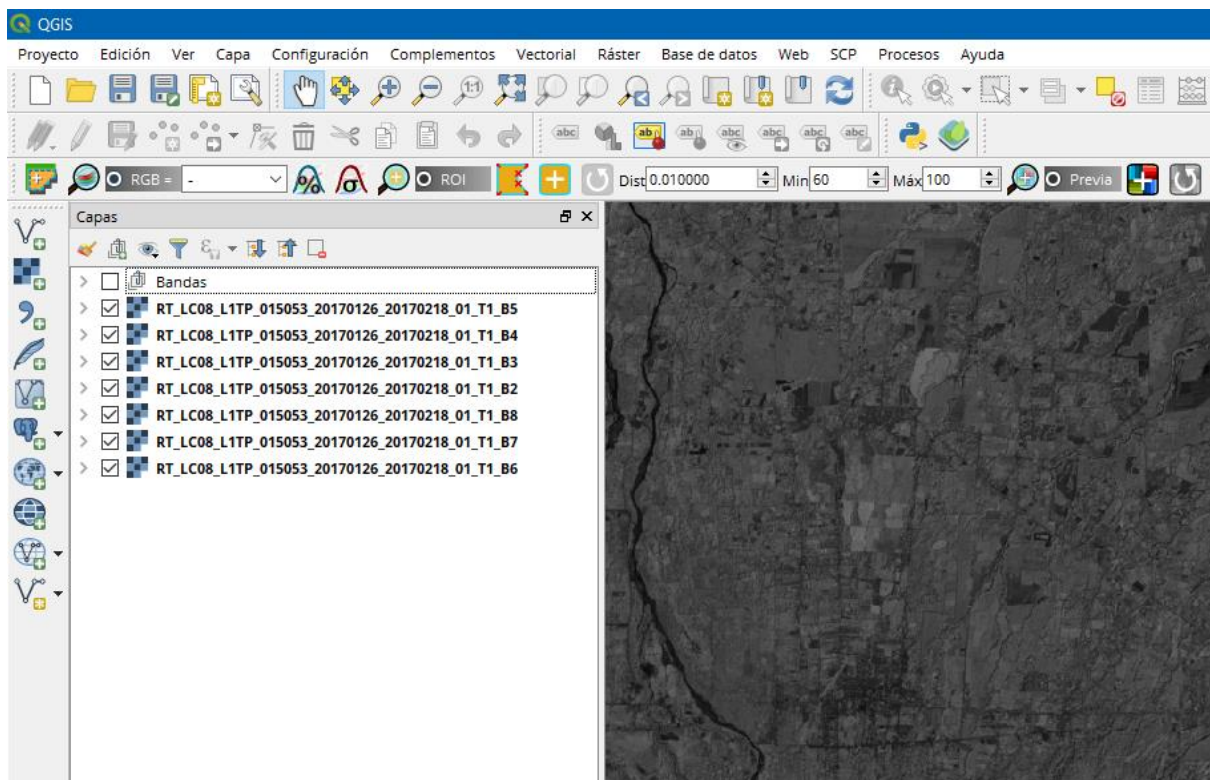



Figura 3. Visualización de las bandas con la corrección DOS1 aplicada.

Recorte de las bandas corregidas

Para agilizar la velocidad con que se realizan los procesos de las imágenes satelitales es recomendable recortar estas imágenes con el área de estudio.

En el complemento *Semi-Automatic Classification en Preprocesamiento* se busca la pestaña *Recortar Múltiples rásters* (Figura 4), y en la opción  se selecciona el polígono del área de estudio que previamente se haya subido ya a Qgis.

Las demás opciones no se modifican y se da clic en *Run*. En ese momento el programa pide seleccionar el directorio de salida donde guardar las imágenes recortadas, se selecciona la carpeta de preferencia.

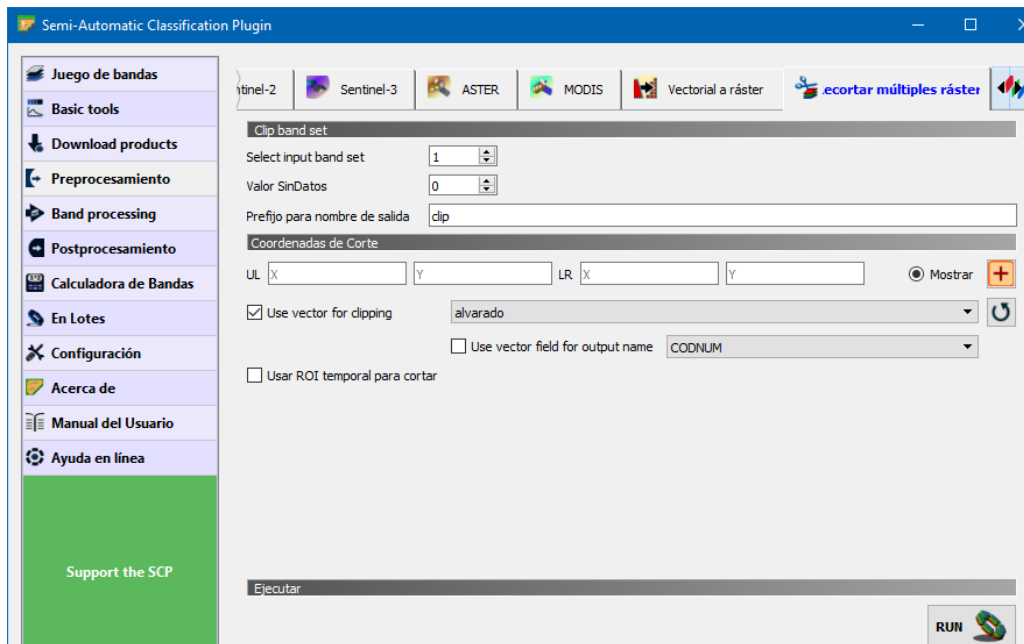


Figura 4. Pestaña para recortar la imagen satelital.

Como se muestra en la figura 5, al finalizar el proceso se crean las imágenes recortadas que inician con la palabra *Clip*.

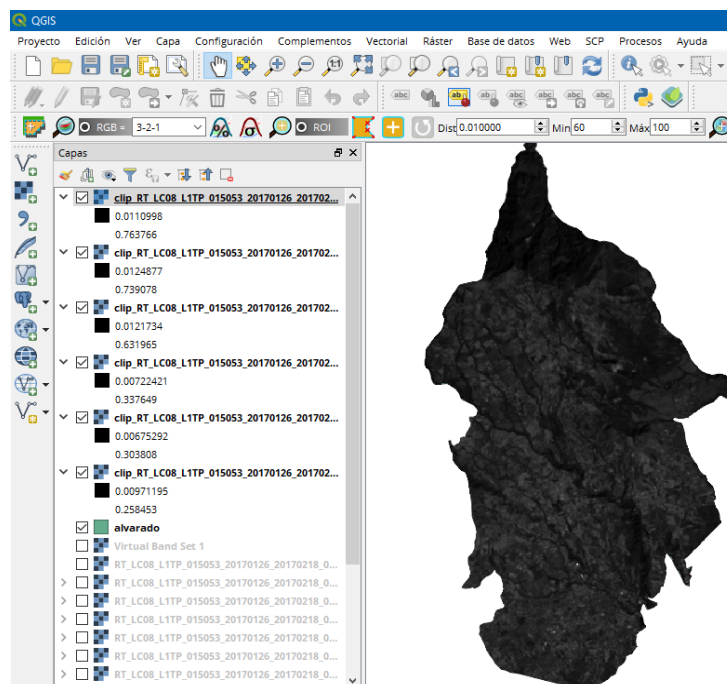


Figura 5. Visualización de las imágenes recortadas.

Generación de la imagen compuesta

Al tener una imagen satelital separada por bandas, se requiere generar una imagen compuesta para poder realizar la clasificación de uso del suelo.

Seleccionar en la barra de herramientas: *SCP / Juego de Bandas*.

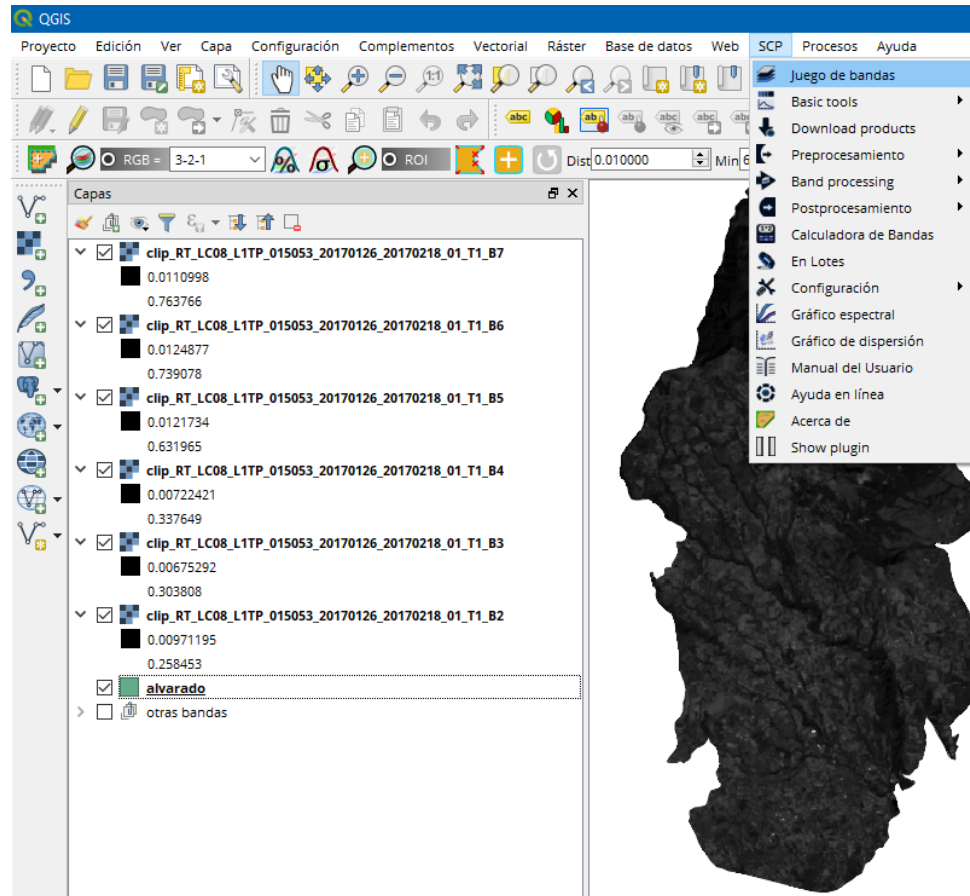



Figura 6. Opción *Juego de bandas* para hacer una imagen compuesta.

En la ventana que se abre (Figura 7) se selecciona *abrir archivo*  para seleccionar las bandas ya corregidas y recortadas anteriormente (bandas de la 2 a la 7). En la parte inferior de la ventana se selecciona *Configuración rápida de longitud de onda* y se selecciona *Landsat 8 OLI [bands 2,3,4,5,6,7]*.

Para terminar de configurar esta ventana (Figura 7), se marca la opción *Crear ráster de Juego de bandas (bandas apiladas)*. Y se da clic en Run o *Ejecutar*. En ese momento el programa pide seleccionar el directorio de salida donde se guardarán las imágenes corregidas, se selecciona la carpeta de preferencia.

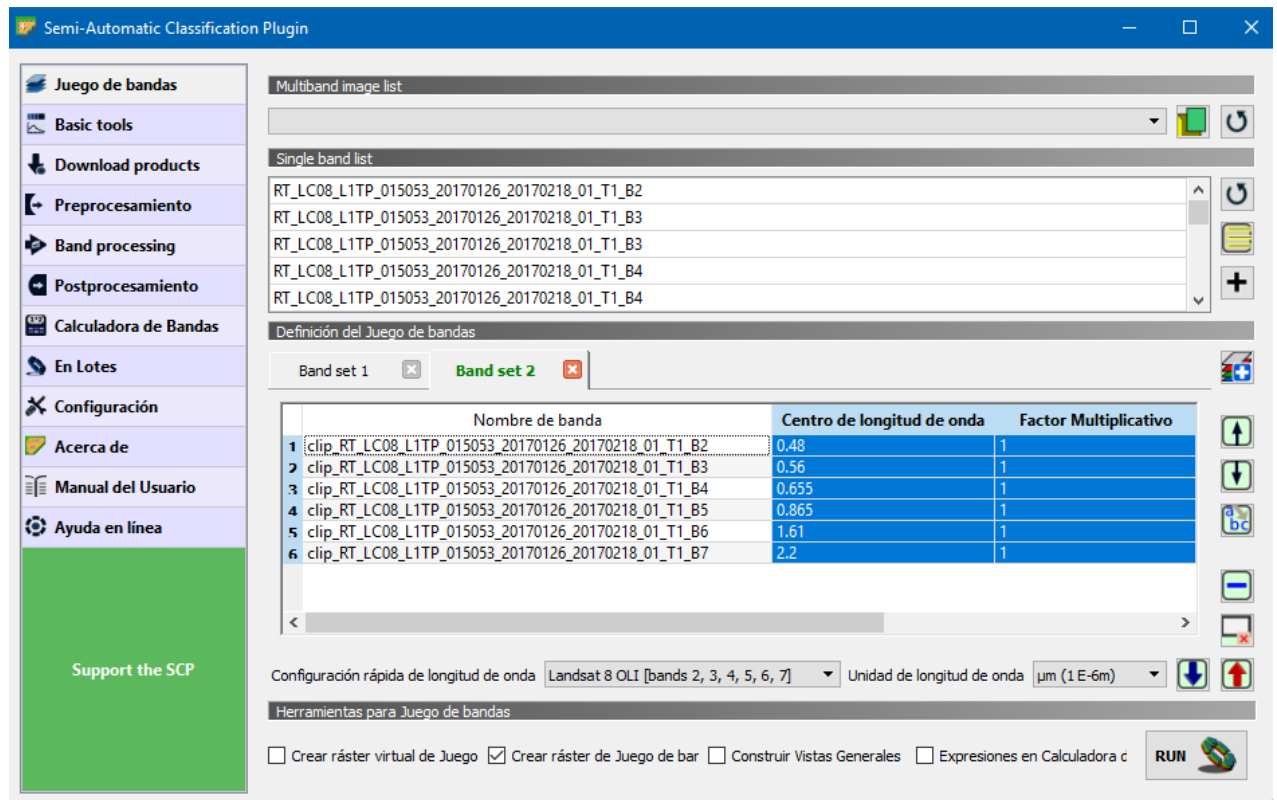


Figura 7. Configuración para unir bandas.

Al finalizar el proceso se tendrá una imagen compuesta por las bandas seleccionadas. La terminación del nombre de esta capa es *Bstack_raster.tif*.

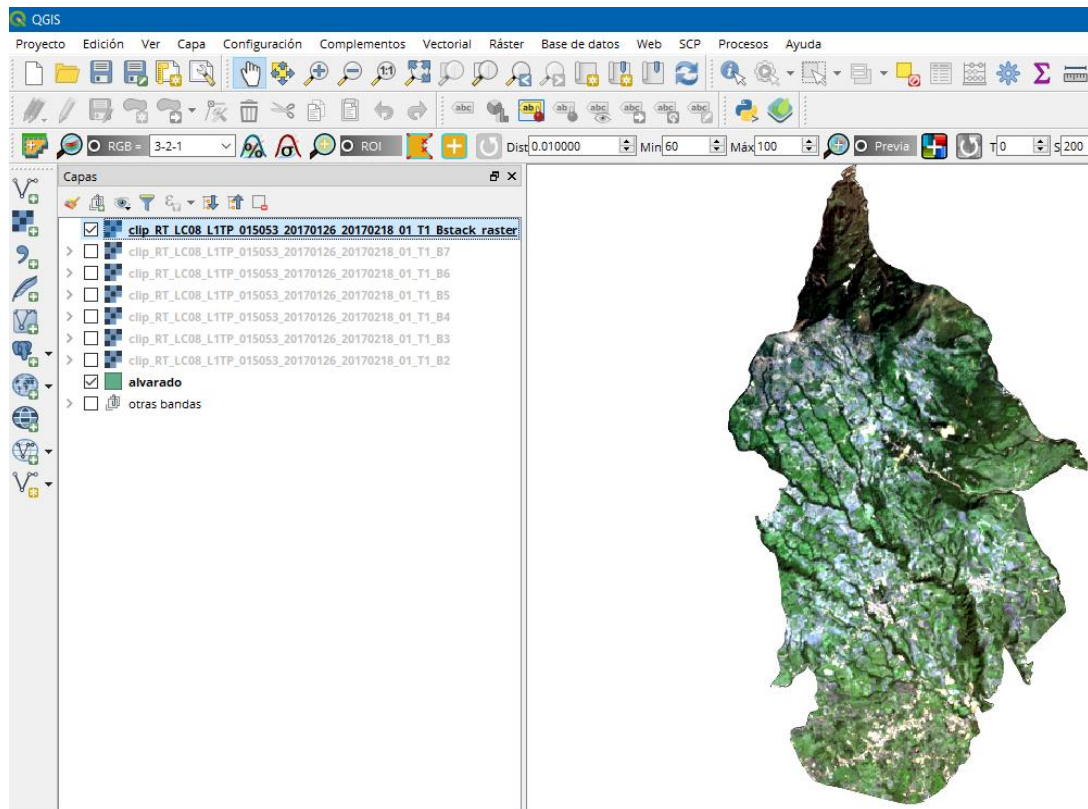



Figura 8. Visualización de la imagen compuesta.

En la parte superior del programa Qgis se encuentra la opción  con la cual se pueden hacer combinaciones de las bandas y obtener una mejor visualización (Figura 9) y poder clasificar la imagen más adelante, por ejemplo con 3-2-1 se obtiene el color real y más claro de la imagen, con 4-3-2 se puede observar en color rojo los diferentes tipos de vegetación y con 1-4-6 ver de color rosado la infraestructura y en morado los suelos descubiertos.

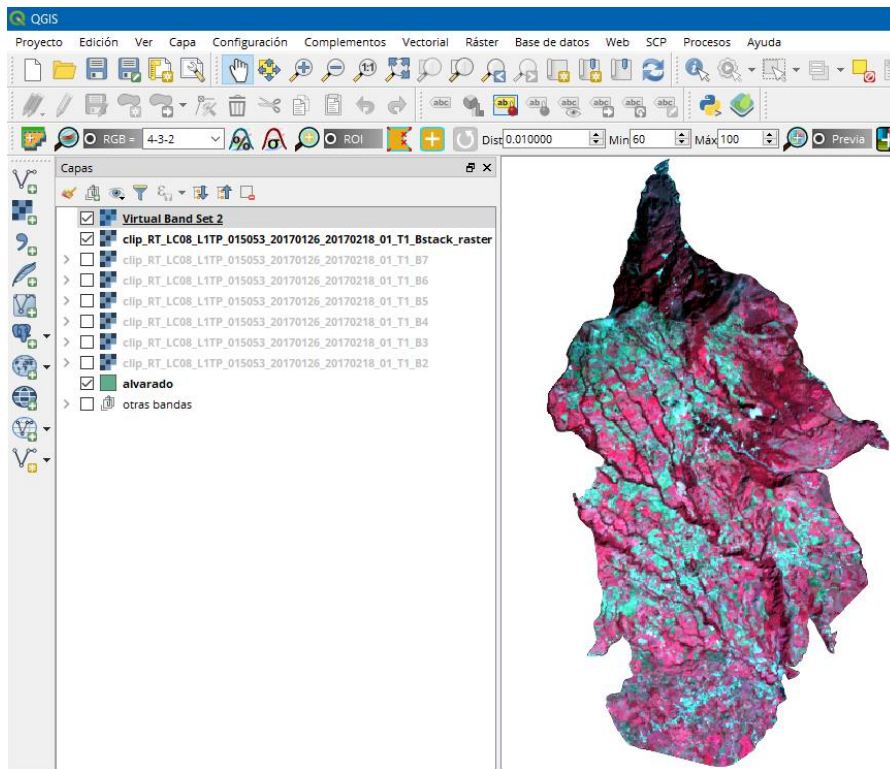


Figura 9. Cambio de color a la imagen compuesta.

Finalmente se obtiene una imagen compuesta del área de estudio.



Figura 10. Imagen procesada del área de estudio.

Toma y procesamiento de los datos recolectados en campo

Los instrumentos y materiales que se deben de llevar para la toma de datos en campo son los siguientes: Lápices o lapiceros, formularios, brújula, GPS, cámara y el documento: "Sistema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra para Costa Rica" Versión 1.1 (Grupo G6, 2018)

Primeramente, se recomienda crear las rutas con el programa QGIS 3.0, estas rutas se pueden realizar dividiendo el cantón en 4 segmentos para realizar la toma de datos en varios días y tratando de cubrir la mayor cantidad de área en cada uno de los segmentos. Se pueden realizar rutas de aproximadamente de 40 km.

En campo, se inicia tomando los puntos con GPS cada 500 metros. En cada una de estas paradas, en los formularios (Figura 11) se toma información de las coordenadas "X" y "Y" en CRTM05, los códigos de cobertura y el uso del suelo a 50, 100 y 150 metros de distancia, por medio del documento llamado "Sistema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra para Costa Rica" Versión 1.1 (Grupo G6, 2018), también se toman los datos del azimut e información para verificar el uso y cobertura como fotografías, altura del bosque, especies indicadoras y observaciones en general. Este procedimiento se realiza recolectando la información hacia ambos lados de la carretera.

| ID | X (CRTM06) | Y (CRTM06) | DIST (m) | AZIMUT | USO | COBERTURA | ALT BOSQUE (m) | ESPECIES INDICADORAS | FOTO | OBSERVACIONES |
|----|------------|------------|----------|--------|-----|-----------|----------------|----------------------|------|---------------|
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |
| | | | 50 | | | | | | | |
| | | | 100 | | | | | | | |
| | | | 150 | | | | | | | |

Figura 11. Formulario para la toma de datos.

Después de realizar las giras de campo, se descargan en la computadora los puntos tomados con GPS en su formato predeterminado (gpx), seguidamente, se suben al programa QGIS como se observa en las siguientes figuras 12-13.

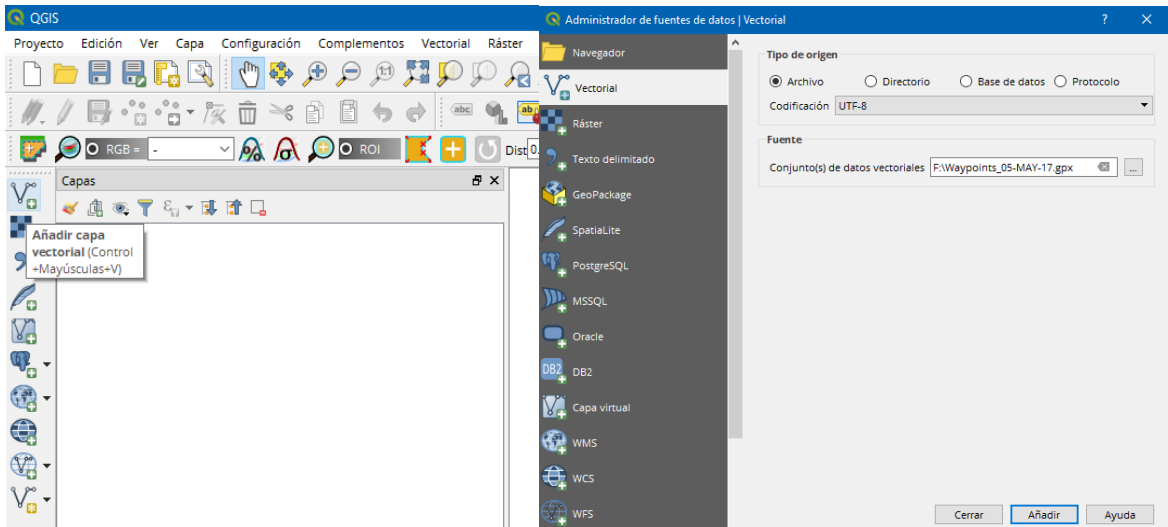


Figura 12. Subir archivo gpx a QGIS.

Al seleccionar *añadir* aparece una ventana pidiendo seleccionar el tipo de archivo, por lo que para este caso se selecciona *waypoints* por tratarse de puntos.

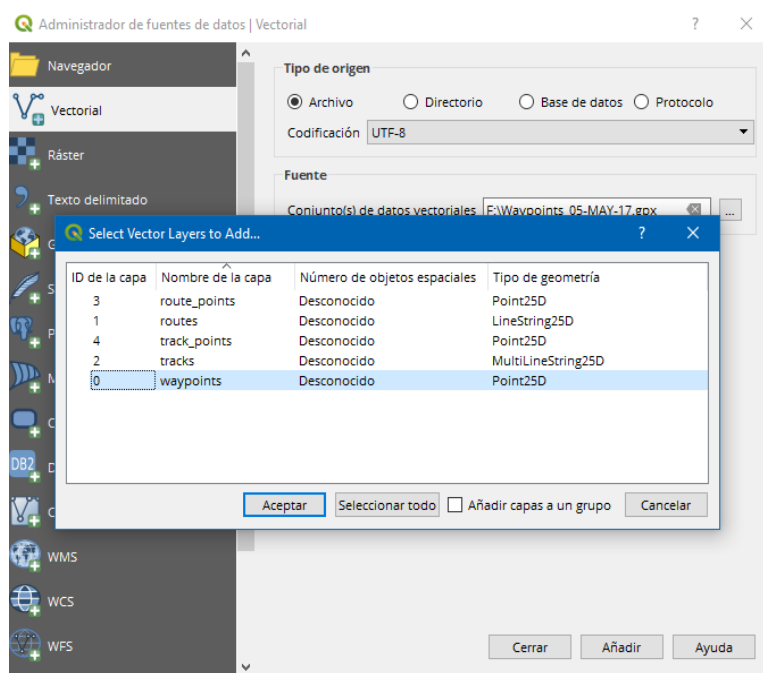


Figura 13. Selección del tipo de archivo.

Una vez subidos los puntos se procede a guardar este archivo de formato gpx a archivo shape, de la siguiente manera (Figura 14)

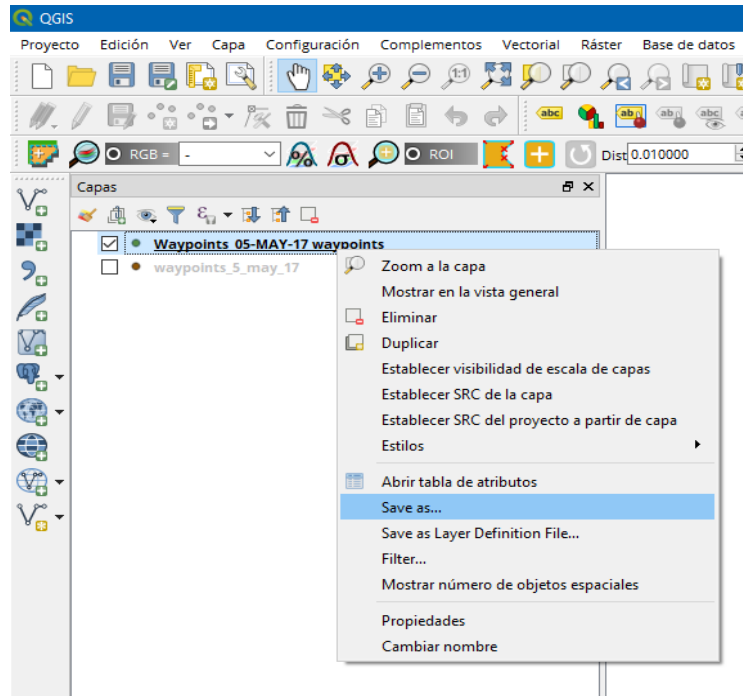


Figura 14. Guardar archivo gpx.

En la ventana que se abre, en *Formato* se selecciona *Archivo shape de ESRI*, en *nombre de la capa* se guarda con un nombre el nuevo archivo shape y en *SRC* se selecciona CRTM05. Las demás opciones no se modifican. Se da clic en *Aceptar*.

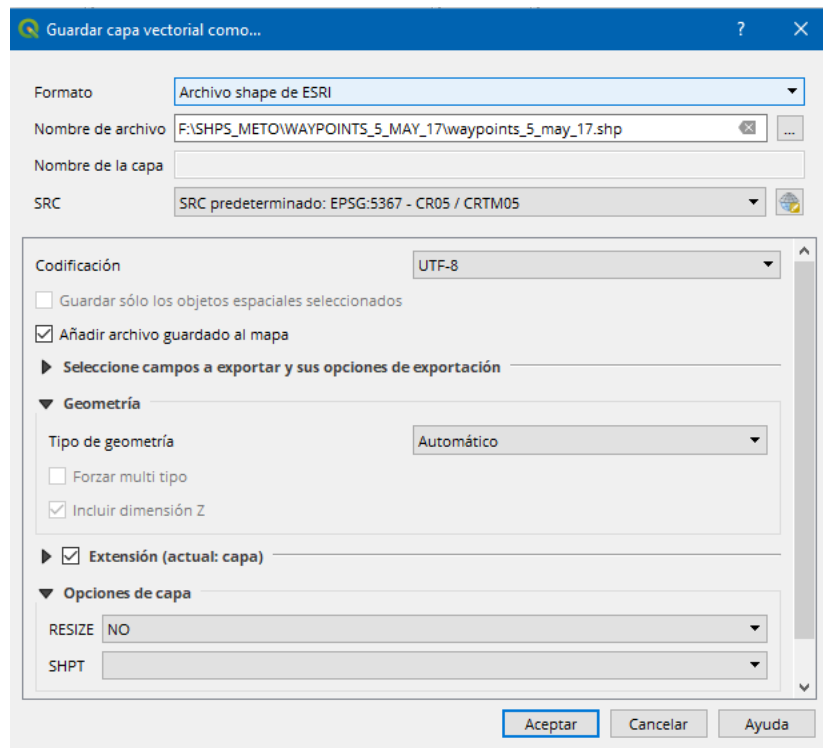



Figura 15. Configuración para guardar un nuevo archivo shape.

En el nuevo archivo shape creado, se abre la tabla de atributos (Figura 16), se selecciona calculadora de campos  y crea una columna nueva llamada "COORD_X" para generar las coordenadas "X" y otra columna llamada "COORD_Y" para generar las coordenadas "Y" de cada uno de los puntos (Figuras 17-18)

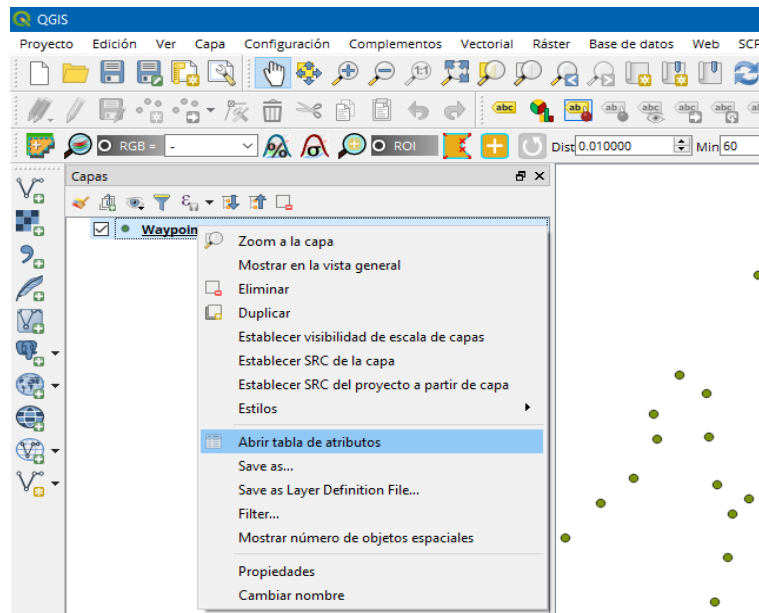


Figura 16. Abrir tabla de atributos.

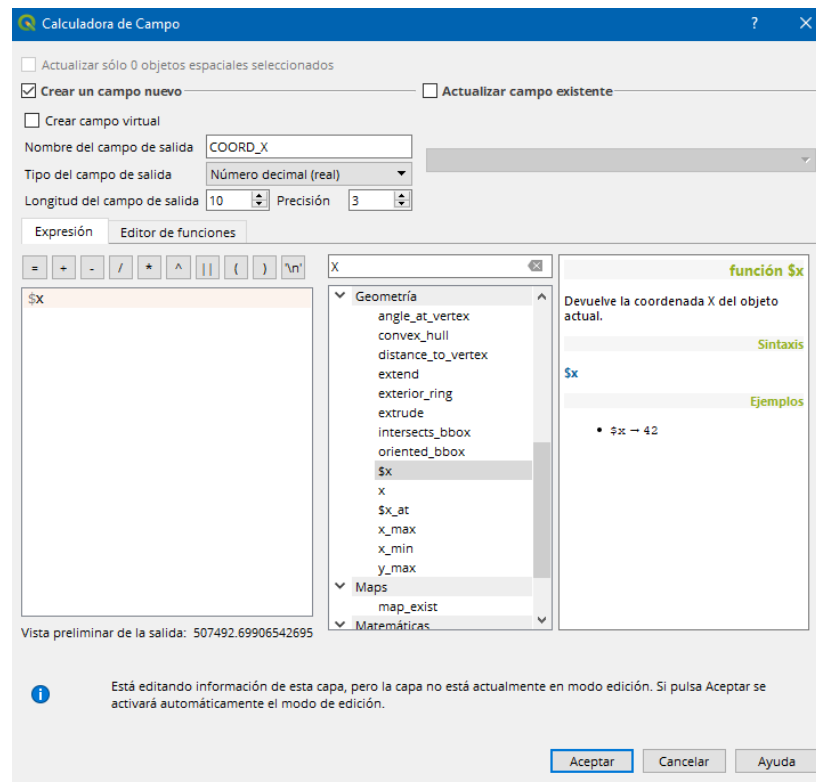


Figura 17. Configuración de la ventana de la calculadora de campos.

| | vdop | pdop | ageofdgpsd | dgpsid | COORD_X | COORD_Y |
|----|------|------|------------|--------|------------|-------------|
| 1 | | | | | 507492.699 | 1093331.351 |
| 2 | | | | | 507515.614 | 1093358.894 |
| 3 | | | | | 507562.116 | 1093337.448 |
| 4 | | | | | 507532.605 | 1093392.076 |
| 5 | | | | | 507582.288 | 1093369.414 |
| 6 | | | | | 507543.673 | 1093430.013 |
| 7 | | | | | 507625.163 | 1093389.330 |
| 8 | | | | | 507553.645 | 1093469.829 |
| 9 | | | | | 507640.400 | 1093423.729 |
| 10 | | | | | 507559.011 | 1093506.770 |
| 11 | | | | | 507528.618 | 1093579.314 |
| 12 | | | | | 507374.874 | 1093547.763 |
| 13 | | | | | 507388.581 | 1093554.623 |
| 14 | | | | | 507444.617 | 1093567.574 |
| 15 | | | | | 507440.858 | 1093719.864 |
| 16 | | | | | 507386.791 | 1093727.484 |
| 17 | | | | | 507322.196 | 1093743.286 |
| 18 | | | | | 507447.434 | 1093740.104 |
| 19 | | | | | 507480.075 | 1093931.110 |

Figura 18. Visualización de los campos creados.

Ahora, se guarda el reciente archivo shape a otro formato y se configura de la siguiente forma: En *Formato* se selecciona *Valores separados por comas (CSV)*, en *nombre de la capa* se guarda con un nombre el nuevo archivo y en *SRC* se selecciona CRTM05. Las demás opciones no se modifican. Se da clic en *Aceptar* (Figura 19).

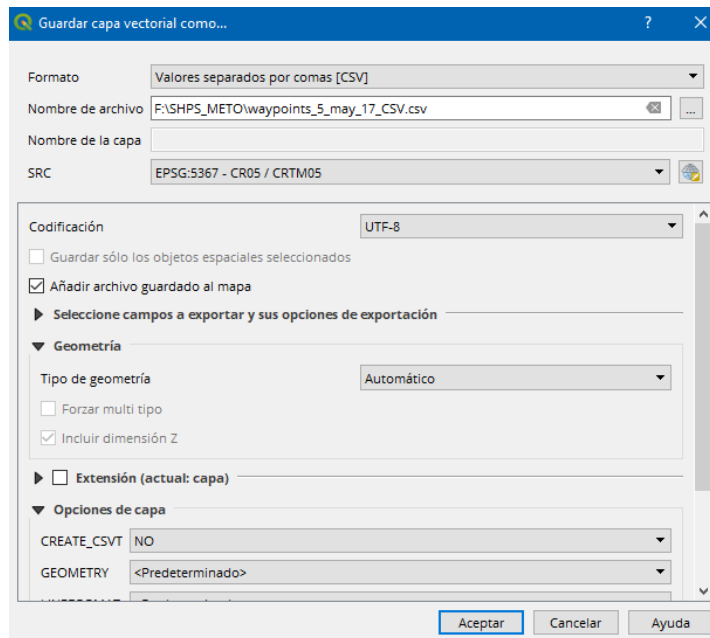


Figura 19. Configuración para guardar el archivo en formato CSV.

El archivo guardado en formato CSV se abre en el programa Excel, y de todas las columnas que aparecen se dejan únicamente un identificador de los puntos, la coordenada “X” y la coordenada “Y”. (Figura 20)

| | A | B | C |
|---|----|------------|-------------|
| 1 | ID | COORD_X | COORD_Y |
| 2 | 1 | 520364.000 | 1098753.000 |
| 3 | 2 | 520200.000 | 1099276.000 |
| 4 | 3 | 520801.000 | 1099842.000 |

Figura 20. Columnas iniciales en el programa Excel.

Se crean 7 columnas más para agregar la información que se obtuvo de las giras de campo y que se encuentra en los formularios (Figura 21). Las columnas por agregar son las siguientes:

“X” y “Y”: aquí se calculan las coordenadas a 50, 100 y 150 metros a partir de la coordenada (punto) original tomada por el GPS.

Distancia: se ponen los valores de 50, 100 y 150, para poder realizar los cálculos más adelante.

Azimut: dirección en grados a la cual se observó para identificar qué tipo de uso del suelo había en ese lugar, además es la dirección hacia donde se tomaron las fotos.

USO_1: Es el código dado por el documento “Sistema de clasificación del uso y la cobertura de la tierra para Costa Rica” Versión 1.1 (Grupo G6, 2018), a cada Uso del suelo encontrado en campo. Por ejemplo: 1100 es Bosque Maduro.

NOMBR_USO_1: Es el nombre del Uso del suelo, según el código asignado.

OBS: Son las observaciones que se hayan apuntado en campo y que hayan ayudado a la identificación de algún Uso del suelo.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|----|------------|-------------|---|---|-----------|--------|-------|-------------|-----|
| 1 | ID | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 | OBS |
| 2 | 1 | 520364.000 | 1098753.000 | | | | | | | |
| 3 | 2 | 520200.000 | 1099276.000 | | | | | | | |
| 4 | 3 | 520801.000 | 1099842.000 | | | | | | | |

Figura 21. Columnas por agregar al documento de Excel.

Una vez agregada las coordenadas de los puntos obtenidos en campo. El siguiente paso es copiar la coordenada original tanto “X” y “Y”, tres veces como se observa en las primeras dos columnas de la figura 22, además de agregar en la columna “DISTANCIA” los valores de 50,100 y 150 y el azimut.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|------------|-------------|---|---|-----------|--------|-------|-------------|
| 1 | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
| 2 | 520364.000 | 1098753.000 | | | 50 | 100 | | |
| 3 | 520364.000 | 1098753.000 | | | 100 | 100 | | |
| 4 | 520364.000 | 1098753.000 | | | 150 | 100 | | |
| 5 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 50 | 130 | | |
| 6 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 100 | 130 | | |
| 7 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 150 | 130 | | |
| 8 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 50 | 110 | | |
| 9 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 100 | 110 | | |
| 10 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 150 | 110 | | |

Figura 22. Forma de llenado de las columnas.

Ahora, se calculan las coordenadas reales a 50, 100 y 150 metros, por medio de las fórmulas propuestas por Jiménez (s.f) las cuáles se adaptaron para su correcto entendimiento y se plantearon como se observa a continuación:

$$X_r = X_c + \text{seno}(A) * \text{Distancia}$$

$$Y_r = Y_c + \text{cos}(A) * \text{Distancia}$$

Donde:

X_r / Y_r : Son las coordenadas reales a 50, 100 y 150 metros.

X_c / Y_c : Son las coordenadas conocidas, tomadas con el GPS.

A: Azimut en radianes.

Distancia: 50, 100 o 150 metros.

Basado en las fórmulas anteriores, para el cálculo de la coordenada "X", en Excel se formularía como se observa en la figura 23. Con realizar correctamente el cálculo en la primera celda ya se puede arrastrar la fórmula hacia abajo para que realice el cálculo de las demás coordenadas (Figura 24).

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|------------|-------------|------------|---|-----------|--------|-------|-------------|
| 1 | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
| 2 | 520364.000 | 1098753.000 | 520413.240 | | 50 | 100 | | |
| 3 | 520364.000 | 1098753.000 | | | 100 | 100 | | |
| 4 | 520364.000 | 1098753.000 | | | 150 | 100 | | |
| 5 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 50 | 130 | | |
| 6 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 100 | 130 | | |
| 7 | 520200.000 | 1099276.000 | | | 150 | 130 | | |
| 8 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 50 | 110 | | |
| 9 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 100 | 110 | | |
| 10 | 520801.000 | 1099842.000 | | | 150 | 110 | | |

Figura 23. Cálculo de las coordenadas "X" a una distancia de 50 m.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|------------|-------------|------------|---|-----------|--------|-------|-------------|
| 1 | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
| 2 | 520364.000 | 1098753.000 | 520413.240 | | 50 | 100 | | |
| 3 | 520364.000 | 1098753.000 | 520462.481 | | 100 | 100 | | |
| 4 | 520364.000 | 1098753.000 | 520511.721 | | 150 | 100 | | |
| 5 | 520200.000 | 1099276.000 | 520238.302 | | 50 | 130 | | |
| 6 | 520200.000 | 1099276.000 | 520276.604 | | 100 | 130 | | |
| 7 | 520200.000 | 1099276.000 | 520314.907 | | 150 | 130 | | |
| 8 | 520801.000 | 1099842.000 | 520847.985 | | 50 | 110 | | |
| 9 | 520801.000 | 1099842.000 | 520894.969 | | 100 | 110 | | |
| 10 | 520801.000 | 1099842.000 | 520941.954 | | 150 | 110 | | |

Figura 24. Cálculo de las coordenadas “X” a 50, 100 y 150 m.

De igual forma se realiza el cálculo para las coordenadas “Y”, solo que en este caso en la fórmula se utiliza COSENO en lugar de SENOS.


| D2 f_x =B2+COS(RADIANTES(F2))*E2 | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-----------|--------|-------|-------------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| 1 | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
| 2 | 520364.000 | 1098753.000 | 520413.240 | 1098744.318 | 50 | 100 | | |
| 3 | 520364.000 | 1098753.000 | 520462.481 | | 100 | 100 | | |
| 4 | 520364.000 | 1098753.000 | 520511.721 | | 150 | 100 | | |
| 5 | 520200.000 | 1099276.000 | 520238.302 | | 50 | 130 | | |
| 6 | 520200.000 | 1099276.000 | 520276.604 | | 100 | 130 | | |
| 7 | 520200.000 | 1099276.000 | 520314.907 | | 150 | 130 | | |
| 8 | 520801.000 | 1099842.000 | 520847.985 | | 50 | 110 | | |
| 9 | 520801.000 | 1099842.000 | 520894.969 | | 100 | 110 | | |
| 10 | 520801.000 | 1099842.000 | 520941.954 | | 150 | 110 | | |

Figura 25. Cálculo de las coordenadas “Y” a una distancia de 50 m.

Finalmente se agrega la información de las columnas “USO_1” y “NOMBR_USO_1” que se encuentran en los formularios que se utilizaron en campo (Figura 26).

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|------------|-------------|------------|-------------|-----------|--------|-------|---------------------|
| 1 | COORD_X | COORD_Y | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
| 2 | 520364.000 | 1098753.000 | 520413.240 | 1098744.318 | 50 | 100 | 3100 | Pastos naturales |
| 3 | 520364.000 | 1098753.000 | 520462.481 | 1098735.635 | 100 | 100 | 2170 | Raices y tuberculos |
| 4 | 520364.000 | 1098753.000 | 520511.721 | 1098726.953 | 150 | 100 | 2170 | Raices y tuberculos |
| 5 | 520200.000 | 1099276.000 | 520238.302 | 1099243.861 | 50 | 130 | 2150 | Hortalizas |
| 6 | 520200.000 | 1099276.000 | 520276.604 | 1099211.721 | 100 | 130 | 2150 | Hortalizas |
| 7 | 520200.000 | 1099276.000 | 520314.907 | 1099179.582 | 150 | 130 | 2150 | Hortalizas |
| 8 | 520801.000 | 1099842.000 | 520847.985 | 1099824.899 | 50 | 110 | 2170 | Raices y tuberculos |
| 9 | 520801.000 | 1099842.000 | 520894.969 | 1099807.798 | 100 | 110 | 3100 | Pastos naturales |
| 10 | 520801.000 | 1099842.000 | 520941.954 | 1099790.697 | 150 | 110 | 3100 | Pastos naturales |

Figura 26. Información completa en el documento de Excel.

Volviendo al programa QGIS, se busca la opción *añadir capa de texto delimitado*  para subir el archivo de Excel con la información de las coordenadas y Uso del suelo con sus respectivos códigos.

En *nombre del archivo* se busca el archivo de Excel (formato CSV) donde se haya guardado. Y **muy Importante** es que en las opciones *campo "X"* y *campo "Y"* se selecciona los nombres de las columnas a la cuales se les aplicó la fórmula cuando se realizaron los cálculos. Los demás campos no se modifican, y es importante verificar que en la opción *SRC de la geometría* esté seleccionado EPSG: 5367 - CR05 / CRTM05. Se da clic en *añadir* y después en *cerrar*.

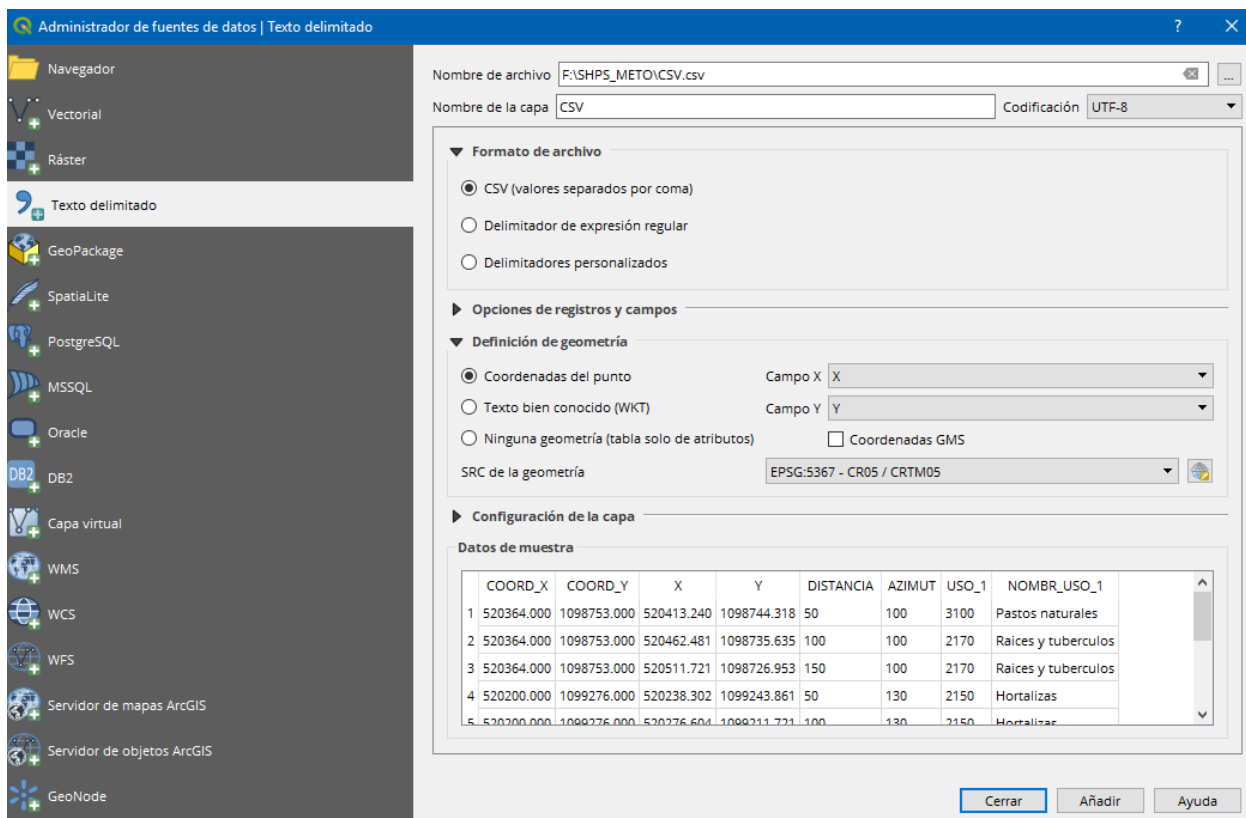


Figura 27. Configuración de la ventana para subir un archivo CSV.

Ahora es posible ver los puntos correctamente posicionados a 50, 100 y 150 metros

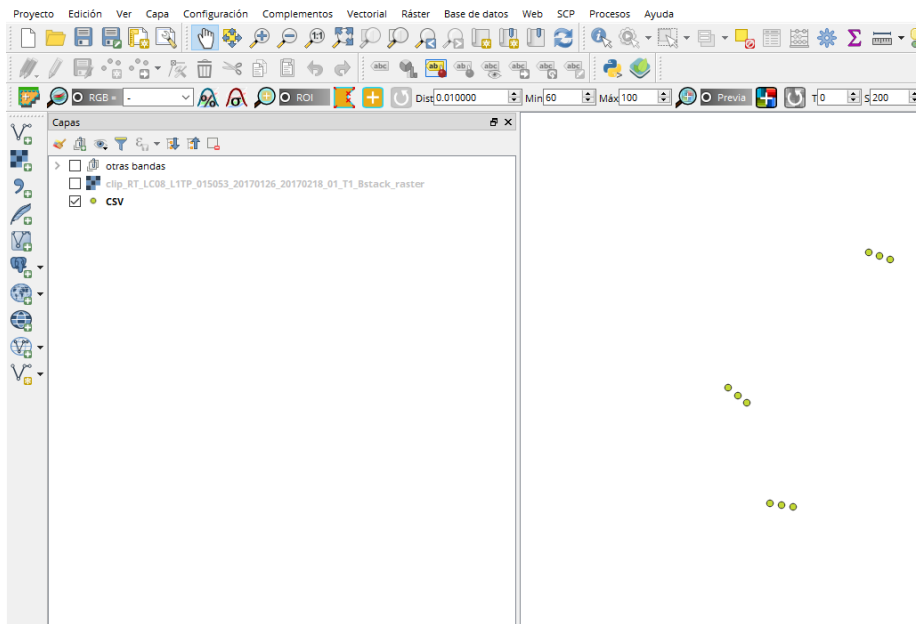


Figura 28. Visualización de los puntos en formato CSV.

Para poder trabajar estos puntos para la clasificación se guarda el reciente archivo CSV a formato SHAPE y se configura de la siguiente forma: En *Formato*, se selecciona *Archivo shape de ESRI*, en *nombre de archivo*, se guarda con un nombre del archivo y en *SRC* se selecciona CRTM05. Las demás opciones no se modifican. Se da clic en *Aceptar* (Figura 29).

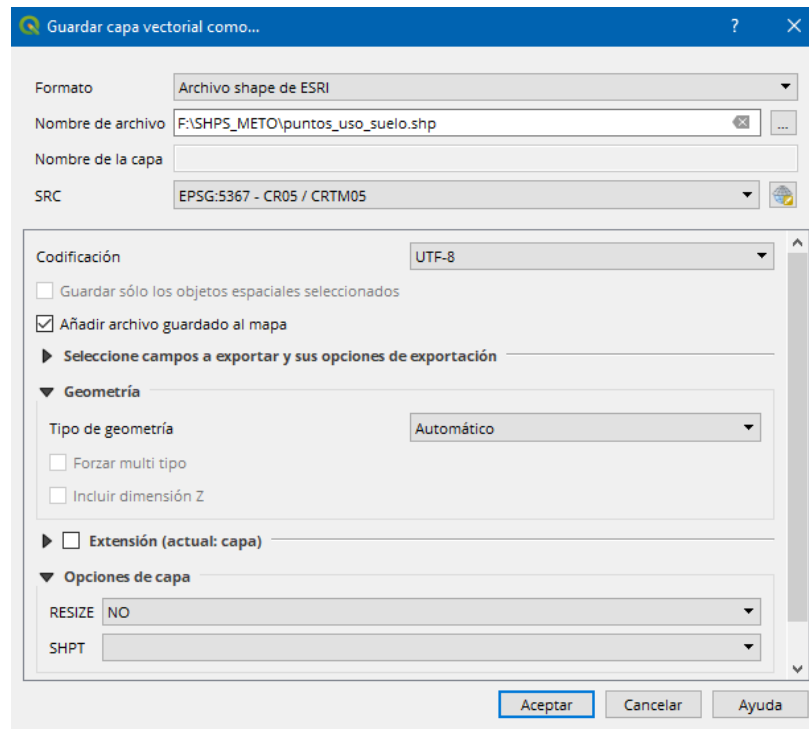


Figura 29. Configuración para guardar el archivo en formato shape.

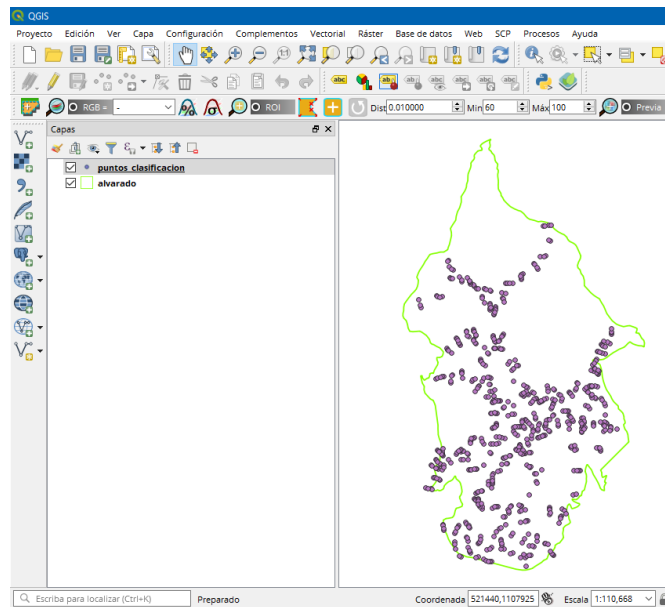


Figura 30. Visualización de los puntos para la clasificación.

Después de tener los puntos guardados correctamente en formato shape y en CRTM05, se debe hacer una selección de los puntos, 70% se usarán para la clasificación y el restante 30% para validar después de que se haya hecho la clasificación. Se utiliza la herramienta *Selección aleatoria dentro de subconjuntos* (Figura 31).

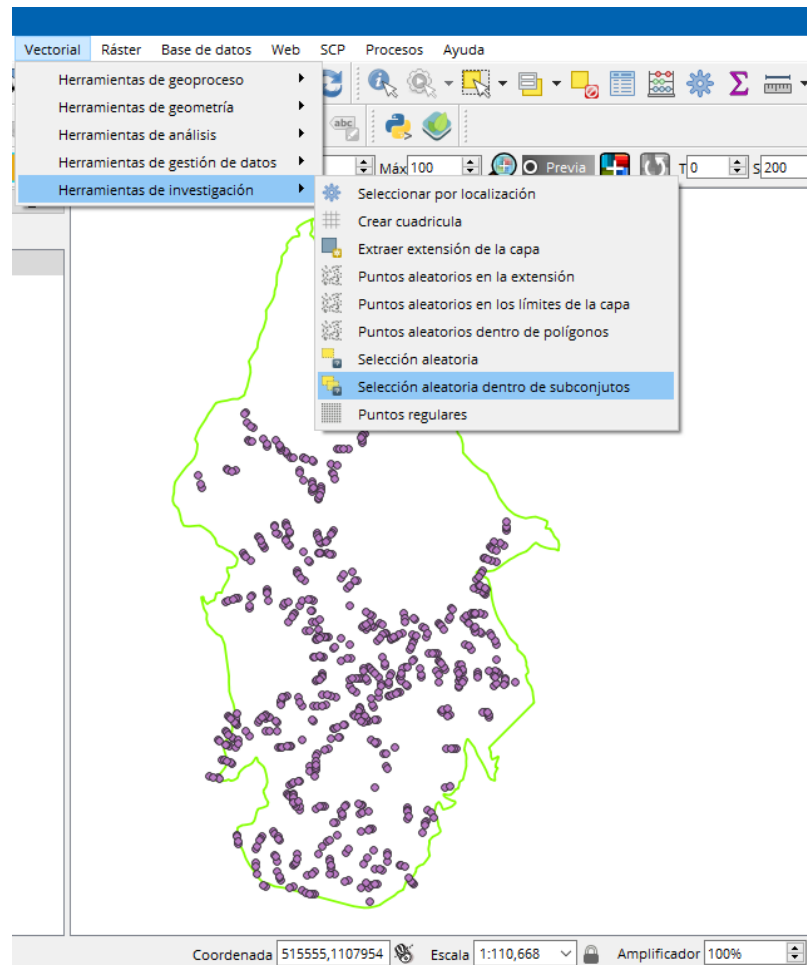


Figura 31. Herramienta de *selección aleatoria dentro de subconjuntos*.

En la ventana que se abre se configuran los espacios como se muestra en la siguiente figura 32. Después se da clic en *ejecutar*.

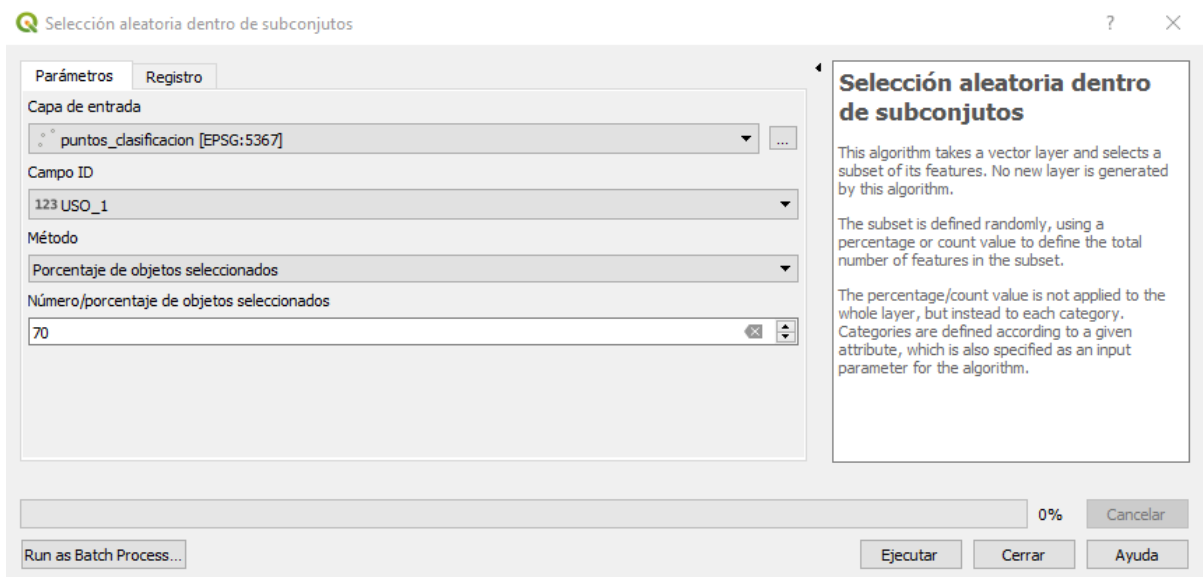


Figura 32. Configuración de la ventana *selección aleatoria dentro de subconjuntos*.

El proceso lo que hizo fue seleccionar el 70% de puntos de cada clase (Figura 33), así por ejemplo si existen 10 puntos con el código 1100, entonces 7 fueron seleccionados.

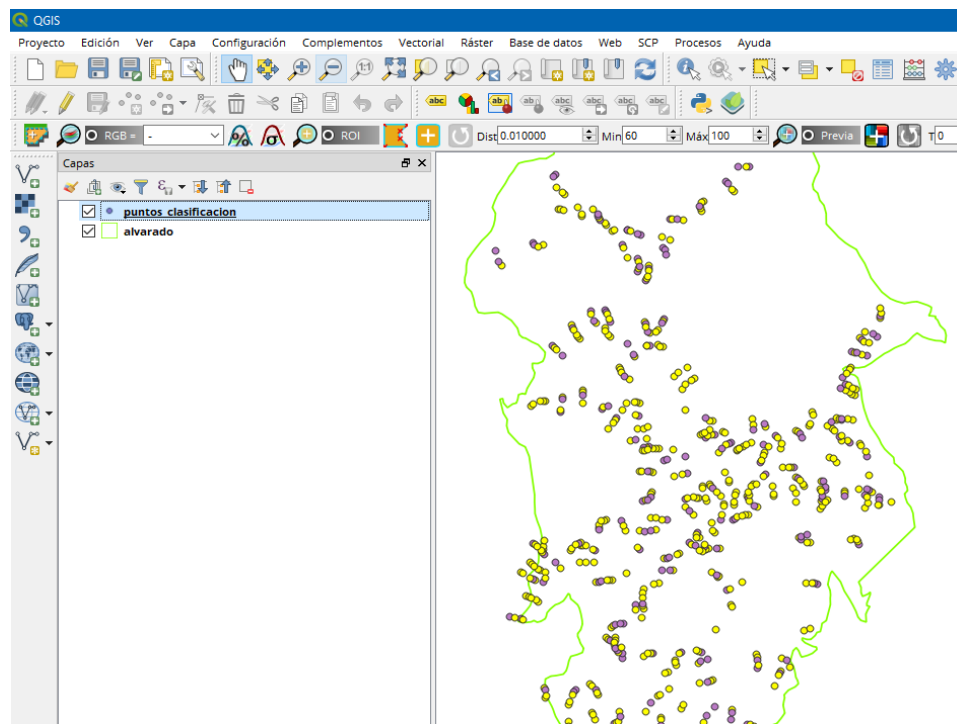


Figura 33. Visualización de los puntos seleccionados.

Para guardar únicamente los puntos seleccionados por la herramienta, se da clic derecho a la capa de puntos y se selecciona *Guardar como*.

En la ventana que se abre, *en nombre del archivo*, se selecciona dónde guardar el archivo y se le pone un nombre el cual puede ser *puntos para clasificación*.

Se debe marcar la opción *Guardar solo los objetos espaciales seleccionados*. Por último, siempre es importante verificar que el formato en el que se guardará se mantenga como shape y el SRC sea CRTM05.

Las demás opciones no se modifican. Se da clic en *Aceptar* (Figura 34).

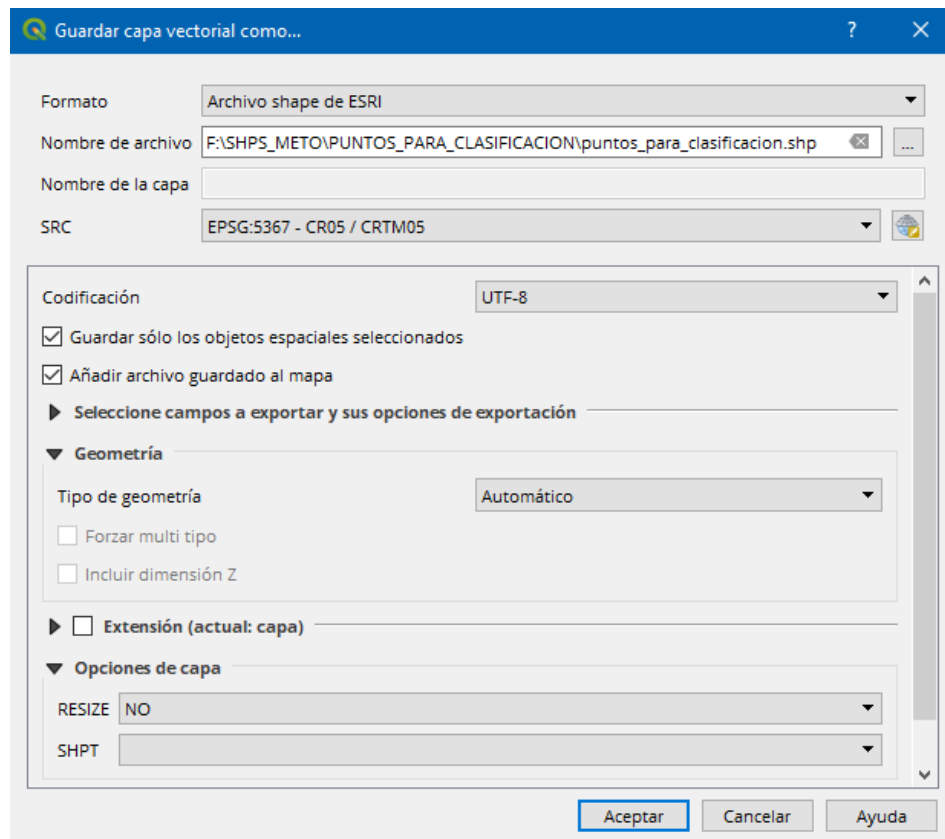


Figura 34. Configuración para guardar los puntos para clasificar.

Ahora se tiene una capa solo con los puntos que se usarán para clasificar (Figura 35).

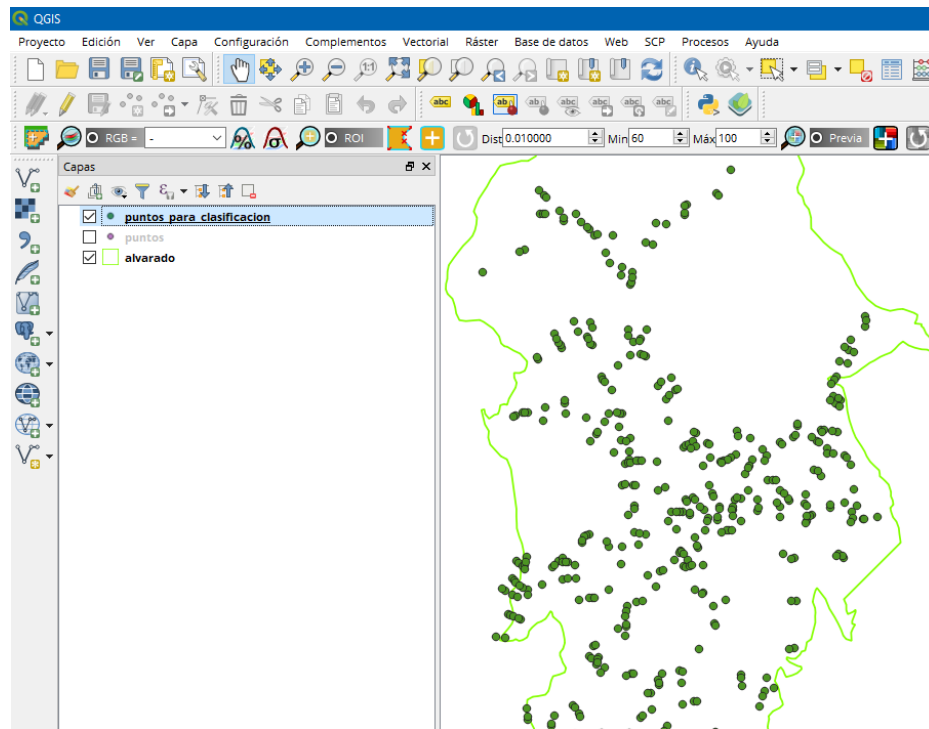



Figura 35. Puntos para la clasificación.

Seguidamente para guardar el restante 30% de los puntos que se utilizarán para la validación. Se da clic derecho en la capa que contiene todos los puntos en, *Abrir tabla de atributos*.

Se busca la opción *invertir selección* , de esta forma se seleccionará el 30% de los puntos.

puntos :: Objetos totales: 649, Filtrados: 649, Seleccionados: 453

| | GRUPO | ID | XI | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
|----|-------|----|----------------|--------|---------|-----------|--------|-------|------------------|
| 1 | 2 | 17 | 522466 1103262 | 522566 | 1103272 | 100 | 84 | 1100 | Bosque maduro |
| 2 | 2 | 17 | 522466 1103262 | 522516 | 1103267 | 50 | 84 | 1100 | Bosque maduro |
| 3 | 3 | 37 | 522735 1093736 | 522709 | 1093884 | 150 | 350 | 1300 | Bosque secund... |
| 4 | 3 | 19 | 522022 1092466 | 522069 | 1092449 | 50 | 110 | 1300 | Bosque secund... |
| 5 | 3 | 26 | 520037 1094054 | 520087 | 1093967 | 100 | 150 | 1300 | Bosque secund... |
| 6 | 3 | 33 | 522628 1092543 | 522578 | 1092544 | 50 | 271 | 1300 | Bosque secund... |
| 7 | 3 | 33 | 522628 1092543 | 522528 | 1092545 | 100 | 271 | 1300 | Bosque secund... |
| 8 | 3 | 35 | 523315 1093756 | 523179 | 1093819 | 150 | 295 | 1300 | Bosque secund... |
| 9 | 4 | 6 | 519997 1092025 | 519952 | 1092003 | 50 | 244 | 1300 | Bosque secund... |
| 10 | 4 | 13 | 520899 1092582 | 520912 | 1092682 | 100 | 7 | 1300 | Bosque secund... |
| 11 | 4 | 13 | 520899 1092582 | 520906 | 1092632 | 50 | 7 | 1300 | Bosque secund... |

Figura 36. Tabla de atributos.

Para guardar estos puntos se realiza el mismo procedimiento que para guardar los puntos de clasificación: Clic derecho/Guardar como/Poner nombre al nuevo archivo/Seleccionar solo los objetos espaciales seleccionados/Aceptar.

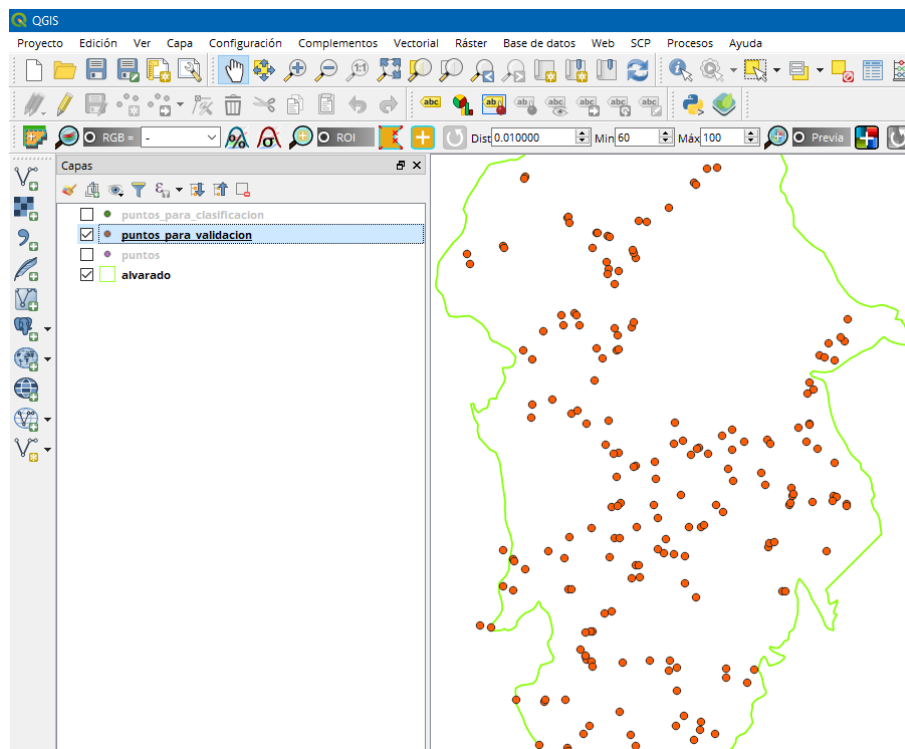


Figura 37. Visualización de los puntos para validación.

Diseño e inserción de áreas de entrenamiento QGIS 3.0

Se cuenta con la capa de puntos en formato shape, el raster del cantón de Alvarado y el programa QGIS 3.0.

Para iniciar con la creación de las áreas de entrenamiento, se sube la capa de puntos de clasificación en formato shape y la capa raster del cantón de Alvarado. Se trabajará con la herramienta SCP.

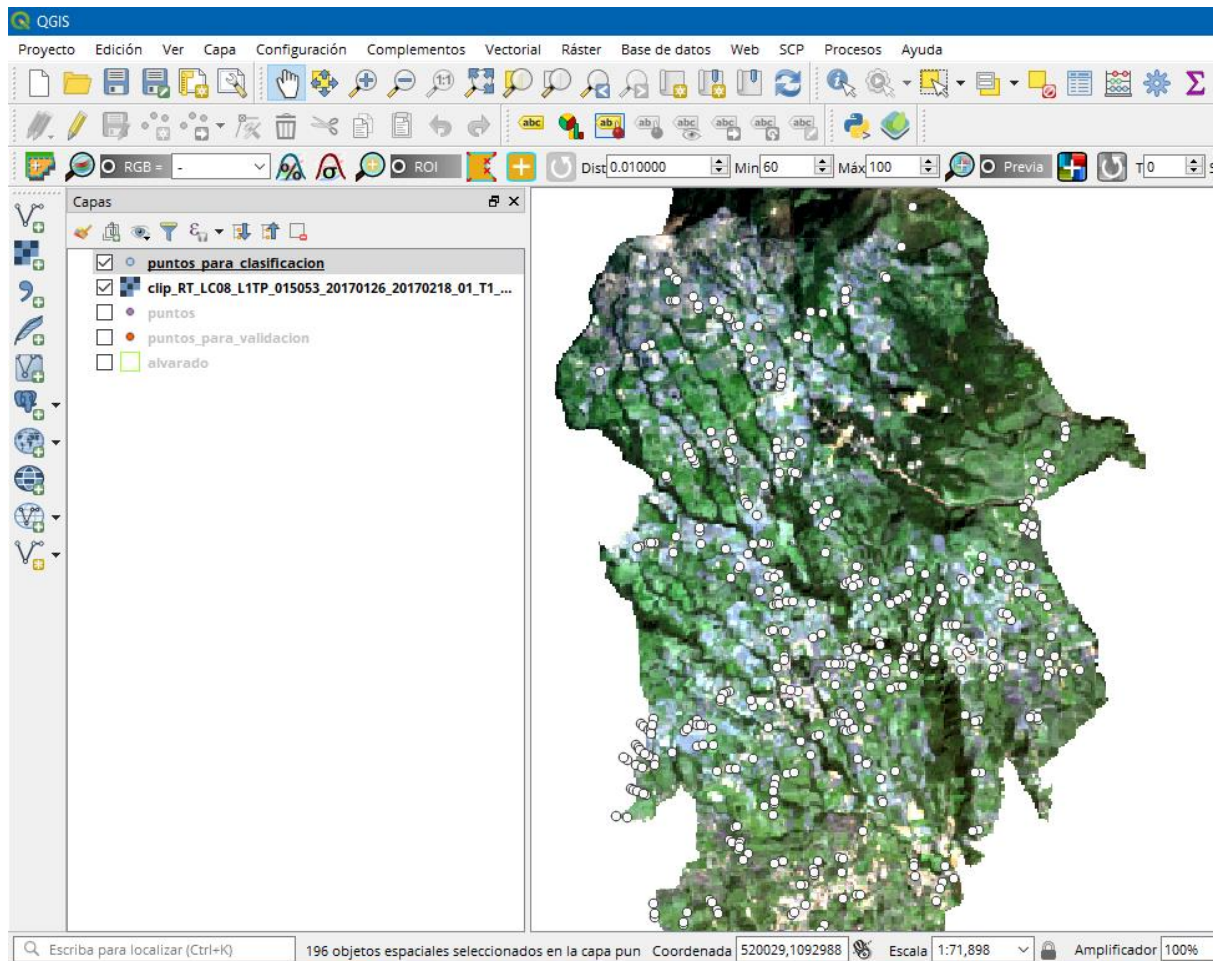



Figura 38. Programa QGIS 3.0.

Se busca la herramienta SCP que se encuentra en la parte superior izquierda en el símbolo  o en la parte superior de la pantalla en la barra de herramientas como SCP. Al dar clic en el símbolo aparecen 2 ventanas (Figuras 39-40).

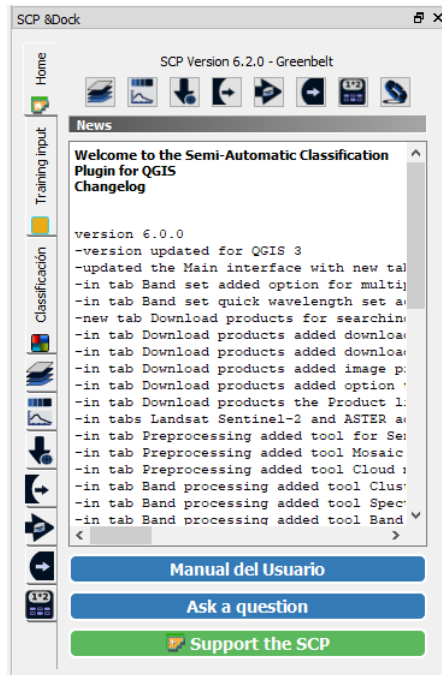



Figura 39. Ventana *SCP&Dock* de la herramienta SCP.

Presionar  para poder cargar la capa compuesta con la que se trabajará, seguidamente se abrirá la ventana donde se podrá realizar esta acción.

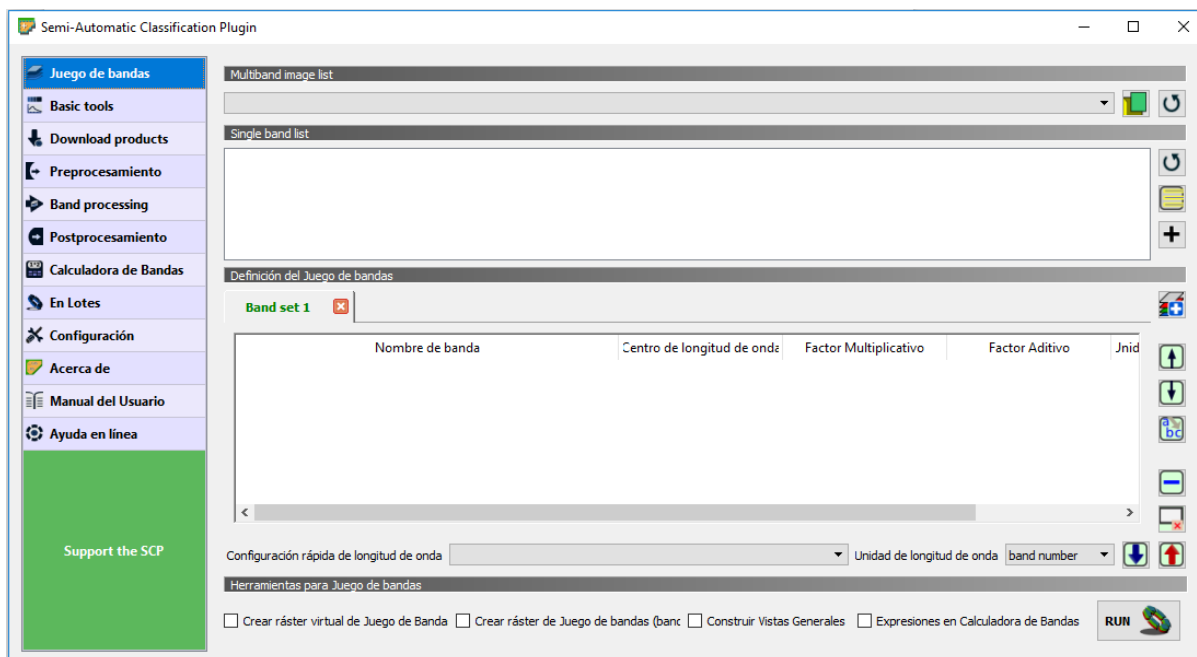



Figura 40. Ventana *Juego de bandas* de la herramienta *Semi-Automatic Classification*.

En la ventana del SCP presione el ícono  para refrescar las imágenes satelitales que se encuentran en el panel de capas, luego proceda a buscarlas en la barra de imágenes la que corresponda para poder trabajar.

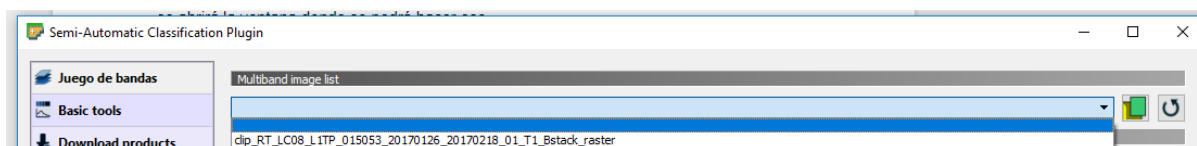


Figura 41. Capa raster.

Posterior a la selección se visualizará en *Band set 1* las bandas con las que cuenta la imagen satelital. En la parte inferior, en la opción *Configuración rápida de longitud de onda* se selecciona *Landsat 8 OLI (bands 2,3,4,5,6,7)*.

Por último, se cierra la ventana en la esquina superior derecha.

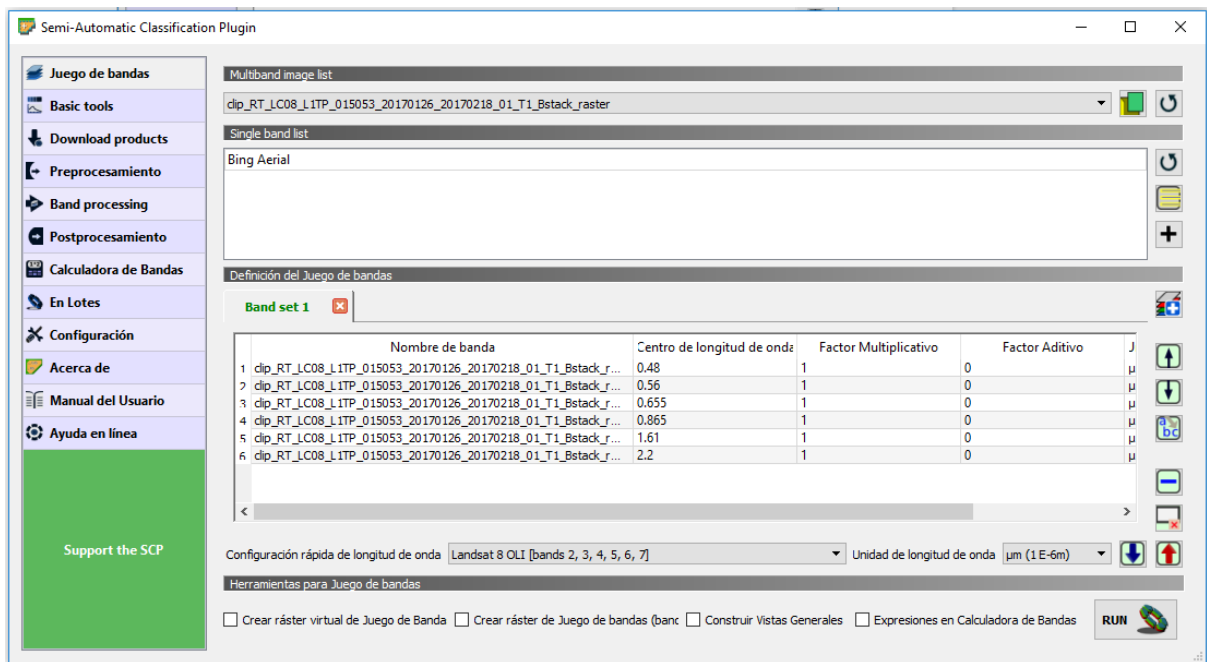


Figura 42. Band set.

Ir a la otra ventana de la herramienta SCP y se presiona la pestaña denominada *Training input* (Figura 43).

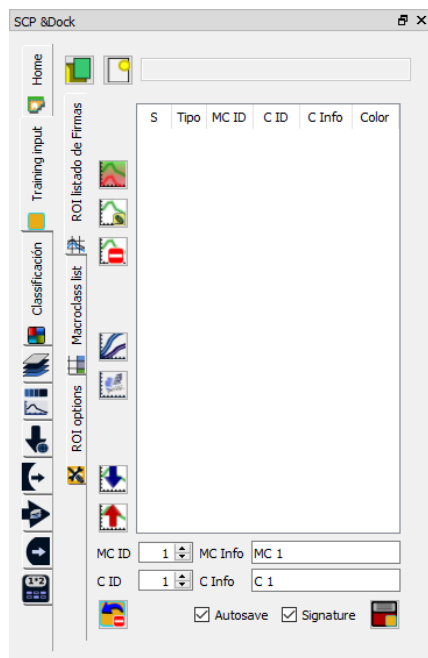
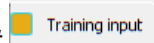



Figura 43. Ventana *Training input*.

Para crear la capa de áreas de entrenamiento presione el icono  *crear un nuevo entrenamiento de entrada*, donde se desplegará la ventana para guardar los archivos, nombrar el archivo según corresponda y proceder a guardar.

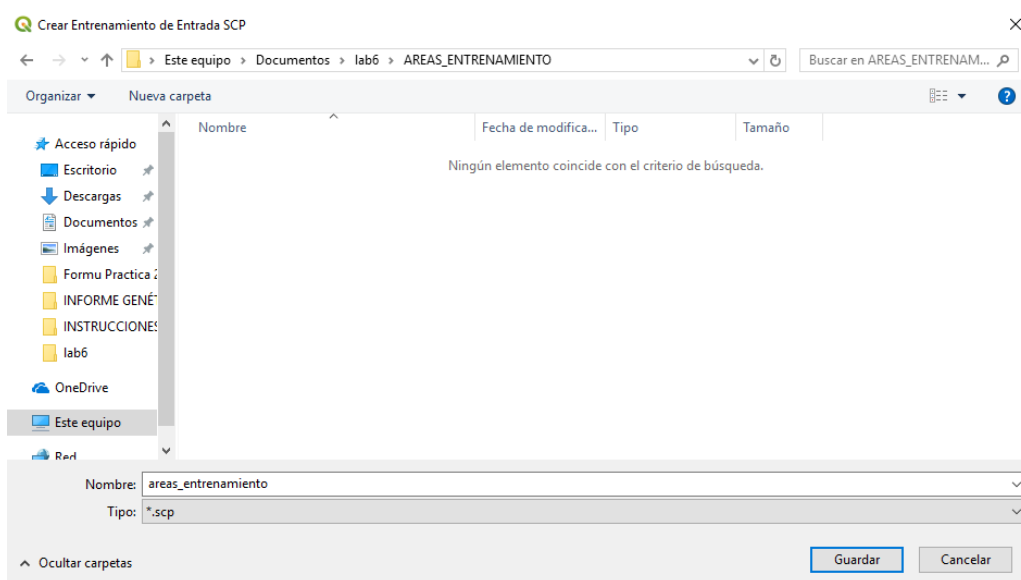



Figura 44. Capa Áreas de entrenamiento.

Una vez guardado el archivo, se procederá a crear las áreas de entrenamiento con la opción  *Crear un ROI de polígono*.

Las áreas de entrenamiento son polígonos que se crearán sobre la imagen satelital, los cuales tendrán información sobre el uso del suelo a partir de puntos tomados en campo.

Nota: Para iniciar a dibujar las áreas de entrenamiento, primero se le puede poner etiquetas a los puntos para tener la referencia de donde se ubican, también se pueden seleccionar los puntos de la clase que se está dibujando en la tabla de atributos para diferenciarlos de los demás (Figuras 45-46).

puntos_para_clasificacion :: Objetos totales: 453, Filtrados: 453, Seleccionados: 51

| | GRUPO | ID | XI | YI | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 |
|-----|-------|----|--------|---------|--------|---------|-----------|--------|-------|--------------------|
| 140 | 2 | 8 | 522473 | 1097902 | 522519 | 1097922 | 50 | 66 | 2150 | Hortalizas |
| 141 | 2 | 2 | 520197 | 1099277 | 520150 | 1099365 | 100 | 332 | 2150 | Hortalizas |
| 142 | 2 | 5 | 521402 | 1099123 | 521490 | 1099170 | 100 | 62 | 2150 | Hortalizas |
| 143 | 2 | 2 | 520197 | 1099277 | 520126 | 1099409 | 150 | 332 | 2150 | Hortalizas |
| 144 | 1 | 28 | 519839 | 1102235 | 519864 | 1102192 | 50 | 150 | 2150 | Hortalizas |
| 145 | 1 | 1 | 520364 | 1098753 | 520462 | 1098736 | 100 | 100 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 146 | 2 | 41 | 519880 | 1100065 | 519862 | 1100163 | 100 | 350 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 147 | 2 | 41 | 519880 | 1100065 | 519871 | 1100114 | 50 | 350 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 148 | 2 | 38 | 519298 | 1100082 | 519279 | 1100128 | 50 | 338 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 149 | 2 | 40 | 519947 | 1100389 | 519951 | 1100339 | 50 | 175 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 150 | 1 | 12 | 519751 | 1096442 | 519799 | 1096455 | 50 | 75 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 151 | 1 | 7 | 521779 | 1098186 | 521649 | 1098111 | 150 | 240 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 152 | 1 | 7 | 521779 | 1098186 | 521692 | 1098136 | 100 | 240 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 153 | 1 | 7 | 521779 | 1098186 | 521735 | 1098161 | 50 | 240 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 154 | 1 | 1 | 520364 | 1098753 | 520512 | 1098727 | 150 | 100 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 155 | 2 | 24 | 520525 | 1101405 | 520494 | 1101310 | 100 | 198 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 156 | 2 | 21 | 521043 | 1101902 | 521078 | 1101866 | 50 | 135 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 157 | 2 | 34 | 518559 | 1101714 | 518699 | 1101768 | 150 | 69 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 158 | 2 | 29 | 519704 | 1102373 | 519748 | 1102283 | 100 | 154 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 159 | 1 | 41 | 521859 | 1095926 | 522009 | 1095926 | 150 | 90 | 2170 | Raices y tuberc... |
| 160 | 2 | 24 | 518559 | 1101714 | 518699 | 1101768 | 50 | 69 | 2170 | Raices y tuberc... |

Mostrar todos los objetos espaciales.

Figura 45. Selección de los puntos de la clase 2170.

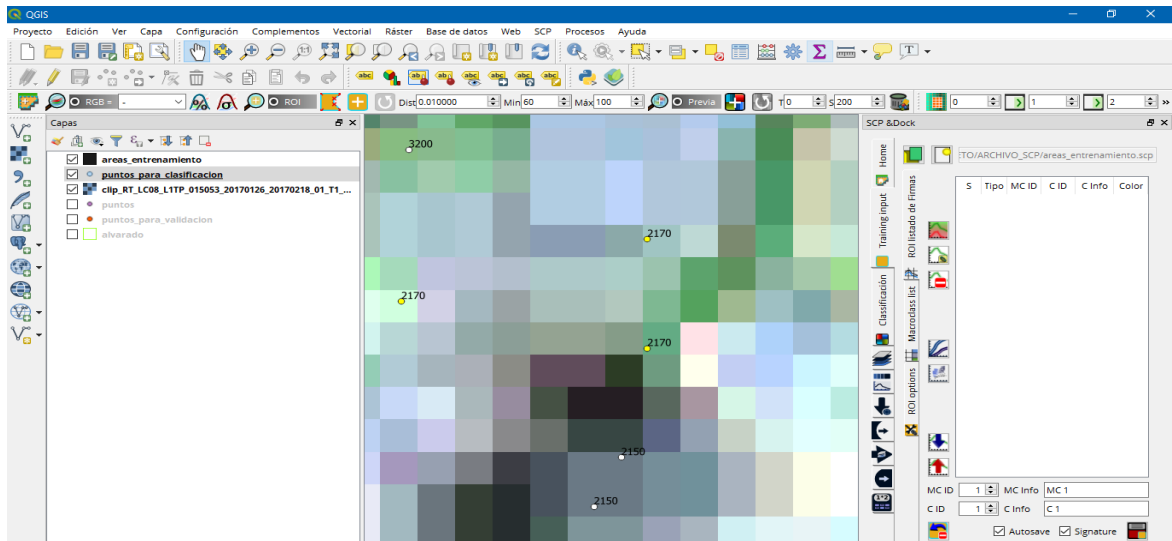


Figura 46. Visualización de los puntos para clasificación con etiquetas y marcados en amarillo.

Con clic izquierdo se empieza a dibujar y con clic derecho se termina el polígono.

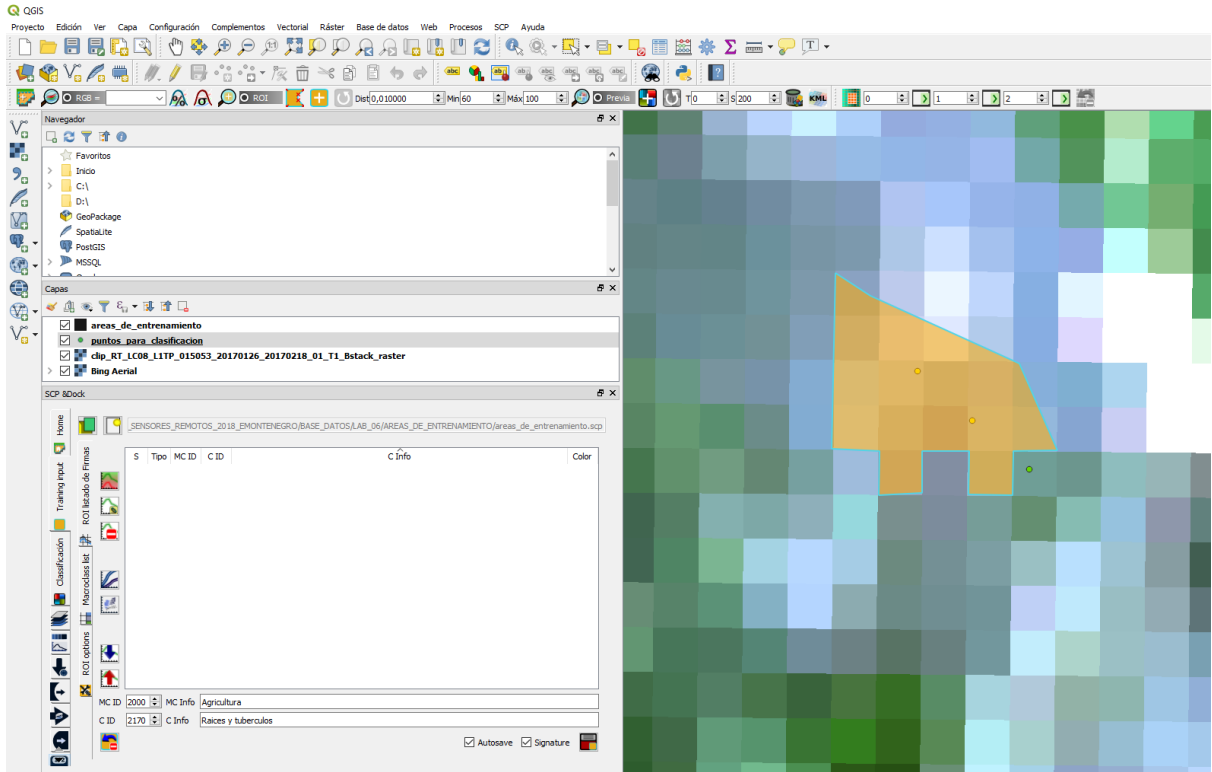

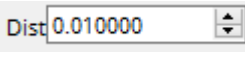



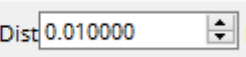



Figura 47. Área de entrenamiento dibujada.

Nota: También es posible dibujar áreas de entrenamiento con la opción *activar puntero*

ROI  , esta opción genera áreas de entrenamiento de forma automática y se puede controlar el tamaño que se quiere con la opción  , variando los valores se escoge la cantidad de píxeles necesaria. Estas opciones se encuentran juntas en

la barra del complemento     , por último, la opción

Rehacer el ROI al mismo punto  se usa cada vez que se modifican los valores y para que el complemento recargue el área de entrenamiento con el nuevo tamaño.

Una vez creado el polígono se llenará la información del código y el nombre de la clase en la ventana ubicada en la parte inferior izquierda (Figura 48). Para este ejemplo se llenará de la siguiente forma:

MC ID: 2000 MC Info: Agricultura

C ID: 2170 C Info: Raíces y Tubérculos

Nota: Se pueden realizar 10 áreas de entrenamiento para cada clase.

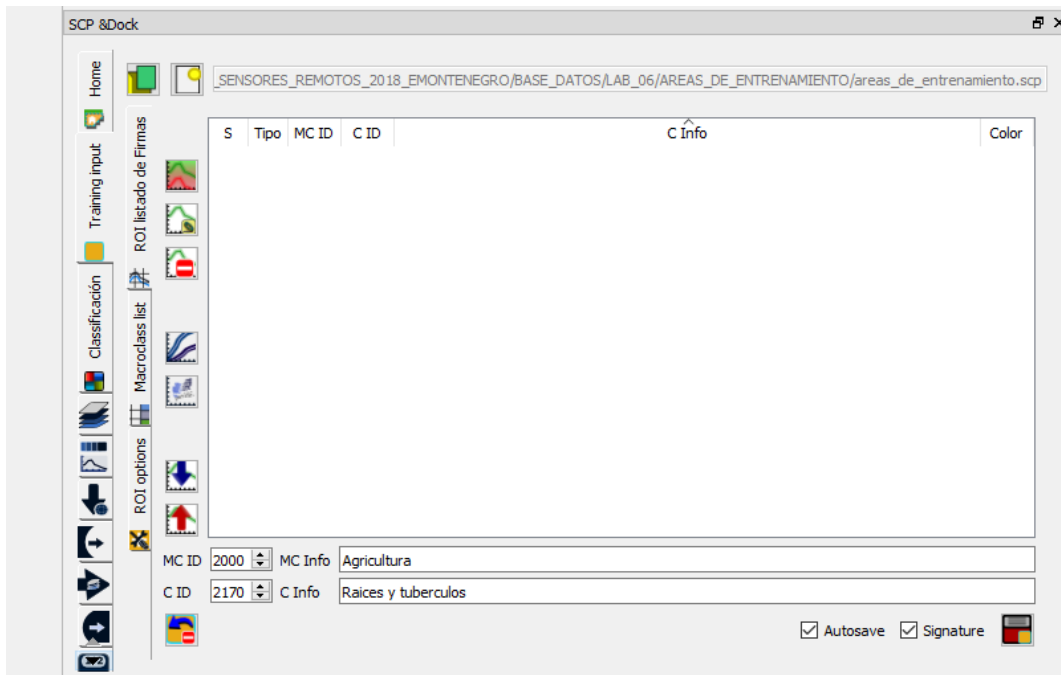



Figura 48. Código y nombre de las clases.

Finalmente se da clic en *guardar ROI temporal en el Entrenamiento de Entrada*  (Figura 49).

Después de guardado se observa como en la misma ventana aparece el área de entrenamiento creada.

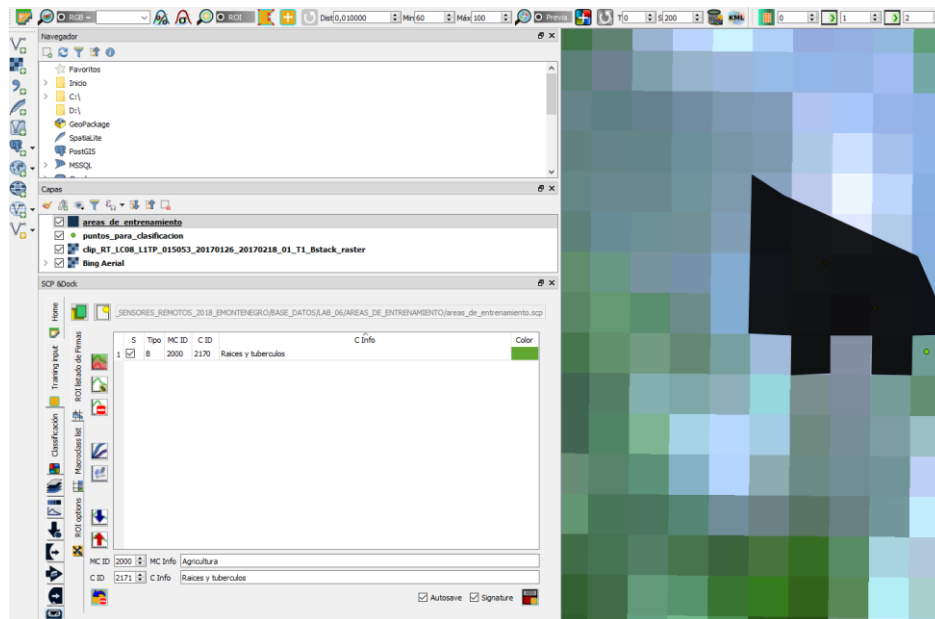


Figura 49. ROI temporal en el *Entrenamiento de Entrada*.

Nota: área de entrenamiento y ROI es lo mismo (ROI: Region of Interest).

Se procede a seguir creando las áreas de entrenamiento.

Sin embargo, es **importante** notar algo, en donde se pone el código (C ID) después de crear un área el número que aparece es consecutivo con el que se inició. Por ejemplo, para el caso anterior se puso el código 2170 pero se observa en la siguiente imagen que aparece 2171 por lo que es importante corregirlo y volver a poner 2170.

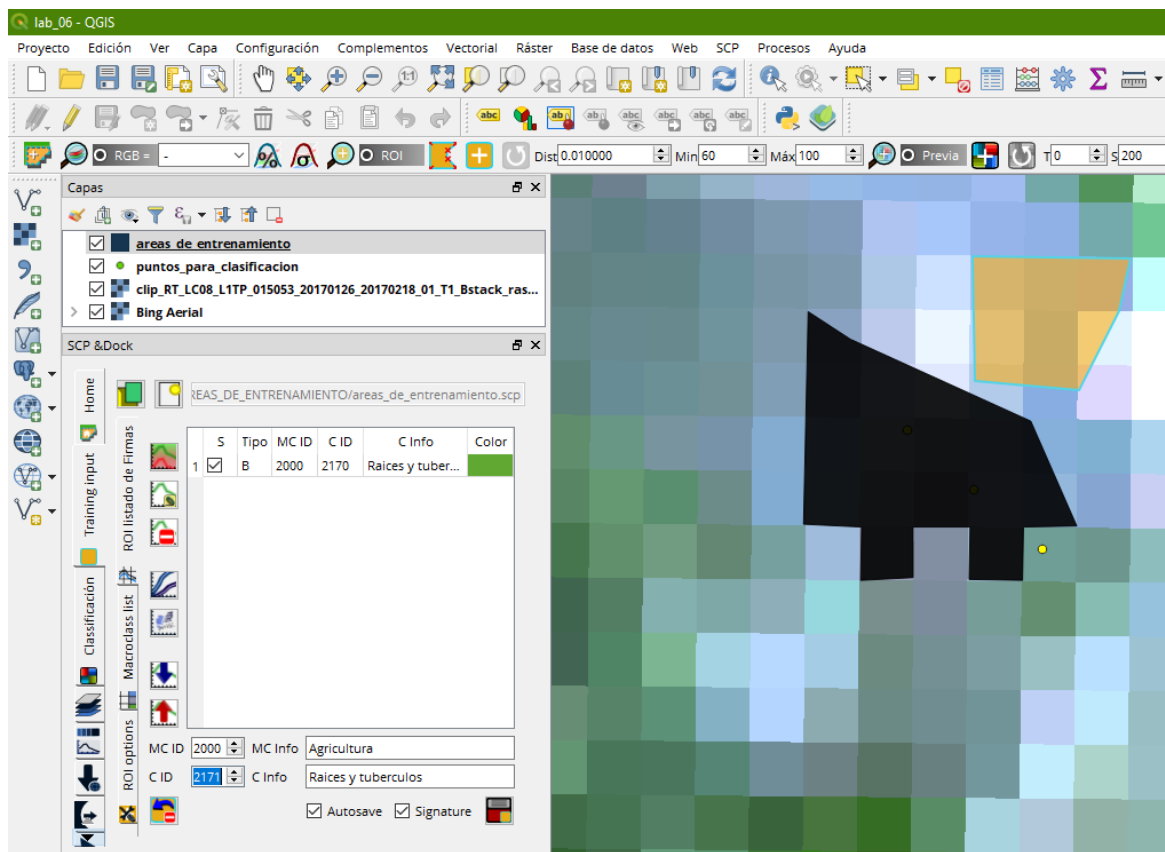


Figura 50. Corrección del código de las clases.

Se continúa dibujando áreas de entrenamiento, se realizarán 10 áreas de entrenamiento para cada una de las clases de uso.

Verificación con gráfico de firmas espectrales e imagen Satelital

Varias de las formas para ir clasificando con mayor seguridad es ir intercalando la imagen del cantón con la imagen satelital de Bing o Google y ver si se está clasificando correctamente.

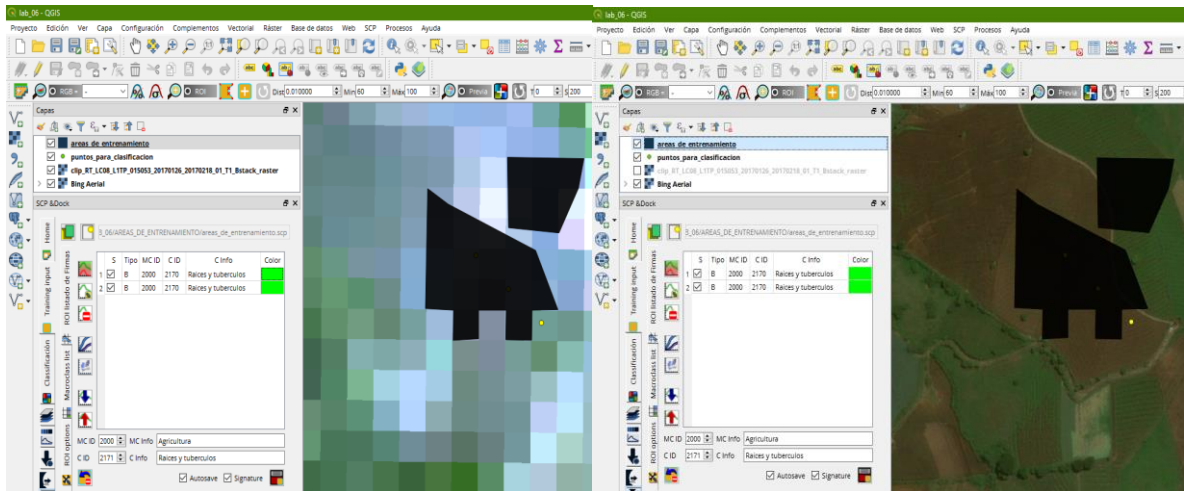



Figura 51. Verificación de las áreas de entrenamiento con la imagen satelital de Bing o Google.

Otra forma de verificar si se realiza bien la creación de polígonos es mediante *Agregar las firmas espectrales seleccionadas al gráfico de firmas espectrales* . Antes de dar clic en este ícono primero seleccionamos las áreas que queremos comparar.

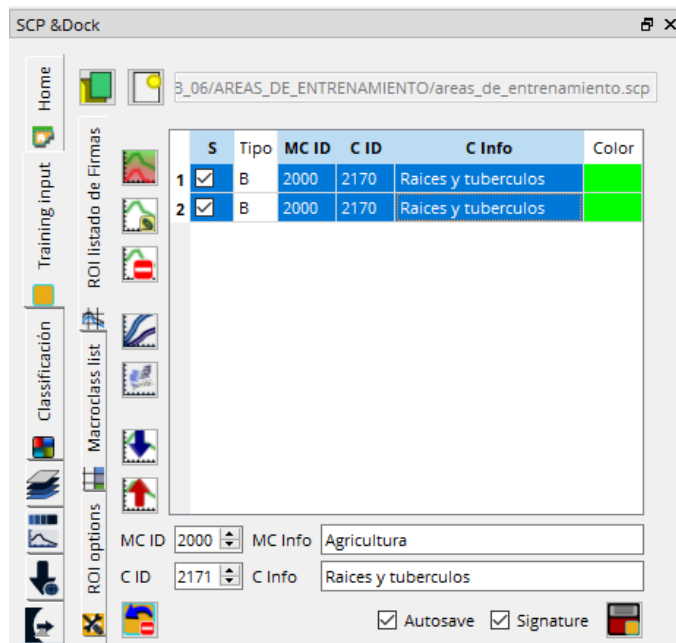


Figura 52. Verificación de las áreas de entrenamiento con el gráfico.

Ya observando el gráfico (Figura 53) se puede observar que ambas áreas de entrenamiento se graficaron y tienen un mismo o similar comportamiento por lo que se puede decir que se realizaron correctamente.

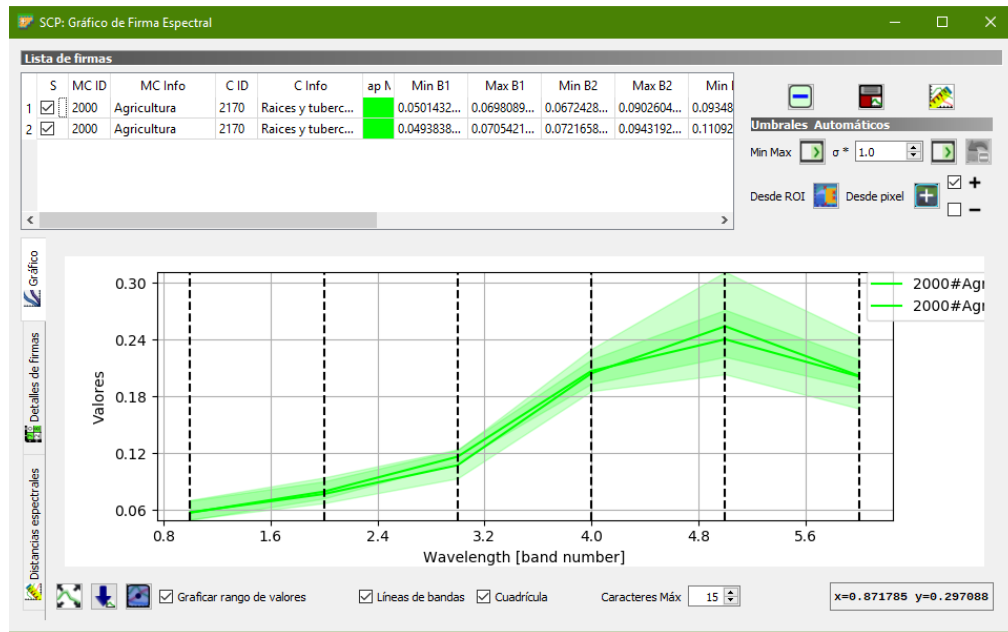


Figura 53. Verificación de las áreas de entrenamiento con el gráfico.

Una vez realizadas las áreas de entrenamiento (mínimo 10 para cada clase de uso), se guardará este archivo como archivo shape de ESRI (Figura 54).

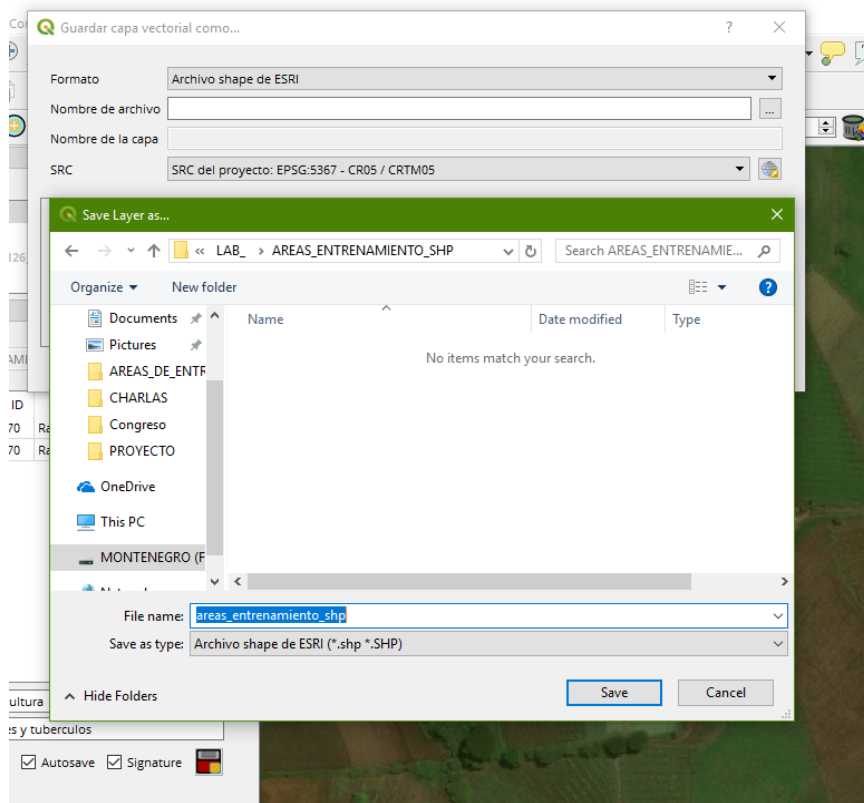


Figura 54. Archivo shp de las áreas de entrenamiento.

Una vez guardadas las áreas de entrenamiento en formato shape, se debe aplicar un proceso llamado *Dissolver*, esto se realiza para unir todas las áreas de entrenamiento de una clase en un solo registro. Al realizar esto se reduce el tiempo de procesamiento de las próximas operaciones por realizar.

Nota: A veces en el QGIS 3.0 el proceso de *dissolver* no funciona por lo que se puede realizar en la versión QGIS 2.18. En este caso se utilizó la versión 2.18.

Primero, en la barra de herramientas en *Vectorial/Herramientas de Geoproceso/Dissolver*. En la ventana de *dissolver*, en *capa de entrada*, se selecciona el archivo de áreas de entrenamiento en formato shape, se tiene que desmarcar la opción *Dissolve all*.

La columna que se tiene que seleccionar para *dissolver* tiene que ser C_ID. Finalmente se da clic en *Run*.

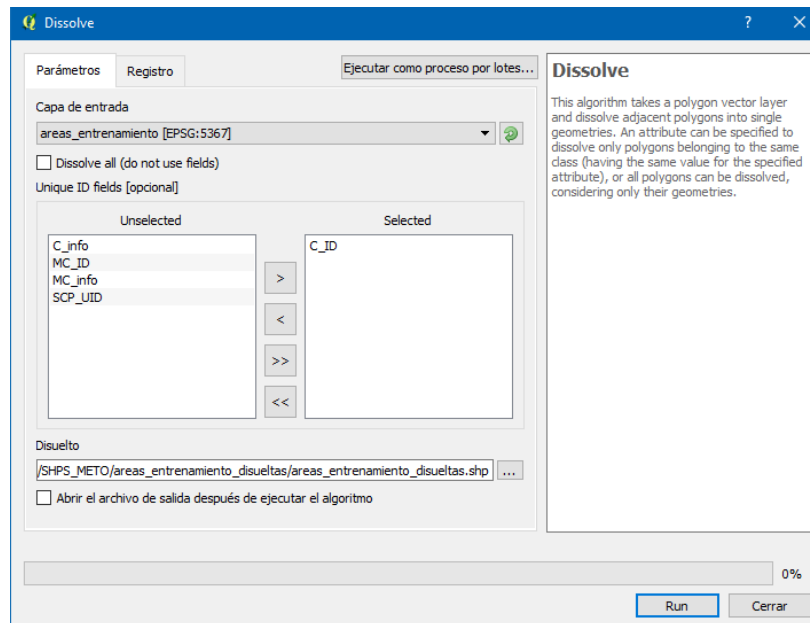


Figura 55. Ventana de *dissolver* en QGIS 2.18.

El producto es una capa con la información en la tabla de atributos disuelta, en las siguientes figuras (56-57) se observa la comparación de una capa sin disolver y la capa ya disuelta.

| | MC_ID | MC_info | C_ID | C_info | SCP_UID |
|----|-------|----------------------------------|------|---------------------|------------------|
| 1 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1100 | Bosque maduro | 20180723_2011... |
| 2 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1100 | Bosque maduro | 20180723_2014... |
| 3 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1100 | Bosque maduro | 20180723_2014... |
| 4 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1300 | Bosque secundario | 20180723_2019... |
| 5 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1300 | Bosque secundario | 20180723_2022... |
| 6 | 1000 | Manejo y conservación de bosques | 1300 | Bosque secundario | 20180723_2024... |
| 7 | 2000 | Agricultura | 2140 | Tierras en barbecho | 20180723_2039... |
| 8 | 2000 | Agricultura | 2140 | Tierras en barbecho | 20180723_2040... |
| 9 | 2000 | Agricultura | 2140 | Tierras en barbecho | 20180723_2043... |
| 10 | 2000 | Agricultura | 2140 | Tierras en barbecho | 20180723_2045... |

Figura 56. Tabla de atributo sin disolver.

areas_entrenamiento_disuelto :: Objetos totales: 12, filtrados: 12, seleccionados: 0


abc MC_ID = E Actualizar todo Actualizar lo seleccionado


| | MC_ID | MC_info | C_ID | C_info | SCP_UID |
|----|-------|----------------------------------|------|----------------------|---------------------------|
| 1 | 1000 | Manejo y conservacion de bosques | 1100 | Bosque maduro | 20180723_201119278847_534 |
| 2 | 1000 | Manejo y conservacion de bosques | 1300 | Bosque secundario | 20180723_201957569914_572 |
| 3 | 2000 | Agricultura | 2140 | Tierras en barbecho | 20180723_203947400976_323 |
| 4 | 2000 | Agricultura | 2150 | Hortalizas | 20180808_093546039862_568 |
| 5 | 2000 | Agricultura | 2170 | Raices y tuberculos | 20180808_095533221450_437 |
| 6 | 2000 | Agricultura | 2200 | Cultivos permanentes | 20180808_113755660333_882 |
| 7 | 2000 | Agricultura | 2400 | Cultivos confinados | 20180807_173139031749_989 |
| 8 | 3000 | Ganaderia y pastos | 3200 | Pastos cultivados | 20180807_175235028402_743 |
| 9 | 4000 | Zonas humedas | 4200 | Cuerpos de agua | 20180807_180636560509_741 |
| 10 | 5000 | Infraestructura | 5100 | Zonas urbanizadas | 20180808_084435899851_265 |
| 11 | 7000 | No clasificable | 7100 | Sombras | 20180723_092659965745_719 |
| 12 | 7000 | No clasificable | 7200 | Nubes | 20180723_095635241643_829 |

Figura 57. Tabla de atributos disuelta.

Proceso de subida de archivos shape

Una vez realizadas las áreas de entrenamiento, se procedió a realizar la clasificación supervisada, subiendo el archivo de las áreas de entrenamiento en formato shape y disuelto, a la herramienta SCP 6 del programa QGIS 3.0.

En el panel SCP en la pestaña *Training input* se marca la opción *Crear un nuevo entrenamiento de entrada* . Se crea un nuevo archivo scp.

Después en la ventana donde se hicieron las áreas de entrenamiento, se busca la opción *Importar firmas espectrales* , luego seleccionar *Importar archivo shape*, se selecciona el archivo áreas de entrenamiento disuelto, se procede a marcar los campos para hacer que todos coincidan como se observan en la siguiente figura 58. Se le da *Importar shape* y seguidamente aparecen las clases (Figura 59).

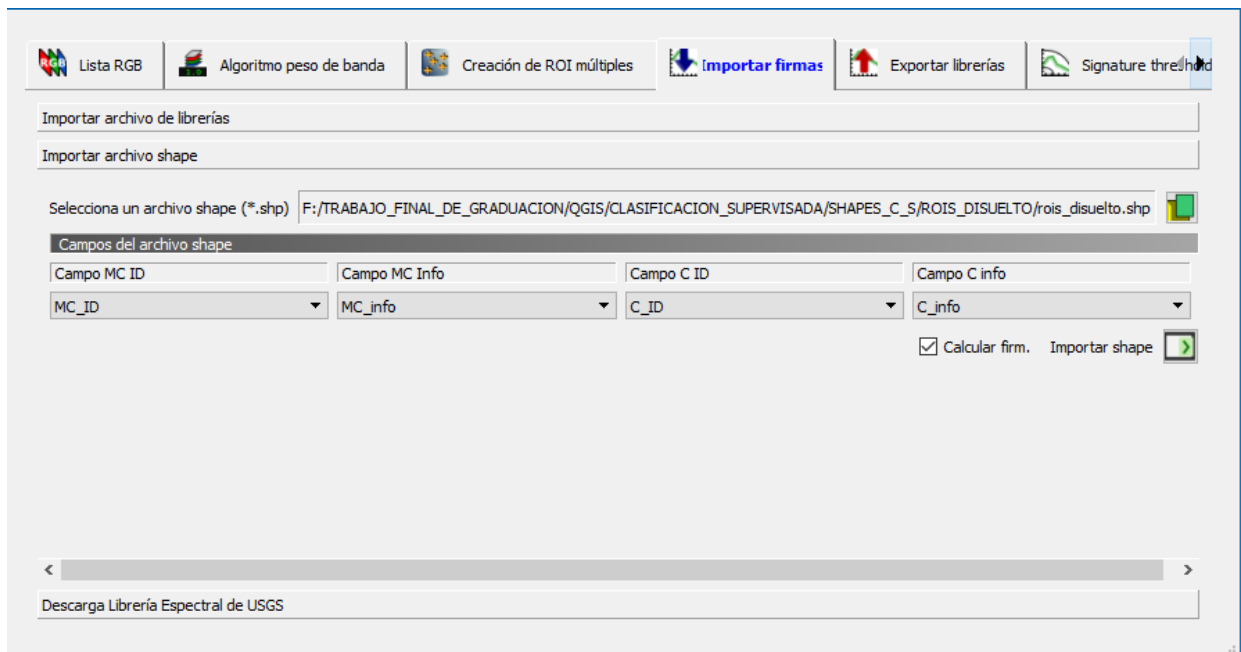


Figura 58. Ventana *Importar firmas espectrales*.

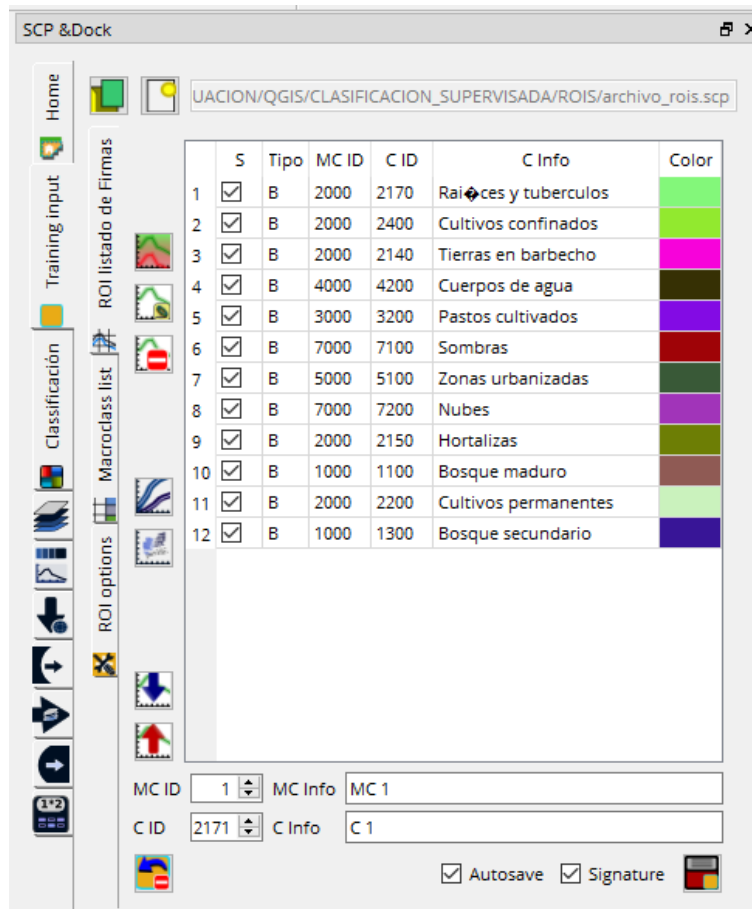
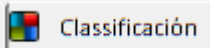


Figura 59. Ventana con las áreas de entrenamiento.

Después de subidas las áreas de entrenamiento en formato shape. En la pestaña de clasificación , se selecciona primero si será macroclase (MC ID) o clase (C ID). Para este caso será *clase*.

También se selecciona el algoritmo de clasificación, el cual, el que mejor resultado da es *Distancia Mínima*, las demás opciones son para probar distintas clasificaciones, sin embargo, no se modifican para este caso, por lo que el siguiente paso es dar clic en *Run*.

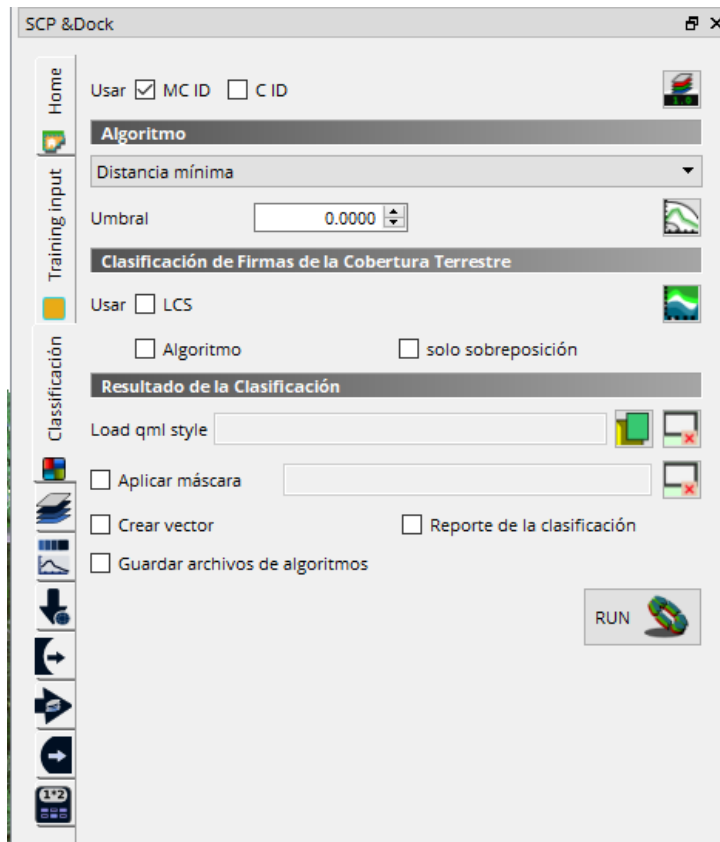


Figura 60. Ventana de Clasificación.

Después de ejecutado el proceso se obtendrá la clasificación de uso del suelo.

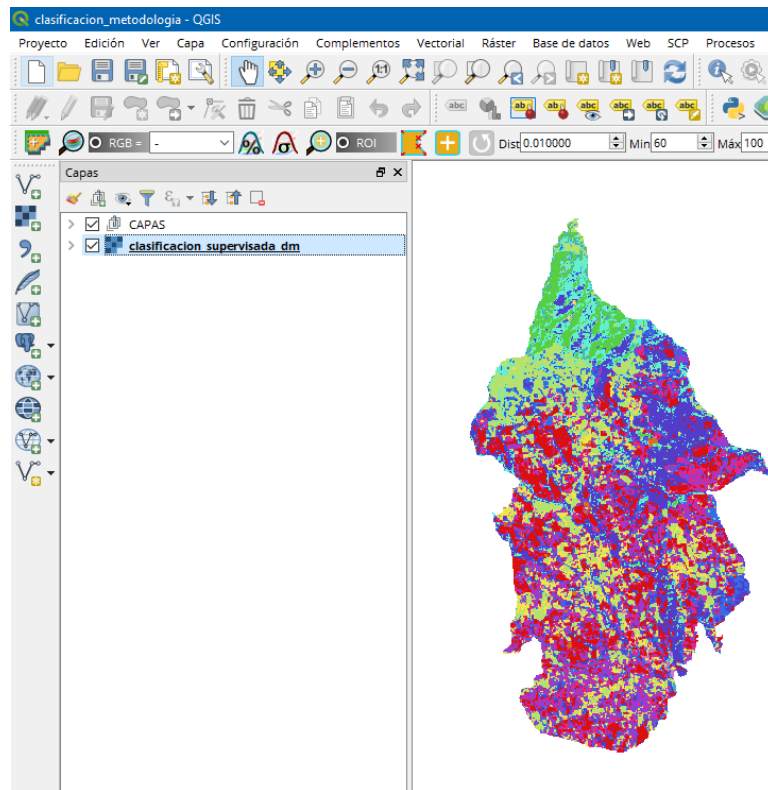


Figura 61. Visualización de la clasificación.

Sin embargo, a esta clasificación aún hay que realizarle unos procesos de filtrado, mejora y validación.

Proceso de filtrado (posterior a la clasificación)

Este proceso es importante de realizar ya que, se deben eliminar los píxeles que quedan aislados o “solos” dentro de un área con diferente clasificación. Esta mala clasificación se debe a que por efecto de algún obstáculo o por el algoritmo utilizado, dicha clasificación no se realiza homogéneamente o igual a la de sus vecinos.

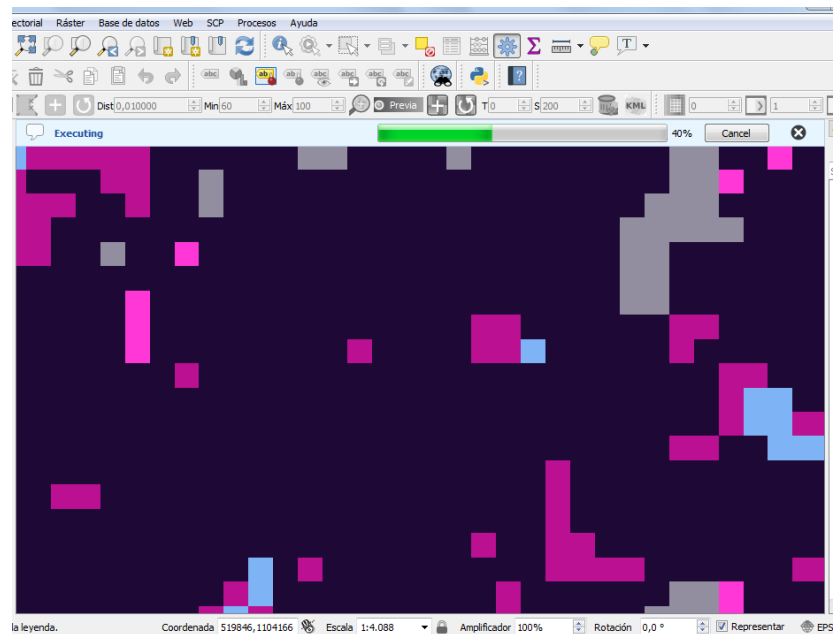



Figura 62. Pixeles aislados.

En la ventana principal de  *Semi-Automatic Classification Plugin* se abre la opción *Postprocesamiento*. En esa ventana se selecciona *Filtrado de clasificación*.

En la opción *Selecciona la clasificación* escoge la clasificación previamente hecha.

En *Tamaño de umbral*, se selecciona 3, es decir; si menos de 3 píxeles sufren ese fenómeno en un área determinada, se debe eliminar y clasificar esa área cómo se clasificaron los 8 vecinos próximos (Figura 63). Por último, se da clic en *Run*

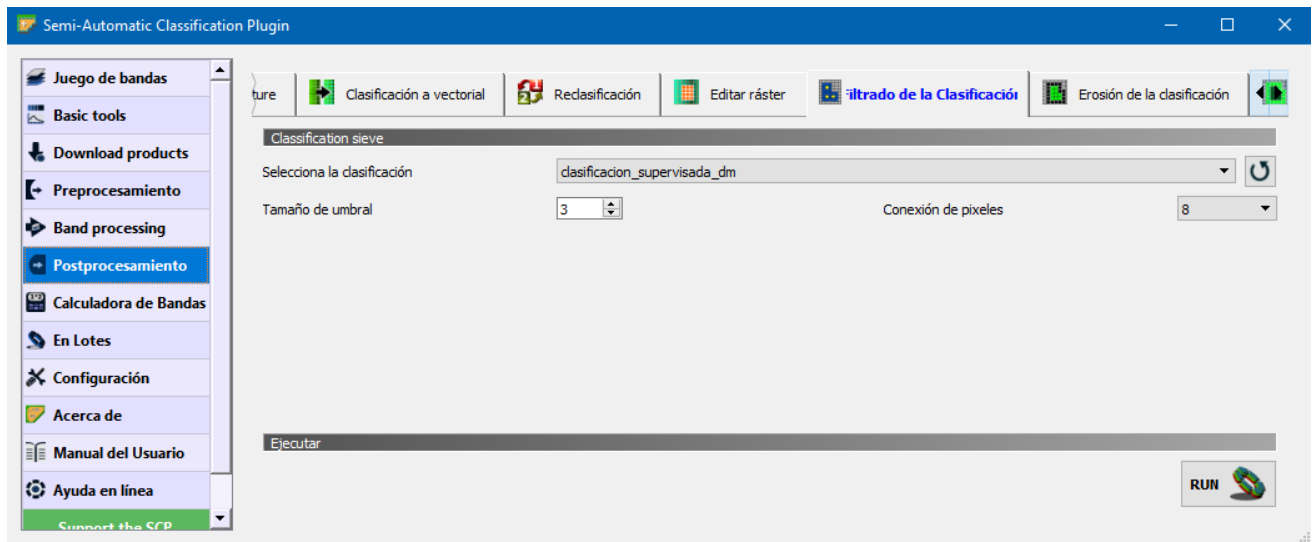


Figura 63. Ventana *Postprocesamiento* de la herramienta *Semi-Automatic Classification*.

Nota: Si con el programa QGIS 3.0 el proceso de filtrado no funciona, es importante probar con otras versiones de QGIS como QGIS 2.18.

En QGIS 2.18 los pasos serían: *Raster/Análisis/Filtrado*. Se guarda la nueva capa raster filtrada.

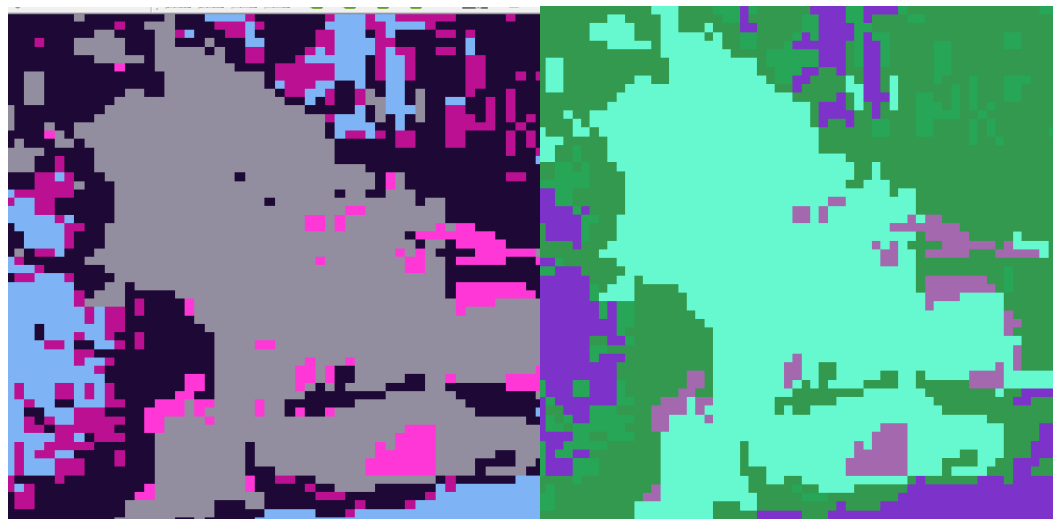


Figura 64. Resultado del raster filtrado. Imagen sin filtro/Imagen con filtro.

Nota: A la capa filtrada se le puede realizar otro proceso de filtrado en caso de que no se haya quedado satisfecho con el resultado, también se pueden variar las opciones de *tamaño de umbral* y *conexión de píxeles* para obtener diferentes resultados y seleccionar el mejor.

Mejora de las áreas clasificadas mediante fotointerpretación (Opcional)

Este es un proceso opcional, consiste en ir verificando partes de la imagen clasificada con las imágenes satelitales de Google Earth, de fechas muy cercanas entre sí.

Primeramente, se tiene que convertir la imagen clasificada que se encuentra en formato ráster a formato shape.

En la barra de herramientas se selecciona: *Raster/Conversión/Poligonizar*

En la ventana que se abre, se configura de la siguiente forma, en *capa de entrada* se selecciona la imagen de la clasificación y en el campo *vectorizado* se guarda con un nuevo nombre la capa (Figura 65). Los demás campos no se modifican. Se da clic en *Run in background*.

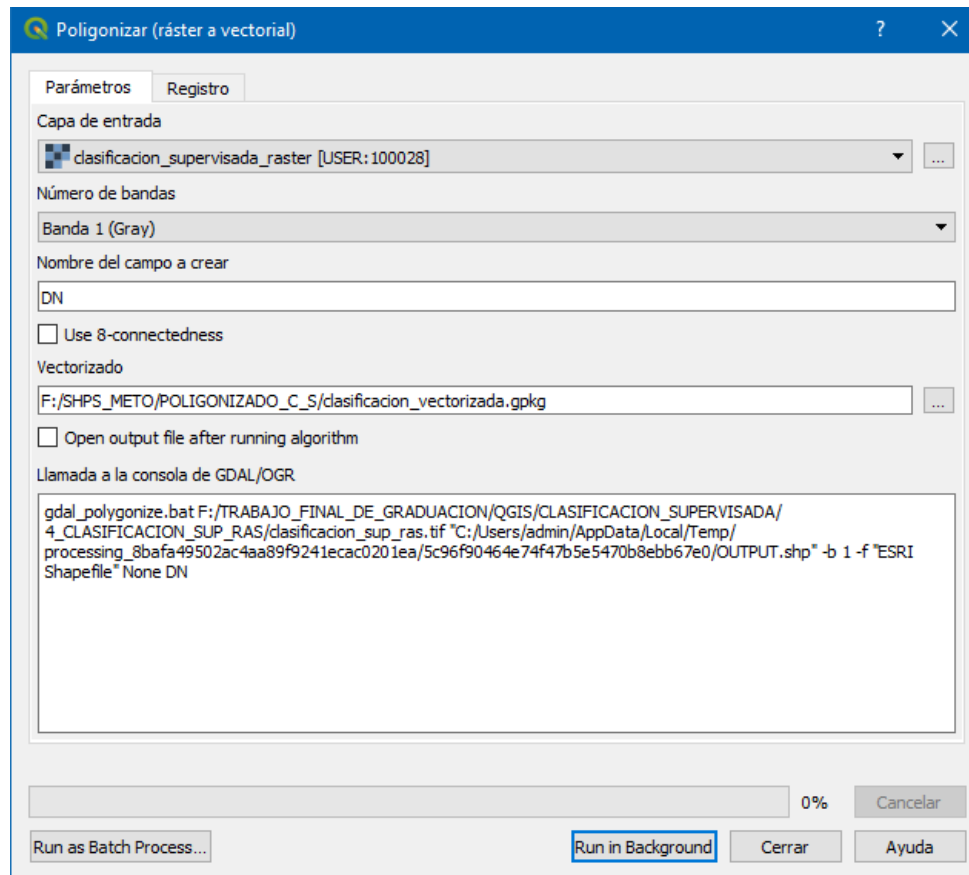


Figura 65. Configuración de la ventana Poligonizar.

Realizado el proceso se obtiene una capa vectorial en formato shape.

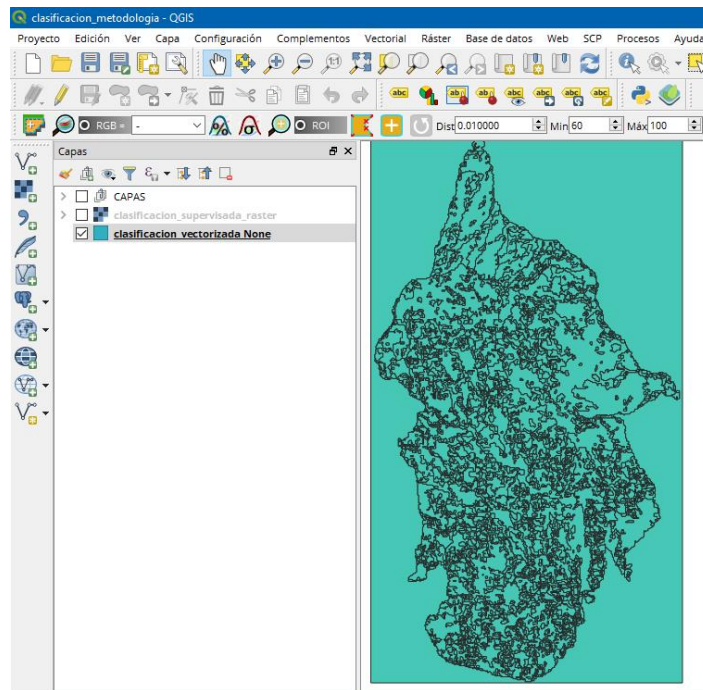



Figura 66. Visualización de la clasificación en formato shape.

Ahora se categoriza la clasificación en diferentes colores para que se observen las diferentes clases.

Click derecho a la capa/*Propiedades/Simbología/Categorizado*. En el campo *Columna* se selecciona DN (Figura 67), y después *Clasificar*.

Cuando se clasifica se selecciona el valor 0 y el que no posee número y se marca borrar  (Figuras 68-69). Se da clic en aceptar.

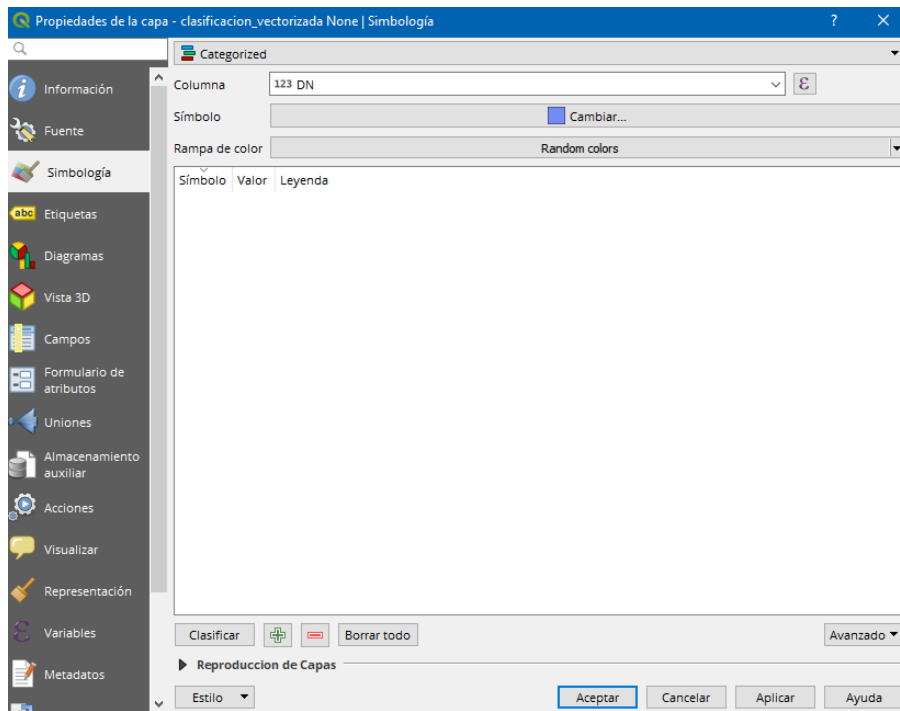


Figura 67. Ventana para categorizar.

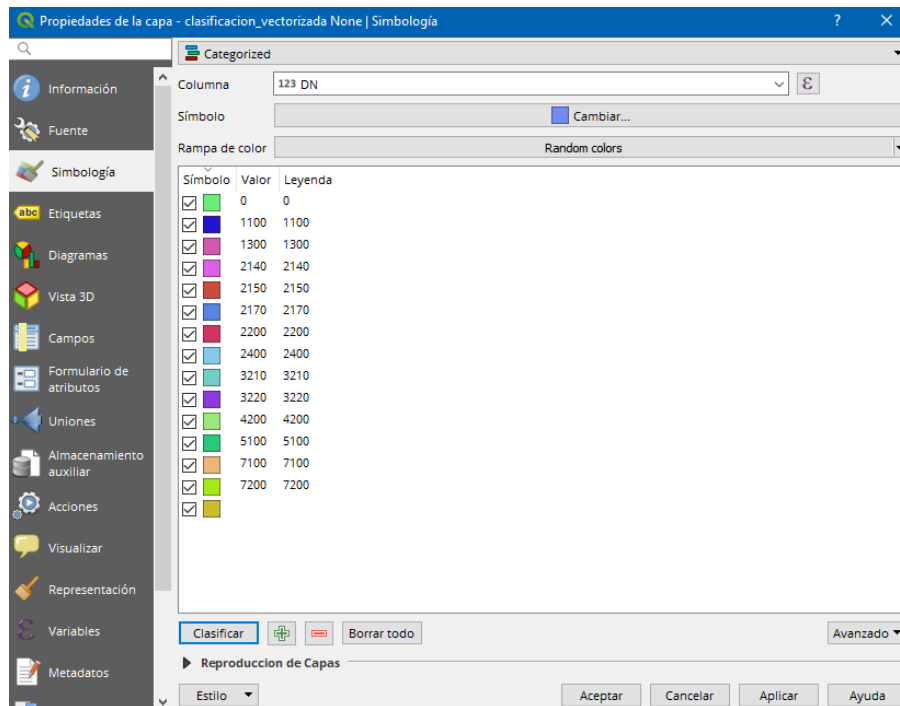


Figura 68. Clasificado de las clases.

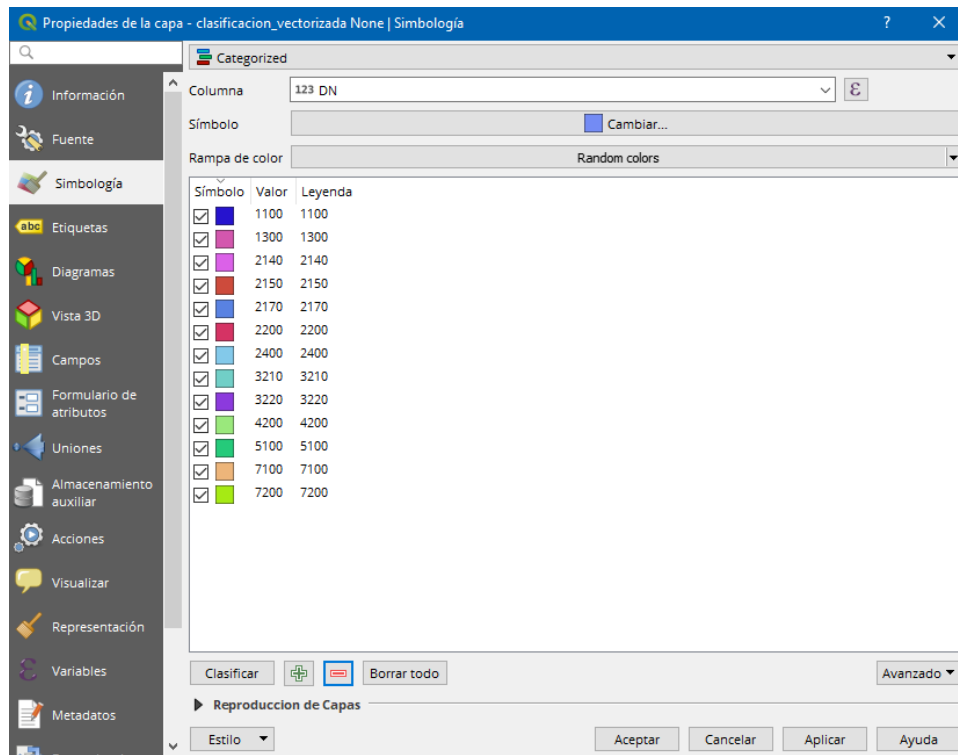


Figura 69. Clasificado de las clases.

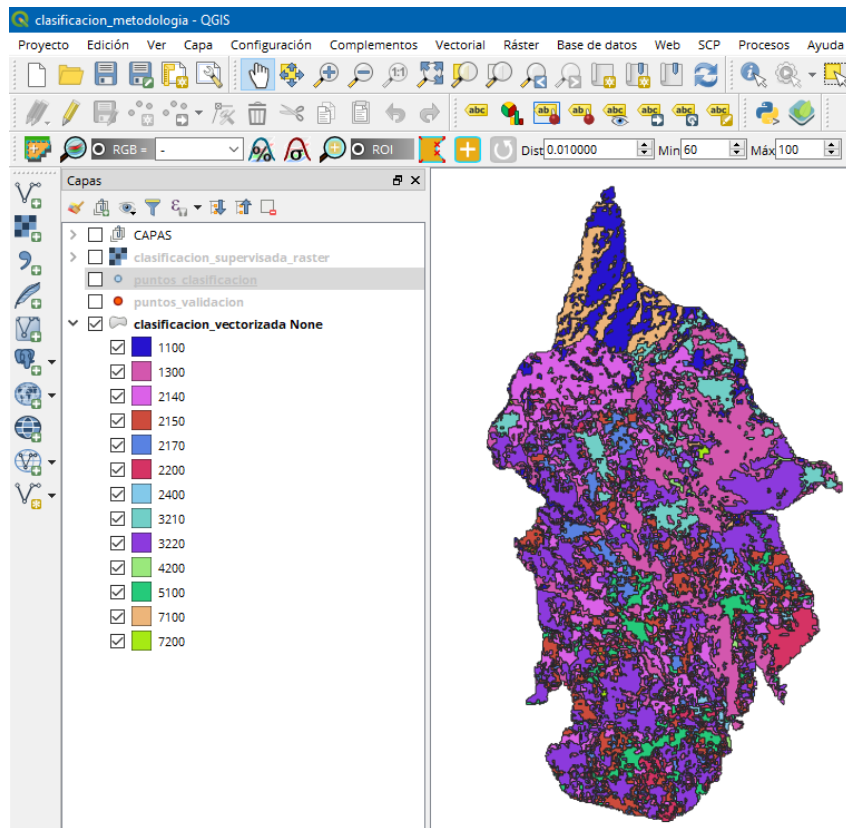


Figura 70. Resultado de categorizar.

Ahora se utilizará Google Earth Pro para verificar algunos usos. Primero se sube el polígono del área de estudio categorizado y los puntos de clasificación a Google Earth Pro. Para esto, estas capas se guardan en formato KML desde QGIS y después a los archivos guardados ya en formato KML se le da doble clic para que se abran inmediatamente en Google Earth Pro.

En Google Earth Pro se observarán los archivos (Figura 71).

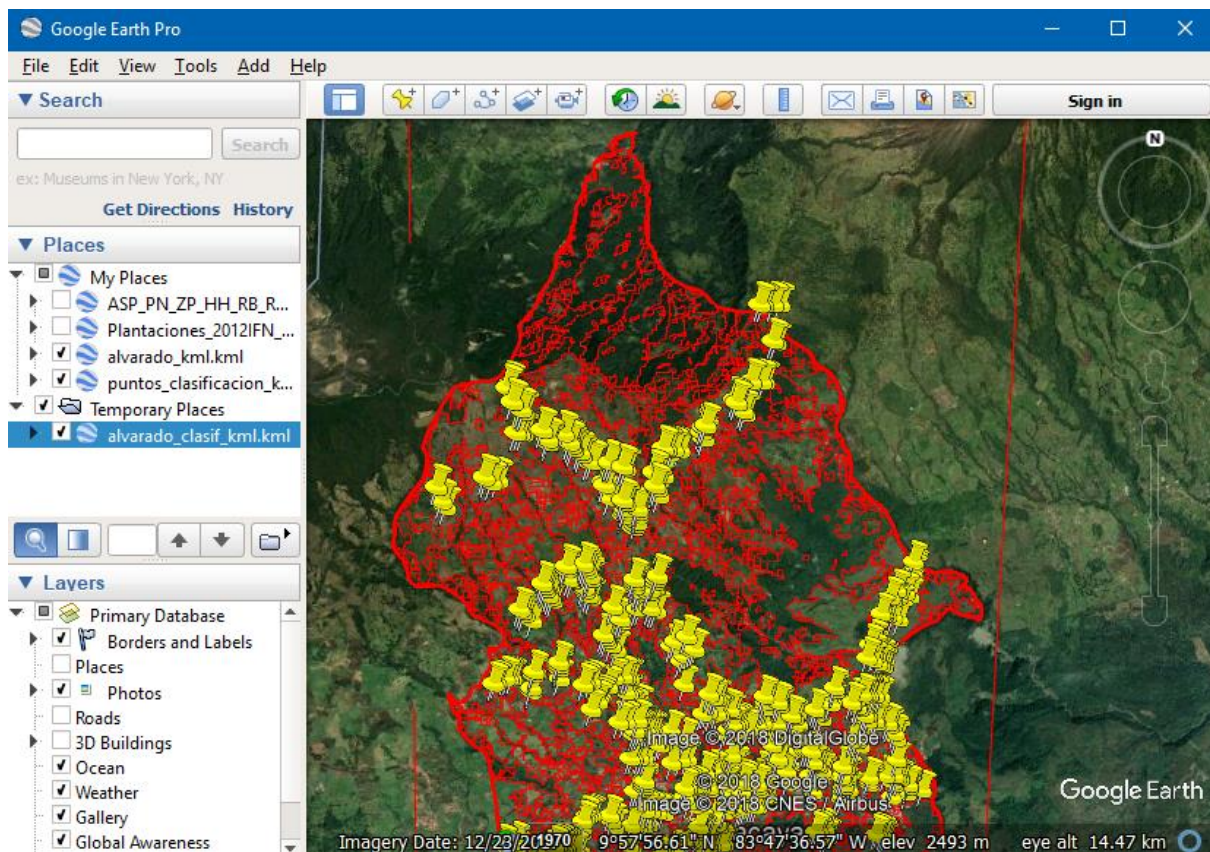



Figura 71. Visualización del área de estudio y los puntos de clasificación en Google Earth Pro.

Nota: Antes de continuar es importante seleccionar la opción de imágenes históricas  en Google Earth Pro y seleccionar la imagen más cercana en fecha a la imagen utilizada en Qgis, en este caso la imagen satelital descargada y utilizada en Qgis es de la fecha del 26 de enero del 2017, por lo que en Google Earth Pro se buscan imágenes lo más cercana posible a esa fecha. Se encontró una vista con imágenes del 15 de enero del 2017 por lo que funciona utilizar esta fecha por la cercanía a la otra imagen.

El siguiente paso es seleccionar algún punto en el cual se tenga duda de si se clasificó incorrectamente y comparar entre Google Earth Pro y Qgis.

A continuación, un ejemplo en la figura 72.

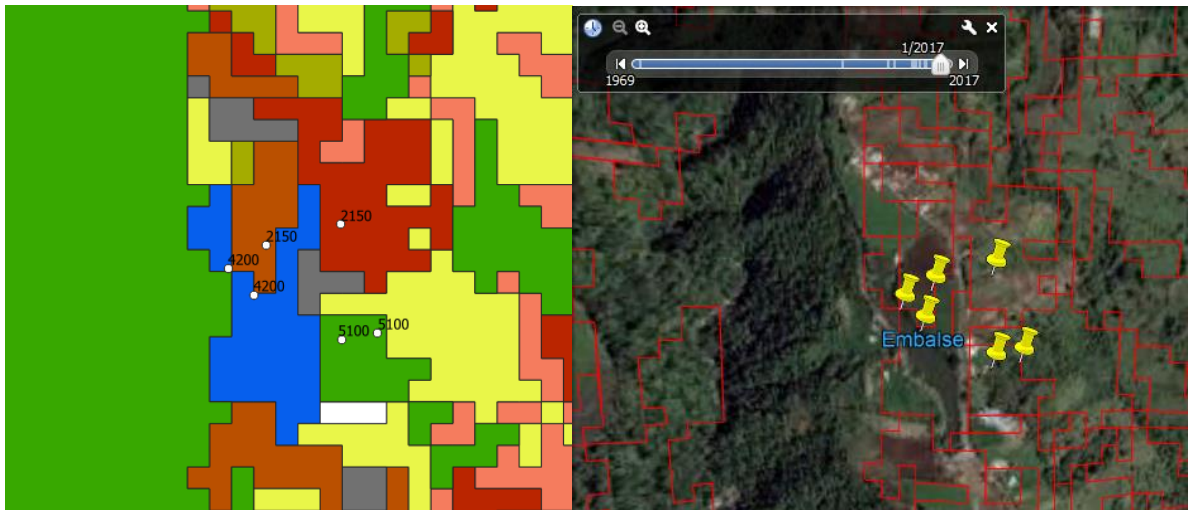


Figura 72. Comparación del mismo sitio (Qgis y Google Earth Pro).

Se observa que los puntos con el código 4200 están bien clasificados ya que este código se refiere a cuerpos de agua, de igual forma los demás códigos se han clasificado correctamente. Sin embargo, si se hubiese notado con claridad que la clasificación no se realizó correctamente, se puede ir a la tabla de atributos de la capa de clasificación y corregir el código por el uso real que se observa en la imagen de Google Earth Pro.

Validación

Se provee una capa de puntos en formato shape donde se encuentra un 30% de los datos tomados en campo. Estos datos no fueron utilizados para realizar la clasificación.

Ahora para poder realizar la validación se requiere de una capa que tenga la información de los puntos de validación (que serían los códigos del uso del suelo) y la información con que se clasificó la imagen debajo del punto de validación. A continuación, el procedimiento:

Nota 1: Si después del filtrado NO se realizó la parte de esta metodología llamada Mejora de las áreas clasificadas mediante fotointerpretación (Opcional) entonces se trabajará con la imagen filtrada que se encuentra en formato raster. Si no es así ver **Nota 2** más adelante.

Subir la capa de puntos para validación y la imagen filtrada en formato raster, en QGIS 2.18 (en caso de que no funcionara en QGIS 3.0), ir a la caja de herramientas y buscar la herramienta “Add raster values to points”.

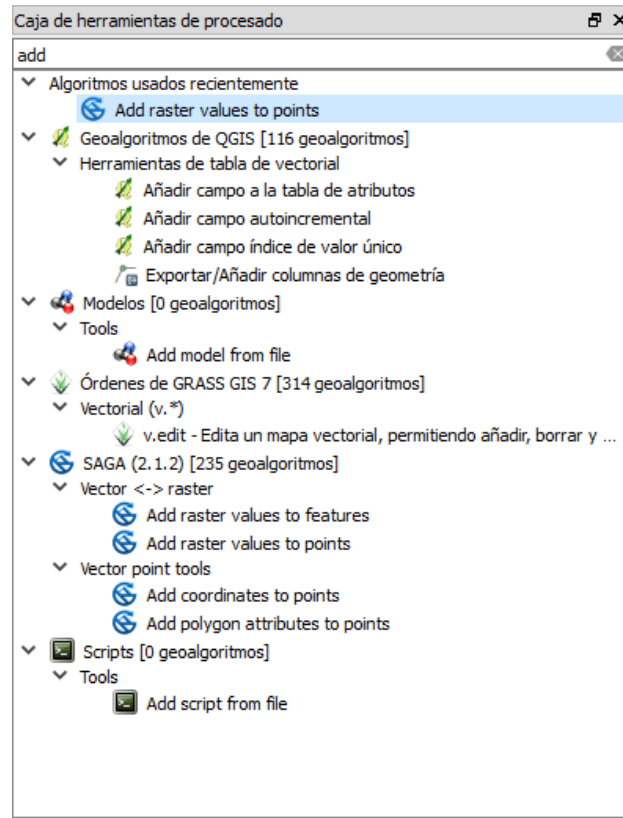


Figura 73. Visualización de la herramienta *Add raster values to points*.

En la ventana que se abre de la herramienta, se procede a llenar la ventana (Figura 74), donde en *Points* se seleccionan los puntos de validación, y en *Grids* se selecciona la imagen filtrada de la clasificación, por último, en *Result* se guarda la capa con un nombre específico.

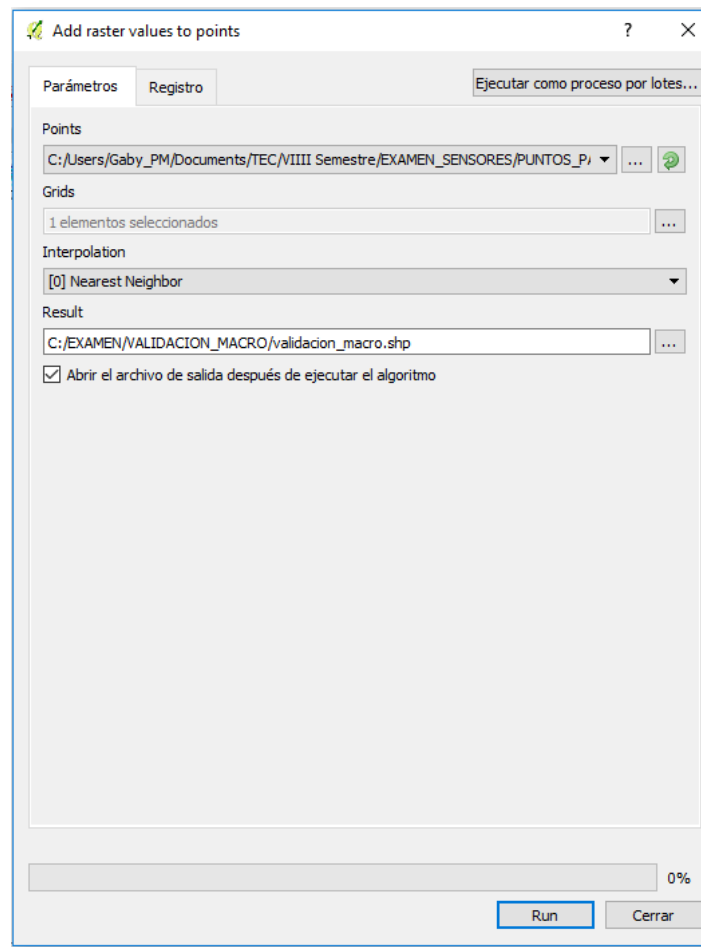


Figura 74. Ventana de la herramienta *Add values to point*.

El resultado es una capa con los códigos de los puntos de validación (columna llamada USO_1) junto con los códigos que se clasificaron en la imagen (última columna) (Figura 75).

| | X | Y | DISTANCIA | AZIMUT | USO_1 | NOMBR_USO_1 | clasificaci |
|----|--------|---------|-----------|--------|-------|---------------------|-----------------|
| 1 | 525009 | 1096910 | 100 | 2 | 2400 | Cultivos confinados | 2200.0000000000 |
| 2 | 525007 | 1096860 | 50 | 2 | 2400 | Cultivos confinados | 2140.0000000000 |
| 3 | 524818 | 1097042 | 100 | 116 | 2150 | Hortalizas | 2140.0000000000 |
| 4 | 521744 | 1098052 | 100 | 225 | 2140 | Tierras en barbe... | 2140.0000000000 |
| 5 | 522380 | 1097850 | 100 | 233 | 3200 | Pastos cultivados | 2150.0000000000 |
| 6 | 522225 | 1097966 | 150 | 64 | 3200 | Pastos cultivados | 3220.0000000000 |
| 7 | 522180 | 1097945 | 100 | 64 | 3200 | Pastos cultivados | 3220.0000000000 |
| 8 | 521755 | 1098445 | 50 | 335 | 3200 | Pastos cultivados | 2150.0000000000 |
| 9 | 522852 | 1098317 | 50 | 148 | 3200 | Pastos cultivados | 1300.0000000000 |
| 10 | 523513 | 1098133 | 50 | 311 | 2170 | Raices y tuberculos | 2170.0000000000 |
| 11 | 523069 | 1098089 | 150 | 305 | 2140 | Tierras en barbe... | 3220.0000000000 |
| 12 | 522841 | 1097927 | 50 | 277 | 3200 | Pastos cultivados | 2150.0000000000 |
| 13 | 521440 | 1096645 | 50 | 129 | 3200 | Pastos cultivados | 2150.0000000000 |
| 14 | 519755 | 1096281 | 150 | 183 | 3200 | Pastos cultivados | 3220.0000000000 |

Figura 75. Información en la tabla de atributos.

Nota 2: Si se realizó la parte de la metodología Mejora de las áreas clasificadas mediante fotointerpretación (Opcional), entonces se trabajará con la capa generada en esa parte, que está en formato shape.

La herramienta que se usa para este caso es *add polygon attributes to points*, que se encuentra en QGIS 3.0, se busca en la caja de herramientas.

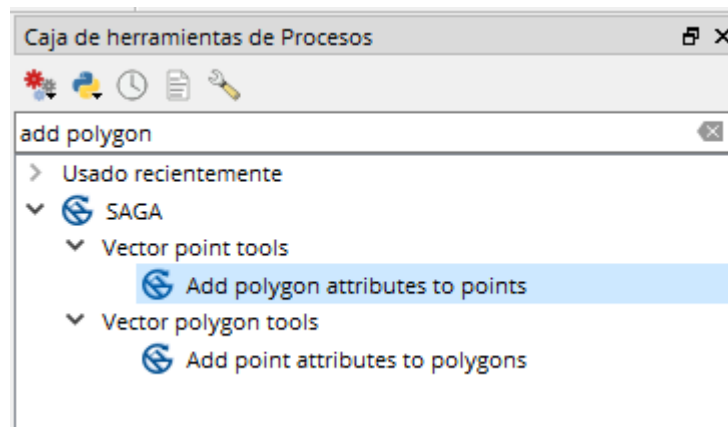


Figura 76. Herramienta *add polygon attributes to points*.

En la ventana que se abre (Figura 77), se completan los campos de la siguiente manera: en *points* se seleccionan los puntos de validación, en *polygons* se selecciona la clasificación que se encuentra en formato shape, en el campo *attribute* se selecciona la columna de la imagen en formato shape que contiene los códigos, y en *Result* se guarda la capa. Se da clic en *ejecutar*.

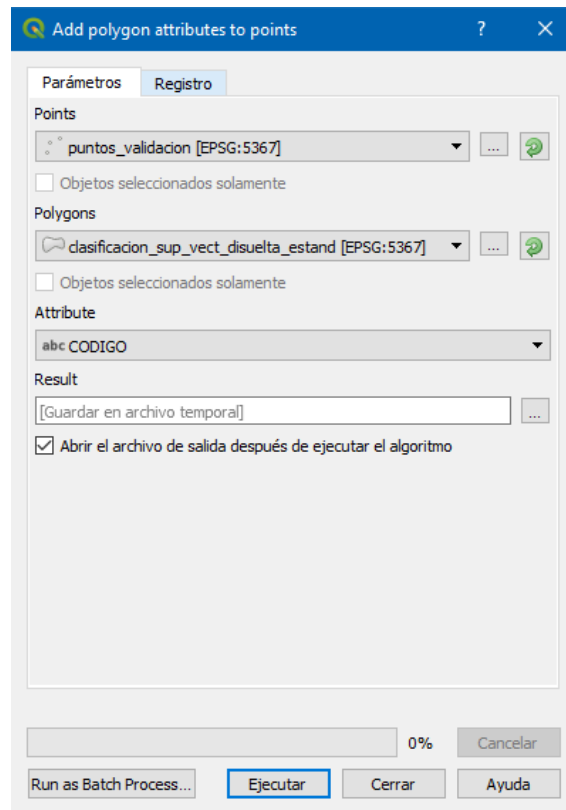


Figura 77. Ventana de la herramienta *add polygon attributes to points*.

El resultado de esta operación es una capa en formato shape, la cual se deberá de guardar en formato XML para poder visualizarlo en Excel y realizar el proceso de validación, creando una matriz.

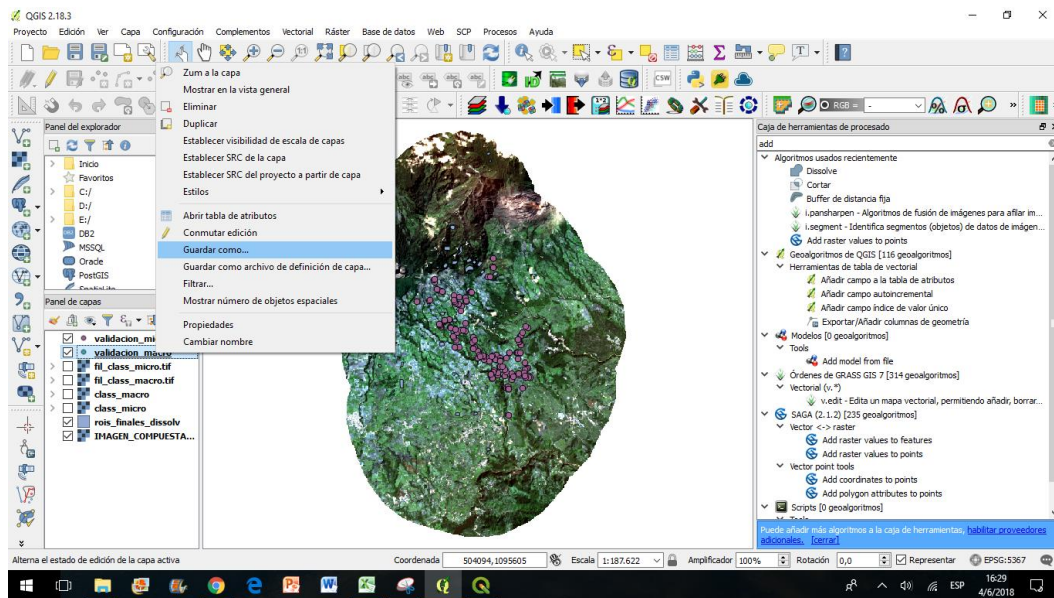


Figura 78. Guardar la capa shp en formato XML.

Seleccionar el formato a guardar (XML) y elegir destino y nombre del archivo resultado, como se muestra en la siguiente figura 79.

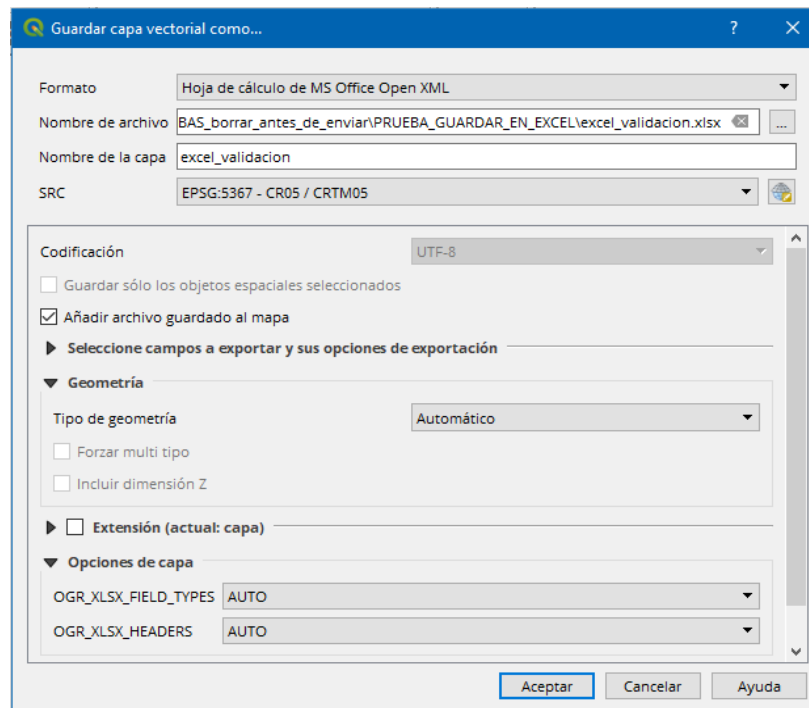


Figura 79. Ventana *Guardar como*.

Posteriormente, buscar en la carpeta elegida y abrir el archivo generado anteriormente.

Al inicio aparecerán todos los datos que estaban contenidos en la tabla de atributos (Figura 80), pero se necesitarán dos columnas para poder realizar la matriz que son el Uso que tienen los puntos de validación tomados en campo y los valores que se agregaron a la capa de puntos de validación, por lo que estas columnas se copian y pegan en una hoja nueva de Excel (Figura 81).

| | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S |
|----|--------|---------|-----------|-------|-------|-------------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|--------|-------|------------------|------------|
| | X | Y | DISTANCIA | AZMUT | USO_1 | NOMBR_USO_ | COBERTURA_ | NOMBR_COB_ | COBERTUR_1 | NOMBR_CO_1 | ALT_BOSQUE | SP_IND | FOTO | OBSERV | clasificac |
| 2 | 520463 | 1098735 | 100 | 100 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_01 | Papa | 2100 |
| 3 | 520512 | 1098727 | 150 | 100 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_01 | Papa | 3200 |
| 4 | 522341 | 1097819 | 150 | 233 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_15 | | 2100 |
| 5 | 522245 | 1098092 | 100 | 107 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G3_16 | cebolla | 2100 |
| 6 | 520315 | 1099180 | 150 | 130 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_02 | Cebolla | 5100 |
| 7 | 520848 | 1099825 | 50 | 110 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_03 | Papa | 1300 |
| 8 | 521709 | 1098017 | 150 | 225 | 2100 | Cultivos anuales | 2100 | Terreno descubierto | | | | | G3_17 | | 2100 |
| 9 | 520942 | 1099791 | 150 | 110 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G1_03 | Potrero con vaca | 5100 |
| 10 | 521755 | 1098445 | 50 | 335 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_18 | Pastos Impios | 3200 |
| 11 | 521734 | 1098490 | 100 | 335 | 5100 | Zonas urbanizad | 2210 | Techo | | | | | G3_18 | Zona urbana dis | 3200 |
| 12 | 522135 | 1097923 | 50 | 84 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_19 | Pastos Impios | 3200 |
| 13 | 521346 | 1099039 | 100 | 215 | 2100 | Cultivos anuales | 1300 | Herbáceas | | | | | G1_05 | Repajo; bosque | 1300 |
| 14 | 521495 | 1098743 | 50 | 35 | 2100 | Cultivos anuales | 1300 | Herbáceas | | | | | G1_06 | Papa, adyacente | 1300 |
| 15 | 522955 | 1098232 | 150 | 148 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_21 | | 1300 |
| 16 | 522841 | 1097927 | 50 | 277 | 3200 | Pastos cultivado | 1100 | Arboles | | | | | G3_22 | | 1300 |
| 17 | 523151 | 1098032 | 50 | 305 | 2100 | Cultivos anuales | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_23 | | 1300 |
| 18 | 522416 | 1103262 | 50 | 270 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_17 | Papa | 2100 |
| 19 | 524207 | 1098398 | 50 | 86 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_26 | Pastos Impios | 3200 |
| 20 | 522389 | 1103262 | 100 | 270 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_17 | Papa | 2100 |
| 21 | 524257 | 1098401 | 100 | 86 | 2400 | Cultivos confinac | 1600 | Plástico | | | | | G3_26 | | 3200 |
| 22 | 524307 | 1098405 | 150 | 86 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_26 | | 3200 |
| 23 | 524986 | 1099993 | 150 | 130 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_28 | Pastos | 1300 |
| 24 | 520933 | 1101911 | 100 | 280 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G1_21 | | 1300 |
| 25 | 520980 | 1101669 | 50 | 330 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_22 | Repajo | 2100 |
| 26 | 520955 | 1101713 | 100 | 330 | 2100 | Cultivos anuales | 2110 | Suelo desnudo | | | | | G1_22 | Descubierto | 2100 |
| 27 | 524471 | 1099415 | 100 | 28 | 1300 | Bosque secunda | 1100 | Arboles | | | | | G3_30 | | 1300 |
| 28 | 524495 | 1099459 | 150 | 28 | 1300 | Bosque secunda | 1100 | Arboles | | | | | G3_30 | | 2100 |
| 29 | 520692 | 1101387 | 150 | 360 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_23 | | 2100 |
| 30 | 524457 | 1098927 | 50 | 121 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_31 | Pastos Impios | 1300 |
| 31 | 520500 | 1101449 | 50 | 330 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G1_24 | | 3200 |
| 32 | 524499 | 1098901 | 100 | 121 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_31 | Pastos Impios | 1300 |
| 33 | 520475 | 1101492 | 100 | 330 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G1_24 | | 3200 |
| 34 | 520256 | 1101571 | 50 | 155 | 2100 | Cultivos anuales | 1330 | Otras herbáceas | | | | | G1_25 | | 2100 |
| 35 | 524458 | 1098405 | 100 | 87 | 3200 | Pastos cultivado | 1310 | Gramíneas | | | | | G3_32 | | 2100 |
| 36 | 520537 | 1101964 | 100 | 115 | 1300 | Bosque secunda | 1100 | Arboles | | | | | G1_26 | | 1300 |

Figura 80. Selección de columnas a copiar.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|-------|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | USO_1 | clasificac | | | | | | | |
| 2 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 3 | 2100 | 3200 | | | | | | | |
| 4 | 3200 | 2100 | | | | | | | |
| 5 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 6 | 2100 | 5100 | | | | | | | |
| 7 | 2100 | 1300 | | | | | | | |
| 8 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 9 | 3200 | 5100 | | | | | | | |
| 10 | 3200 | 3200 | | | | | | | |
| 11 | 5100 | 3200 | | | | | | | |
| 12 | 3200 | 3200 | | | | | | | |
| 13 | 2100 | 1300 | | | | | | | |
| 14 | 2100 | 1300 | | | | | | | |
| 15 | 3200 | 1300 | | | | | | | |
| 16 | 3200 | 1300 | | | | | | | |
| 17 | 2100 | 1300 | | | | | | | |
| 18 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 19 | 3200 | 3200 | | | | | | | |
| 20 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 21 | 2400 | 3200 | | | | | | | |
| 22 | 3200 | 3200 | | | | | | | |
| 23 | 3200 | 1300 | | | | | | | |
| 24 | 3200 | 1300 | | | | | | | |
| 25 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 26 | 2100 | 2100 | | | | | | | |
| 27 | 1300 | 1300 | | | | | | | |
| 28 | 1300 | 2100 | | | | | | | |
| 29 | 2100 | 2100 | | | | | | | |

Figura 81. Columnas a utilizar para realizar la matriz.

Para realizar la matriz de validación, se debe crear una tabla dinámica con las columnas del archivo. En Excel: Insertar/Tabla dinámica

A continuación, (Figura 82) se muestra la forma de llenado de la tabla dinámica (Parte inferior derecha) y su posterior resultado.

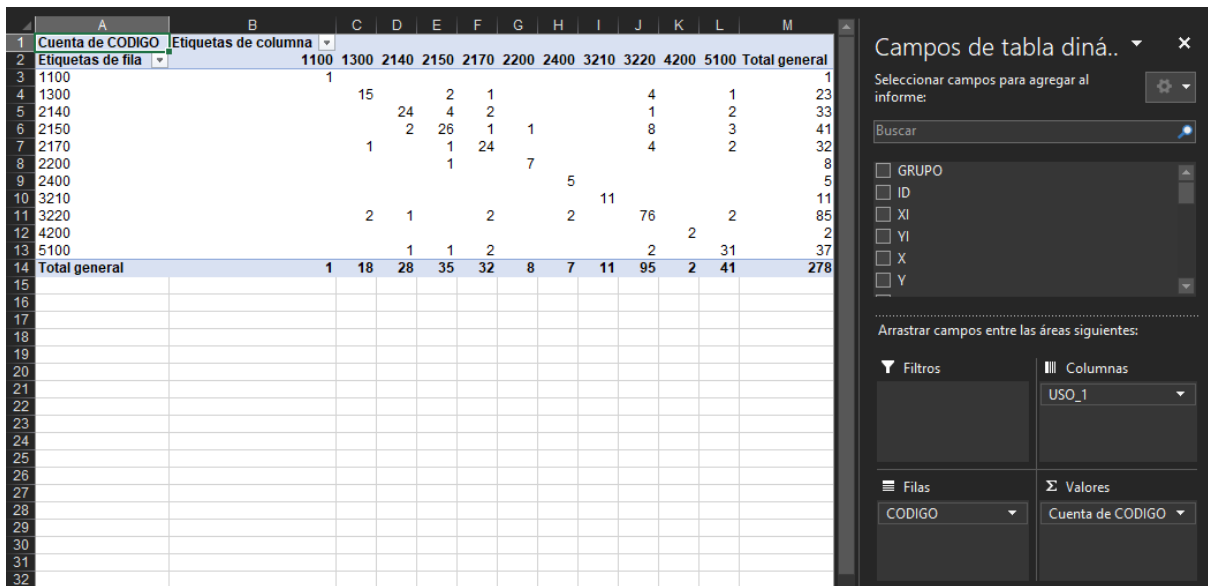


Figura 82. Visualización del resultado de la tabla dinámica.

Para realizar la matriz, se debe colocar en las columnas y filas las clases de usos del suelo, donde la diagonal mayor muestra el número de puntos de muestreo correctamente clasificados, como se observa en la siguiente figura.

| | Matriz de confusión | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Código de uso | 1100 | 1300 | 2140 | 2150 | 2170 | 2200 | 2400 | 3210 | 3220 | 4200 | 5100 |
| 1100 | 1 | | | | | | | | | | |
| 1300 | | 15 | | 2 | 1 | | | | 4 | | 1 |
| 2140 | | | 24 | 4 | 2 | | | | 1 | | 2 |
| 2150 | | | 2 | 26 | 1 | 1 | | | 8 | | 3 |
| 2170 | | 1 | | 1 | 24 | | | | 4 | | 2 |
| 2200 | | | | 1 | | 7 | | | | | |
| 2400 | | | | | | | 5 | | | | |
| 3210 | | | | | | | | 11 | | | |
| 3220 | | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 76 | | 2 |
| 4200 | | | | | | | | | | 2 | |
| 5100 | | | 1 | 1 | 2 | | | | 2 | | 31 |

Figura 83. Matriz de la clasificación.

Además, a esta matriz se le agregaron y calcularon unos estadísticos de exactitudes y tipos de error que se generaron en la clasificación y que se explican a continuación (Boca y Rodríguez, 2012):

La exactitud general o global se calcula como el número de unidades clasificadas correctamente, sobre el número total de unidades consideradas. Se obtiene sumando los elementos de la diagonal divididos por el total de observaciones, y multiplicando por 100 para obtenerlo como porcentaje.

La exactitud del clasificador o productor: Se calcula como la razón entre el número de unidades muestreadas que fueron correctamente clasificadas (diagonal) y el número de unidades que pertenecen a esa clase (datos de campo). Y multiplicando por 100 para obtenerlo como porcentaje

La exactitud del usuario: Se calcula como razón entre el número de unidades muestreadas que fueron correctamente clasificadas (diagonal) y el número total de unidades que forman esa clase en el mapa (clasificación). Y multiplicando por 100 para obtenerlo como porcentaje

Errores de comisión: son los elementos que no perteneciendo a una clase aparecen en ella. Se obtiene restando a 100 el valor obtenido en cada clase en exactitud del usuario.

Errores de omisión: elementos que perteneciendo a esa clase no aparecen en ella por estar erróneamente incluidos en otra. Se calcula restando a 100 el valor obtenido en cada clase en exactitud del clasificador o productor.

A continuación, se observa un ejemplo de la matriz con los estadísticos incluidos:

| Matriz de confusión | | | | | | | | | | | | Total mapa | Exactitud usuario | Error comisión |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|--------------------------|----------------|
| Código de uso | 1100 | 1300 | 2140 | 2150 | 2170 | 2200 | 2400 | 3210 | 3220 | 4200 | 5100 | | | |
| 1100 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 100.0 | 0.0 |
| 1300 | | 15 | | 2 | 1 | | | | 4 | | | 23 | 65.2 | 34.8 |
| 2140 | | | 24 | 4 | 2 | | | | 1 | | | 33 | 72.7 | 27.3 |
| 2150 | | | 2 | 26 | 1 | 1 | | | 8 | | | 41 | 63.4 | 36.6 |
| 2170 | | 1 | | 1 | 24 | | | | 4 | | | 32 | 75.0 | 25.0 |
| 2200 | | | | 1 | | 7 | | | | | | 8 | 87.5 | 12.5 |
| 2400 | | | | | | | 5 | | | | | 5 | 100.0 | 0.0 |
| 3210 | | | | | | | | 11 | | | | 11 | 100.0 | 0.0 |
| 3220 | | 2 | 1 | | 2 | | 2 | | 76 | | | 85 | 89.4 | 10.6 |
| 4200 | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 100.0 | 0.0 |
| 5100 | | | 1 | 1 | 2 | | | | 2 | | 31 | 37 | 83.8 | 16.2 |
| Total campo | 1 | 18 | 28 | 35 | 32 | 8 | 7 | 11 | 95 | 2 | 41 | 278 | | |
| Exactitud clasificador | 100.0 | 83.3 | 85.7 | 74.3 | 75.0 | 87.5 | 71.4 | 100.0 | 80.0 | 100.0 | 75.6 | | | |
| Error omisión | 0.0 | 16.7 | 14.3 | 25.7 | 25.0 | 12.5 | 28.6 | 0.0 | 20.0 | 0.0 | 24.4 | | Exactitud General | 80 |

Figura 84. Matriz de la clasificación.

De forma general la matriz se observa de la siguiente manera:

| | | CLASES EN EL CAMPO | | | | | | |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|---------------------|------------|-------------------|---------------------|
| | | A1 | A2 | ... | AM | Total mapa | EXACTITUD USUARIO | ERROR COMISION |
| CLASES MAPA | A1 | a_{11}^* | a_{12} | ... | a_{1m} | $a_{.1}$ | $a_{.1}/a_{..}$ | $1-(a_{.1}/a_{..})$ |
| | A2 | a_{21} | a_{22} | ... | a_{2m} | $a_{.2}$ | $a_{.2}/a_{..}$ | $1-(a_{.2}/a_{..})$ |
| | | | | ... | | | | |
| | AM | a_{m1} | | ... | a_{mm} | $a_{.m}$ | $a_{.m}/a_{..}$ | $1-(a_{.m}/a_{..})$ |
| | Total campo | $a_{.1}$ | $a_{.2}$ | ... | $a_{.m}$ | $a_{..}$ | | |
| | EXACTITUD PRODUCTOR | $a_{.1}/a_{..}$ | $a_{.2}/a_{..}$ | ... | $a_{.m}/a_{..}$ | | | |
| | ERROR OMISION | $1-(a_{.1}/a_{..})$ | $1-(a_{.2}/a_{..})$ | ... | $1-(a_{.m}/a_{..})$ | | | |

Figura 85. Matriz en formato general.

*Esta notación indica en los subíndices la posición dentro de la matriz, por ejemplo, en valor con a_{12} hace referencia al valor correspondiente a la fila 1, columna 2. El (punto) indica que el valor corresponde a la sumatoria del mismo a lo largo de la fila o columna, por ejemplo: $a_{.1}$. indica los valores de a sumados para toda la columna 1 (Boca y Rodríguez, 2012).

Otro estadístico importante para conocer el nivel de precisión de la clasificación es estadístico Kappa, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$K_{hat} = \frac{N * \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

Donde:

r : es el número de filas en la matriz.

X_{ii} : es la suma de observaciones en la fila i , y columna i (los valores en la diagonal mayor).

X_{i+} : es el total de observaciones en la fila i (el total en la fila i a la derecha de la matriz).

X_{+i} : es el total de observaciones en la columna i (total en la columna i debajo de la matriz).

N : es número total de observaciones o puntos de control usados en la validación.

Un valor de $K_{\text{hat}} = 1$ indica un total acuerdo entre la clasificación hecha en el mapa y la realidad, mientras que un valor de 0 sugiere que los acuerdos en la clasificación mostrados en la diagonal mayor son producto del azar.

Finalmente se analizan los resultados sobre los valores de errores en la clasificación para tomar una decisión, ya sea que se obtuvo una clasificación precisa o se debe mejorar el proceso.

2. Tutorial para la creación de la capa de edificaciones de patrimonio arquitectónico

Si no se tiene una capa de edificaciones de patrimonio, se puede obtener la información de la página del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (<http://patrimonio.go.cr/>) (Figura 1).

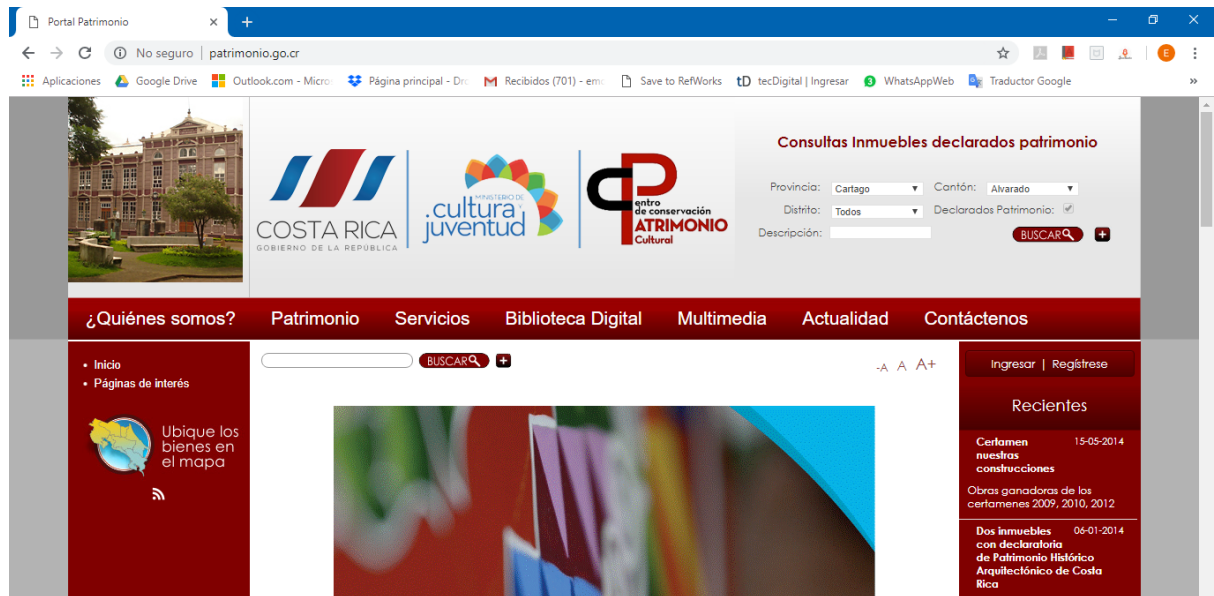


Figura 1. Sitio web del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.

En la parte superior derecha de la página principal, en *Consultas Inmuebles declarados patrimonio* se realiza la búsqueda (Figura 2).



Figura 2. Búsqueda de Inmuebles declarados patrimonio para el cantón de Alvarado.

Al dar clic en buscar aparecen los resultados (Figura 3).

Bienes declarados patrimonio o de interés cultural

Provincia
 Cantón
 Distrito

Declarado Patrimonio
 Descripción
 Clasificación General

Epoca Constructiva
 Estado de Conservación
 Influencia Estilística

Integridad
 Tipología
 Materiales usados

Buscar

Total de resultados: 4

| Inmueble | Nombre Edificio | Ubicación | Declarado Patrimonio | Época Constructiva | Clasificación General |
|---|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
|  | Antigua Escuela Encarnación Gamboa | Cartago, Alvarado, Capellades | Si | 1901-1950 | Construcción |
|  | Antigua Escuela Alberto González Soto | Cartago, Alvarado, Pacayas | Si | 1901-1950 | Construcción |
|  | Casa Cural | Cartago, Alvarado, Pacayas | Si | 1901-1950 | Construcción |
|  | Casona Viguetas | Cartago, Alvarado, Pacayas | Si | 1801-1850 | Construcción |

Figura 3. Resultado de Inmuebles declarados patrimonio para el cantón de Alvarado.

Ahora para crear una capa de puntos que se pueda visualizar en QGIS con esta información es necesario tener las coordenadas de estos sitios. Al dar clic en el primer edificio aparece la información adicional y la de las coordenadas (Figura 4).

Antigua Escuela Encarnación Gamboa

Datos generales
Info Adicional
Documentos
Planos

Localización

| | | |
|----------------------|----------|------------------------|
| Provincia: Cartago | Avenida: | Latitud: 09°55'22.53"N |
| Cantón: Alvarado | Calle: | Longitud: 83°47'6.02"O |
| Distrito: Capellades | Barrio: | Zona Control: |
| Dirección | | Parcela: |
| Exacta: | | Manzana: |

Información en Catastro

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Folio Real: PC N° C-197980-94. | Tomo: |
| Folio: | Asiento: |
| Número Predio: | Número Finca: |

Fotografías del Inmueble



Figura 4. Detalles e información del inmueble declarado patrimonio.

Lo que se realiza ahora es copiar las coordenadas de latitud y longitud de cada uno de los inmuebles y se copian en Excel o Word (Figura 5).

| | A | B | C |
|---|---------------------------------------|---------------|---------------|
| 1 | NOMBRE | X | Y |
| 2 | Antigua Escuela Encarnacion Gamboa | 83°47'6.02"O | 09°55'22.53"N |
| 3 | Antigua Escuela Alberto Gonzalez Soto | 83°48'47.94"O | 09°56'44.10"N |
| 4 | Casa rural | 83°48'33.18"O | 09°55'2.34"N |
| 5 | Casona Viguetas | 83°48'21.73"O | 09°55'0.28"N |

Figura 5. Coordenadas de los inmuebles.

Ahora se necesitan transformar estas coordenadas al sistema de coordenadas utilizado en Costa Rica que es el CRTM05, para esto, se utiliza la página <https://mygeodata.cloud/cs2cs/>, GeoCzech (2018). En la parte de escoger el sistema de coordenadas, en *Input coordinate system / projection* se da clic en **Choose input coordinate system...** y se busca WGS 84 (EPSG: 4326) y en *Output coordinate system / projection* se busca CR05 / CRTM05 (EPSG: 5367) como se observa en la figura 6.

The screenshot shows two panels for selecting coordinate systems. The left panel, titled "Input coordinate system / projection", shows "Selected input coordinate system: WGS 84 (EPSG:4326)" and "Applied Proj.4 text: +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs". Below this is a text input field containing the Proj.4 text and a button labeled "Choose input coordinate system...". The right panel, titled "Output coordinate system / projection", shows "Selected output coordinate system: CR05 / CRTM05 (EPSG:5367)" and "Applied Proj.4 text: +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=-84 +k=0.9999 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs". Below this is a text input field containing the Proj.4 text and a button labeled "Choose output coordinate system...".

Figura 6. Selección del sistema de coordenadas.

En la parte llamada *Input coordinate pairs* se copian las coordenadas de los inmuebles.

Nota: Es necesario cambiar la letra O por W en las coordenadas ya que el programa está en inglés y tiene que saber que ESTE es WEST.

Una vez copiadas correctamente las coordenadas se da clic en la opción **Transform**, e inmediatamente en la sección *Output coordinate pairs* aparecen las coordenadas transformadas en CRTM05.

MyGeodata Cloud Home Apps Plans Sign In

Input coordinate system / projection
 Selected input coordinate system: **WGS 84 (EPSG:4326)**
 Applied Proj.4 text:
 +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs
 Choose input coordinate system...

Output coordinate system / projection
 Selected output coordinate system: **CR05 / CRTM05 (EPSG:5367)**
 Applied Proj.4 text:
 +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=-84 +k=0.9999 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs
 Choose output coordinate system...

Input coordinate pairs
 83°47'6.02"W 09°55'22.53"N
 83°48'47.94"W 09°56'44.10"N
 83°48'33.18"W 09°55'2.34"N
 83°48'21.73"W 09°55'0.28"N

Output coordinate pairs
 523575.082485;1097227.64849
 520469.225354;1099731.71299
 520920.574038;1096605.76497
 521269.379801;1096542.68073

Switch X <-> Y Include input coordinates

Beware! Inserted values pairs needs to be in order X-coordinate and then Y-coordinate. If you are inserting latitude/longitude values in decimal format, then the longitude should be first value of the pair (X-coordinate) and latitude the second value (Y-coordinate). Otherwise you can use choice "Switch XY" below the input text area window.

Transform

Figura 7. Transformación de coordenadas.

En Excel se copian las coordenadas y se agregan otras columnas con la información de los inmuebles declarados patrimonio (Figura 8).

| | A | B | C | D | E | F |
|---|----|---------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1 | ID | NOMBRE | CONSTRUIDA | DISTRITO | COORD_X | COORD_Y |
| 2 | 1 | Antigua Escuela Encarnación Gamboa | 1901-1950 | Capellades | 523575.082 | 1097227.648 |
| 3 | 2 | Antigua Escuela Alberto González Soto | 1901-1951 | Pacayas | 520469.225 | 1099731.713 |
| 4 | 3 | Casona Viguetas | 1801-1850 | Pacayas | 521269.380 | 1096542.681 |
| 5 | 4 | Casa rural | 1901-1950 | Pacayas | 520920.574 | 1096605.765 |

Figuras 8. Información de los inmuebles declarados patrimonio.

Seguidamente se guarda este archivo en formato CSV (delimitado por comas) para posteriormente subirlo a QGIS (Figura 9).

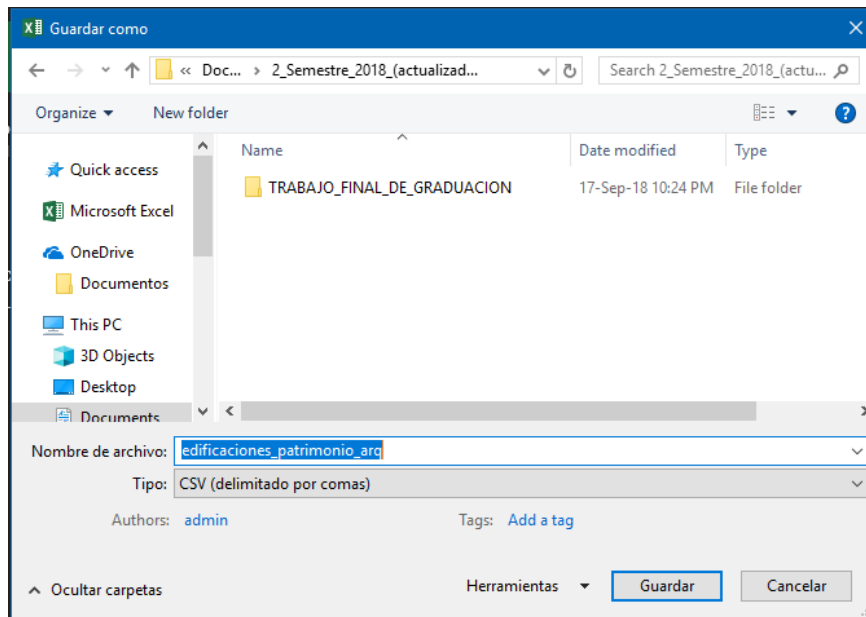



Figura 9. Guardar archivo de Excel en formato CSV (delimitado por comas).

En QGIS se da clic en la opción  para subir el archivo creado anteriormente (Figura 10).

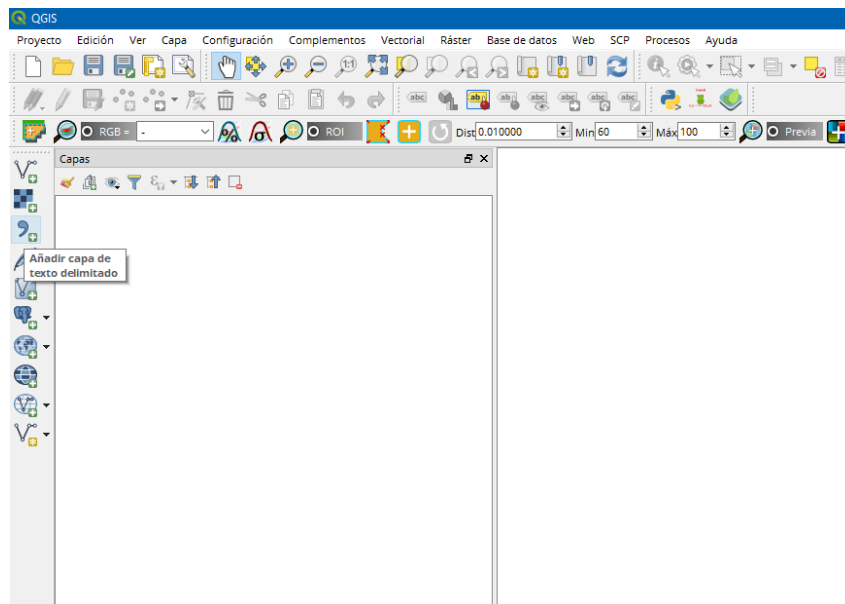


Figura 10. Opción *Añadir capa de texto delimitado*.

En la ventana que se abre en el campo *Nombre de archivo* se sube el archivo CSV, en *formato de archivo* se verifica que la opción que esté marcada sea *CSV (valores separados por coma)*, también se verifica que en *campo X* esté seleccionado *COORD_X* y en *campo Y* esté *COORD_Y*. Por último, se da clic en *Añadir*.

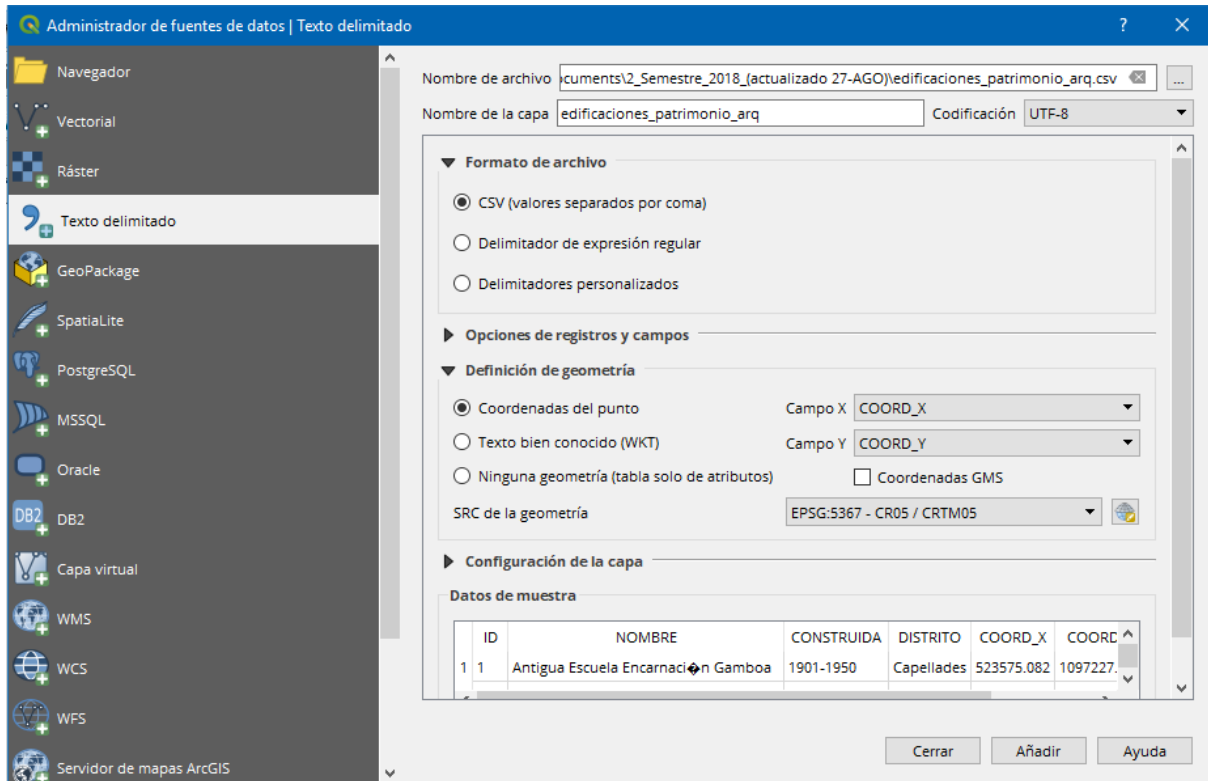


Figura 11. Ventana de la opción *Añadir capa de texto delimitado*.

Los puntos se observan en el programa QGIS pero para finalizar con el proceso de creación de la capa se requiere guardarlo en formato Shape, para esto se da clic derecho y se selecciona *Guardar como* (o como aparece en algunas versiones de QGIS, *Save as*).

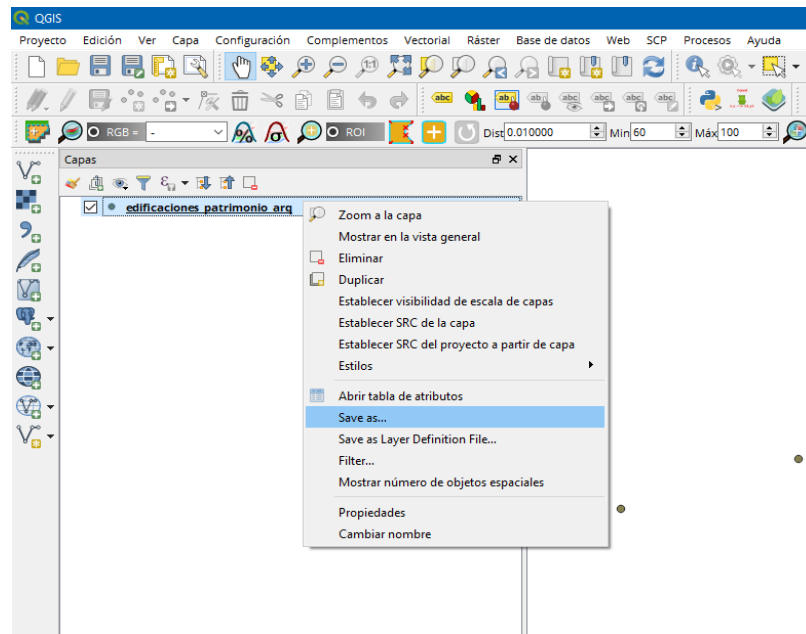


Figura 12. Opción Save as.

En la opción *Nombre de archivo* se selecciona un nombre para la capa y se da clic en *Aceptar*.

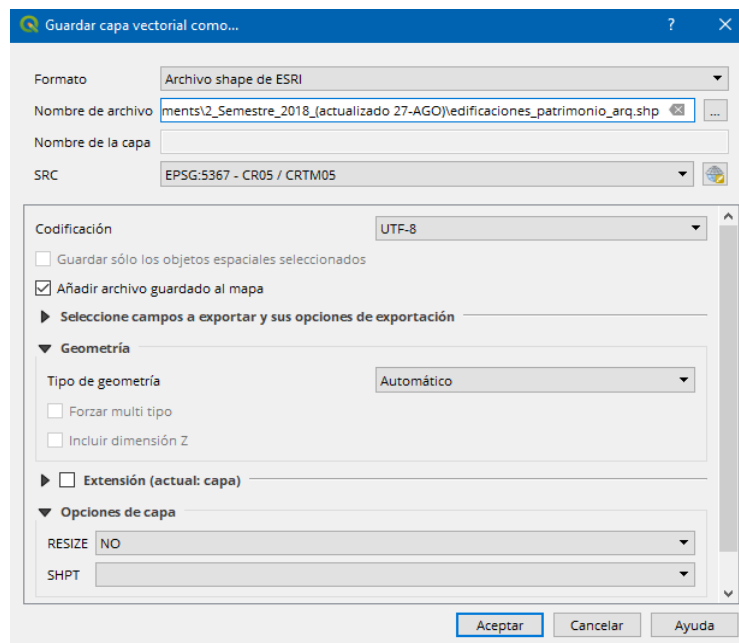


Figura 13. Ventana para guardar la capa.

3. Tutorial para la creación de la capa de áreas urbanas y rurales

Existen 3 formas de realizar esta capa:

1- Si se conoce el procedimiento de clasificación de uso del suelo (**Tutorial para crear la capa de uso del suelo**) el procedimiento sería realizar áreas de entrenamiento para las zonas que presentan infraestructura y a partir de esta clasificación obtener una capa de zonas urbanas y rurales.

2- A partir de la capa de uso del suelo en formato vectorial, el procedimiento sería seleccionar en la tabla de atributos el código 5100 correspondiente a zonas urbanizadas, una vez seleccionado, se da clic derecho en esa capa, se selecciona *Guardar como*, después marcar la opción *Guardar solo los objetos espaciales seleccionados*, se guarda con un nuevo nombre y se da clic en aceptar.

3- La tercera opción consiste en utilizar la herramienta de Segmentación del programa QGIS. Este procedimiento es el que se desarrollará a continuación:

Se sube a QGIS una imagen satelital del área de estudio (Figura 1) (Si no se ha procesado ni recortado la imagen, se pueden ver los procedimientos en la primera sección de: (**Tutorial para crear la capa de uso del suelo**)).

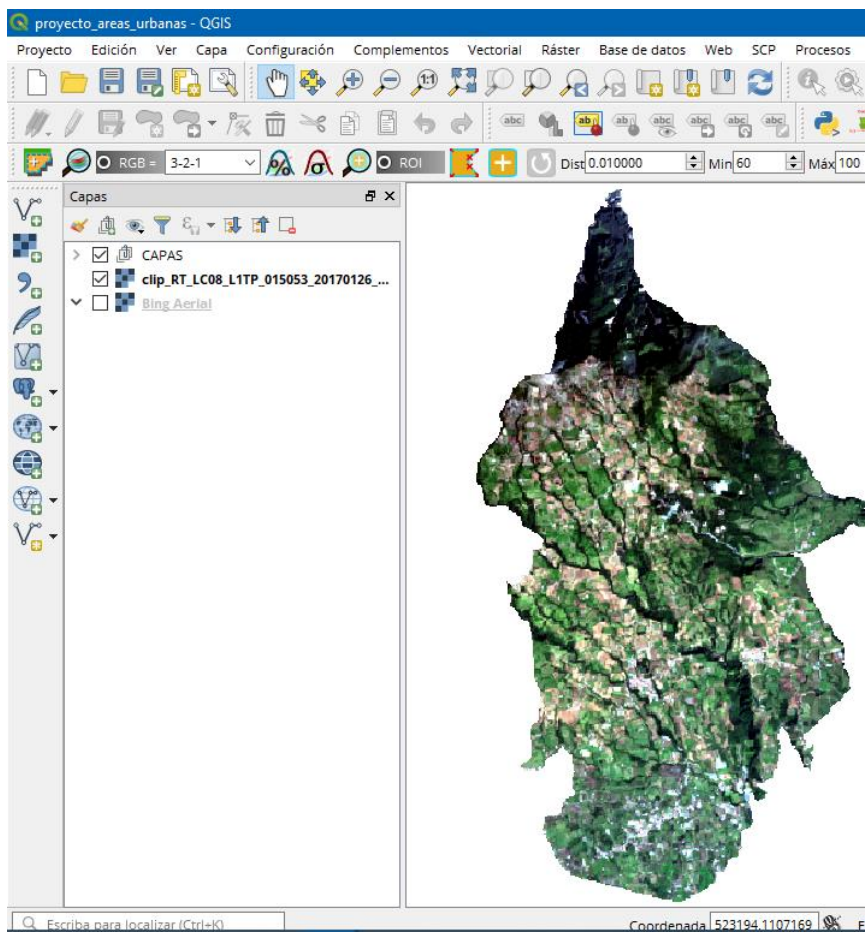


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio.

En la barra de herramientas, se busca *Procesos/Caja de herramientas* y en el buscador se escribe *i.segment*, se da doble clic.

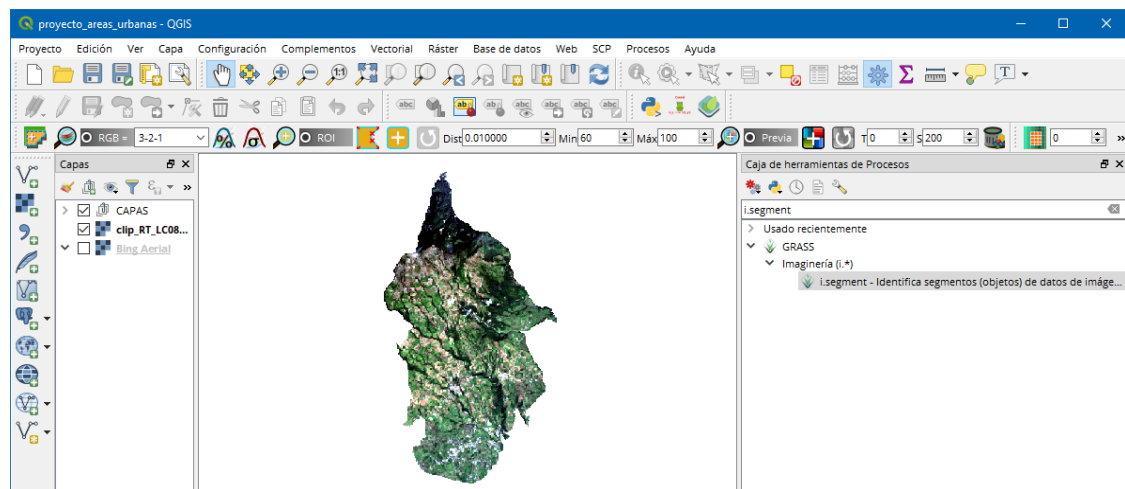


Figura 2. Ubicación de la herramienta *i.segment*.

En la ventana que se abre (Figura 3) se configuran los siguientes campos:

Input rasters: se selecciona la imagen satelital en formato raster del área de estudio

Difference threshold between 0 and 1: Se escribe un valor de 0.02

Minimum number of cells in a segment: Se escoge el número 5

Las demás opciones no se modifican.

Nota: Los valores anteriores se pueden modificar según los resultados que se obtengan de varias pruebas hasta que se logren los mejores resultados.

En la parte de parámetros avanzados (Figura 4):

Extensión de la región GRASS 7: se da clic en y se selecciona *usar extensión de capa/lienzo*, donde se selecciona la imagen satelital en formato raster del área de estudio para que el resultado de la segmentación sea del mismo tamaño que el área de estudio.

En las últimas opciones de la ventana, en *Segmented Raster* se puede dejar marcado la opción *Abrir el archivo de salida después de ejecutar el algoritmo* si se quiere un

archivo temporal, pero si no, en , se guarda el archivo segmentado con un nombre. Por último, se da clic en *Ejecutar*.

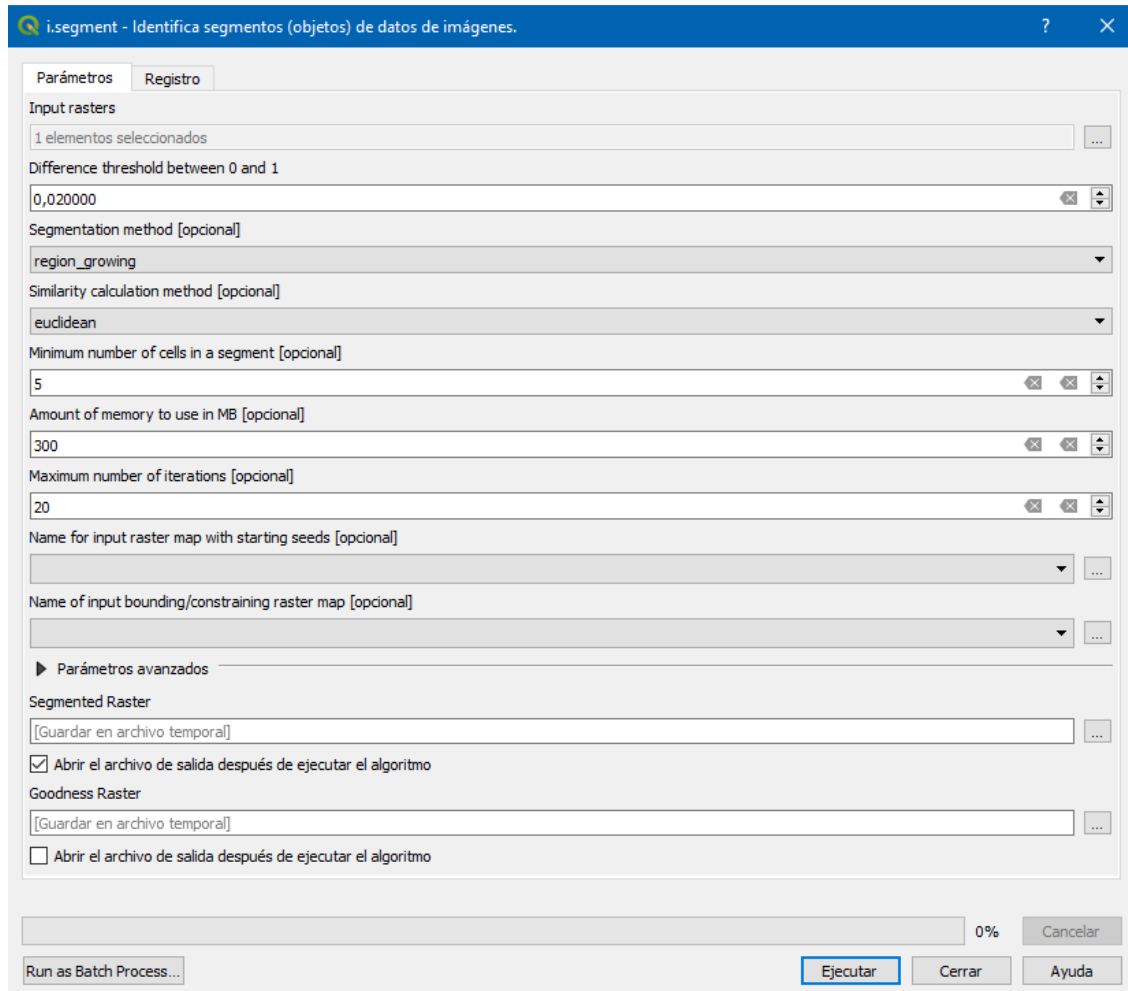


Figura 3. Ventana de la herramienta *i.segment*.

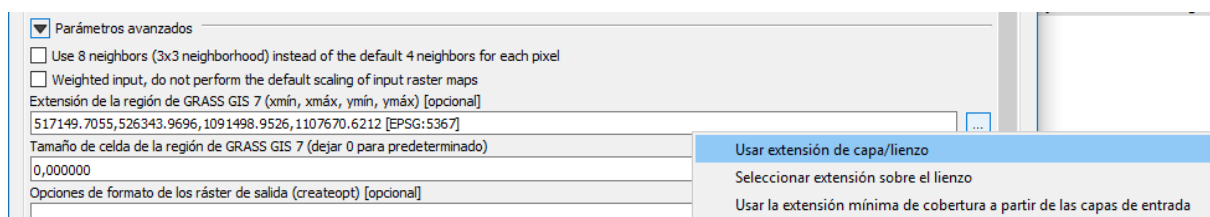


Figura 4. Sección de parámetros avanzados de la herramienta *i.segment*.

Al dar clic en *Ejecutar* se genera la imagen segmentada (Figura 5).

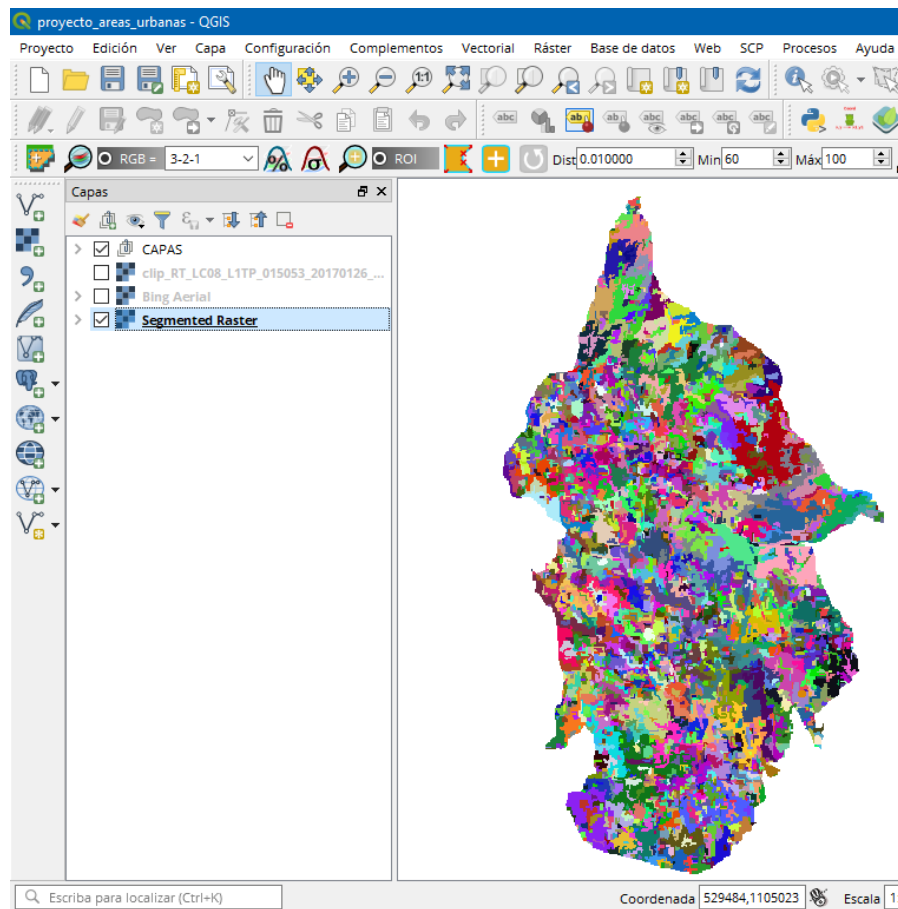


Figura 5. Resultado de la segmentación.

Ahora se realiza el procedimiento de poligonizar que consiste en pasar una capa de formato ráster a formato vectorial

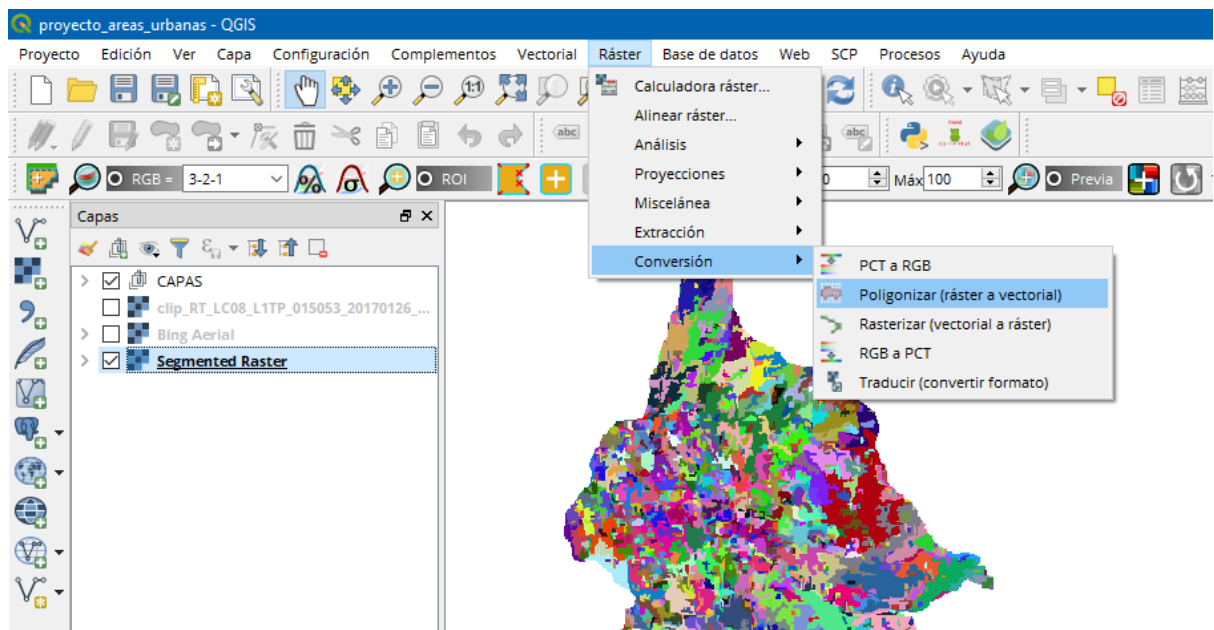


Figura 6. Ubicación de la herramienta *poligonizar*.

Al dar clic se abre la ventana de la herramienta, en la cual, en el campo: *Capa de entrada* se selecciona la imagen segmentada, las siguientes opciones se dejan sin modificar, y en la última opción llamada *Vectorizado* se guarda la capa que se generará.

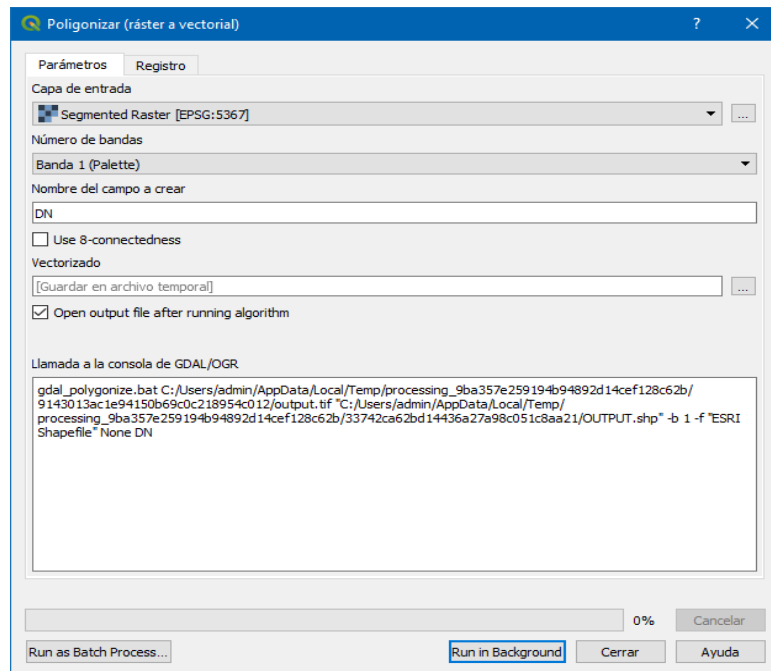


Figura 7. Ventana de la herramienta *poligonizar*.

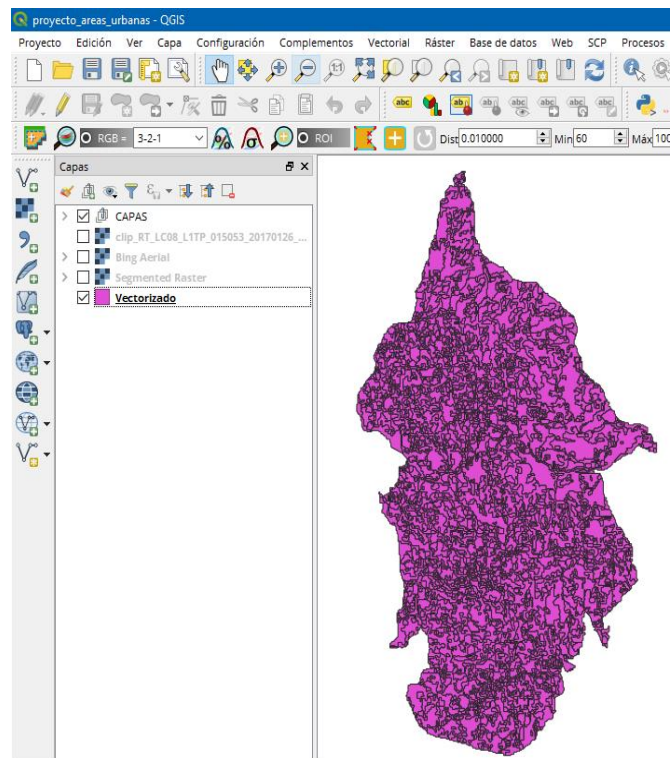


Figura 8. Resultado de poligonizar.

Para continuar con el proceso se da clic derecho a la capa y se busca la opción de *Propiedades*. En la ventana que se abre lo que se hace es quitarle el color de fondo de esta capa, en *Estilo de relleno* se selecciona *Sin relleno* (Figura 9).

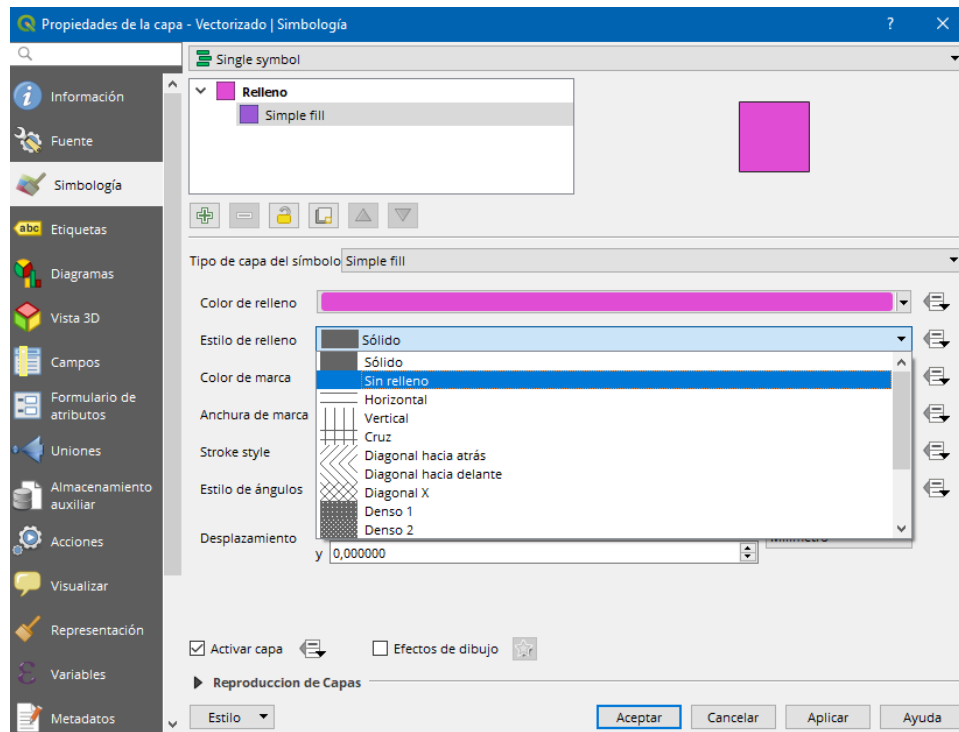


Figura 9. Ventana de propiedades de la capa.

Al dar clic en *Aceptar* se podrá observar la capa sin color de fondo (Figura 10).

Nota: Para observar la infraestructura a seleccionar más adelante, es necesario poner una imagen de Google Earth o Bing o cualquier otra de alta definición en QGIS. (Figura 10).



Figura 10. Resultado de quitarle el color de fondo a la capa.

Después de realizado el procedimiento anterior, en la barra de herramientas se busca *Seleccionar objetos espaciales por área o por clic único*.



Figura 11. Herramienta *Seleccionar objetos espaciales por área o por clic único*.

Con esta opción al dar clic en la capa, se seleccionan los polígonos, la idea es seleccionar los polígonos en donde se observe que hay zonas urbanizadas. Es importante recordar, que para seleccionar varios polígonos a la vez se tiene que mantener siempre la tecla CTRL presionada.

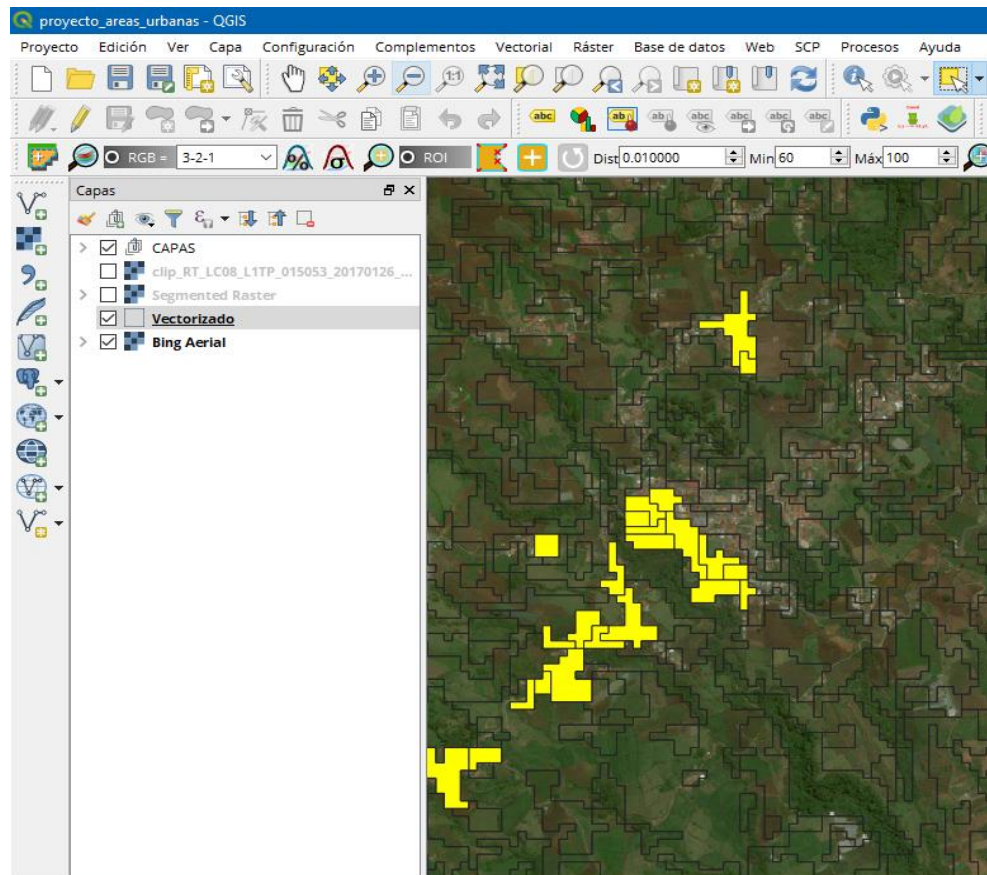


Figura 12. Selección de polígonos en las zonas urbanizadas.

Una vez seleccionados todos los polígonos del área de estudio donde se observa infraestructura, se da clic derecho y se busca la opción *guardar como*, en la opción *Nombre de archivo* se selecciona un nombre y lugar donde guardar la capa, se verifica que en *SRC* esté en *CRTM05* y también **importante** marcar la opción *Guardar sólo los objetos espaciales seleccionados*, finalmente se da clic en *Aceptar* (Figura 13).

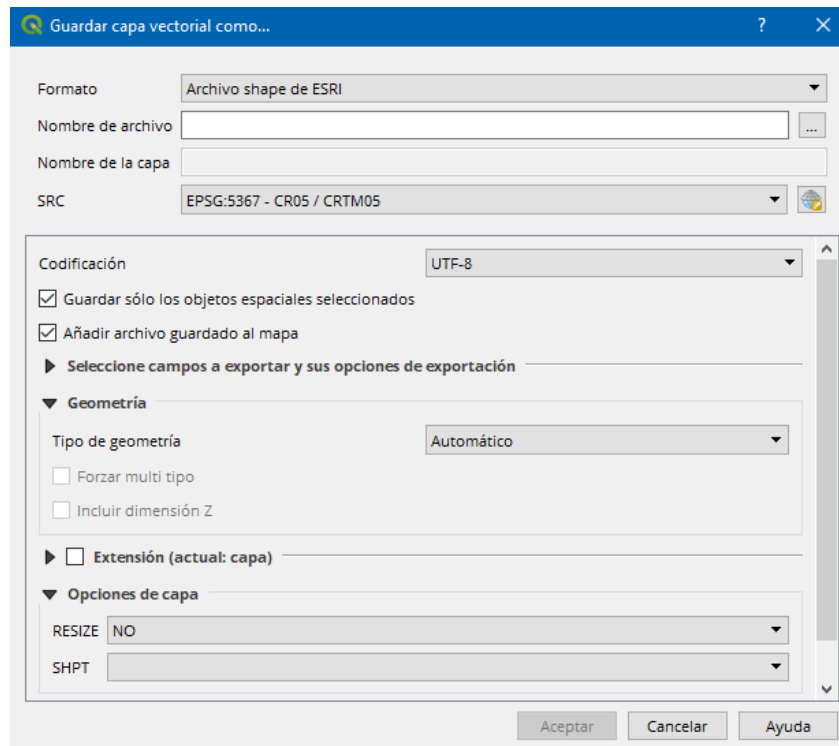


Figura 13. Ventana de *Guardar como*.

Se obtiene como resultado la capa de las áreas urbanas y rurales del cantón de Alvarado (Figura 14).

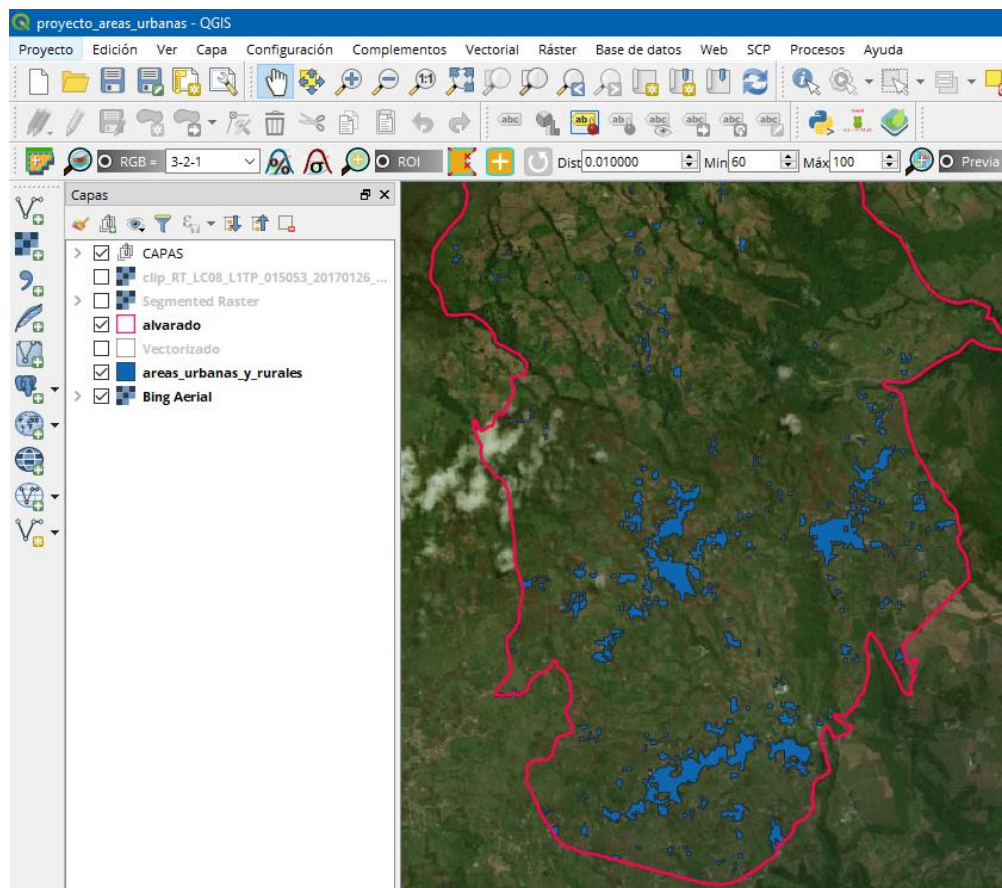
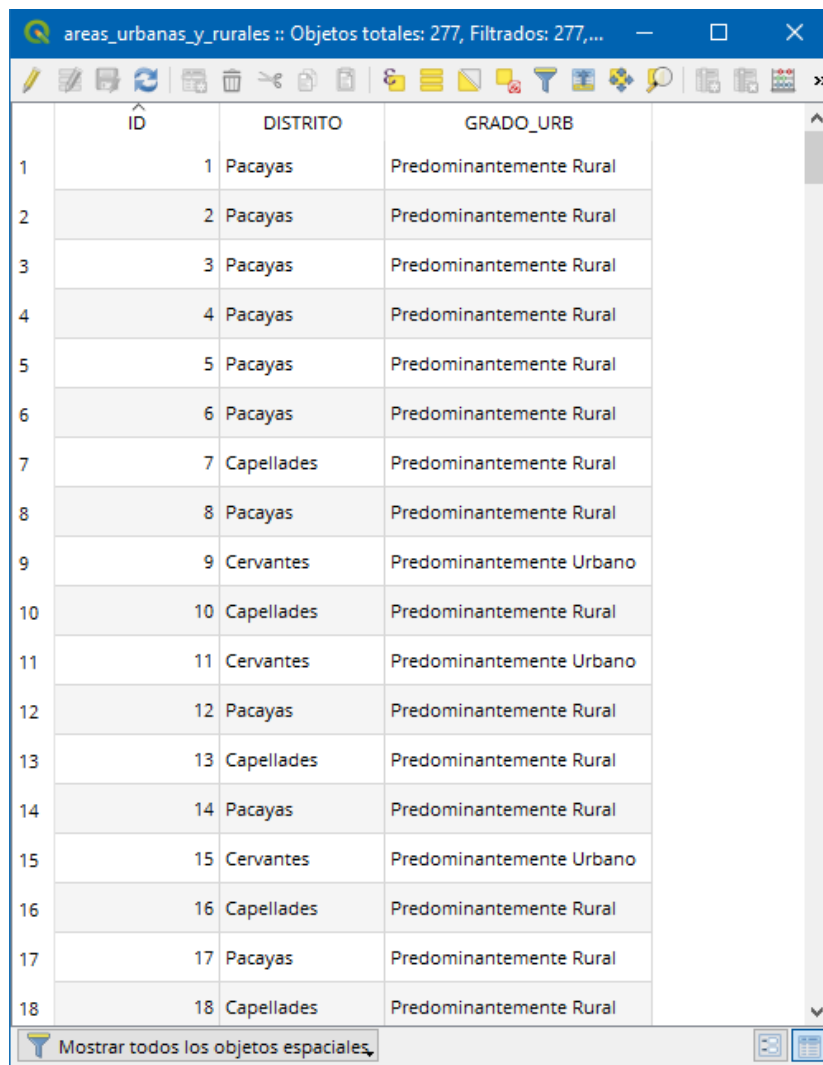


Figura 14. Capa resultante de las áreas urbanas y rurales del cantón de Alvarado.

Para generar una categorización de cuáles son áreas urbanas o rurales, se toma como referencia lo mencionado por el INEC, 2016 que dice que la asignación del área urbana y rural se hace a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda. El INEC, para definir si un distrito es rural o urbano, utilizó una metodología que usó un índice basado en cuatro indicadores que son: porcentaje de población urbana en el distrito, densidad de población, viviendas individuales ocupadas, y porcentaje de población que no labora en el sector primario.

Sin embargo, existieron distritos que eran partes de ambos (rural y urbano), según el índice, por lo que fueron clasificados como Predominantemente rural o Predominantemente urbano, como son los casos de los 3 distritos de Alvarado. Pacayas y Capellades como Predominantemente rural, y Cervantes como


Predominantemente urbano. Es así como en la tabla de atributos se creó esta categorización (Figura 15).



| ID | DISTRITO | GRADO_URB |
|----|------------|--------------------------|
| 1 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 2 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 3 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 4 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 5 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 6 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 7 | Capellades | Predominantemente Rural |
| 8 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 9 | Cervantes | Predominantemente Urbano |
| 10 | Capellades | Predominantemente Rural |
| 11 | Cervantes | Predominantemente Urbano |
| 12 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 13 | Capellades | Predominantemente Rural |
| 14 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 15 | Cervantes | Predominantemente Urbano |
| 16 | Capellades | Predominantemente Rural |
| 17 | Pacayas | Predominantemente Rural |
| 18 | Capellades | Predominantemente Rural |

Figura 15. Tabla de atributos y categorización de la capa de áreas urbanas y rurales.

4. Tutorial para crear la capa de cuencas

En el Atlas Digital de Costa Rica 2014 se busca la capa *Cuencas2008crtm05* y la capa del cantón de Alvarado. Se deben subir las capas en el ícono  a Qgis. Una vez subidas las capas ir a *Vectorial/Herramientas de geoprocreso/Cortar* como se muestra en la figura 1.

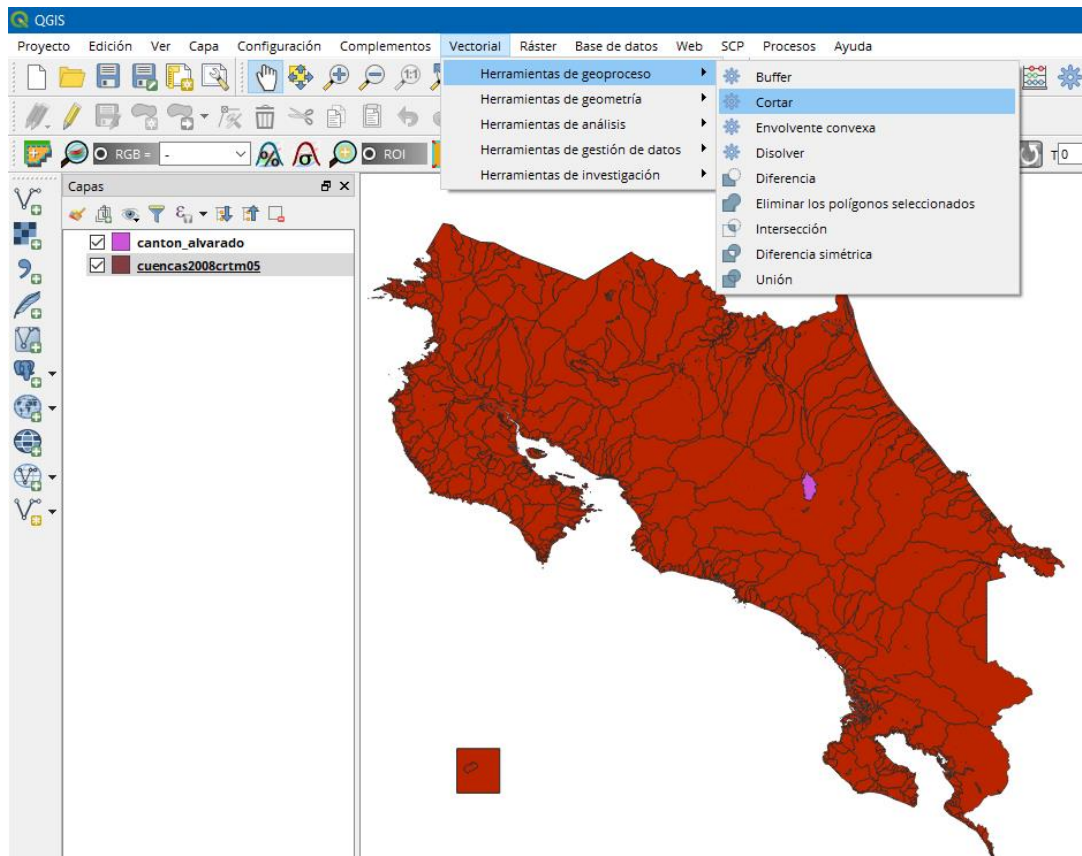


Figura 1. Ubicación de la herramienta Cortar.

En la ventana que se abre, se rellenan las casillas como se muestra en la figura 2.

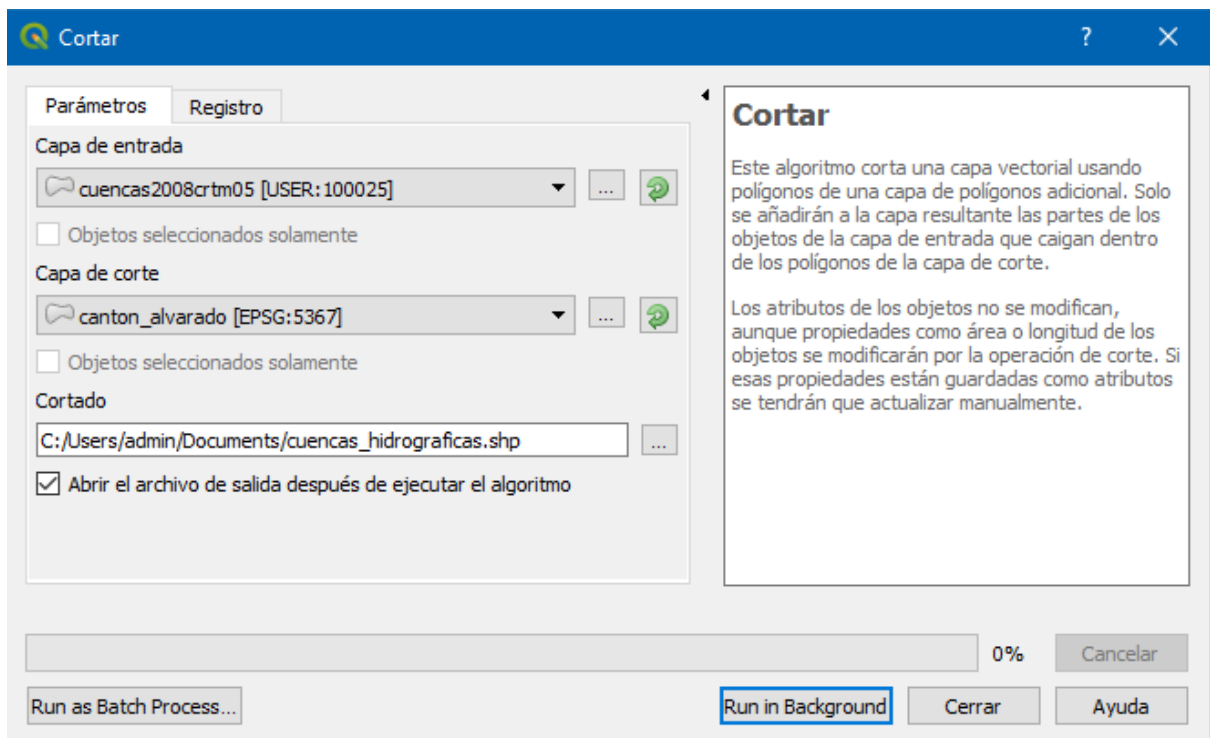



Figura 2. Configuración de la herramienta cortar.

Ir al panel de capas, clic derecho y abrir la tabla de atributos. Se debe agregar una columna llamada "ID" por medio de la calculadora de campos en el ícono . Se debe poner la expresión que se muestra en la figura 3.

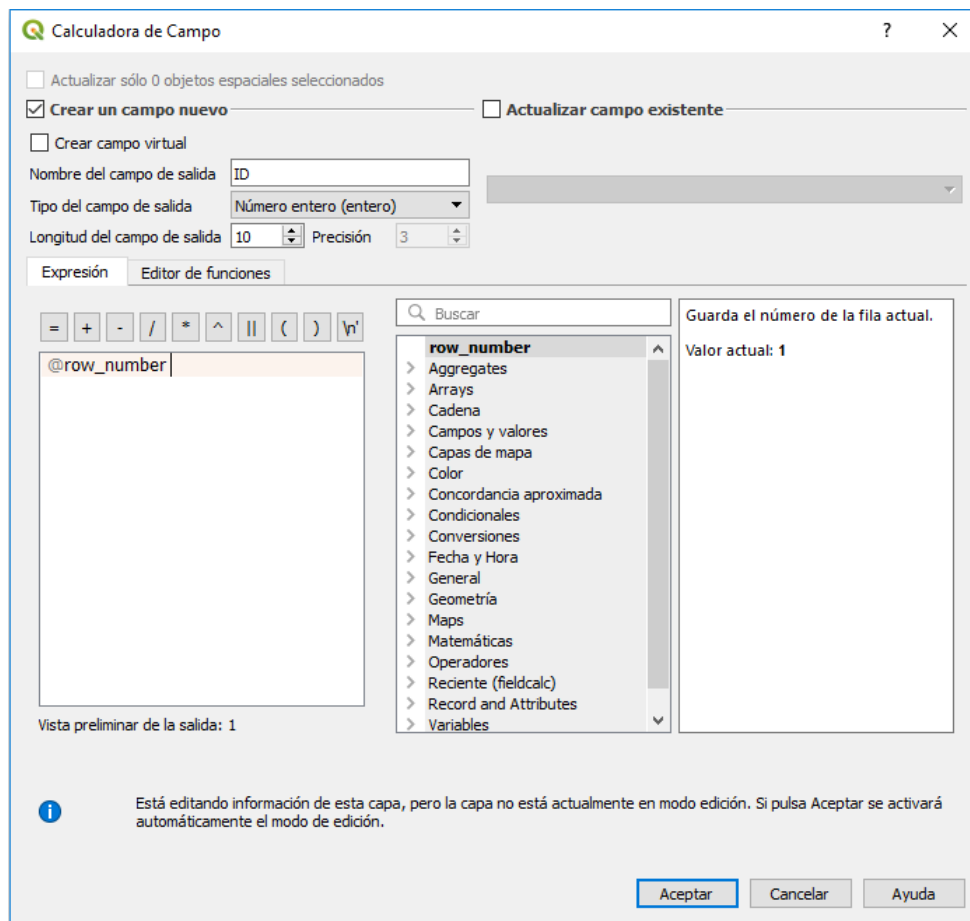


Figura 3. Expresión para generar la columna “ID”.

Por último, se debe acomodar el orden de las columnas de la tabla de atributos. Ir a la caja de herramientas y buscar *Rehacer campos* para poner las columnas en el orden que se muestra en la figura 4.

| ID | VERTIENTE | CUENCA | SUBCUENCA | AREA_HA |
|----|-----------|------------------|-------------------|------------|
| 1 | Atlántica | Río San Juan | Río Toro Amarillo | 23281.290 |
| 2 | Atlántica | Costero Caribeño | Río Reventazón | 188978.655 |

Figura 4. Resultado final de la tabla de atributos de la capa de cuencas.





Figura 5. Visualización de la capa de cuencas.

5. Tutorial para la creación de las capas de transporte de pasajeros (Rutas, paradas y terminales de buses)

Recolección de datos

Para recolectar la información de las rutas y paradas de los buses, se utilizó el servicio de buses del cantón de Alvarado; este tiene 2 rutas separadas las cuales son operadas por 2 distintas empresas de buses. La primera ruta se llama Cartago-Pacayas-LaPastora-SantaCruz y la segunda ruta es la de Cartago-Cervantes.

Una vez en el bus y dentro del cantón de Alvarado, con GPS o una aplicación de celular llamada “GEO TRACKER” () , se grabó la ruta que el bus iba realizando y se marcaron las paradas establecidas que se encontraban sobre ruta (En este caso se utilizó la aplicación del celular).

Terminadas las rutas ida y vuelta, los archivos generados se enviaron mediante la opción compartir  , en formato KML al correo para posteriormente descargarlos (Figuras 1-2).

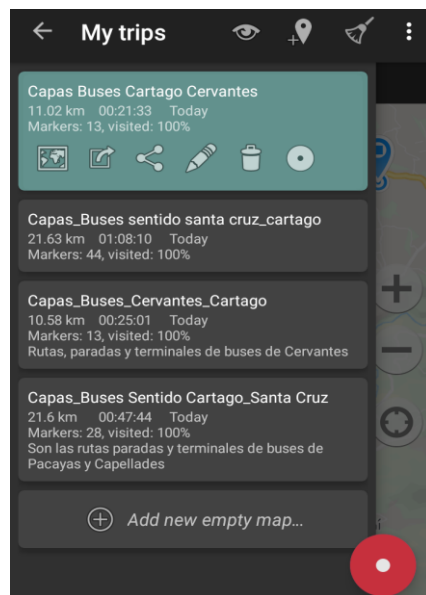


Figura 1. Visualización de datos en la aplicación “GEO TRACKER”.

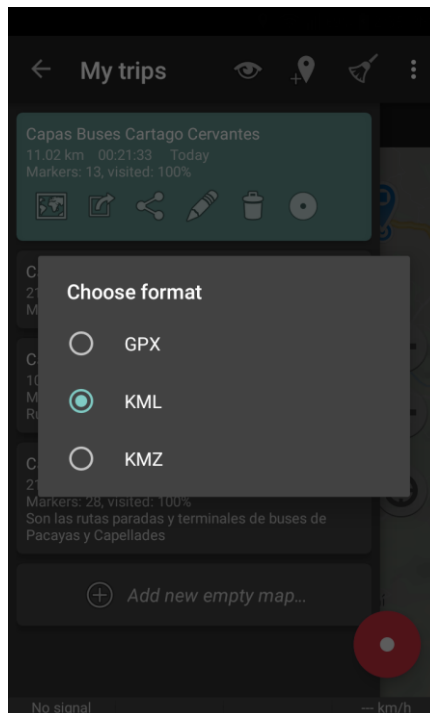



Figura 2. Selección del formato para enviar por correo.

Realizada la descarga de los datos, se abre el programa QGIS y en la opción de *añadir capa vectorial*  se suben los archivos descargados.

En el momento de subir los archivos pregunta que tipos de datos son los que se quieren subir, al tratarse de una ruta (líneas) y las paradas de buses (puntos) entonces se marca la opción *Seleccionar todo* en la parte inferior de la ventana (Figura 3) y después *Aceptar* para visualizar las capas (Figura 4).

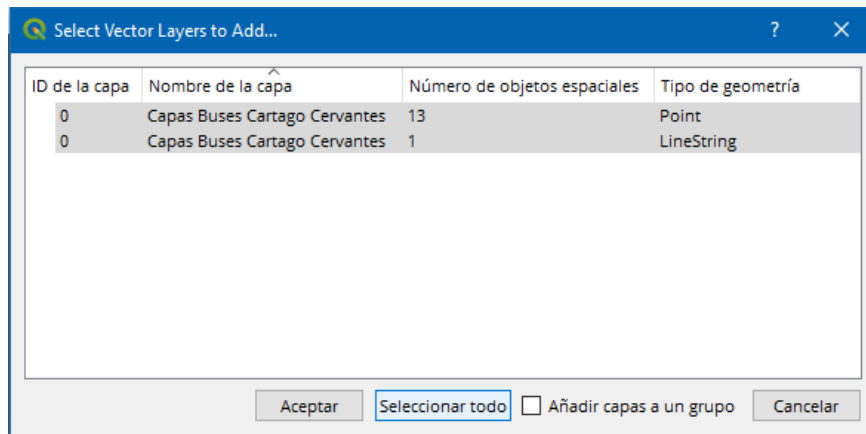


Figura 3. Selección del tipo de datos por subir a QGIS.

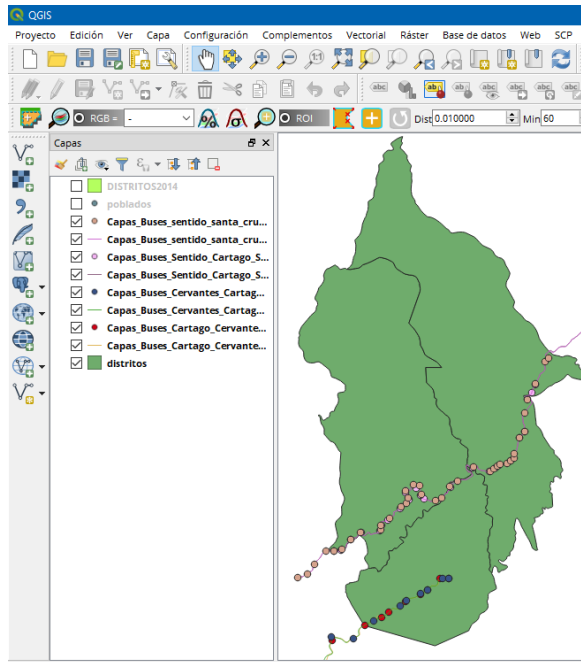


Figura 4. Visualización de las rutas y paradas de buses.

Cambio de formato y sistema de proyección

Una vez con las capas en Qgis se debe ir al *panel de capas/guardar como*, para de esta forma guardar cada uno de las rutas y los puntos en formato shape y en sistema de proyección CRTM05 (Figura 5).

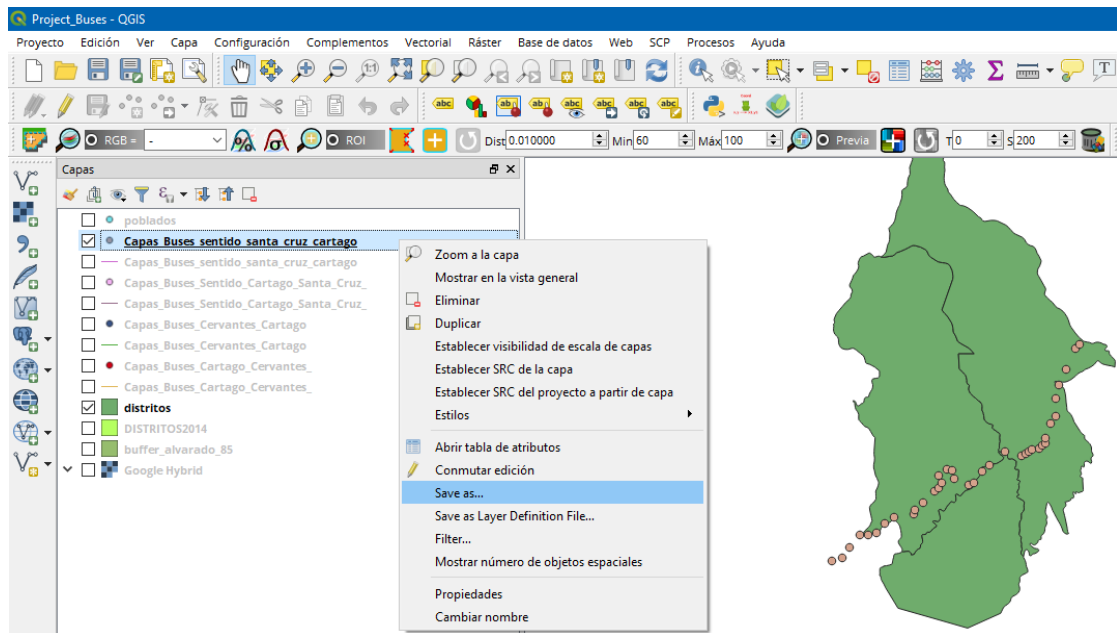


Figura 5. Opción de guardar como.

En la ventana que se abre, se completan los campos como se observa a continuación y en la figura 6:

En la casilla *formato* se debe seleccionar “Archivo shape de ESRI”

En *nombre del archivo* se guardar con el nombre que se desea.

En *SRC* se selecciona CRTM05.

En tipo de geometría se debe seleccionar *Point* cuando corresponde a las paradas y *LineString* cuando corresponda a las rutas.

Nota: Se debe deseleccionar la casilla *Incluir dimensión Z*.

Finalmente, se da clic en Aceptar

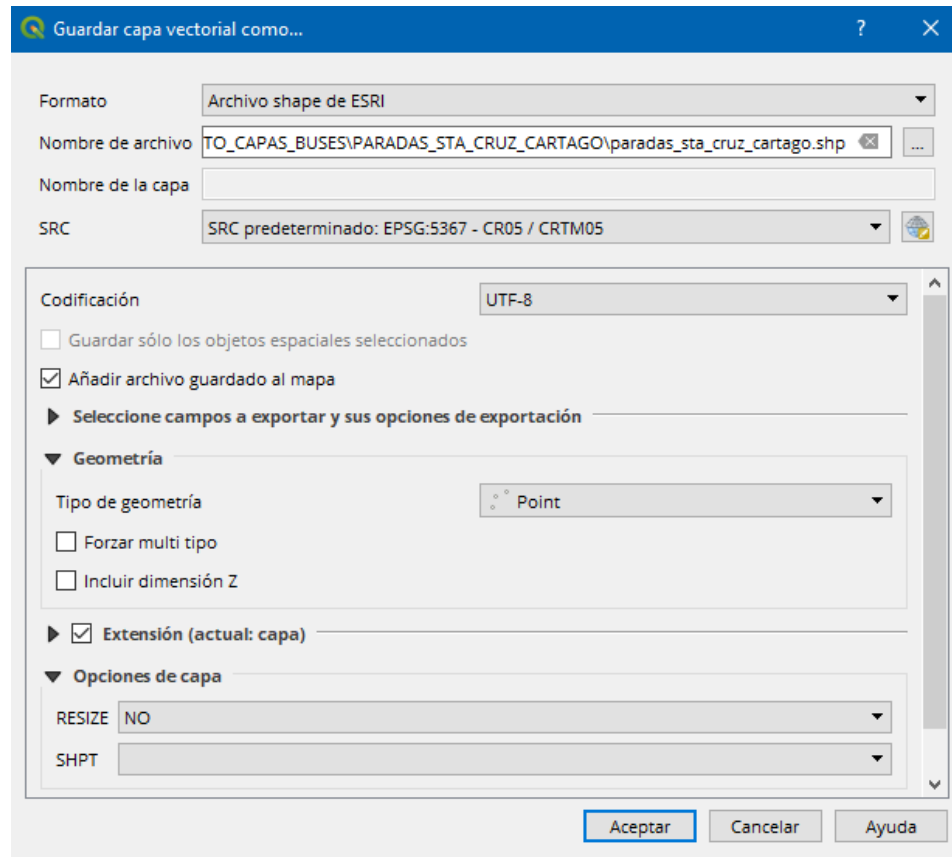


Figura 6. Configuración de la ventana *Guardar como*.

Unión de las capas de puntos y rutas

Para reducir la cantidad de capas, estas se unirán, este procedimiento se realizará para las capas de puntos (paradas de bus) y las rutas.

Para la unión de las capas, se debe crear una columna llamada "ID" con un mismo dato en todas las filas. Por lo tanto, se debe ir al *panel de capas/clic derecho/abrir tabla de atributos* como se muestra en la figura 7.

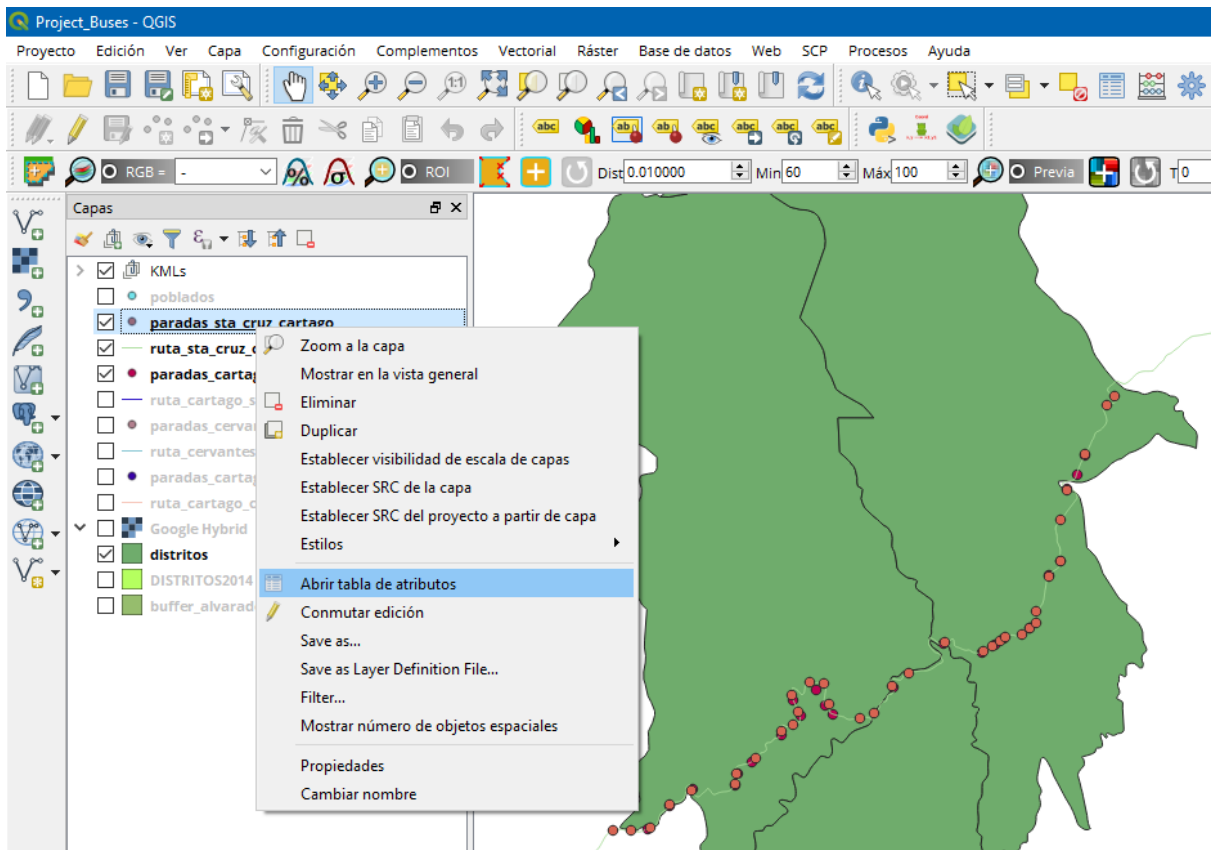



Figura 7. Abrir tabla de atributos.

Una vez en la tabla de atributos ir a la *calculadora de campos* en el ícono  y rellenar la ventana como se muestra a continuación (Figura 8).

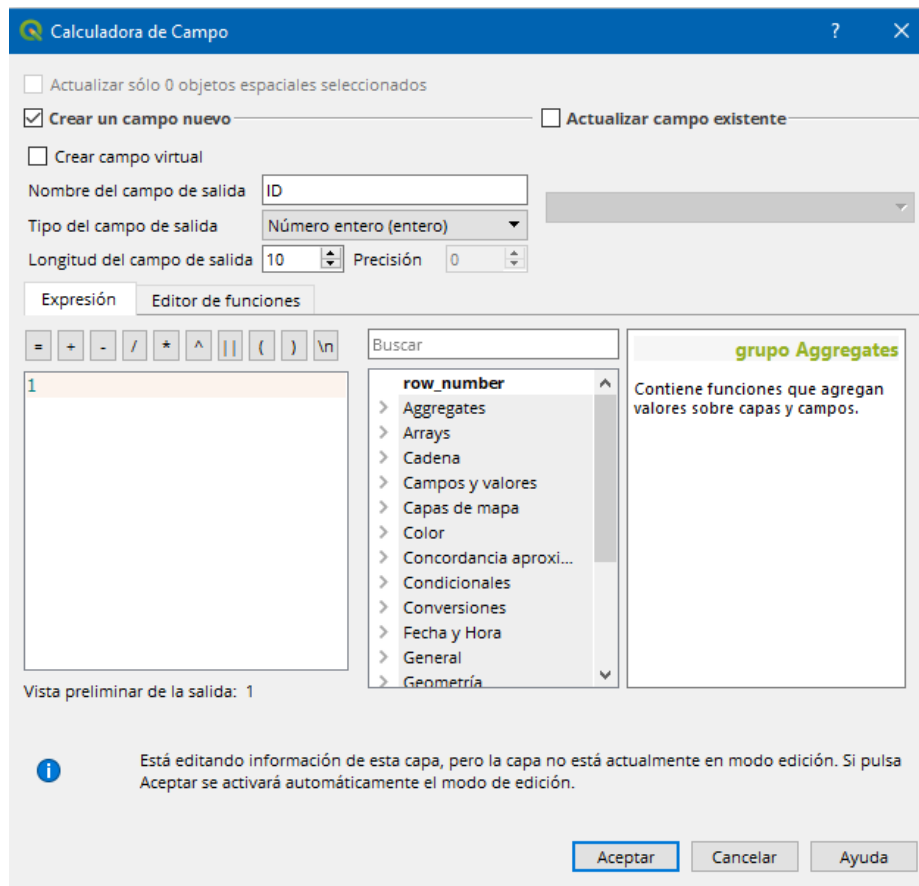


Figura 8. Configuración de la ventana *Calculadora de campo*.

Una vez que se tengan todas las capas de rutas y paradas con esta columna llamada "ID" se deben ir combinando de dos en dos, hasta obtener una capa con la totalidad de datos. Para realizar este proceso se debe ir a la caja de herramientas y buscar *unir capas de vectores*, como se muestra en la figura 9.

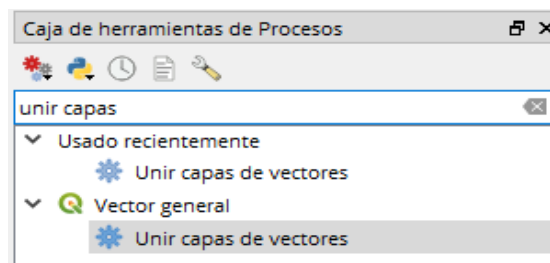


Figura 9. Herramienta para unir capas.

Se abre la herramienta y se seleccionan dos capas (figura 10) a combinar y así sucesivamente, hasta obtener la capa con la totalidad de datos.

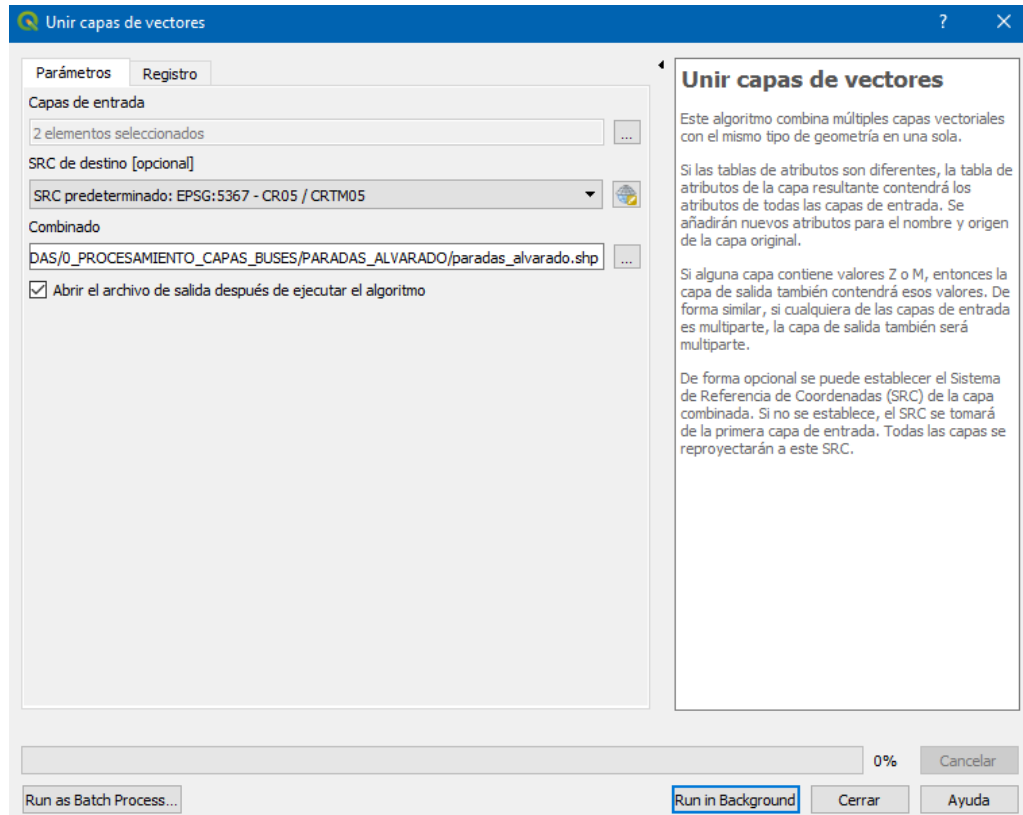


Figura 10. Ventana de la herramienta *Unir capas de vectores*.

Recorte de capas

Se observa que la información se empezó a tomar fuera del cantón, por lo que se realizará un corte de capas para que quede solo información dentro del cantón.

Primero se sube a QGIS una capa del cantón de Alvarado, después se busca en la barra de herramientas: *Vectorial/Herramientas de geoprocreso/Cortar*, en la ventana que se abre, en la sección *Capa de entrada*, se selecciona la capa de puntos de las paradas de bus y en *Capa de corte* se selecciona el polígono del cantón. Finalmente, se guarda con un nombre el archivo, y se da clic en *Run in background* o *Aceptar* (Figura 11).

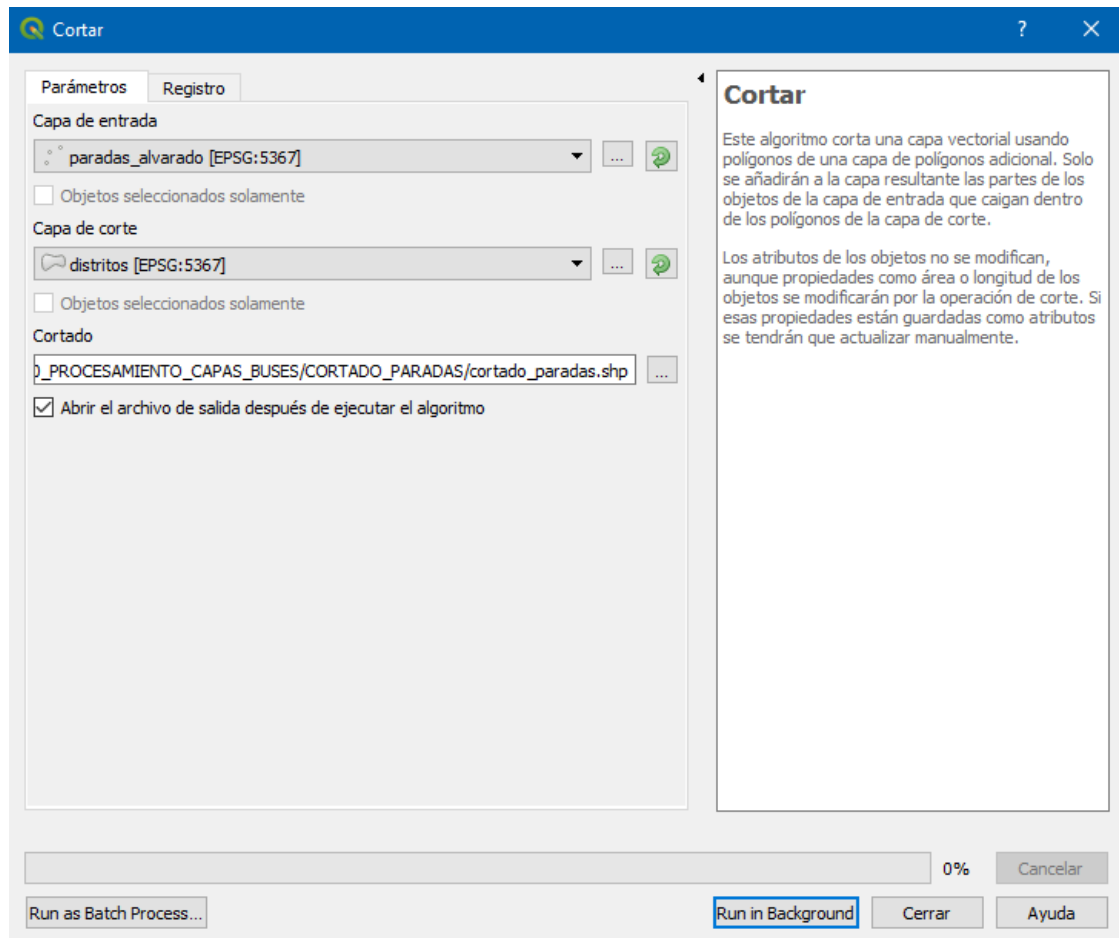



Figura 11. Configuración de la ventana para cortar capas.

Se realiza el mismo procedimiento para las capas de rutas. En la figura 12 se muestra como quedan las capas después del recorte.



Figura 12. Visualización de las capas recortadas.

Agregar columnas con información extra a las capas

Para finalizar con la creación de la capa, y después de realizado el proceso anterior, se crearán unas columnas nuevas en la tabla de atributo, en la parte de *Abrir calculadora de campos* , para las capas de las paradas de bus, las cuales son:

ID: que se refiere a poner un número consecutivo a los objetos en la tabla de atributos. Se configura la ventana como se muestra en la figura 13.

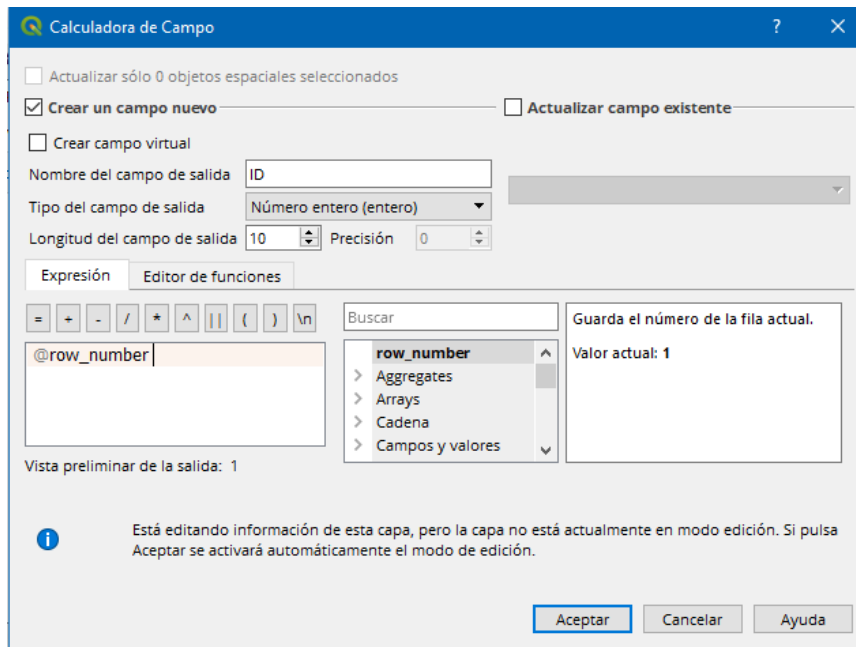


Figura 13. Configuración para columna “ID”.

SENTIDO: corresponde al sentido donde se encuentra la parada del bus. (Cartago-Santa Cruz), (Santa Cruz-Cartago), (Cartago-Cervantes), (Cervantes-Cartago). Se escribe entre comillas la información del sentido como se observa en la figura 14.

Nota: Se puso el poblado de Santa Cruz de Turrialba debido a que es la parada final del bus.

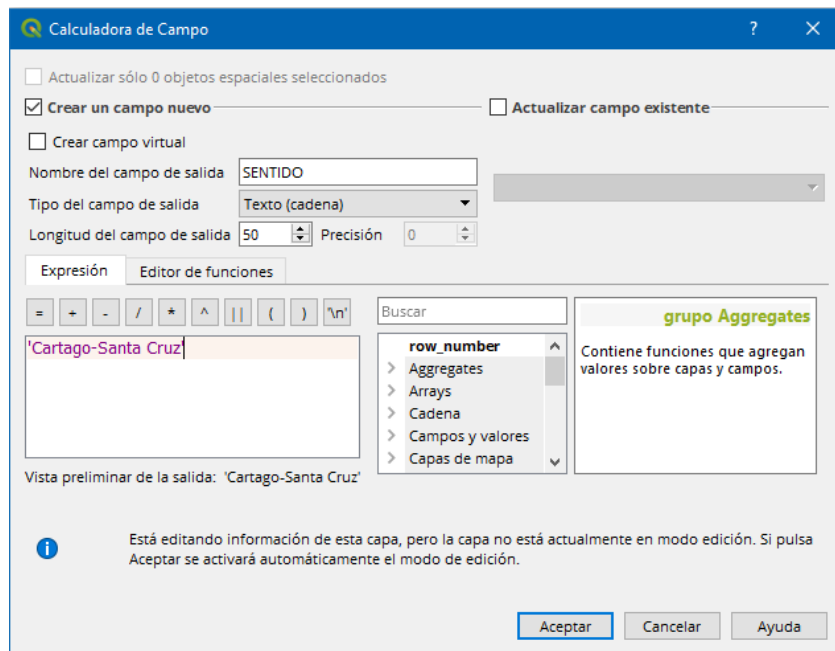


Figura 14. Configuración para la columna de “SENTIDO”.

COORD_X: son las coordenadas X de la parada de bus. Se escribe la expresión \$x para calcular las coordenadas como se observa en la figura 15

COORD_Y: son las coordenadas Y de la parada de bus. Se escribe la expresión \$y.

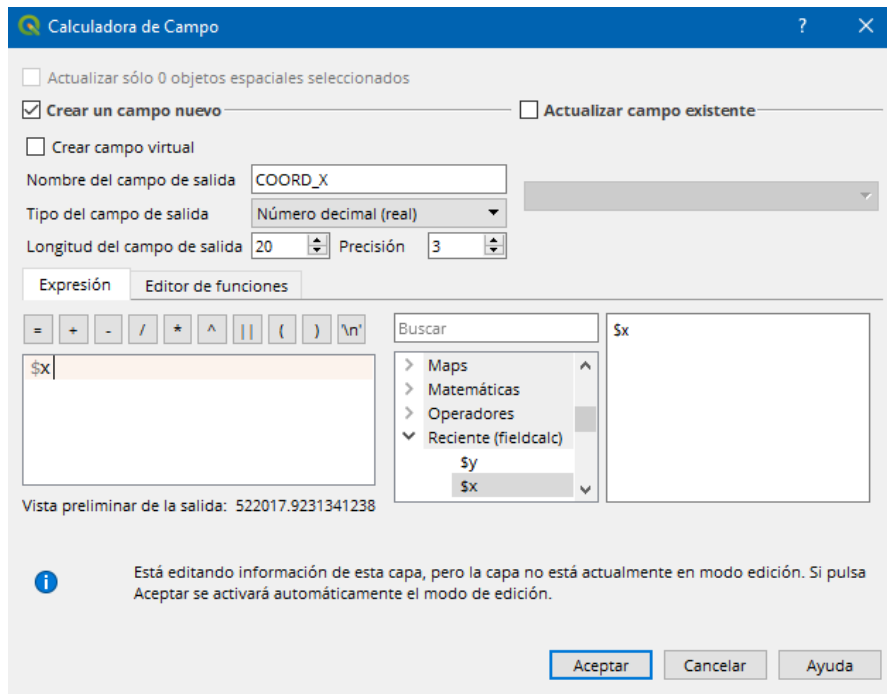


Figura 15. Configuración para la columna de *COORD_X*.

Mientras que para las capas de las rutas se crearán los campos de:

ID: que se refiere a poner un número consecutivo a los objetos en la tabla de atributos.

NOMBRE: Es el nombre que la empresa de buses utiliza para la ruta.

RUTA: Es el número de ruta que el bus sigue en su recorrido.

LONG_KM: Corresponde a la longitud de la ruta en kilómetros.

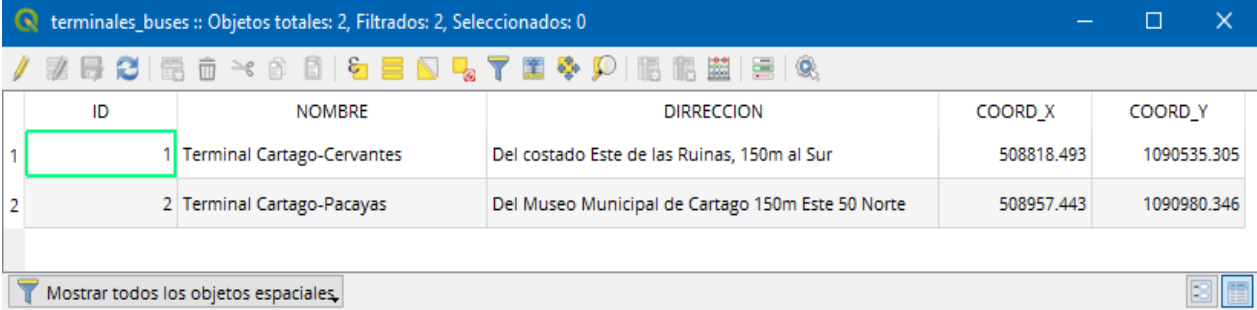
Nota: Se pueden eliminar las otras columnas diferentes a estas.

Capa de terminales de buses

Corresponde a 2 puntos tomados en los sitios donde los buses salen de Cartago hacia Pacayas y sus alrededores y la otra corresponde a Cervantes.

Se suben los puntos de las terminales de la misma forma en que se subieron los puntos de paradas de buses a QGIS.

Hay que guardar estos puntos en formato shapefile y en sistema de coordenadas CRTM05. Una vez guardado se agregará información adicional a la tabla de atributos, como se observa en la figura 16.



| ID | NOMBRE | DIRRECCION | COORD_X | COORD_Y |
|----|----------------------------|---|------------|-------------|
| 1 | Terminal Cartago-Cervantes | Del costado Este de las Ruinas, 150m al Sur | 508818.493 | 1090535.305 |
| 2 | Terminal Cartago-Pacayas | Del Museo Municipal de Cartago 150m Este 50 Norte | 508957.443 | 1090980.346 |

Figura 16. Vista de la información agregada a la capa de terminales.

Anexo 5. Secciones de metadatos de las capas generadas.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Título* | Título alternativo* |
|-----|--------------------------------|---------------|-------------------|---|------------------------|
| | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | Distritos del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica | distritos_alvarado |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | Áreas urbanas del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica | areas_urbanas_alvarado |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | Cabecera del cantón de Alvarado, Cartago, Costa Rica | cabecera_alvarado |

Identificación | Distribución | Representación espacial | Sistema de referencia | Calidad del dato ...

Figura 1. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Identificación.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Nombre* | Descripción |
|-----|--------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--|
| | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | distritos | Esta capa muestra los distritos de Pacayas, Cervantes y Capelladas, pertenecientes al cantón de Alvarado. |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | areas urbanas | Representa las áreas urbanas del cantón de Alvarado que se encuentran únicamente en el distritos de Cervantes. |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | cabecera | Muestra la cabecera del cantón de Alvarado que corresponde a Pacayas. |
| | | Barrios | barrios.shp | barrios | Representa los barrios con sus límites dentro del cantón de Jiménez. |
| | | Poblados | poblados.shp | poblados | Representa la ubicación de los poblados dentro del cantón de Alvarado. |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_vial_nacional.shp | red vial nacional | Capa temática de las rutas nacionales dentro del cantón Alvarado. |
| | | Red vial cantonal | red_vial_cantonal.shp | red vial cantonal | Capa temática de las rutas cantonales dentro del cantón Alvarado. |
| | | Puentes | puentes.shp | puentes | Representa la ubicación de los puentes dentro del cantón de Alvarado. |
| | | Paradas de buses | paradas_buses.shp | paradas buses | Representa la ubicación de las paradas de buses de las rutas para los destinos dentro del cantón de Alvarado. |
| | | | | | |

Identificación | **Distribución** | Representación espacial | Sistema de referencia | Calidad del dato ...

Figura 2. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Distribución.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Nivel de topología* | Tipo de objeto geométrico* | Número de objetos geométricos |
|--------------------|--------------------------------|--|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Físico espacial | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 3 |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 74 |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 1 |
| | | Barrios | barrios.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 5 |
| | | Poblados | poblados.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 29 |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_vial_nacional.shp | Gráfica planar completo | Líneas | 129 |
| | | Red vial cantonal | red_vial_cantonal.shp | Gráfica planar completo | Líneas | 886 |
| | | Puentes | puentes.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 17 |
| | | Paradas de buses | paradas_buses.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 70 |
| | | Terminales de buses | terminales_buses.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 2 |
| | | Rutas de buses | rutas_buses.shp | Gráfica planar completo | Líneas | 2 |
| | Facilidades comunales | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos_puntos.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 26 |
| | | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos_poligonos.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 26 |
| | | Centros de salud públicos y privados | centros_salud_puntos.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 4 |
| | | Centros de salud públicos y privados | centros_salud_poligonos.shp | Gráfica planar completo | Polígonos | 4 |
| Centros culturales | | centros_culturales_puntos.shp | Gráfica planar completo | Puntos | 18 | |
| | | | | Gráfica planar | | |
| Identificación | | Distribución | Representación espacial | Sistema de referencia | Calidad del dato | |

Figura 3. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Representación espacial.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Título* | Código* | Otros aspectos de mención |
|-----|--------------------------------|-------------------|-----------------------|---|--------------------|--|
| | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |
| | | Barrios | barrios.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |
| | | Poblados | poblados.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |
| | | Red vial nacional | red_viaL_nacional.shp | Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica (CRTM05) | CRTM05, EPSG: 5367 | El datum vertical es el nivel medio del mar y el datum horizontal es el CR05 enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), para la época de medición 2005, 83 y asociado al elipsoide del Sistema Geodésico |

Figura 4. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Sistema de Referencia.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Nivel de Jerarquía* | Linaje* |
|-----------------|--|-------------------------------|-----------------------|--|---|
| Físico espacial | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | Clase de objeto | Los datos provienen del Atlas Digital de Costa Rica 2014 mediante un recorte con el cantón de Alvarado. |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | Conjunto de datos | Los datos se obtuvieron de un proceso de segmentación de imágenes satelitales. Y la categorización para conocer si correspondía a un área urbana se realizó según la clasificación del INEC a partir del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2011 tomando en cuenta cuatro indicadores correspondientes a porcentaje de población urbana en el distrito, densidad de población, viviendas individuales ocupadas, y porcentaje de |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | Clase de objeto | Los datos provienen del Atlas Digital de Costa Rica 2014 mediante un recorte con el cantón de Alvarado. |
| | | Barrios | barrios.shp | Clase de objeto | Los datos provienen de la capa del uso del suelo por medio de una segmentación de esta capa. |
| | | Poblados | poblados.shp | Clase de objeto | Los datos provienen del Atlas Digital de Costa Rica 2014 mediante un recorte con el cantón de Alvarado. |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_viaL_nacional.shp | Tipo de atributo | Los datos provienen de la base de datos del plan GAM 2013, mediante un recorte con el cantón de Alvarado |
| | | Red vial cantonal | red_viaL_cantonal.shp | Tipo de atributo | Los datos provienen de la base de datos del plan GAM 2013, mediante un recorte con el cantón de Alvarado |
| | | Puentes | puentes.shp | Conjunto de datos | Los datos provienen de la capa puentes_inventario_lamammeur del SNT y se realizó una digitalización de estos por medio de los servicios WMS. |
| | | Paradas de buses | paradas_buses.shp | Sesión de campo | Los datos provienen de giras de campo y tomados con GPS Garmin. |
| | | Terminales de buses | terminales_buses.shp | Sesión de campo | Los datos provienen de giras de campo y tomados con GPS Garmin. |
| | | Rutas de buses | rutas_buses.shp | Sesión de campo | Los datos provienen de giras de campo y tomados con GPS Garmin. |
| | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos_puntos.shp | Clase de objeto | Los datos provienen de la base de datos del plan GAM 2013, mediante un recorte con el cantón de Alvarado | |

Figura 5. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Calidad del dato.

| Tema | Variable | Nombre de la capa | Identificador de archivo de metadatos* | Lenguaje del metadato | Lenguaje de codificación del metadato* | Estándar del metadato* |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|--|-----------------------|--|------------------------|
| Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | CR_MA_DISTritos_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | CR_MA_AREAS_URBANAS_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Cabeceras | cabecera.shp | CR_MA_CABECERA_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Barrios | barrios.shp | CR_MA_BARRIOS_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Poblados | poblados.shp | CR_MA_POBLADOS_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_vial_nacional.shp | CR_MA_RED_VIAL_NACIONAL_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Red vial cantonal | red_vial_cantonal.shp | CR_MA_RED_VIAL_CANTONAL_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Puentes | puentes.shp | CR_MA_PUENTES_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Paradas de buses | paradas_buses.shp | CR_MA_PARADAS_BUSES_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Terminales de buses | terminales_buses.shp | CR_MA_TERMINALES_BUSES_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |
| | Rutas de buses | rutas_buses.shp | CR_MA_RUTAS_BUSES_VE | Español | UTF-8 | ISO 19115-1:2014 |

Figura 6. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Metadato.

| Eje | Tema | Variable | Nombre de la capa | Nombre del archivo* |
|-----------------|--|--|----------------------------------|---|
| Físico espacial | Estructura y morfología urbana | Distritos | distritos.shp | https://drive.google.com/open?id=1BkelBbNnAAH4vaSFIXcst8lU6dJlWj |
| | | Áreas urbanas | areas_urbanas.shp | https://drive.google.com/open?id=181rqB1BwjuX-cy0GKvWustd9Ggw1Bvw |
| | | Cabeceras | cabecera.shp | https://drive.google.com/open?id=1dR18Qxw-GyZPShcMYcKQypEZEHz_3kIT |
| | | Barrios | barrios.shp | https://drive.google.com/open?id=1dR18Qxw-GyZPShcMYcKQypEZEHz_3kIT |
| | | Poblados | poblados.shp | https://drive.google.com/open?id=1BLSrDEol-VGN-afhD6LngCZjwLiMaOd |
| | Vialidad y movilidad | Red vial nacional | red_via_nacional.shp | https://drive.google.com/open?id=1Mj2LgB1H7ID2ISDZnjy80-AkjT5a0h |
| | | Red vial cantonal | red_via_cantonal.shp | https://drive.google.com/open?id=1wnr4Ez9102DqjgSi3wQakfBBkC6Bgn |
| | | Puentes | puentes.shp | https://drive.google.com/open?id=1MEneQ6RGR7c4gse3DjGT4tteo6BHTb |
| | | Paradas de buses | paradas_buses.shp | https://drive.google.com/open?id=1QUpBNJcJpr2EMB9nD09zztTcr6EbPin |
| | | Terminales de buses | terminales_buses.shp | https://drive.google.com/open?id=1ZQ3Uapv4e1aHjotLZ31rbmj4K6X00ZQ |
| | | Rutas de buses | rutas_buses.shp | https://drive.google.com/open?id=10-gF3Gvn3weolrkQZiaP-FyP3zSNBrcI |
| | Centros educativos públicos y privados | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos_puntos.shp | https://drive.google.com/open?id=1hMjrg7iQnn8V7cFsUD4BM7uejbF4pQSa |
| | | Centros educativos públicos y privados | centros_educativos_poligonos.shp | https://drive.google.com/open?id=1YVDyW/MmM4w8jhudywJcDjFahYXNjRO_xL |
| | | Centros de salud públicos y privados | centros_salud_puntos.shp | https://drive.google.com/open?id=1Qc1QG-z5ABGqat1QVaqk7FsDwvpaS44H3 |

Figura 7. Sección de los metadatos correspondiente a la parte de Resumen y gráfico.

Anexo 6. Fotografías y lista de asistencia de la capacitación.



Figura 1. Vista de la presentación introductoria.



Figura 2. Ejecución de la capacitación.



Figura 3. Explicación de los procedimientos.



Figura 4. Ejecución de la capacitación.



Figura 5. Explicación de los procedimientos.

Asistencia a Reuniones

Lugar: Municipalidad de Alvarado

Fecha: 31-10-18

Hora de inicio: 8:30am Hora de finalización: 3:00pm

Descripción: Capacitación en generación y manipulación de información geográfica para planes reguladores.

| Nombre completo | N° identificación | Institución | Correo |
|--------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Esteban Montenegro Hernández | 304850066 | ITCR | ejmh2595@hotmail.com |
| María Alejandra Fernández Mora | 304970330 | ITCR | mariale0396@gmail.com |
| Marcela Dávila Jiménez | 603880911 | Municipalidad Alvarado | adavila@muni.alvarado.go.cr |
| Alfredo Orozco Sedeval | 3-422-929 | Municipalidad Jiménez | dccv@muni.jimenez.go.cr |
| Iuleya Pérez Martínez | 3-452-557 | Municipalidad Jiménez | gestionambiental@muni.jimenez.go.cr |
| Rojano Chacón Mora | 3-423-236 | Municipalidad Alvarado | rchacone@muni.alvarado.go.cr |
| Ridier Obando Sessareo | 3-324-028 | | kobando@muni.alvarado.go.cr |

Figura 6. Lista de asistencia a la capacitación.

Anexo 7. Laboratorios realizados en la capacitación

Laboratorio 1. Herramientas de geoprocreso, reacomodo de columnas y filtros avanzados.

Objetivo General: Conocer y aplicar el uso de las herramientas de geoprocreso y los filtros avanzados.

Herramientas de geoprocreso

Para este laboratorio se entregan capas de información y se indican los geoprocresos que se deben realizar para llegar a un producto final. Debe llenar los cuadros con la descripción del resultado en la tabla de atributos y el resultado cartográfico. Las operaciones de geoprocresamiento pueden modificar la tabla de atributos, el resultado cartográfico o ambos. En QGIS 3.2 las herramientas básicas de geoprocresamiento se encuentran en el menú principal – Vectorial – Herramientas de geoprocresamiento. Estas herramientas son: Buffer, Cortar, Envolverte convexa, Diferencia, Disolver, Intersección, Diferencia simétrica, Unión y Eliminar polígonos seleccionados (Figura 1).

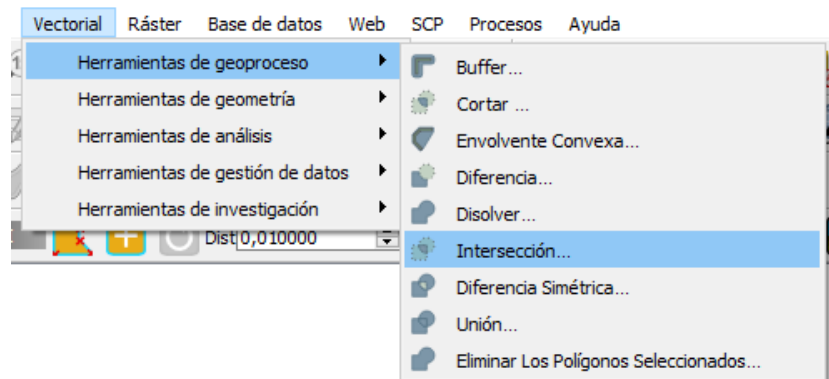


Figura 1. Herramientas de Geoprocresamiento del menú Vectorial de Qgis.

A continuación, se explican algunas de las herramientas de geoprocresamiento:

1. Buffer

Esta herramienta genera una zona de influencia alrededor del tema seleccionado. El tema de entrada puede ser de puntos, líneas o polígonos; el tema de salida siempre es de polígonos. Esta herramienta se encuentra en el menú Vectorial/Herramientas de geoproceto/Buffer. Se realiza este proceso para de esta forma asegurar que los límites correspondientes a ríos se encuentren dentro del cantón Alvarado de forma completa.

Para realizar este proceso utilice la herramienta Buffer. En la capa de entrada seleccione la capa distritos.shp, en distancia seleccione 85 y en la capa de salida (hecho buffer) guarde el archivo como “distritos_buffer.shp” (Figura 2).

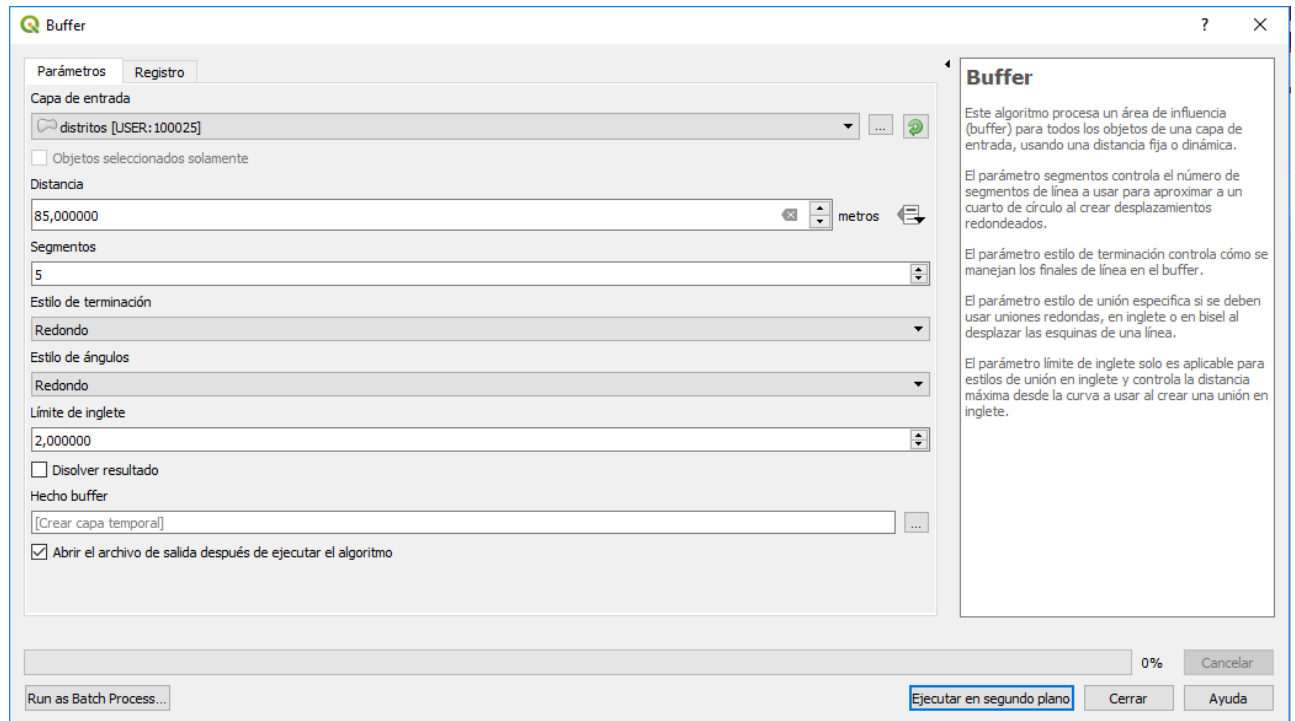




Figura 2. Ventana de la herramienta buffer para el cantón en Qgis.

Cuadro 1. Comparación de resultados de las capas antes y después del proceso de buffer para el cantón.

| Operación buffer | Tabla de atributos | Cartográfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|------------|------------|------------|---|---|---------|---------|------------|---|---|---------|---------|------------|---|---|---------|---------|------------|---|
| <p>Entrada: distritos.shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>PROVINCIA</th> <th>N_CANTON</th> <th>N_DISTRITO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Juan Viñas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Tucurrique</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Pejibaye</td> </tr> </tbody> </table> | ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | 1 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas | 2 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | 3 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye |  |
| ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Salida: distritos_buffer.shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>PROVINCIA</th> <th>N_CANTON</th> <th>N_DISTRITO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Tucurrique</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Pejibaye</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Juan Viñas</td> </tr> </tbody> </table> | ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | 1 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | 2 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye | 3 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas |  |
| ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Explique el resultado</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2. Cortar

Se quiere conocer la red hídrica del cantón de Alvarado, y sus respectivos usos. Para ello es necesario cortar la capa de “rios150000crtm05” que se encuentra dentro del Atlas Digital de Costa Rica 2014 con el cantón de Alvarado.

Para realizar este proceso utilice la herramienta cortar, en la capa vectorial de entrada seleccione la capa rios150000crtm05.shp, en la capa de corte seleccione distritos_buffer.shp, guarde el archivo como rios.shp (Figura 3).

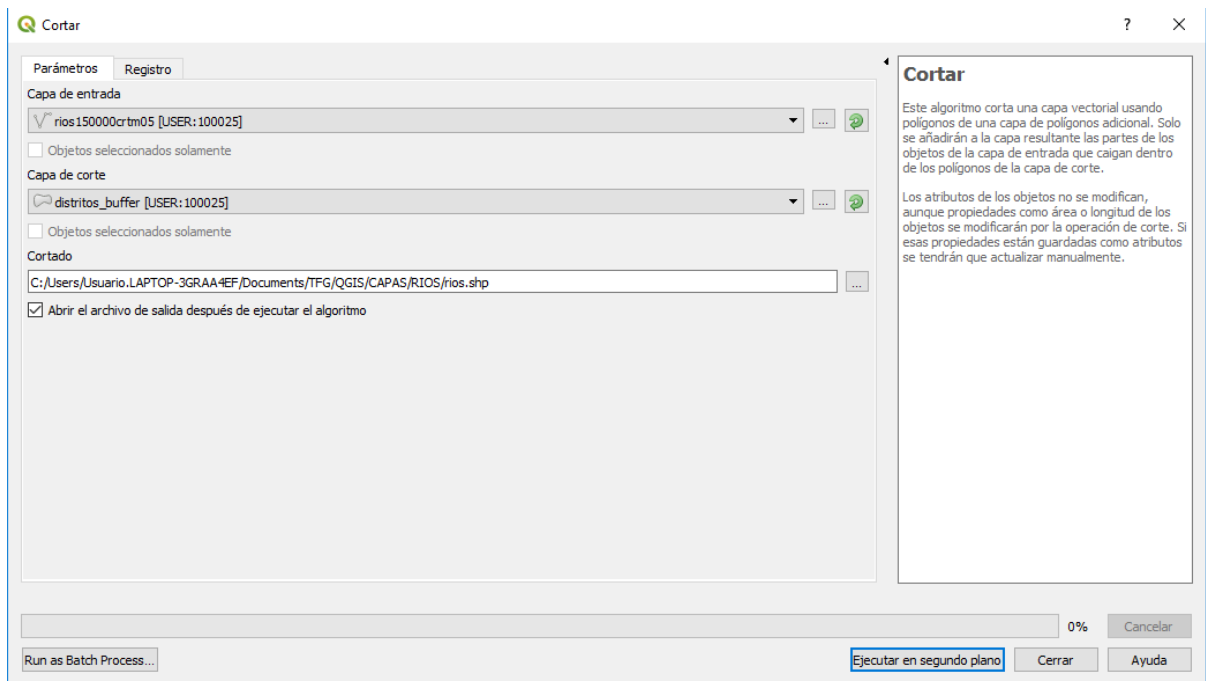





Figura 3. Ventana de geoproceto cortar en Qgis.

Cuadro 2. Comparación de resultados de las capas antes y después del proceso de corte.

| Operación buffer | Tabla de atributos | Cartográfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|----------|------------|----------|-------------------|------------|---|-----------------|------------|------------|----------------|------------|---------|--------------|------------|---|------------|------------|---------|------------|---|---|------------|------------|---|------------|------------|---|------------|------------|---|
| <p>Entrada: rios150000crtm05 .shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>CATEGORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>QUEBRADA NICUESTA</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>QUEBRADA RANCHO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>QUEBRADA GAMBA</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>RIO SORPRESA</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> </tbody> </table> | | NOMBRE | CATEGORIA | 1 | QUEBRADA NICUESTA | PERMANENTE | 2 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | 3 | QUEBRADA GAMBA | PERMANENTE | 4 | RIO SORPRESA | PERMANENTE | 5 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 6 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 7 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 9 | SIN NOMBRE | PERMANENTE |  |
| | NOMBRE | CATEGORIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | QUEBRADA NICUESTA | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | QUEBRADA GAMBA | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | RIO SORPRESA | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Corte: distritos_buffer.shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ID</th> <th>PROVINCIA</th> <th>N_CANTON</th> <th>N_DISTRITO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Juan Viñas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Tucurrique</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>Cartago</td> <td>Jiménez</td> <td>Pejibaye</td> </tr> </tbody> </table> | | ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | 1 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas | 2 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | 3 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye |  | | | | | | | | | | |
| | ID | PROVINCIA | N_CANTON | N_DISTRITO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | Cartago | Jiménez | Juan Viñas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | Cartago | Jiménez | Tucurrique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | Cartago | Jiménez | Pejibaye | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Salida:rios.shp | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>CATEGORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>RIO NARANJITO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>RIO TAUSITO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>QUEBRADA RANCHO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>RIO NUBES</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>QUEBRADA PIZOTE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>QUEBRADA PANIAGUA</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> </tbody> </table> | | NOMBRE | CATEGORIA | 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 2 | RIO NARANJITO | PERMANENTE | 3 | RIO TAUSITO | PERMANENTE | 4 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | 5 | RIO NUBES | PERMANENTE | 6 | QUEBRADA PIZOTE | PERMANENTE | 7 | QUEBRADA PANIAGUA | PERMANENTE | 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE |  |
|-----------------------|---|------------|--------|-----------|---|------------|------------|---|---------------|------------|---|-------------|------------|---|-----------------|------------|---|-----------|------------|---|-----------------|------------|---|-------------------|------------|---|------------|------------|---|
| | NOMBRE | CATEGORIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | RIO NARANJITO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | RIO TAUSITO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | RIO NUBES | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | QUEBRADA PIZOTE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | QUEBRADA PANIAGUA | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Explique el resultado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. Buffer

Se realiza nuevamente un buffer para establecer la zona de protección de los ríos, ir a Vectorial/Herramientas de geoprocreso/Buffer. En la capa de entrada seleccione la capa rios.shp, en distancia seleccione 15 y en la capa de salida (hecho buffer) guarde el archivo como “zonas_proteccion_rios.shp” (Figura 4).

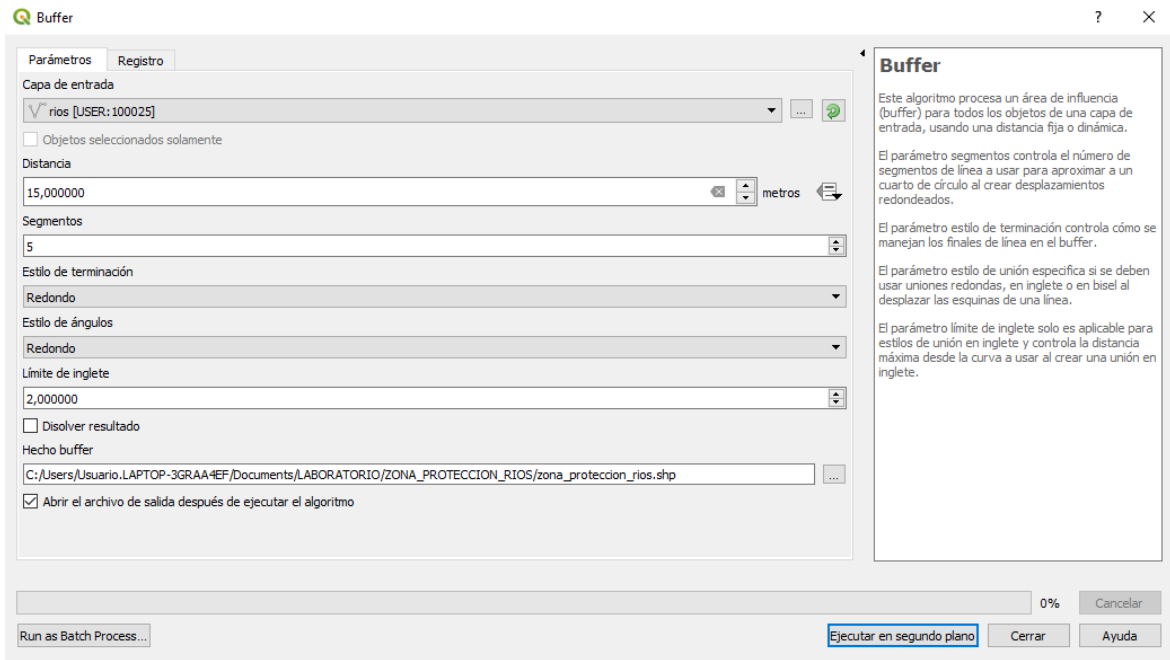




Figura 4. Ventana de la herramienta buffer para los ríos en Qgis.

Cuadro 3. Comparación de resultados de las capas antes y después del proceso de buffer para los ríos.

| Operación buffer | Tabla de atributos | Cartográfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|--------------|--------|-----------|---|------------|------------|---|---------------|------------|---|-------------|------------|---|-----------------|------------|---|-----------|------------|---|-----------------|------------|---|-------------------|------------|---|------------|------------|---|
| Entrada: rios.shp | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>CATEGORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>RIO NARANJITO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>RIO TAUSITO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>QUEBRADA RANCHO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>RIO NUBES</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>QUEBRADA PIZOTE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>QUEBRADA PANIAGUA</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> </tbody> </table> | | NOMBRE | CATEGORIA | 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 2 | RIO NARANJITO | PERMANENTE | 3 | RIO TAUSITO | PERMANENTE | 4 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | 5 | RIO NUBES | PERMANENTE | 6 | QUEBRADA PIZOTE | PERMANENTE | 7 | QUEBRADA PANIAGUA | PERMANENTE | 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE |  |
| | NOMBRE | CATEGORIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | RIO NARANJITO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | RIO TAUSITO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | QUEBRADA RANCHO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | RIO NUBES | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | QUEBRADA PIZOTE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | QUEBRADA PANIAGUA | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| <p>Salida: zonas_proteccion_rios .shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NOMBRE</th> <th>CATEGORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>RIO NONECO</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>RIO VUELTAS</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>RIO REVENTAZON</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> </tr> </tbody> </table> | | NOMBRE | CATEGORIA | 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 2 | RIO NONECO | PERMANENTE | 3 | RIO VUELTAS | PERMANENTE | 4 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 5 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 6 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 7 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 8 | RIO REVENTAZON | PERMANENTE | 9 | SIN NOMBRE | PERMANENTE |  |
|---|--|------------|--------|-----------|---|------------|------------|---|------------|------------|---|-------------|------------|---|------------|------------|---|------------|------------|---|------------|------------|---|------------|------------|---|----------------|------------|---|------------|------------|---|
| | NOMBRE | CATEGORIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | RIO NONECO | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | RIO VUELTAS | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | RIO REVENTAZON | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Explique el resultado</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. Intersección

Con esta herramienta se obtiene el área común o zona de traslape entre dos o más capas de interés; la tabla de atributos de los temas seleccionados se mezcla, en decir se carga la información de un tema en otro. Ir a Vectorial/Herramientas de geoprocreso/Intersección. En la capa de entrada seleccione la capa zonas_proteccion_rios.shp, en la capa de intersección seleccione la capa cober2005crtm05.shp y guarde el archivo como "cober_zonas_proteccion.shp" (Figura 5).

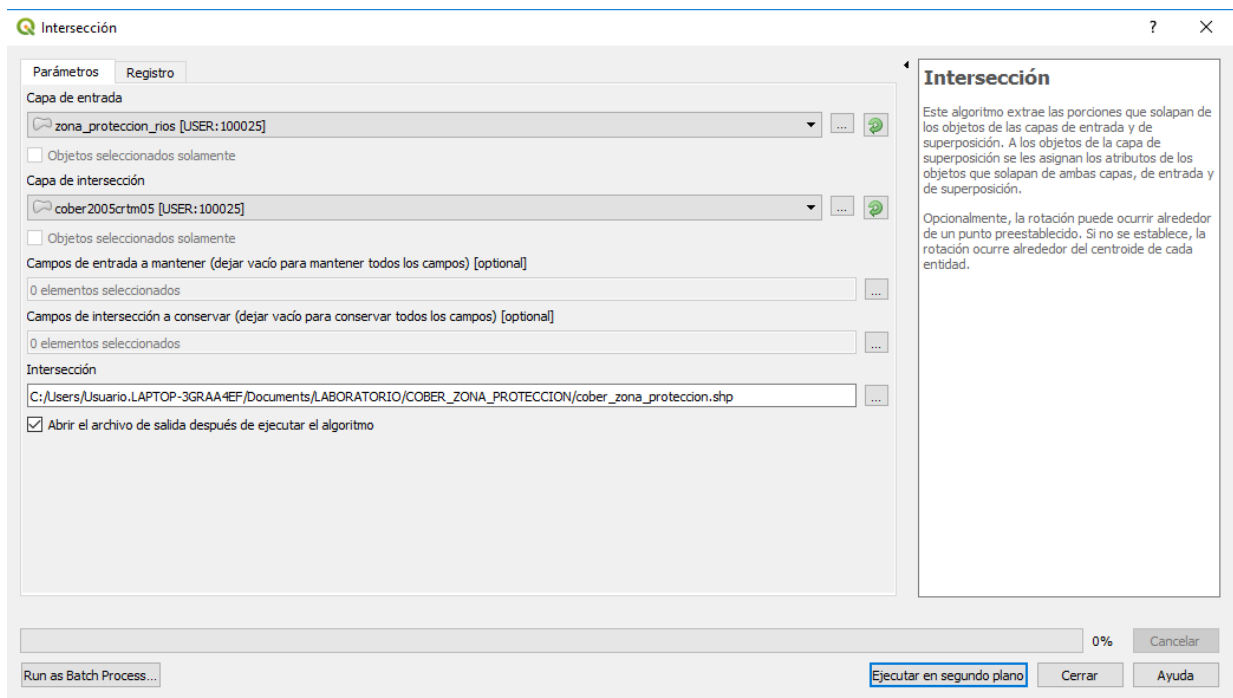


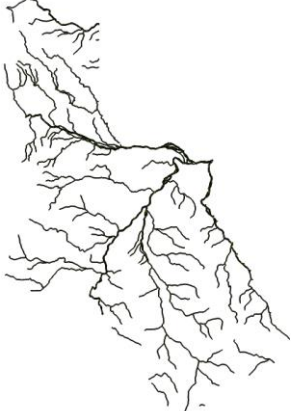


Figura 5. Ventana de la herramienta intersección para las zonas de protección de ríos en Qgis.

NOTA: Si el proceso no funciona con el Qgis 3.2, utilizar la versión 2.18.

Cuadro 4. Comparación de resultados de las capas antes y después del proceso de intersección para la capa de zonas de protección de ríos.

| Operación buffer | Tabla de atributos | Cartográfico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|----------|-----------|----------|-------|-------------|------------|-------|---|---|-------|------|---|-------|------|---|-------|-------------|---|-------|-------------|---|-------|------|---|-------|-------------|---|-------|-------------|----|-------|-------------|---|
| <p>Entrada: zona_proteccion_rios. shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>NOMBRE</th> <th>CATEGORIA</th> <th>COD_CANT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SIN NOMBRE</td> <td>PERMANENTE</td> <td>304</td> </tr> </tbody> </table> | ID | NOMBRE | CATEGORIA | COD_CANT | 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 304 |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ID | NOMBRE | CATEGORIA | COD_CANT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SIN NOMBRE | PERMANENTE | 304 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Intersección: cober2005crtm05.shp</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HECTARES</th> <th>COBERTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.036</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.541</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.719</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.081</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.081</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0.587</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>0.081</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.185</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>0.007</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.010</td> <td>NO FORESTAL</td> </tr> </tbody> </table> | | HECTARES | COBERTURA | 1 | 0.036 | NO FORESTAL | 2 | 0.541 | NO FORESTAL | 3 | 0.719 | AGUA | 4 | 0.081 | AGUA | 5 | 0.081 | NO FORESTAL | 6 | 0.587 | NO FORESTAL | 7 | 0.081 | AGUA | 8 | 0.185 | NO FORESTAL | 9 | 0.007 | NO FORESTAL | 10 | 0.010 | NO FORESTAL |  |
| | HECTARES | COBERTURA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.036 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0.541 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.719 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0.081 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0.081 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0.587 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 0.081 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 0.185 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0.007 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.010 | NO FORESTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Salida: | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COD_CANT</th> <th>COD_DIST</th> <th>HECTARES</th> <th>COBERTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>23.96100</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>14.21400</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>1.13700</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>46.13600</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>3.41100</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>5.76700</td> <td>AGUA</td> </tr> <tr> <td>304</td> <td>30403</td> <td>7.63500</td> <td>AGUA</td> </tr> </tbody> </table> | COD_CANT | COD_DIST | HECTARES | COBERTURA | 304 | 30403 | 23.96100 | AGUA | 304 | 30403 | 14.21400 | AGUA | 304 | 30403 | 1.13700 | AGUA | 304 | 30403 | 46.13600 | AGUA | 304 | 30403 | 3.41100 | AGUA | 304 | 30403 | 5.76700 | AGUA | 304 | 30403 | 7.63500 | AGUA |  |
|-----------------------|--|----------|----------|-----------|-----------|-----|-------|----------|------|-----|-------|----------|------|-----|-------|---------|------|-----|-------|----------|------|-----|-------|---------|------|-----|-------|---------|------|-----|-------|---------|------|---|
| | COD_CANT | COD_DIST | HECTARES | COBERTURA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 23.96100 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 14.21400 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 1.13700 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 46.13600 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 3.41100 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 304 | 30403 | 5.76700 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 304 | 30403 | 7.63500 | AGUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Explique el resultado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Reacomodo de columnas

Para iniciar este proceso se debe crear una serie de columnas que se describen a continuación:

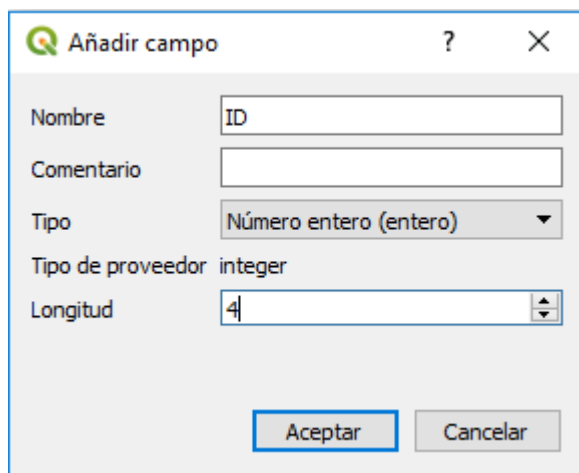
ID: que se refiere a poner un número consecutivo a los objetos en la tabla de atributos.

COD_CANT: corresponde al código 306 para el cantón de Alvarado.

COD_DIST: corresponde a los códigos 30601 para Pacayas, 30602 para Cervantes y 30603 para Capellades.

Para crear las columnas se debe ir al panel de capas, clic derecho en la capa de ríos, abrir tabla de atributos, conmutar el modo de edición en el ícono  e ir a la casilla de campo nuevo . Se crean todas las columnas necesarias cambiando el nombre, tipo y la longitud dependiendo de su naturaleza (figura 6).

La columna llamada “ID” es de tipo “número entero” con una longitud de 2, la llamada “COD_CANT” en de tipo “número entero” con una longitud de 3 y la llamada “COD_DIST” en de tipo “número entero” con una longitud de 5



A screenshot of a dialog box titled "Añadir campo" (Add field). The dialog contains the following fields and values:

- Nombre: ID
- Comentario: (empty)
- Tipo: Número entero (entero)
- Tipo de proveedor: integer
- Longitud: 4

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Aceptar" (Accept) and "Cancelar" (Cancel).

Figura 6. Creación de nuevas columnas.

Una vez creadas las columnas se procede a llenarlas. Para la columna “ID” se debe abrir la tabla de atributos y abrir la calculadora de campos. Dentro de la calculadora de campos se debe marcar la opción “Actualizar campo existente”, seleccionar la casilla ID y escribir la expresión como se muestra en la figura 7.

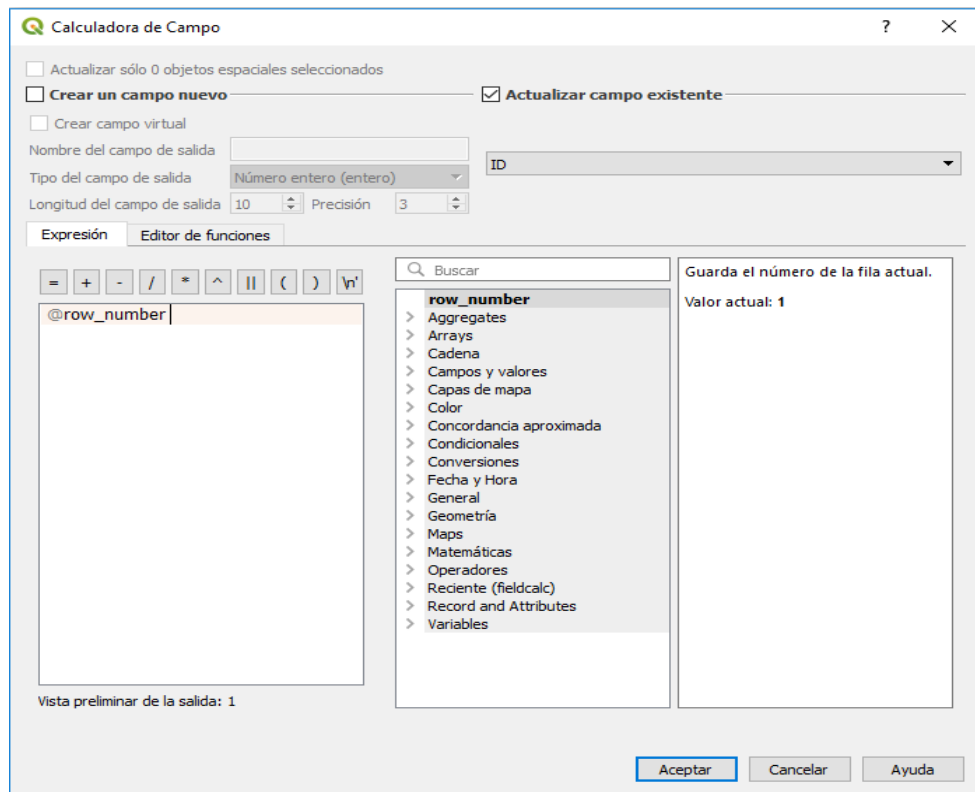


Figura 7. Calculadora de campo para rellenar la columna “ID”.

Para la columna llamada “COD_CANT” se debe ir a la calculadora de campos. Una vez dentro de la calculadora de campos se debe marcar la opción “Actualizar campo existente”, seleccionar la casilla “COD_CANT” y escribir la expresión “306” como se muestra en la figura 8.

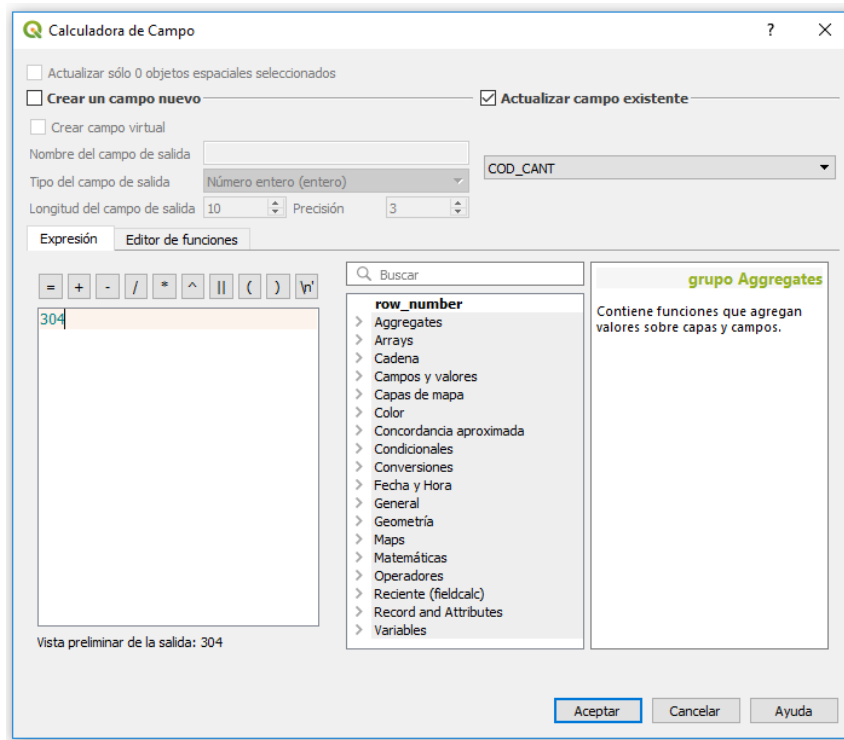




Figura 8. Calculadora de campo para rellenar la columna “COD_CANT”.

La columna llamada “COD_DIST” se debe completar seleccionando los ríos que se encuentren dentro de cada distrito por separado, con la herramienta “Seleccionar objetos espaciales por área o clic único” en el icono . Al seleccionar por ejemplo los ríos de Pacayas se debe ir a la tabla de atributos y seleccionar el icono “Mover la selección arriba del todo” en el icono . Posteriormente, abrir la calculadora de campos, marcar la casilla “Actualizar campo existente” y seleccionar “COD_DIST”. Se debe escribir la expresión como se muestra en la figura 9.

Nota: Los códigos para cada distrito se mencionaron anteriormente. Además, se debe ser cuidadoso para incluir únicamente los elementos pertenecientes al distrito específico.

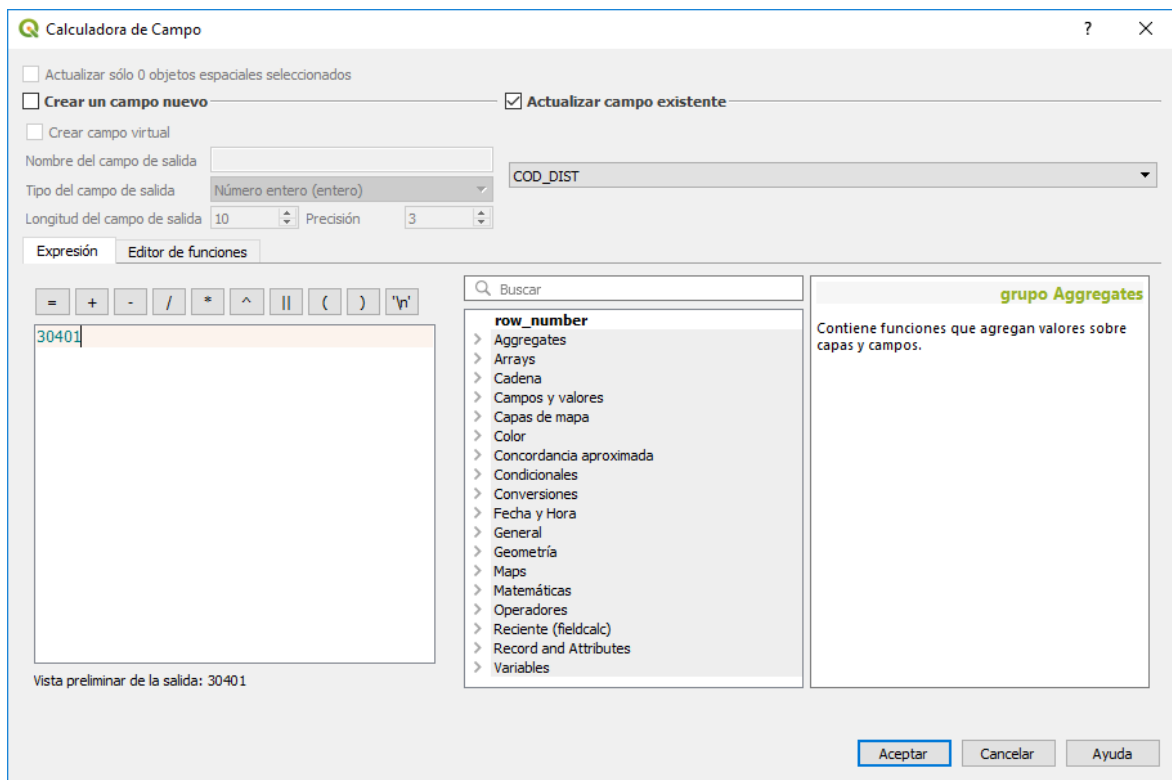


Figura 9. Calculadora de campo para rellenar la columna “COD_DIST”.

Una vez terminados los pasos anteriores se debe ir a la Caja de herramientas y Buscar “Rehacer campos” (Figura 10).

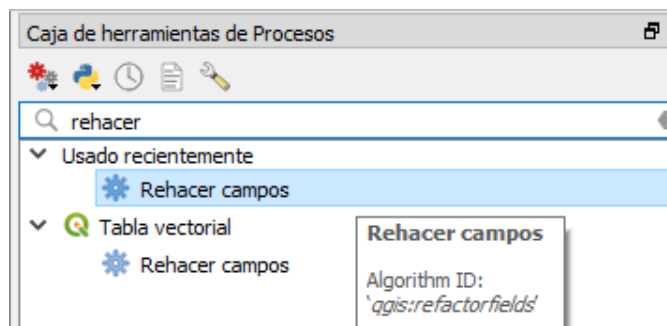


Figura 10. Herramienta “Rehacer campos”.

Ahora en la herramienta se deben acomodar las columnas en el orden que se muestra en la figura 11 y corregir el nombre de las columnas si anteriormente se cometió algún error. Por último, se debe guardar con el nombre `cober_zona_proteccion_final.shp` y dar clic en el icono “Ejecutar en segundo plano”.

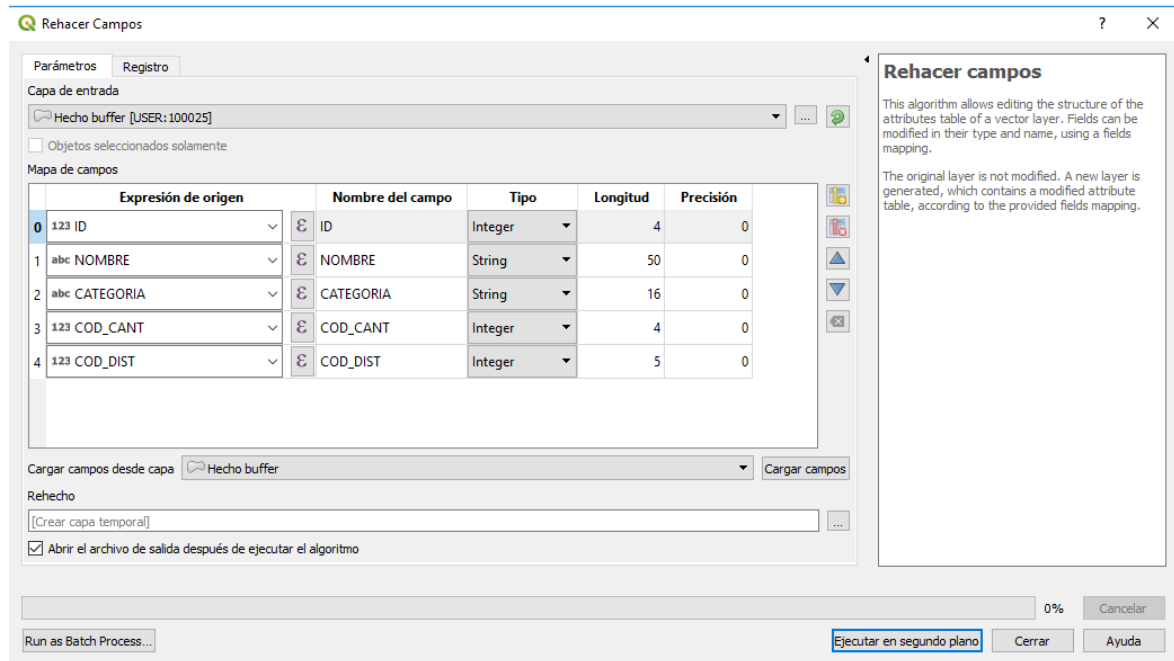


Figura 11. Herramienta de rehacer campos en la capa de los buffers de los ríos.

Filtros avanzados

Ir a la tabla de atributos y en la esquina inferior izquierda buscar la opción “Filtro avanzado (expresión)” como se muestra en la figura 12.

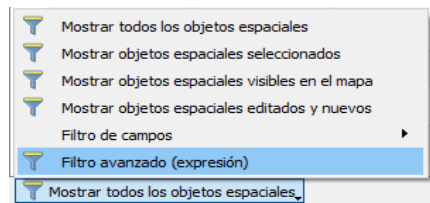


Figura 12. Ubicación del filtro avanzado.

Abrir los filtros avanzados y utilizar la expresión "CATEGORIA" LIKE '%INTERMITENTE%' para obtener los ríos que son intermitentes dentro del cantón.

Anote el número de objetos espaciales después de utilizar esta expresión:

_____.

Utilice la siguiente expresión "CATEGORIA" LIKE '%INTERMITENTE%' AND "COD_DIST" LIKE 30601, para obtener los ríos que son intermitentes dentro del distrito de Pacayas.

Anote el número de objeto espacial después de utilizar esta expresión:

_____.

Utilice la expresión NOT "COD_DIST" = 30602 para excluir los ríos del distrito de Cervantes.

Anote el número de objeto espacial después de utilizar esta expresión:

_____.

Utilice la expresión "COD_DIST" = 30601 OR "CATEGORIA" = 'PERMANENTE' AND "COD_DIST" = 30602 para obtener los ríos del distrito de Pacayas y los ríos permanentes del distrito de Cervantes.

Anote el número de objeto espacial después de utilizar esta expresión:

_____.

Laboratorio 2. Crear y actualizar la capa de barrios mediante digitalización.

Digitalizar las coberturas de la superficie de la tierra, es una herramienta importante para determinar el área que cubre cada cobertura de una zona determinada de manera remota, a través de imágenes satelitales o de fotografías aéreas. Esta herramienta abarata los costos ya que evita realizar visitas a todas las coberturas de la zona en estudio.

Objetivo General: Conocer y utilizar las herramientas de digitalización avanzada para crear la capa de barrios.

Cargar y visualizar la información en QGIS

Se tiene una carpeta llamada BASE_DATOS_LAB_2 con las capas necesarias para realizar este laboratorio.

Se abre el programa QGIS 3 y se suben las capas de barrios.shp y distritos.shp, en la opción “Añadir capa vectorial” (Figura 1).

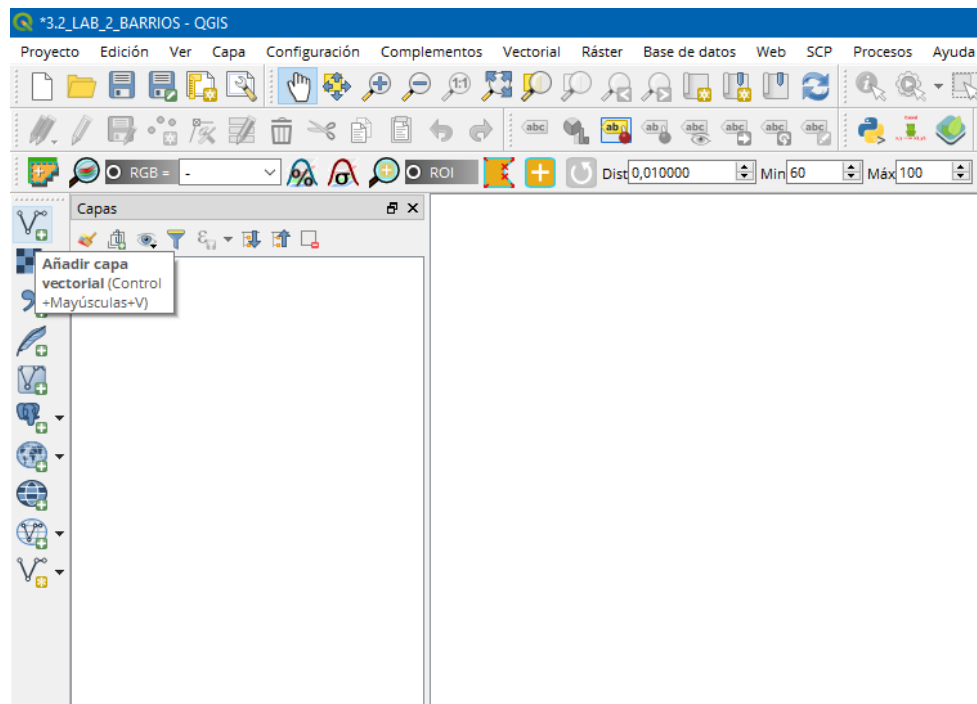


Figura 1. Ubicación de la herramienta “Añadir capa vectorial”

Recuerde revisar o establecer el sistema de referencia de coordenadas (SRC) en CRTM05 (ESPG 5367). (Figura 2)

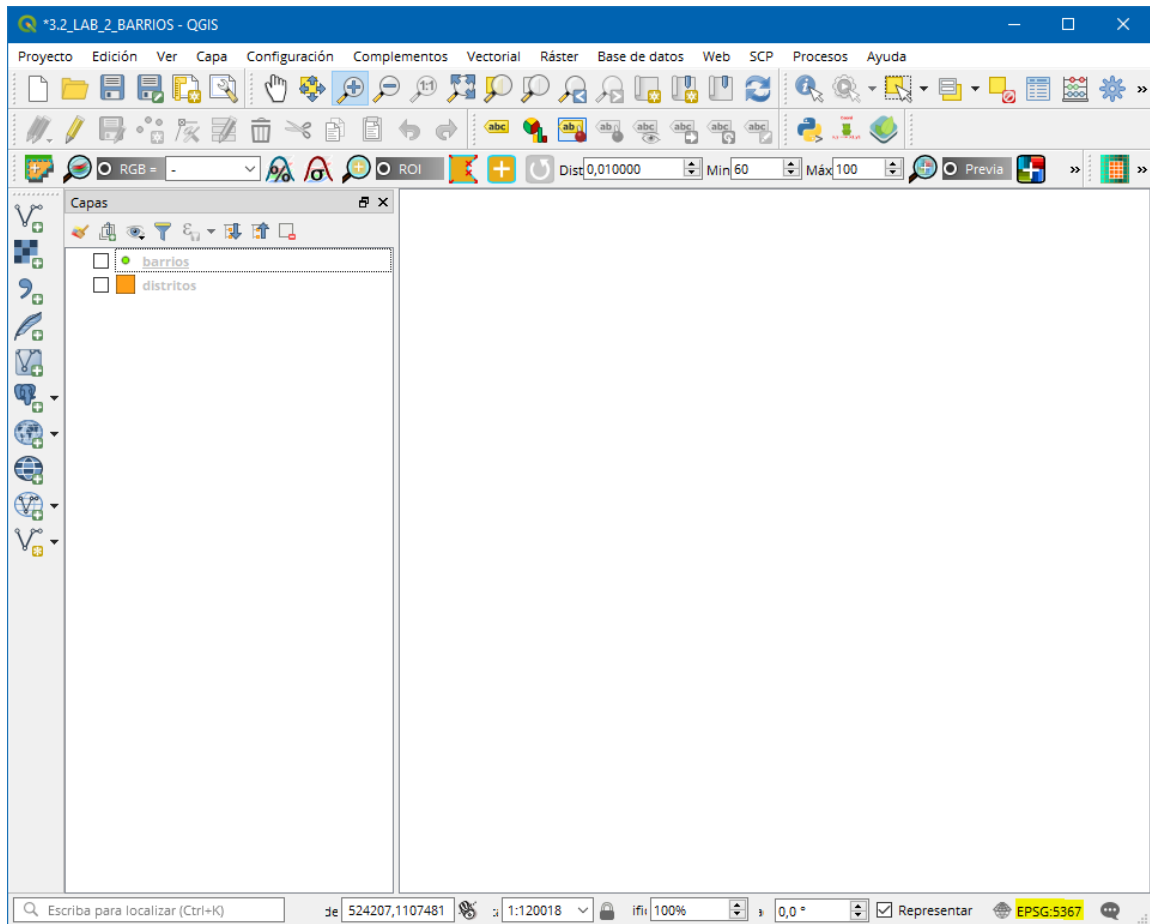


Figura 2. Revisión del sistema de coordenadas correcto.

Ahora para poder digitalizar se necesita una imagen satelital de base para conocer los límites de la cobertura a digitalizar. Para esto se busca en la barra de herramientas: Web - Open Layers Plugin - Google maps – Google satellite.

Se da clic en esta última opción para visualizar la imagen satelital (Figura 3)

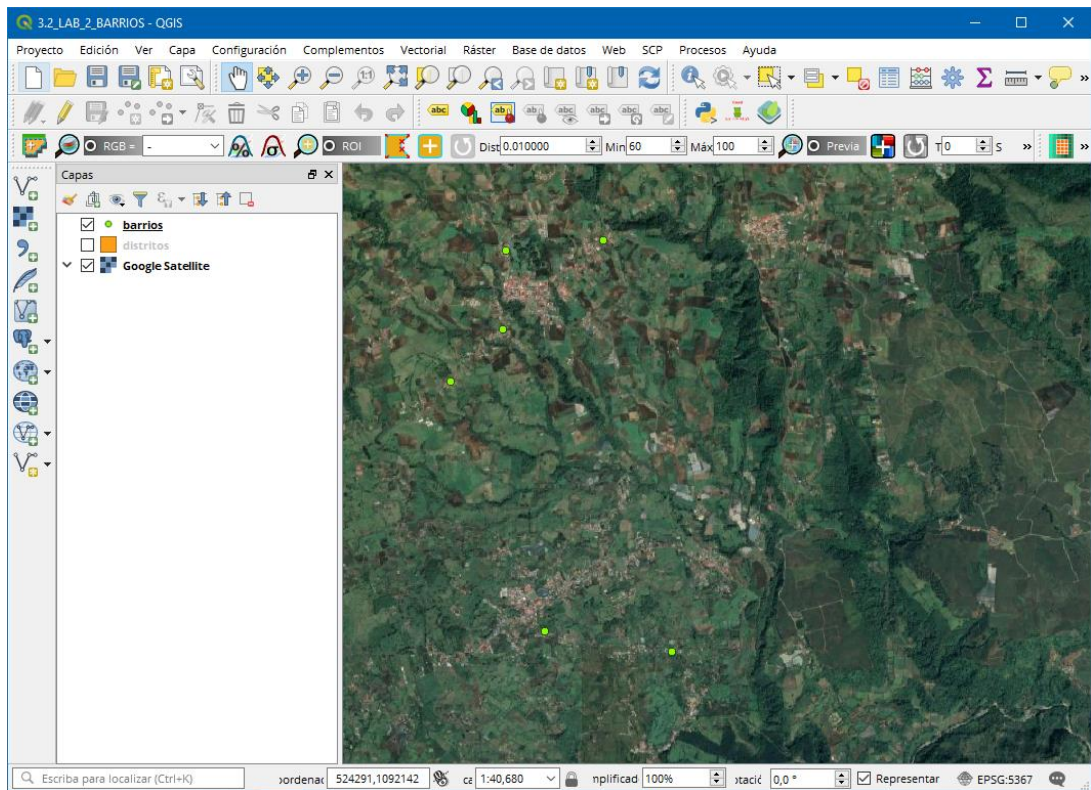


Figura 3. Visualización de la imagen satelital.

Para identificar los puntos con los nombres se le agregaran etiquetas, para esto, haga clic derecho en el panel de capas a la capa de barrios y busque propiedades.

En la ventana que se abre en la sección “Etiquetas” seleccione “Mostrar etiquetas para esta capa” (Figura 4), después en “Etiquetar con” escoja Barrio. (Figura 5)

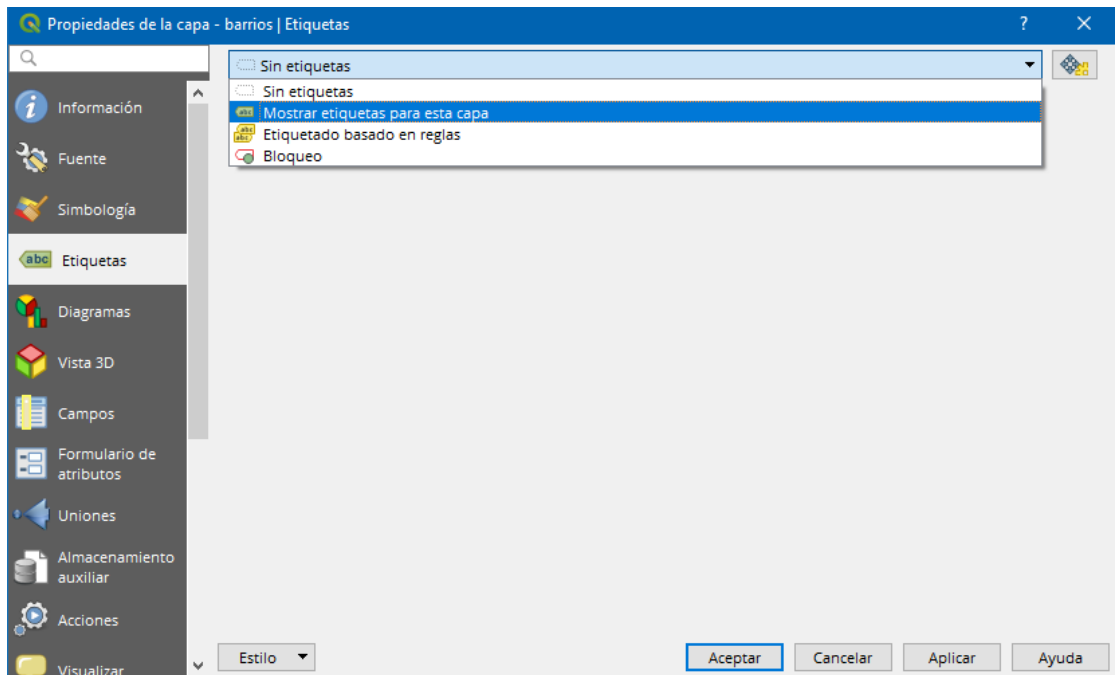


Figura 4. Ventana de etiquetas para la capa.

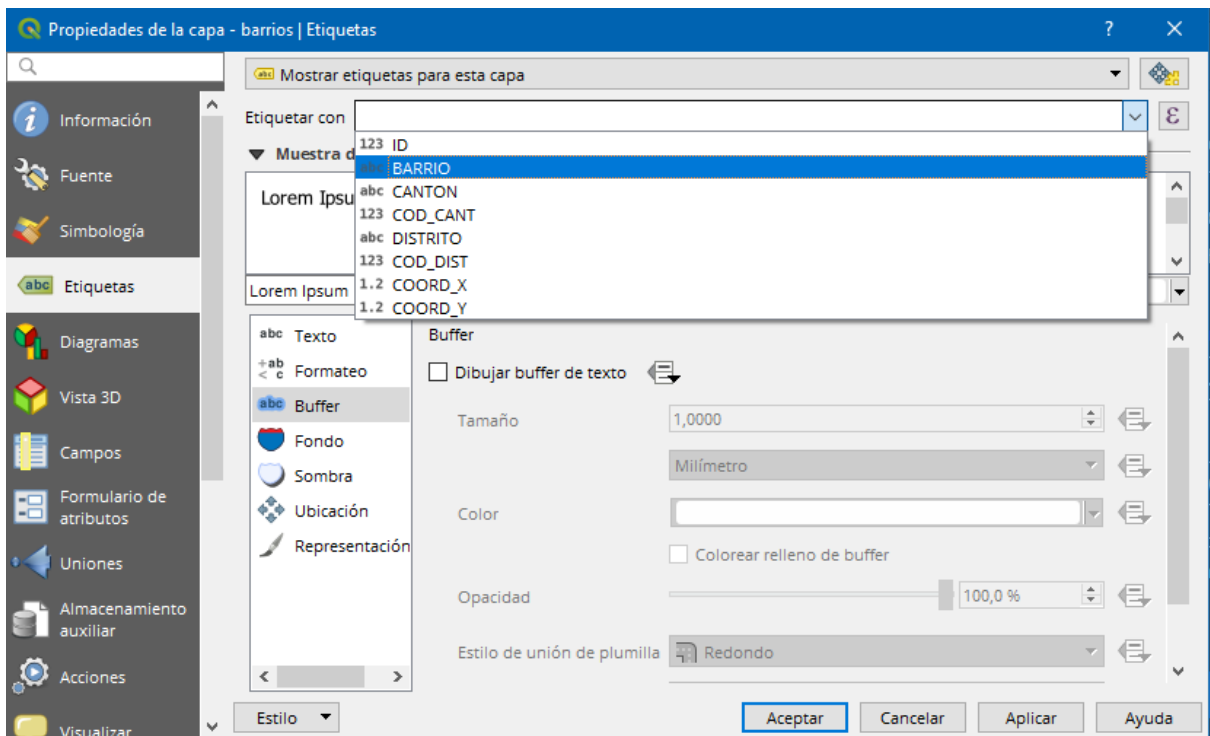


Figura 5. Etiquetar a una capa

También, en “Buffer” se puede marcar “Dibujar buffer de texto” para ver el nombre con mayor claridad (Figura 6).

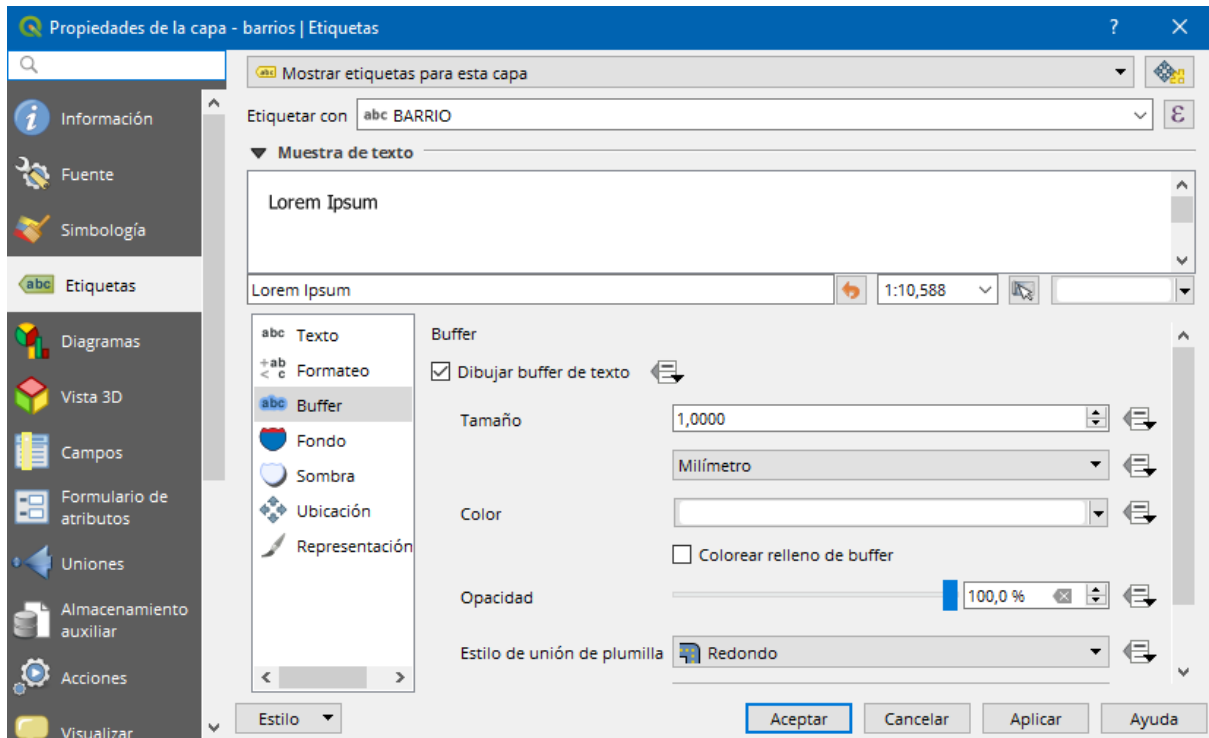


Figura 6. Marcar opción “Buffer de texto”

El resultado es la visualización de los nombres de los barrios de forma clara (Figura 7).

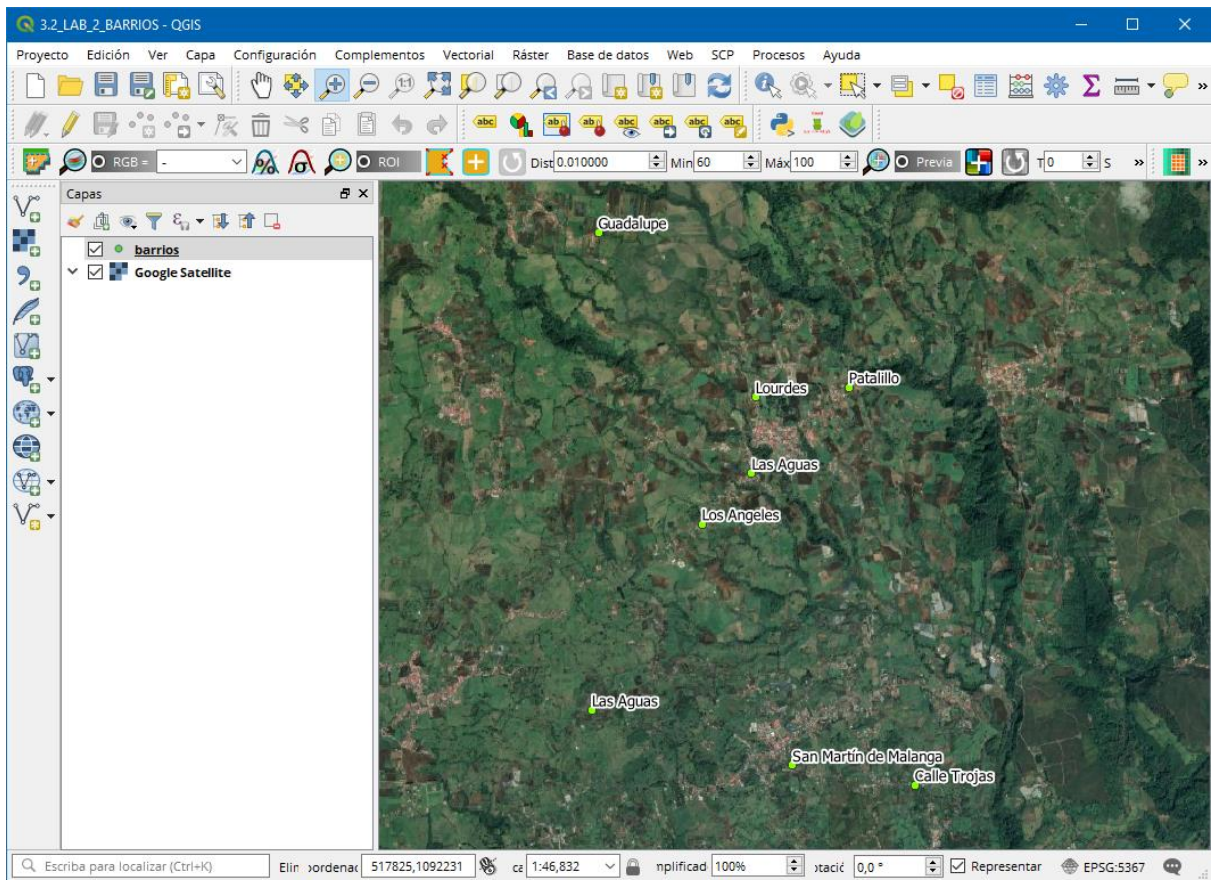


Figura 7. Visualización de los puntos (barrios) con sus respectivos nombres.

Creación de la capa de barrios

Seleccione uno de los puntos que representan los barrios y acérquese a la zona de forma que se pueda ver con claridad el barrio (figura 8).

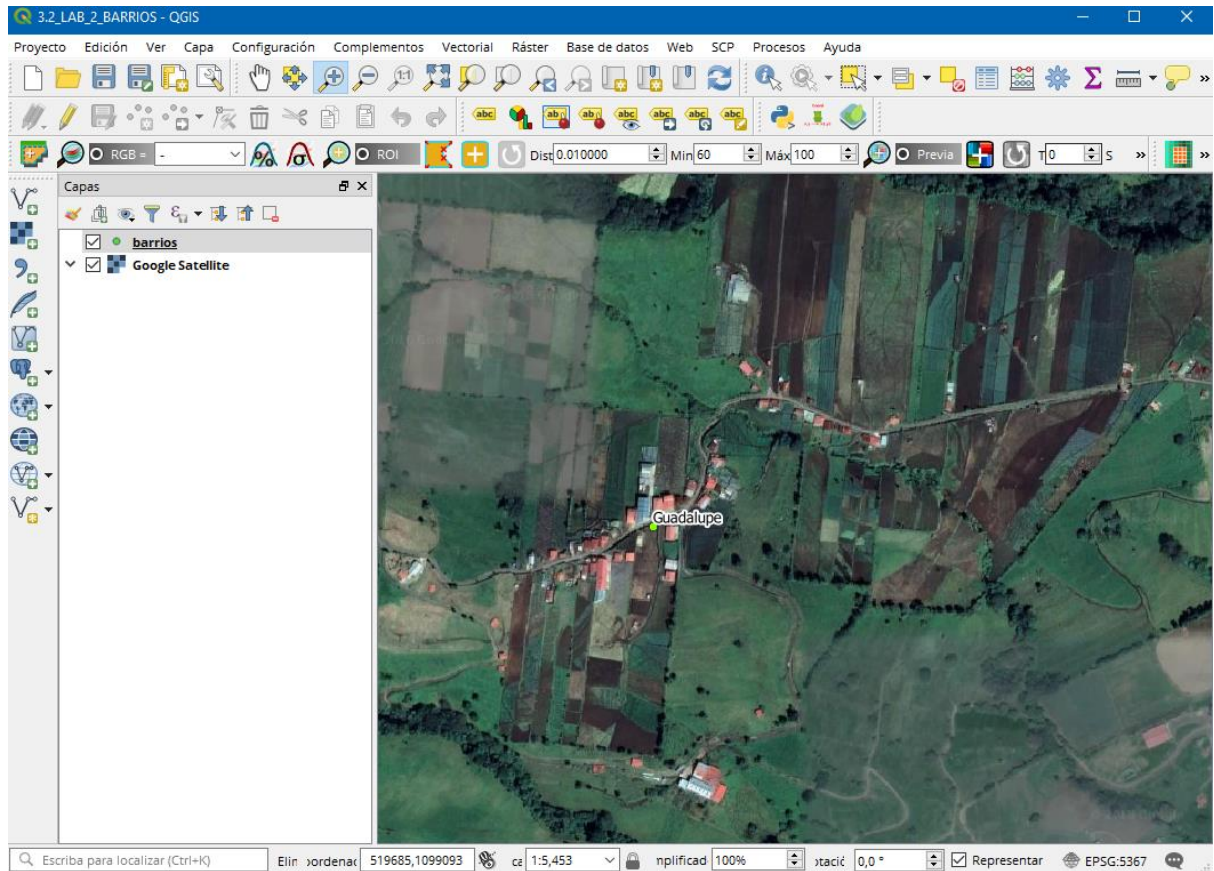


Figura 8. Acercamiento a la zona de digitalización

Ahora, se va a crear una capa nueva que contenga la información de la cobertura de barrios. Diríjase a la barra de herramientas: Capa – Crear capa – Nueva Capa de Archivo Shape (Figura 9).

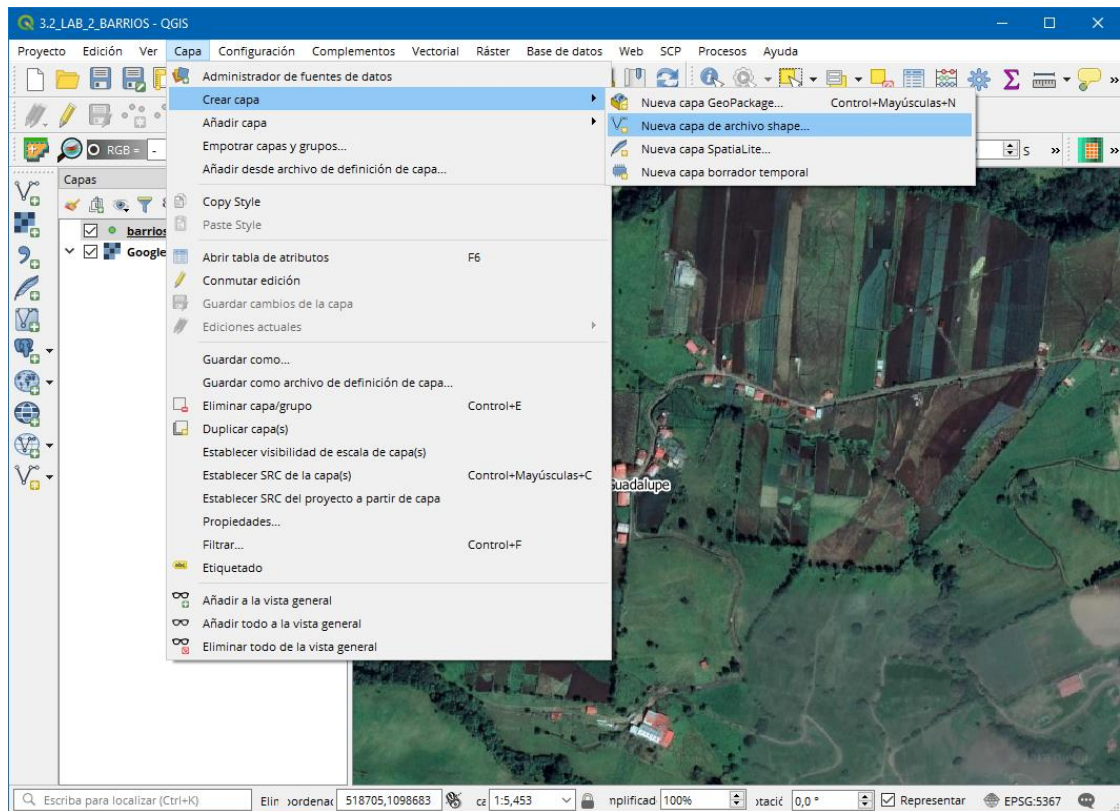


Figura 9. Ubicación de la herramienta para crear un archivo shape en QGIS.

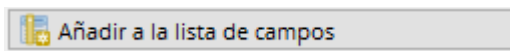
En la ventana que se abre se llenan los campos como se muestra en la figura 10.

Nombre de archivo: Se escoge un lugar y nombre donde guardar la nueva capa. Para este caso se guarda con el nombre de: barrios_poligonos

Tipo de geometría: Se selecciona el tipo de geometría que se va a digitalizar.

SRC: Se selecciona CRTM05.

Nombre: Es el nombre que llevará la columna en la tabla de atributos para identificar los barrios. Primero se creará el campo ID que será un número consecutivo de cada polígono que se digitalice, y después el campo "NOMBRE" para escribir el nombre de cada barrio. Para agregar estos campos se da clic en



Tipo: Este campo depende de la información por agregar a la tabla de atributos, si son letras se selecciona “Datos de texto”, si son números se selecciona “número entero” o “número decimal”

Longitud: Se refiere a la cantidad de espacios que podría requerir el nombre o el número.

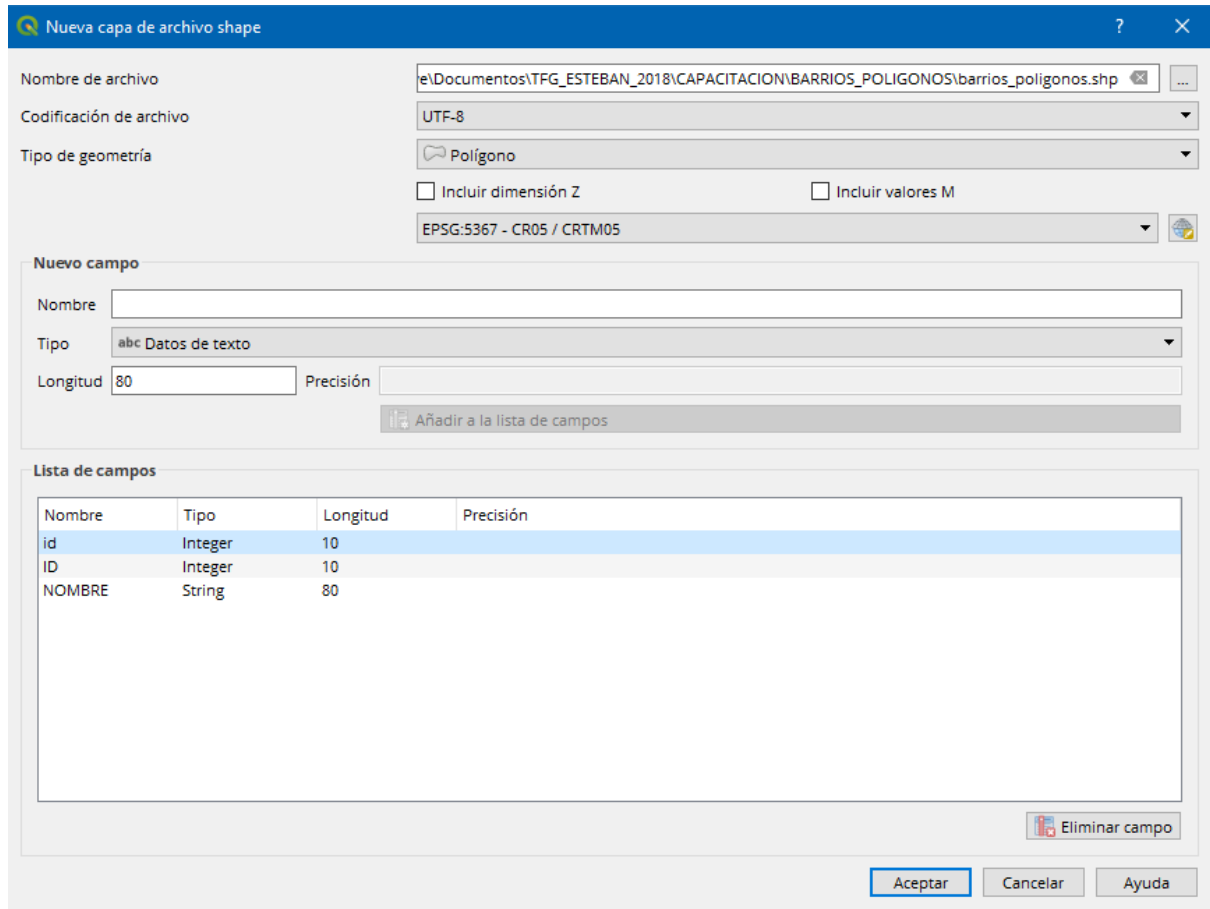


Figura 10. Configuración de la ventana para crear una nueva capa de archivo shape.

Nota: En “lista de campos” aparece un registro que no se desea **id Integer 10**, por lo que se selecciona y se da clic en **Eliminar campo** (Figura 11).

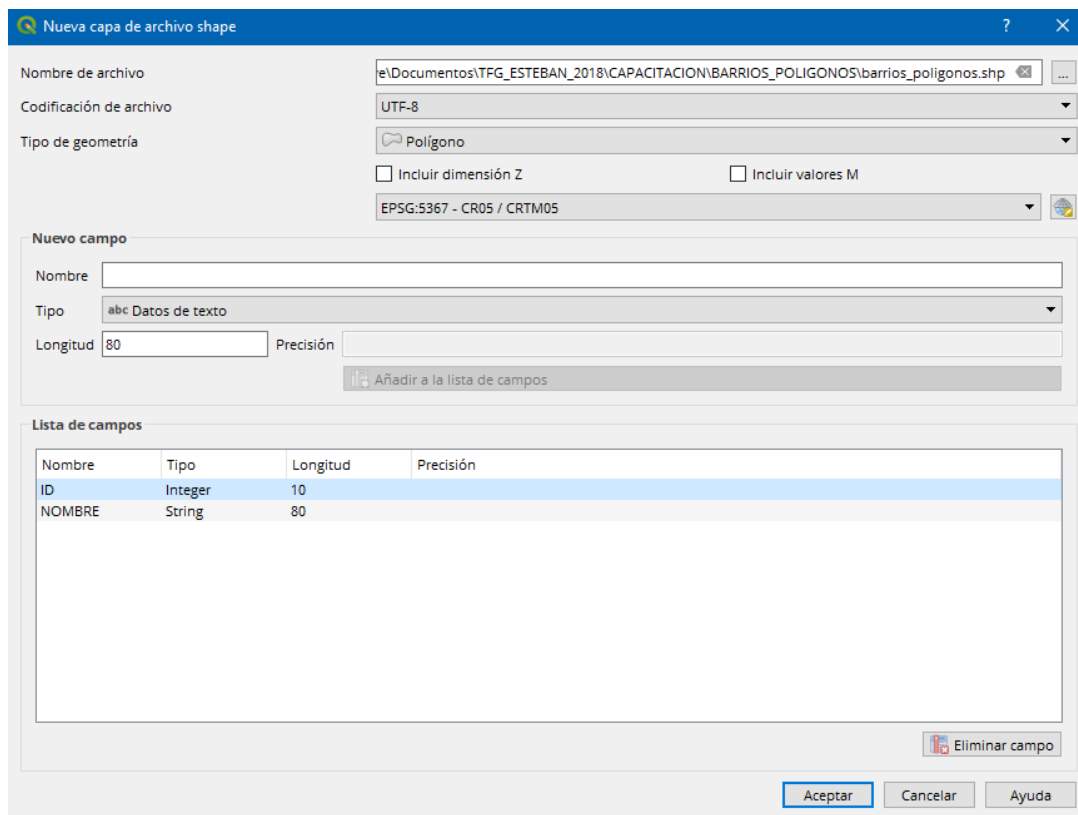


Figura 11. Campo eliminado.

Al dar clic en “Aceptar” se puede observar que en el panel de capas aparece la nueva capa creada (Figura 12) pero sin datos, los cuales se van a crear mediante digitalización.

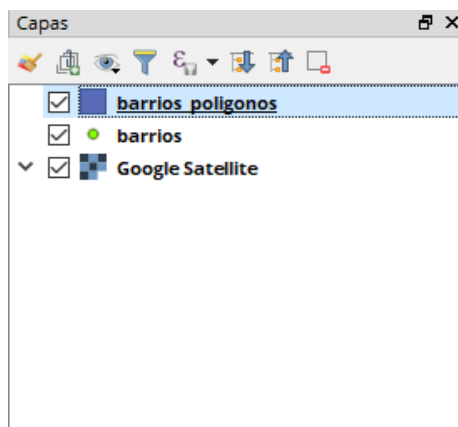



Figura 12. Nueva capa creada.

Digitalización de los barrios

Seleccione la capa que va a digitalizar (dando un clic) y luego haga clic en “conmutar edición” . Una vez hecho esto se activarán las herramientas de edición (Figura 13).



: Ediciones actuales.




: Añadir elemento (polígono).



: Herramienta de vértices o editar elemento



Figura 13. Herramientas de edición.

Antes de empezar a digitalizar los barrios, diríjase al menú principal “Proyecto” – Opciones de autoensamblado o Snapping options. Seleccione la casilla  y en el tercer campo escoja el modo de vértice y segmento (Figura 14).

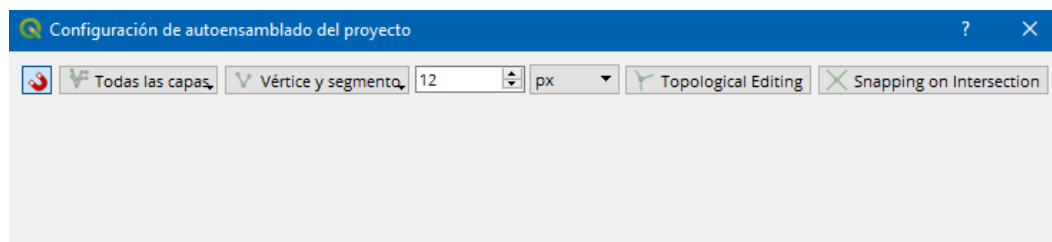


Figura 14. Ventana de Autoensamblado.

En el segundo campo seleccione “Configuración avanzada” (Figura 15) y después marque “Evitar intersección” (Figura 16). Por último, cierre la ventana.

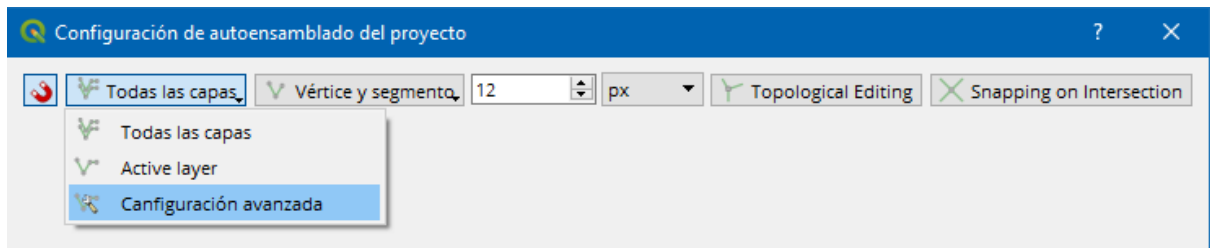


Figura 15. Opción de configuración avanzada.

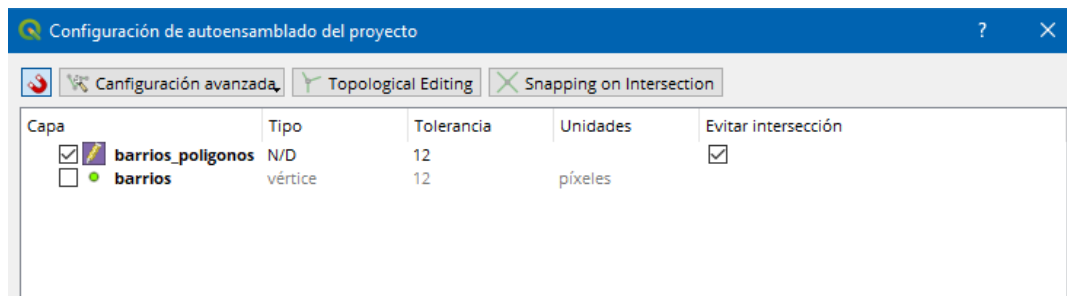



Figura 16. Sección de configuración avanzada.

Proceda a digitalizar los barrios, haga clic en el botón “Añadir polígono” . Dibuje el polígono que cubra lo que se puede observar como un barrio y asigne el número y un nombre adecuado en la tabla de atributos (Figura 17). Dibuje con clic izquierdo, para finalizar el polígono haga clic derecho (Figura 18). **Nota:** es recomendable que digitalice siempre a una misma escala, para homogeneizar el nivel de precisión.

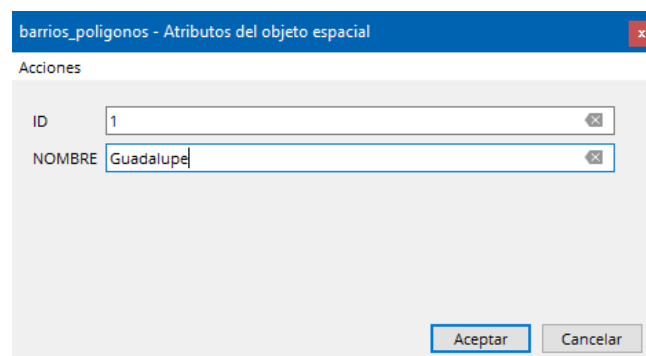


Figura 17. Llenado de campos

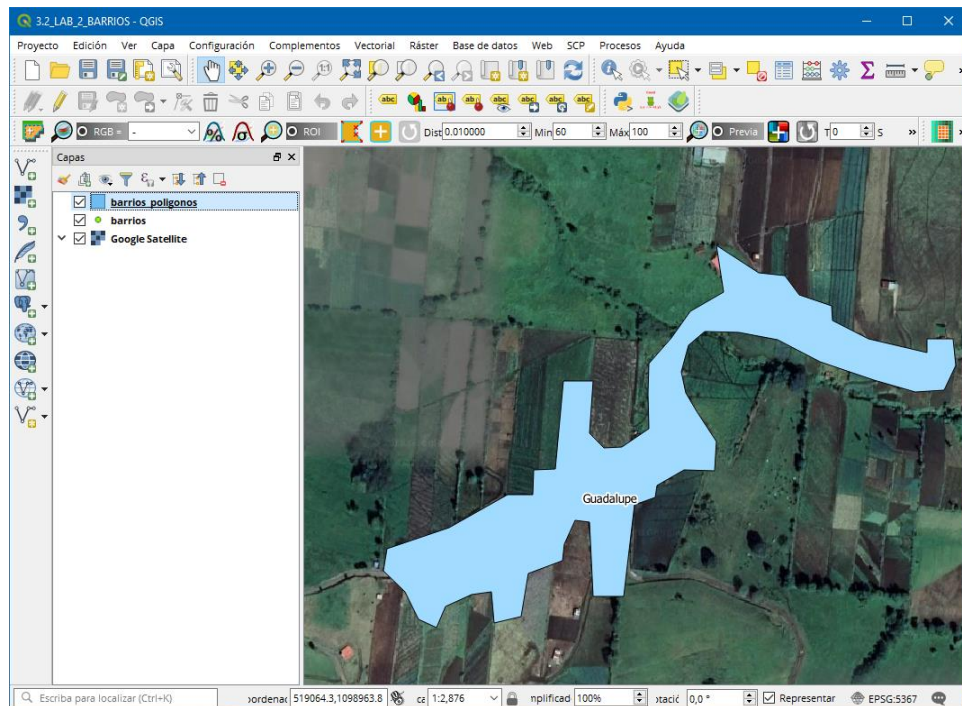



Figura 18. Digitalización de los barrios.

Al revisar la tabla de atributos se puede observar el primer dato guardado con el nombre correspondiente (Figura 19).

| ID | NOMBRE |
|----|-----------|
| 1 | Guadalupe |

Figura 19. Vista de la tabla de atributos

Continúe digitalizando los demás barrios para terminar la capa.

Nota: Cuando se realiza este proceso se pueden cometer errores al digitalizar, ya sea porque se dibujó donde no se quería, no se cubrió el área necesaria, entre otras. Por lo que si se quiere borrar una parte del polígono en el momento de digitalización únicamente se presiona la tecla de “Borrar” o “Delete” en el teclado. Si se quiere editar alguna parte del polígono que ya se había terminado, se selecciona la opción “Herramienta de vértices” .

Una vez creados los polígonos de los barrios se procede a configurar la topología para comprobar si existen errores cuando se digitalizó. En la barra de herramientas en complementos se busca “Administrar e instalar complementos” (Figura 20).

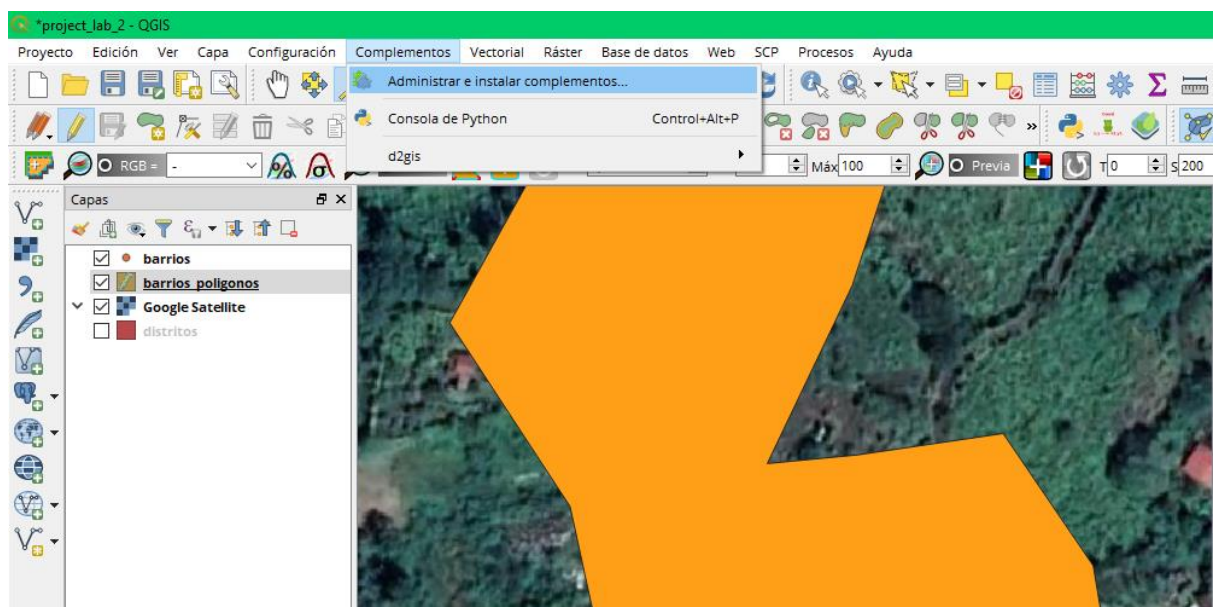



Figura 20. Ubicación de la herramienta de complementos.

Se busca el “Comprobador de topología” y se activa  Comprobador de topología (Figura 21).

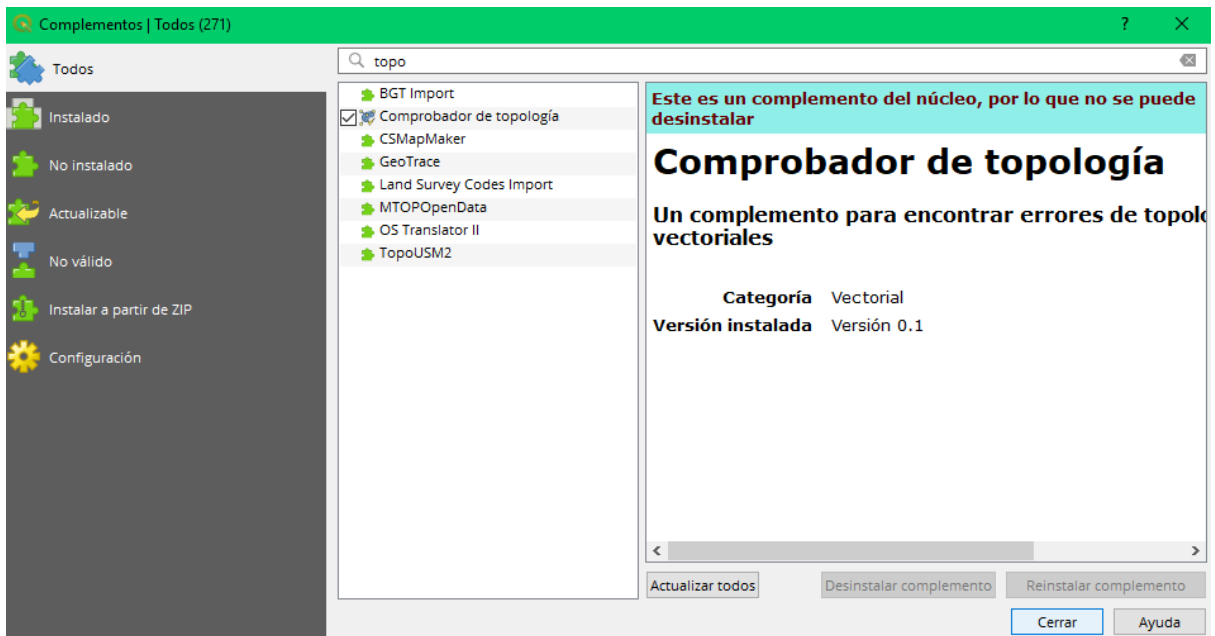



Figura 21. Activar comprobador de topología.

En la barra de herramientas aparece la opción para comprobar topología . Se da clic en esta opción y se abre la ventana de la figura 22.

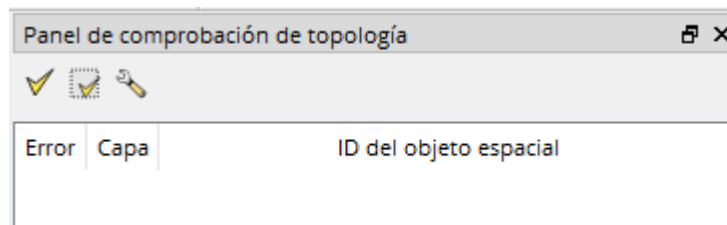



Figura 22. Ventana de comprobación de topología.

Ahora se da clic en la opción de configuración  para aplicar diferentes restricciones. En “Reglas actuales” se escoge la capa de polígonos de los barrios y en la opción de la par se añaden las reglas para después ser aplicada y comprobar si existen errores. Se da clic en aceptar.

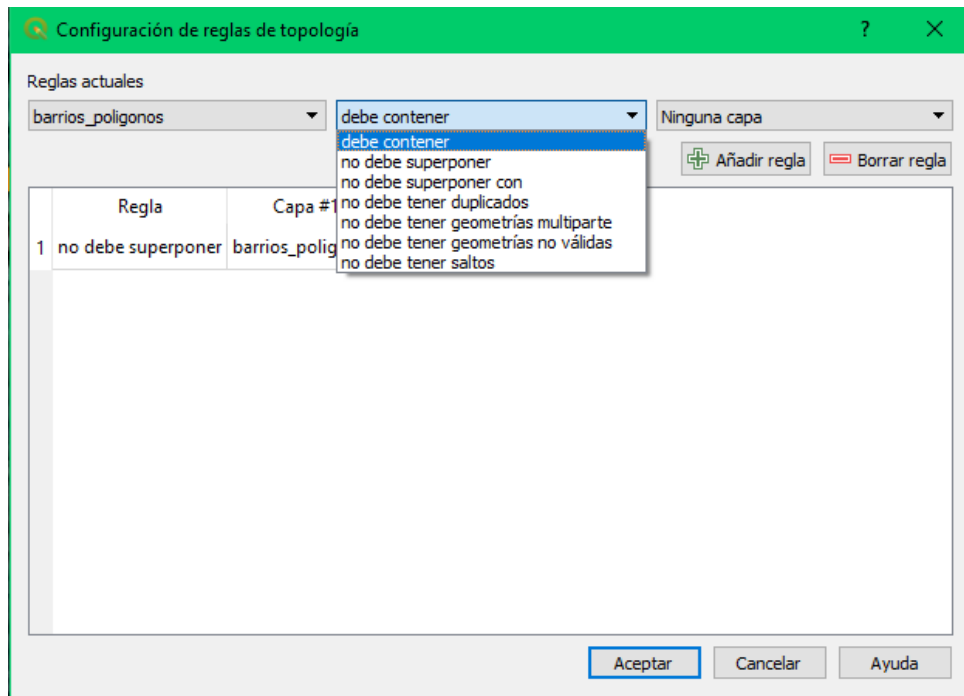



Figura 23. Selección de reglas por aplicar.

Después de dar clic en aceptar se dirige a comprobar si hay o no errores en la opción “validar” . Como se observa en la figura 24 no se encontraron errores.

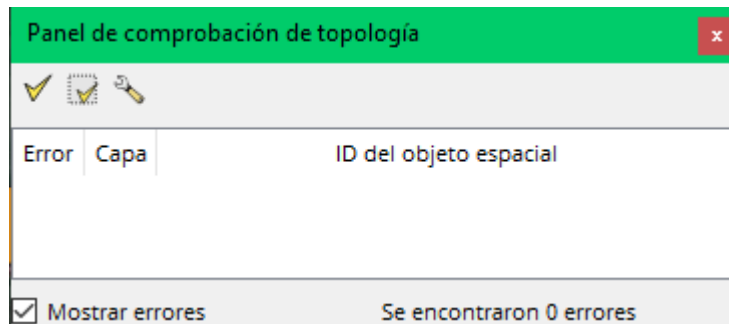






Figura 24. Panel de comprobación de topología



Como parte de las opciones de digitalización avanzada se pueden encontrar las siguientes opciones. Estas herramientas funcionan para corregir o mejorar las digitalizaciones hechas.


 Mover objeto: al dar clic se puede mover un polígono entero.



 Rotar objeto: Se gira el objeto o polígono seleccionado.

 Simplificar objeto espacial: Reduce el tamaño del polígono.



 Añadir: Se añade una sección dentro del polígono ya creado, ya sea iniciando desde un vértice o simplemente dibujando sin tocar ningún vértice.


 Añadir parte: Primero se selecciona el polígono en la tabla de atributos y después al activar esta opción se puede añadir desde los vértices  secciones nuevas al polígono ya creado.


 Rellenar anillo: Permite rellenar una sección dentro del polígono y crear un nuevo polígono dentro de uno más grande.

 Borrar anillo: Se borra un polígono creado con la herramienta añadir 

 Borrar parte: Permite eliminar un polígono completo creado desde el inicio.

 Remodelar objetos espaciales: Permite modificar mediante los vértices  el tamaño, traslape o errores que se encuentren en los polígonos. También permite agregar a los polígonos más secciones.

 Dividir objetos espaciales: Realiza una división de un polígono creado, creando otro con nuevos datos, pero unido al polígono original.

 Dividir partes: Divide el polígono original pero mantiene los mismos datos en la tabla de atributos.

Agregar información adicional a la capa de barrios

Ejercicio extra: Suba la capa de distritos que se encuentra en la carpeta entregada inicialmente (BASE_DATOS_LAB_2). Y agregue las etiquetas del nombre del distrito a esta capa.

En la capa de barrios, cree una nueva columna en la tabla de atributos con el nombre DISTRITO. Finalmente, agregue a cada barrio el nombre del distrito al que pertenece.