

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**MÁSTER EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**COMPARATIVA DE SOFTWARE PARA LA
REALIZACIÓN DE SIMBOLIZACIÓN
CARTOGRÁFICA**

AUTOR: ERIKA RUIZ FERNÁNDEZ

TUTORES: CÉSAR CASTAÑÓN FERNÁNDEZ

ÁNGELA ALONSO FERNÁNDEZ

JULIO, 2016

RESUMEN

El presente trabajo surge como continuidad de las prácticas de empresa realizadas dentro de los estudios del Máster de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Oviedo, en la empresa Seresco, S.A.

Hoy en día, cualquier tipo de información puede ser representada de forma gráfica, lo que suele facilitar su interpretación. En el caso de la información geográfica, la visualización no es simplemente una forma más de trabajar con ella, sino que es la principal ya que, además de hacer más fácil su tratamiento, es a la que se está más acostumbrado. Queda patente así, que la información geográfica tiene una inherente naturaleza visual, habiéndose almacenado tradicionalmente de este modo a través de los mapas.

En las últimas décadas, el arte cartográfico ha experimentado grandes cambios debido a los avances tecnológicos y al surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales incorporan métodos para el diseño cartográfico que permiten generar representaciones visuales que facilitan enormemente la comprensión de los datos geográficos.

En el presente trabajo, se hará una comparativa de los recursos de los que disponen algunos de los principales softwares SIG existentes en el mercado para la creación de cartografía, centrándose especialmente en la simbolización.

Palabras Clave: Información geográfica, mapa, cartografía, Sistemas de Información Geográfica, diseño cartográfico, simbología, semiología, rotulación.

ABSTRACT

This project is part of the Master studies in Remote Sensing and Geographic Information System, University of Oviedo in order to apply the knowledge acquired during practice Seresco Company.

Nowadays, any type of information can be represented graphically, this facilitates its interpretation. In case of the geographical information, the visualization is not a way of working with it, it's the main one. The visualization makes easier the handling of the geographical information. This information has an inherent visual nature, having been stored traditionally this way across maps.

In the last decades, the cartographic art has experienced big changes due to the technological advances and the emergence of Geographical Information Systems (GIS), which incorporate methods for the cartographic design that allow generating visual representations that facilitate enormously the comprehension of the geographical data.

In this work, the resources of the main GIS software on the market for the cartography creation will be compared, giving special attention to the symbolization.

Key words: Geographical information, map, cartography, Geographical Information Systems, cartographic design, symbolization, semiology, signage.

ÍNDICES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SIMBOLIZACIÓN CARTOGRÁFICA	2
1.2. VARIABLES VISUALES.....	2
1.2.1. <i>Posición</i>	3
1.2.2. <i>Forma</i>	3
1.2.3. <i>Tamaño</i>	3
1.2.4. <i>Orientación</i>	4
1.2.5. <i>Textura</i>	4
1.2.6. <i>Color</i>	4
1.3. PROPIEDADES DE LAS VARIABLES VISUALES	4
2. OBJETIVOS	7
3. PROCEDIMIENTO	8
3.1. SOFTWARE EMPLEADO	8
3.1.1. <i>Software propietario. ArcGIS Desktop 10</i>	8
3.1.2. <i>Software libre</i>	8
3.1.2.1. QGIS Desktop 2.14	9
3.1.2.2. gvSIG Desktop 2.2	9
3.2. SIMBOLOGÍA VECTORIAL	9
3.2.1. <i>Simbología vectorial en ArcGIS</i>	10
3.2.1.1. Tipos de leyendas.....	10
3.2.1.2. Selección y edición de símbolos superficiales	12
3.2.1.3. Selección y edición de símbolos lineales.....	15
3.2.1.4. Selección y edición de símbolos puntuales.....	17
3.2.2. <i>Simbología vectorial en QGIS</i>	18
3.2.2.1. Tipos de leyendas.....	18
3.2.2.2. Selección y edición de símbolos superficiales	20
3.2.2.3. Selección y edición de símbolos lineales.....	24
3.2.2.4. Selección y edición de símbolos puntuales.....	26
3.2.3. <i>Simbología vectorial con gvSIG</i>	27
3.2.3.1. Tipos de leyendas.....	27
3.2.3.2. Selección y edición de símbolos superficiales	28
3.2.3.3. Selección y edición de símbolos lineales.....	32
3.2.3.4. Selección y edición de símbolos puntuales.....	35
3.3. ROTULACIÓN	36
3.3.1. <i>Rotulación en ArcGIS</i>	37

3.3.1.1.	Etiquetado estándar.....	38
3.3.1.2.	Etiquetado Maplex.....	44
3.3.1.3.	Anotaciones.....	48
3.3.2.	<i>Rotulación en QGIS</i>	49
3.3.2.1.	Modificación de las etiquetas.....	57
3.3.3.	<i>Rotulación en gvSIG</i>	58
3.3.3.1.	Atributos de la etiqueta definidos en tabla	59
3.3.3.2.	Etiquetas definidas por el usuario	61
3.3.3.3.	Anotaciones.....	67
3.4.	EXPORTACIÓN DE ESTILOS	68
3.4.1.	<i>Funcionamiento de la aplicación ArcMap2SLD</i>	69
3.5.	GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE SERIES DE MAPAS.....	70
3.5.1.	<i>Generación de series de mapas en ArcGIS</i>	70
3.5.2.	<i>Generación de series de mapas en QGIS</i>	72
3.5.3.	<i>Generación de series de mapas en gvSIG</i>	75
4.	RESULTADOS.....	79
4.1	SIMBOLOGÍA VECTORIAL	79
4.2.	ROTULACIÓN	83
4.3.	EXPORTACIÓN DE ESTILOS	85
4.4.	GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE SERIES DE MAPAS	88
5.	CONCLUSIONES.....	89
6.	BIBLIOGRAFÍA	91
6.1.	PÁGINAS WEB DE CONSULTA.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

IMAGEN 1: VARIABLES VISUALES (J. BERTIN).....	3
IMAGEN 2: INTERFAZ DE SIMBOLOGÍA EN ARCGIS.....	11
IMAGEN 3: INTERFAZ DEL SELECTOR DE SÍMBOLO DE ARCGIS.....	12
IMAGEN 4: GUARDADO DE UN SÍMBOLO DESDE EL SELECTOR DE SÍMBOLO EN ARCGIS.....	13
IMAGEN 5: INTERFAZ DEL ADMINISTRADOR DE ESTILOS DE ARCGIS.....	13
IMAGEN 6: INTERFAZ DEL EDITOR DE PROPIEDADES DE SÍMBOLO DE ARCGIS.....	14
IMAGEN 7: SELECCIÓN DEL COLOR Y TIPO DE BORDE EN ARCGIS.....	15
IMAGEN 8: CONFIGURACIÓN DEL PATRÓN DE UNA LÍNEA EN ARCGIS.....	16
IMAGEN 9: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO LINEAL COMPUESTO POR TRES CAPAS EN ARCGIS.....	16
IMAGEN 10: CREACIÓN DE UNA LÍNEA DE TRAZO EN ARCGIS.....	17
IMAGEN 11: MODIFICACIÓN DEL TAMAÑO Y COLOR DE UN SÍMBOLO PUNTUAL EN ARCGIS.....	17
IMAGEN 12: REPRESENTACIÓN DE DOS ELEMENTOS LINEALES MEDIANTE UN SÍMBOLO ÚNICO Y MEDIANTE UNA LEYENDA DE DESPLAZAMIENTO DE PUNTOS EN QGIS.....	19
IMAGEN 13: INTERFAZ DE ESTILOS DE QGIS.....	20
IMAGEN 14: ADMINISTRADOR DE ESTILOS DE QGIS (BIBLIOTECA DE ESTILOS).....	21
IMAGEN 15: SELECTOR DE SÍMBOLOS DE QGIS PARA ELEMENTOS SUPERFICIALES.....	21
IMAGEN 16: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO SUPERFICIAL CON RELLENO SVG EN QGIS.....	22
IMAGEN 17: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO SUPERFICIAL CON PATRÓN DE RELLENO DE LÍNEAS EN QGIS.....	23
IMAGEN 18: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO DE RELLENO SENCILLO, DETALLE DE LOS TIPOS DE RELLENO.....	23
IMAGEN 19: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO DE RELLENO SENCILLO Y SELECCIÓN DEL ESTILO DE BORDE EN QGIS.....	24
IMAGEN 20: CREACIÓN DE UNA SIMBOLOGÍA PERSONALIZADA DE LÍNEA SENCILLA EN QGIS.....	25
IMAGEN 21: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO LINEAL COMPUESTO POR TRES CAPAS EN QGIS.....	25
IMAGEN 22: CREACIÓN DE UNA LÍNEA DE MARCADOR EN QGIS.....	26
IMAGEN 23: REALIZACIÓN DE UN SÍMBOLO MEDIANTE UN MARCADOR DE TIPO LETRA EN QGIS.....	26
IMAGEN 24: INTERFAZ DE SIMBOLOGÍA EN GVSIG.....	27
IMAGEN 25: INTERFAZ DEL EXPLORADOR DE SÍMBOLOS DE GVSIG.....	29
IMAGEN 26: IMPORTADOR DE SÍMBOLOS PUNTUALES DE GVSIG.....	30
IMAGEN 27: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO DE RELLENO DE MARCADORES EN GVSIG.....	30
IMAGEN 28: INSTALACIÓN DE UNA NUEVA BIBLIOTECA DE SÍMBOLOS EN GVSIG.....	31
IMAGEN 29: PALETA DE COLORES DE GVSIG.....	32
IMAGEN 30: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO DE RELLENO SIMPLE EN GVSIG.....	32
IMAGEN 31: CONFIGURACIÓN DEL PATRÓN DE UNA LÍNEA EN GVSIG.....	33
IMAGEN 32: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO LINEAL COMPUESTO POR TRES CAPAS EN GVSIG.....	34
IMAGEN 33: SELECCIÓN DE UN SÍMBOLO LINEAL EN GVSIG.....	34
IMAGEN 34: CREACIÓN DE UN SÍMBOLO DE MARCADOR SIMPLE EN GVSIG.....	35

IMAGEN 35: BARRA DE HERRAMIENTAS DE ETIQUETADO DE ARCMAP	37
IMAGEN 36: ADMINISTRADOR DE ETIQUETAS DEL ETIQUETADO ESTÁNDAR DE ARCGIS	38
IMAGEN 37: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS PARA ELEMENTOS SUPERFICIALES EN ARCGIS.....	39
IMAGEN 38: RESULTADO DEL ETIQUETADO ESTÁNDAR DE LOS CENTROS EDUCATIVOS EN ARCGIS.....	39
IMAGEN 39: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS PARA ELEMENTOS LINEALES EN ARCGIS.....	40
IMAGEN 40: RESULTADO DEL ETIQUETADO ESTÁNDAR DE LOS RÍOS EN ARCGIS.....	41
IMAGEN 41: RESULTADO DEL ETIQUETADO ESTÁNDAR DE LAS CURVAS DE NIVEL EN ARCGIS.....	41
IMAGEN 42: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS PARA ELEMENTOS PUNTUALES EN ARCGIS	42
IMAGEN 43: RESULTADO DEL ETIQUETADO ESTÁNDAR DE LAS COTAS DE ELEVACIÓN EN ARCGIS	42
IMAGEN 44: OPCIONES DE DETECCIÓN DE CONFLICTOS DE UBICACIÓN EN ARCGIS.....	43
IMAGEN 45: ADMINISTRADOR DE ETIQUETAS DEL ETIQUETADO MAPLEX DE ARCGIS.....	44
IMAGEN 46: OPCIONES DE POSICIÓN DE LA ETIQUETA PARA CADA TIPO DE ELEMENTO EN MAPLEX DE ARCGIS.....	45
IMAGEN 47: RESULTADO DEL ETIQUETADO MAPLEX DE LOS CENTROS EDUCATIVOS EN ARCGIS	46
IMAGEN 48: RESULTADO DEL ETIQUETADO MAPLEX DE LOS RÍOS EN ARCGIS	47
IMAGEN 49: RESULTADO DEL ETIQUETADO MAPLEX DE LAS CURVAS DE NIVEL EN ARCGIS.....	47
IMAGEN 50: RESULTADO DEL ETIQUETADO MAPLEX DE LAS COTAS DE ELEVACIÓN EN ARCGIS.....	48
IMAGEN 51: MENÚ PARA CONVERTIR ETIQUETAS EN ANOTACIONES DE ARCGIS.....	49
IMAGEN 52: OPCIONES DE ESTILO DE TEXTO DEL ETIQUETADO EN QGIS.....	50
IMAGEN 53: OPCIONES DE FORMATO DE TEXTO DEL ETIQUETADO EN QGIS	50
IMAGEN 54: APLICACIÓN DE UN HALO AL TEXTO DE LAS ETIQUETAS EN QGIS	51
IMAGEN 55: OPCIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FONDO DE LAS ETIQUETAS EN QGIS	51
IMAGEN 56: OPCIONES DE SOMBREADO DE LOS RÓTULOS EN QGIS	52
IMAGEN 57: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS EN ELEMENTOS SUPERFICIALES EN QGIS.....	53
IMAGEN 58: RESULTADO DEL ETIQUETADO DE LOS CENTROS EDUCATIVOS EN QGIS.....	53
IMAGEN 59: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS EN ELEMENTOS LINEALES EN QGIS	54
IMAGEN 60: RESULTADO DEL ETIQUETADO DE LOS RÍOS EN QGIS.....	54
IMAGEN 61: RESULTADO DEL ETIQUETADO DE LAS CURVAS DE NIVEL EN QGIS.....	55
IMAGEN 62: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LAS ETIQUETAS EN ELEMENTOS PUNTUALES EN QGIS.....	55
IMAGEN 63: RESULTADO DEL ETIQUETADO DE LAS COTAS DE ELEVACIÓN EN QGIS.....	56
IMAGEN 64: OPCIONES DE REPRESENTACIÓN DE LAS ETIQUETAS EN QGIS	56
IMAGEN 65: DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE ETIQUETADO A TRAVÉS DE LA TABLA DE ATRIBUTOS EN QGIS.....	57
IMAGEN 66: BARRA DE HERRAMIENTAS DE ETIQUETADO DE QGIS.....	58
IMAGEN 67: INTERFAZ DE ETIQUETADO BÁSICO DE gvSIG	59
IMAGEN 68 : RESULTADO DEL ETIQUETADO BÁSICO DE UN ELEMENTO SUPERFICIAL EN gvSIG	60
IMAGEN 69: RESULTADO DEL ETIQUETADO BÁSICO DE UN ELEMENTO LINEAL EN gvSIG	60
IMAGEN 70: RESULTADO DEL ETIQUETADO BÁSICO DE UN ELEMENTO PUNTUAL EN gvSIG.....	60
IMAGEN 71: INTERFAZ DEL ETIQUETADO AVANZADO DE gvSIG: TODAS LAS ENTIDADES DE LA MISMA MANERA.....	61
IMAGEN 72: INTERFAZ DEL ETIQUETADO AVANZADO DE gvSIG: DEFINIR DIFERENTES CLASES DE ENTIDAD.....	62

IMAGEN 73: INTERFAZ DE PROPIEDADES DE LA CLASE DE ETIQUETADO AVANZADO DE gvSIG	63
IMAGEN 74: PROPIEDADES DE COLOCACIÓN DE ETIQUETAS EN ELEMENTOS SUPERFICIALES DE gvSIG	63
IMAGEN 75: RESULTADO DEL ETIQUETADO DE LOS CENTROS EDUCATIVOS EN gvGIS	64
IMAGEN 76: PROPIEDADES DE COLOCACIÓN DE ETIQUETAS EN ELEMENTOS LINEALES DE gvSIG	64
IMAGEN 77: RESULTADOS DEL ETIQUETADO DE LOS RÍOS EN gvGIS	65
IMAGEN 78: PROPIEDADES DE COLOCACIÓN DE ETIQUETAS DE ELEMENTOS PUNTUALES EN gvSIG	65
IMAGEN 79: RESULTADOS DEL ETIQUETADO DE LAS COTAS DE ELEVACIÓN EN gvGIS	66
IMAGEN 80: OPCIONES DE VISUALIZACIÓN DE LAS ETIQUETAS EN gvSIG	66
IMAGEN 81: INTERFAZ DEL ASISTENTE PARA CREAR ANOTACIONES EN gvSIG	67
IMAGEN 82: INTERFAZ DE LA APLICACIÓN ArcMAP2SLD	69
IMAGEN 83: BARRA DE HERRAMIENTAS DE LA APLICACIÓN DATA DRIVEN PAGES DE ARCGIS	70
IMAGEN 84: CONFIGURACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS SERIES DE MAPAS EN ARCGIS	71
IMAGEN 85: CAPA QUE SE HA TOMADO COMO GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS SERIES DE MAPAS	71
IMAGEN 86: ASPECTO FINAL DEL LAYOUT TRAS LA CONFIGURACIÓN CON DATA DRIVEN PAGES DE ARCGIS	72
IMAGEN 87: CONFIGURACIÓN DEL ATLAS EN QGIS	73
IMAGEN 88: BARRA DE HERRAMIENTAS DEL ATLAS	74
IMAGEN 89: ASPECTO FINAL DEL DISEÑADOR DE IMPRESIÓN TRAS LA CONFIGURACIÓN DEL ATLAS EN QGIS	74
IMAGEN 90: INSTALACIÓN DEL COMPLEMENTO gvSIG MAP SHEETS PLUGIN	75
IMAGEN 91: ACCESO AL COMPLEMENTO MAP SHEETS A TRAVÉS DEL MENÚ VISTA	75
IMAGEN 92: TABLA DE ATRIBUTOS DE LA REJILLA EMPLEADA EN gvSIG	76
IMAGEN 93: CONFIGURACIÓN DE LA PLANTILLA DE LA SERIE DE MAPAS EN gvSIG	77
IMAGEN 94: CONFIGURACIÓN DE IMPRESIÓN DE SERIES DE MAPAS EN gvSIG	77
IMAGEN 95: ASPECTO FINAL DEL MAPA TRAS LA CONFIGURACIÓN DEL MAP SHEETS EN gvSIG	78
IMAGEN 96: DIFERENCIAS EN LAS OPCIONES DE LEYENDA CATEGORIZADA DE ARCGIS (DERECHA) Y QGIS (IZQUIERDA)	79
IMAGEN 97: SIMBOLIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS PROMINENTES EN ARCGIS, QGIS Y gvSIG (DE IZQUIERDA A DERECHA)	80
IMAGEN 98: SIMBOLOGÍA EMPLEADA PARA LAS COBERTURAS VEGETALES EN ARCGIS, QGIS Y gvSIG (DE IZDA. A DCHA.) ...	81
IMAGEN 99: SIMBOLOGÍA ELABORADA EN ARCGIS	81
IMAGEN 100: SIMBOLOGÍA ELABORADA CON QGIS	82
IMAGEN 101: SIMBOLOGÍA ELABORADA CON gvSIG	82
IMAGEN 102: ESTILO DE FUENTE EMPLEADA PARA LOS RÓTULOS DE RÍOS EN ARCGIS, QGIS Y gvSIG (DE IZDA. A DCHA.) ...	83
IMAGEN 103: EN ROJO, ETIQUETAS QUE NO HAN PODIDO SER COLOCADAS A ESA ESCALA EN ARCGIS	84
IMAGEN 104: SIMBOLOGÍA DE LAS ZONAS BOSCOSAS EN QGIS Y ESTILO SLD EN gvSIG	85
IMAGEN 105: ERROR MOSTRADO EN gvSIG AL EXPORTAR LA SIMBOLOGÍA CREADA FORMATO SLD	86
IMAGEN 106: SIMBOLOGÍA REALIZADA EN ARCGIS EMPLEANDO UN RELLENO DE PUNTOS Y ERROR MOSTRADO AL CARGAR EN QGIS EL ESTILO SLD EXPORTADO MEDIANTE ArcMAP2SLD	86
IMAGEN 107: SIMBOLOGÍA DE ArcMAP QUE SE HA EXPORTADO A SLD MEDIANTE ArcMAP2SLD Y RESULTADO AL CARGAR EN QGIS EL ESTILO SLD EXPORTADO.	87

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

El nacimiento de la cartografía tiene lugar desde el principio de los tiempos, con la necesidad del hombre de representar y comunicar la ubicación de los lugares donde vivía, los nuevos territorios descubiertos o los itinerarios de sus viajes.

La redacción de esos conocimientos y la transmisión de esa información pudo haberse hecho de forma verbal, pero el carácter de los objetos que debían ser descritos, la importancia de conocer su situación relativa y la necesidad de consultar dicha información en los desplazamientos indujeron el desarrollo y materialización de lenguajes icónicos que dieron lugar a lo que hoy se conoce con el nombre de mapa.

Según la Asociación Cartográfica Internacional, un mapa es *la representación convencional gráfica de fenómenos concretos o abstractos, localizados en la Tierra o en cualquier parte del Universo.*

Desde la antigüedad, las diferentes civilizaciones han empleado los mapas para plasmar la información geográfica en diferentes materiales. Un ejemplo de ello es lo realizado por las gentes de Ahaggar, en el Sahara, que elaboraban maquetas mediante palos, ramas y piedras dispuestos sobre el suelo para que pudieran ser copiadas sobre las pieles de los odres de agua de las caravanas que se adentraban en el desierto (Raisz, 1938). En el caso de uno de los mapas auténticos más antiguos que se conservan, procedente de Mesopotamia, los accidentes geográficos se encuentran representados mediante diferentes símbolos grabados sobre una tabla de arcilla.

En todos los casos, puede afirmarse que, desde sus orígenes, los mapas mantienen dos características esenciales: los elementos se sitúan en una posición relativa similar a la que tienen en la realidad y son representados mediante símbolos que indican la clase de objeto a la que pertenecen.

De lo anterior se puede entender un mapa como un medio de comunicación visual que constituye un lenguaje, con el objetivo particular de describir las relaciones espaciales. A este lenguaje empleado en los mapas se le denomina lenguaje cartográfico, cuya base la constituyen los elementos gráficos que hacen visible aquello que se quiere representar. Para que la transmisión de la información mediante este lenguaje sea correcta es necesario conocer

sus elementos y saber emplearlos del modo adecuado. La semiología gráfica es la encargada de realizar esta tarea, mediante el estudio de los símbolos.

A continuación se detallan algunos de los aspectos fundamentales del lenguaje visual que permiten conocer la forma en que sus elementos pueden emplearse de la manera más efectiva para la comunicación, aplicados al caso particular de la representación y visualización de información cartográfica.

1.1. Simbolización cartográfica

La información cartográfica se encuentra generalmente descrita de forma literal o numérica, con lo que debe transformarse a gráfica para poder configurar un mapa. Al proceso de transformar dicha información a su expresión gráfica se le denomina simbolización cartográfica, cuyo objetivo es facilitar la visualización y la toma de decisiones ante una imagen que representa a un territorio. Esta simbolización cartográfica está condicionada por la naturaleza de los fenómenos a representar, los cuales pueden clasificarse en puntuales, lineales y superficiales.

Se denominan símbolos puntuales a aquellos que se emplean para *indicar la situación de un fenómeno susceptible de ser condensado en una posición sin extensión* (Robinson, 1987). Los símbolos lineales son *las representaciones de fenómenos que pueden catalogarse como unidimensionales* (Robinson, 1987). Por último, *cuando un fenómeno pueda mostrarse como una forma extensiva limitada por una línea en la superficie del mapa* constituirá una representación con un símbolo superficial.

1.2. Variables visuales

Para que la información geográfica se transmita de la mejor manera posible existen diversas propiedades de los elementos visuales que pueden emplearse. Estas propiedades conforman lo que se conoce como variables visuales.

Dependiendo de los autores, estas variables se clasifican de formas diferentes. El cartógrafo Jacques Bertin, autor de la primera clasificación aplicada a la cartografía, expone como *un trazo visible puede variar en relación a las dos dimensiones de un plano por su tamaño, valor, grano, color, orientación y forma* (J. Bertin, 1967).

Las variables visuales se aplican de modo distinto en función del tipo de elemento que se va a simbolizar, a continuación se hace un breve repaso por las consideradas variables

elementales, detallando su uso para las tres clases de símbolos empleados en la simbolización cartográfica que han sido indicados en el apartado anterior.

1.2.1. Posición

Para la creación de cartografía, la variable visual de posición constituye un caso particular, ya que está condicionada por la situación real del objeto que se simboliza. No obstante, cuando las necesidades del mapa lo requieran, el cartógrafo puede variar la posición de algunos elementos con el fin de mejorar la legibilidad del mapa.

1.2.2. Forma

La forma es la figura o determinación exterior que distingue al símbolo. Se aplica fundamentalmente a símbolos puntuales, permitiendo asignar características cualitativas a los objetos y generar familias con distintas propiedades unas de otras.

IMPLANTACIÓN	PUNTUAL	LINEAL	ZONAL
Forma III			
Tamaño OOH			
Orientación III H			
Color III H			
Valor OH			
Grano O III H			

Imagen 1: Variables visuales (J. Bertin)

1.2.3. Tamaño

Esta variable puede aplicarse tanto a símbolos puntuales, lineales como superficiales. En el caso de símbolos lineales, la variación del tamaño afecta al grosor de la línea. En los superficiales, en cambio, implicará la modificación de la superficie, pudiendo aplicarse también sobre la textura con la que estos se rellenan.

1.2.4. Orientación

En aquellos símbolos que no sean simétricos con respecto a algún eje, se pueden indicar diferentes propiedades mediante diferentes orientaciones. La orientación se emplea principalmente sobre símbolos puntuales.

En el caso de las superficies, la aplicación de esta variable tiene una gran tradición cartográfica, empleándose para mostrar valores cualitativos mediante rellenos con motivos geométricos aunque actualmente se encuentra en desuso debido al empleo del color.

1.2.5. Textura

La textura o grano hace referencia al relleno de un símbolo mediante un patrón. En los elementos lineales se entiende como textura al empleo de guiones y espacios en blanco que dan lugar a patrones de discontinuidad. En cambio, el empleo fundamental de esta variable se da en símbolos superficiales donde las mayores dimensiones de estos permiten una mejor precepción e interpretación de sus características.

1.2.6. Color

El color es la variable visual más importante y utilizada para la simbolización, ya que cumple un importante papel en la visualización y la categorización de la información geográfica. Su correcta utilización permite observar fácilmente relaciones existentes entre conjuntos de datos, difíciles de observar de otras formas.

El color puede ser descrito de acuerdo a sus tres componentes: tono, valor y saturación, aunque sólo las dos primeras tienen aplicación práctica en el ámbito cartográfico.

El tono tiene la propiedad selectiva, empleándose para identificar diferencias cualitativas en el mapa. El valor, en cambio, indica la claridad del color y ordena la información dentro de cada clase, representando así un mismo fenómeno por variaciones de valor sin que intervenga la variación del tono.

1.3. Propiedades de las variables visuales

Mediante la visualización de un mapa, el observador obtiene una idea global del territorio con las características que este representa. La forma en que se emplean cada una de las variables visuales descritas anteriormente condicionará el modo en el que se transmitirá la información, por lo que se debe seleccionar la variable visual más adecuada en función de lo

que se quiera representar. Para ello, es necesario conocer las propiedades de estas variables ya que serán las que condicionen el tipo de información que pueden transmitir.

Una variable visual puede presentar cuatro propiedades básicas:

Asociativa: una variable visual es asociativa cuando aplicada a una simbología no hace aumentar o disminuir la visibilidad de los elementos. Es decir, cuando en función de esa variable no se puede asignar más o menos importancia a un elemento. A excepción del tamaño y el valor, la demás variables no hacen que los elementos presenten una preponderancia en el mapa. No existe, por ejemplo, un tono que se pueda definir como más importante, ni una orientación. Lo mismo sucede con la forma, textura y posición. Sin embargo, con el tamaño resulta claro que cuanto mayor sea este, el elemento tendrá un papel más destacado dentro de la información que transmite el mapa. Lo mismo sucede con el valor, centrando la atención del observador sobre ese elemento frente a otro de un valor más bajo.

Selectiva: una variable presenta la propiedad selectiva si, al ser aplicada, genera distintas categorías de símbolos. El caso más claro es el de la variable tono. El observador puede quedarse, de un solo vistazo, solo con los elementos azules o con los rojos. Todas las variables visuales, a excepción de la forma, presentan esta propiedad. La forma no permite que los elementos se agrupen fácilmente en familias, aunque esto va muy ligado a la complejidad de dicha forma.

Ordenada: cuando una variable visual puede emplearse para representar los símbolos según un orden visual definido, se dice que presenta la propiedad ordenada. Tan sólo posición, tamaño, textura y valor presentan esta propiedad. Por ejemplo, según la variable tono no puede definirse un orden de los elementos, sin embargo, con el valor sí que se puede establecer un orden que iría de los tonos más claros a los más oscuros. No obstante, en determinadas circunstancias, el tono podría emplearse para representar un orden. Por ejemplo, si se están simbolizando unos valores de temperatura se puede establecer una transición de colores entre el rojo y el azul que serán fácilmente identificados y ordenados por el observador, ya que el rojo se asocia habitualmente al calor y el azul al frío. Por lo que, en este contexto, el tono si presentaría la propiedad ordenada.

Cuantitativa: una variable es cuantitativa cuando puede expresar el orden en términos de cantidades o proporciones. Esta propiedad es exclusiva del tamaño y la posición. Se puede estimar visualmente una distancia en comparación con otra y decir, por ejemplo, que es el

doble. También pude saberse que los círculos grandes de un elemento son aproximadamente el doble que los pequeños. El valor, en cambio, no presenta esta propiedad. Es difícil afirmar que un color es el doble de oscuro que otro, pudiendo simplemente situarlo entre dos valores distintos (propiedad ordenada) pero no deducir una cifra que exprese cantidad o proporción.

Como conclusión de todo lo anterior, puede decirse que la elección de una adecuada forma de efectuar la simbolización cartográfica en función de la naturaleza de la información es elemental para garantizar que los elementos visuales comuniquen, de la mejor forma posible, toda la información geográfica a la que hacen referencia. Esto se hace empleando la variable visual que presente la propiedad más adecuada en cada caso.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo consiste en conocer los diferentes recursos de los que disponen tres de los softwares SIG con mayor relevancia en el mercado, para la simbolización cartográfica.

Dos de los softwares empleados corresponden a programas de código abierto (QGIS 2.14 y gvSIG 2.2), mientras que el tercero corresponde a un programa de carácter comercial (ArcGIS 10).

A lo largo del presente trabajo se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Se compararán las diferentes herramientas que proporcionan cada uno de estos programas para la creación de simbología vectorial y etiquetado.
- Se examinará la compatibilidad existente entre ellos para la exportación e importación de estilos y simbologías.
- Se analizarán sus capacidades para la realización de series de mapas de forma automática.

Para poder mostrar, de una forma práctica, todas estas capacidades, se realizará la simbolización y etiquetado de varias capas pertenecientes al mapa topográfico 1:25.000 de Costa Rica, elaborado por Seresco, S.A.

3. PROCEDIMIENTO

3.1. Software empleado

Muchos son los softwares SIG existentes en el mercado que permiten el diseño y manipulación de la información geográfica. Algunos de ellos son distribuidos bajo licencias de pago, denominados programas comerciales o privativos, aunque cada vez más, la alta calidad de los denominados softwares libres está favoreciendo la elección de estas herramientas tanto por usuarios particulares como por empresas, públicas o privadas.

Teniendo en cuenta el principal objetivo de este trabajo, se optó por la comparativa de programas de ambos tipos, enfrentando así las capacidades del software propietario líder del mercado en la actualidad con dos de los principales programas SIG de código abierto.

A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

3.1.1. Software propietario. ArcGIS Desktop 10

El software propietario, también llamado comercial o privativo, es desarrollado con fines comerciales, conllevando su uso el pago de licencias de distinta naturaleza. Algunos de los programas SIG de este tipo son ArcGIS, Geomedia o Autodesk Map, entre los cuales, ArcGIS lidera el mercado en la actualidad.

ArcGIS Desktop es un software producido y comercializado por la empresa ESRI que *agrupa un conjunto de aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica* (Esri Web). Del conjunto de herramientas por las que se compone, en la realización del presente trabajo se han empleado las siguientes:

- ArcMap: principal aplicación para la visualización y manipulación de los datos geográficos.
- ArcCatalog: aplicación empleada para la gestión de archivos.

3.1.2. Software libre

El concepto de software libre se basa en cuatro libertades básicas, según Richard Matthew Stallman, fundador del Movimiento del Software Libre; que son:

- Libertad para ejecutar el programa con cualquier propósito

- Libertad para estudiar cómo funciona y adaptarlo a las necesidades del usuario
- Libertad para distribuir copias y compartirlas con otros usuarios
- Libertad para mejorarlo y compartir dichas mejoras

En los últimos años, los softwares SIG libres han experimentado un crecimiento impensable tiempo atrás, constituyendo hoy en día una solución altamente aceptable para el tratamiento de la información geográfica. De entre los muchos programas SIG desarrollados en el ámbito del software libre, en el presente trabajo se han empleado los siguientes.

3.1.2.1. QGIS Desktop 2.14

QGIS, anteriormente llamado Quantum GIS, es un SIG de código libre desarrollado por el *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)* que permite la visualización, edición y análisis de datos geográficos. Una de sus características principales es el empleo y funcionalidad de los más de 400 complementos de los que dispone, permitiendo realizar nuevas y especializadas funciones.

3.1.2.2. gvSIG Desktop 2.2

gvSIG es un software SIG libre impulsado por el gobierno regional de la Comunidad Valenciana dentro de un proceso de migración a software libre de todos los sistemas informáticos de la organización. Esta desarrollado en lenguaje de programación Java y, al igual que ocurre en el caso de QGIS, permite ampliar su funcionalidad a través de multitud de extensiones.

3.2. Simbología vectorial

Con la aparición de los Sistemas de Información Geográfica se ha abierto un abanico de posibilidades a la hora de realizar representaciones visuales a partir de los datos geográficos, gracias a las capacidades del medio informático en que trabajan. Los SIG almacenan esta información como imágenes ráster o datos vectoriales, para posteriormente ser consultada, editada y analizada. Los datos vectoriales presentan la ventaja, frente a las imágenes ráster, de aportar gran calidad gráfica en cualquier resolución.

En el ámbito de los SIG, un dato vectorial puede definirse como *una tupla de una base de datos espacial compuesta por una característica geográfica y una serie de atributos numéricos asociados a ella* (Torres et al., 2009). Estos datos son una parte fundamental de los SIG debido a la cantidad de información que se puede obtener mediante su análisis.

Normalmente, son representados mediante diferentes símbolos que ayudan al usuario a categorizar sus características, permitiendo conocer el valor de alguno de sus atributos asociados.

En este apartado se hará un repaso por las diferentes herramientas que proporcionan cada uno de los programas analizados para la elaboración de esta simbología. Con el fin de mostrar su aplicación a un caso real, se expondrán una serie de ejemplos de la simbología que se ha elaborado para la representación del mapa topográfico 1:25.000 de Costa Rica, en adelante MT25000.

Antes de comenzar con el análisis, debe de quedar clara la diferencia entre dos conceptos básicos: el de símbolo y estilo. Los símbolos, como se ha dicho en los anteriores apartados, son elementos gráficos que se emplean en la visualización; en cambio, un estilo es una colección de símbolos que generalmente coinciden con un tema de aplicación, como puede ser la hidrología o la geología.

3.2.1. Simbología vectorial en ArcGIS

Uno de los puntos más importantes del diseño cartográfico con ArcGIS es la simbología de elementos. Este software proporciona un vasto conjunto de funciones para definir y aplicar estilos de simbolización a los elementos.

3.2.1.1. Tipos de leyendas

Al añadir una capa en ArcMap, ésta se muestra con una simbología por defecto en la que todos los elementos aparecen representados de la misma forma, mediante un símbolo único de color aleatorio. Para poder modificar esto, en la pestaña *Simbología* de las propiedades de la capa, ArcGIS permite cambiar el tipo de leyenda con el que visualizar los elementos.

Los tipos de leyenda que ArcGIS permite seleccionar son los siguientes:

Simbolización de entidades (*Features*): es la simbolización que realiza ArcMap por defecto cuando se carga una capa, empleando un símbolo único para todos los elementos.

Simbolización por categorías (*Categories*): se emplea para representar entidades que presentan un atributo específico, generalmente de carácter cualitativo. De esta forma, cada elemento presentará un símbolo diferente en función de ese atributo que le caracteriza.

Simbolización por cantidades (*Quantities*): este tipo de simbología está basada en criterios cuantitativos, representando datos de carácter numérico. Estos pueden simbolizarse mediante colores o símbolos graduados, proporcionales o a través de mapas de densidad.

Gráficos (*Charts*): permite incorporar en cada entidad un gráfico empleando los valores de varios atributos.

Múltiples atributos (*Multiple attributes*): atribuye distintas simbologías a los elementos a través de la combinación de varios atributos.

En todos estos tipos de leyendas, ArcGIS ofrece la posibilidad de seleccionar el tipo de símbolo que se desea en cada caso, bien eligiendo uno de los almacenados en los estilos que proporciona el propio programa, modificando alguno de ellos o creando uno nuevo.

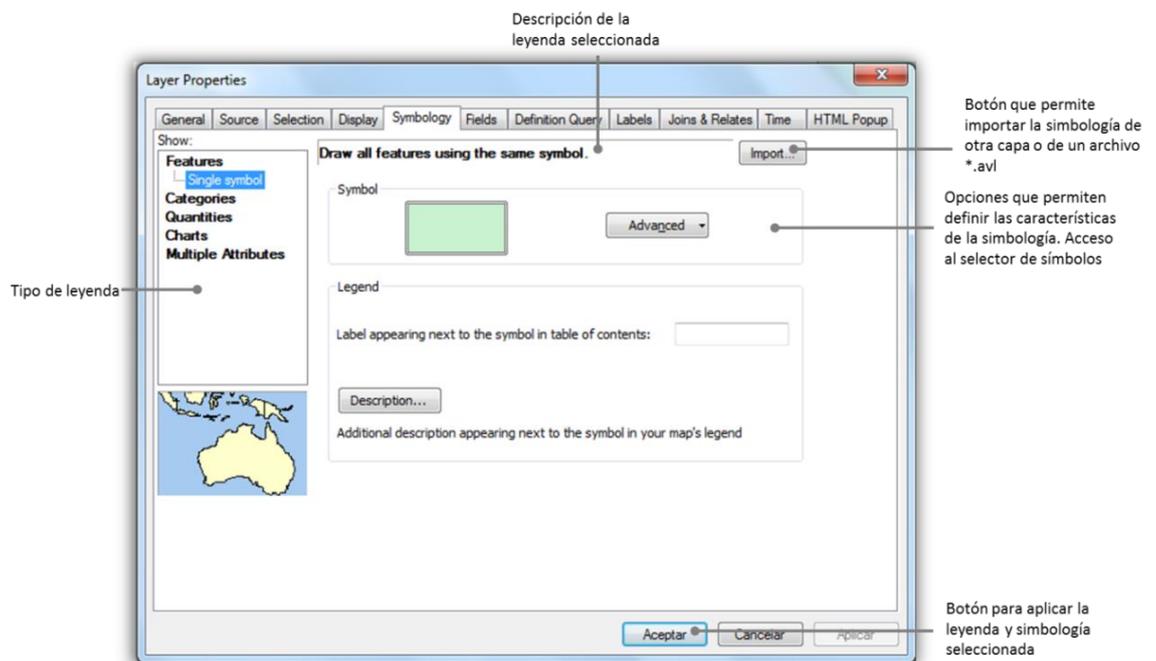


Imagen 2: Interfaz de simbología en ArcGIS

A través del botón *Importar*, ArcGIS permite aplicar a una capa la simbología de otra del documento con el que se está trabajando, de un archivo de capa de ArcGIS (.lyr) o de un archivo de leyenda de ArcView (.avl).

Además, mediante el botón de *Propiedades Avanzadas (Advanced)* presente en la interfaz de simbología, ArcGIS permite asignar un nivel de transparencia a los símbolos superficiales en función de un campo de la tabla de atributos; y en los puntuales, puede establecerse el tamaño y ángulo de rotación.

3.2.1.2. Selección y edición de símbolos superficiales

La selección y edición de las características de los símbolos en ArcGIS se hace a través del *Selector de símbolo*. Se puede acceder a él a través de la interfaz de simbología mostrada en el apartado anterior, o haciendo doble clic en los símbolos de la capa en ArcMap.

El funcionamiento del *Selector de símbolo* es el mismo para todos los tipos de elemento (puntuales, lineales y superficiales). En él se muestra una paleta con todos los símbolos proporcionados por ArcGIS, pudiendo ser modificados por el usuario. A continuación se muestra, a modo de ejemplo, la simbología elaborada para representar la capa *Bosque* del MT25000.

Al añadir la capa en ArcMap, como se ha indicado anteriormente, se muestra con una simbología por defecto de color aleatorio. En este caso, se quiere que las zonas de bosque sean representadas mediante una trama compuesta por símbolos que se asemejen a árboles, sin línea de borde. Accediendo al *Selector de símbolo* puede buscarse una trama que se ajuste a la deseada entre las proporcionadas por el programa, la cual puede aplicarse tal y como está o puede modificarse.

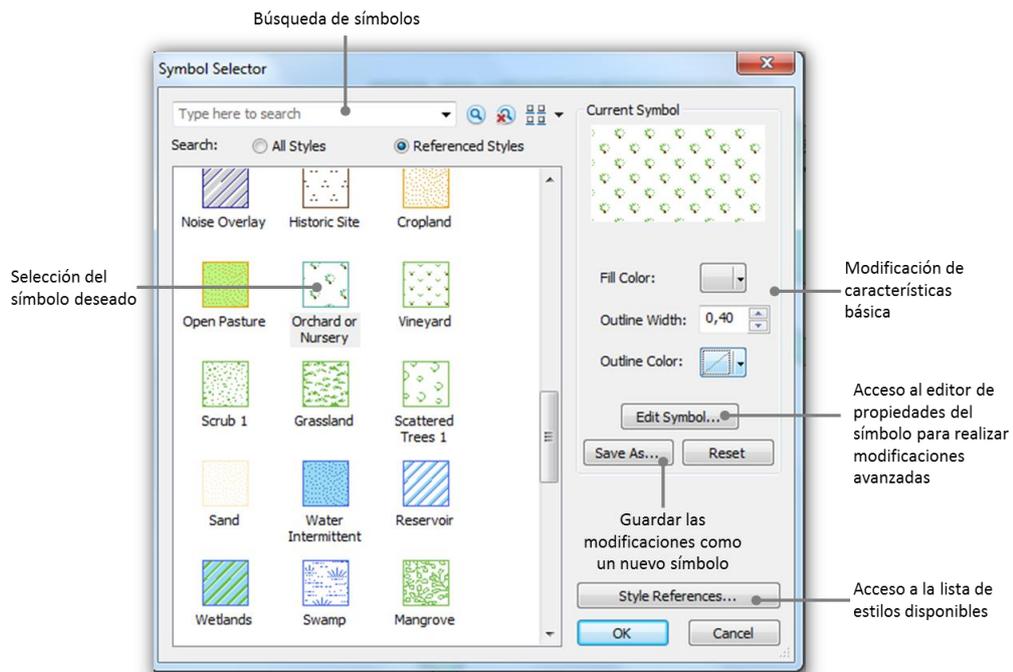


Imagen 3: Interfaz del selector de símbolo de ArcGIS

Como se observa en la imagen anterior, entre los símbolos proporcionados por ArcGIS aparece uno muy semejante al deseado, al cual se le han modificado sus características básicas para que no presente línea de borde.

Una vez modificado, el nuevo símbolo puede guardarse para volver a ser usado posteriormente. En este aspecto, ArcGIS almacena los símbolos dentro de estilos (.style), por lo que el usuario puede indicar uno de los ya existentes para guardarlos, o puede crear un estilo nuevo.

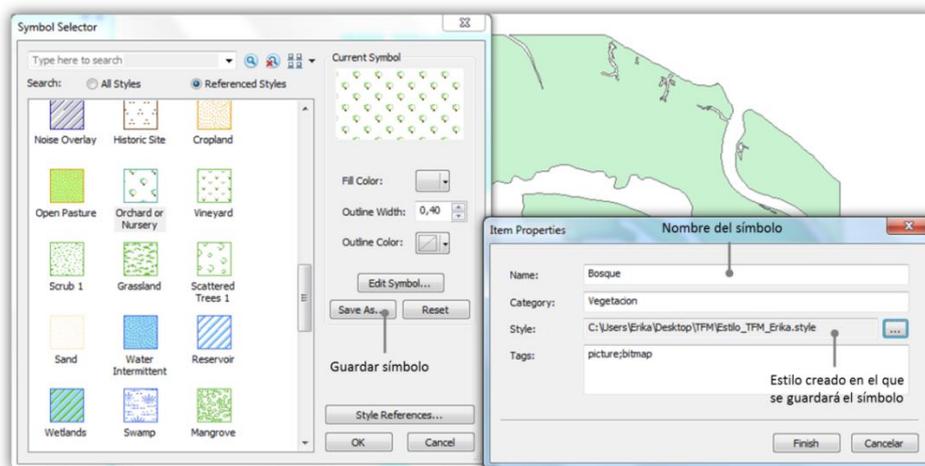


Imagen 4: Guardado de un símbolo desde el selector de símbolo en ArcGIS

Aunque la anterior es la forma más empleada de elaborar nuevas simbologías, ArcGIS permite crear de forma simultánea todo un estilo de símbolos desde cero. Para ello dispone del llamado *Administrador de estilos*.

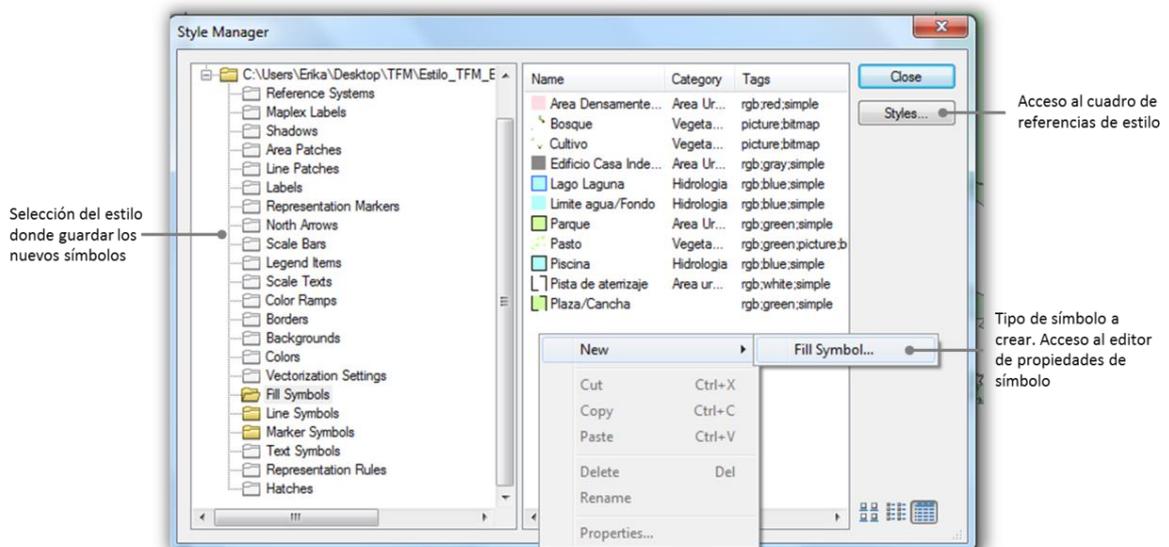


Imagen 5: Interfaz del administrador de estilos de ArcGIS

Desde el *Administrador de estilos*, la creación de los símbolos se realiza a través del *Editor de propiedades de símbolo*, el cual permite crear símbolos desde cero, configurando todas sus características. Este editor varía en función del tipo de elemento que se esté simbolizando. En el caso de los elementos superficiales, ArcGIS permite crear texturas 3D, rellenos simples y rellenos con gradientes, líneas o marcadores.

Para mostrar la utilidad del *Editor de propiedades de símbolo* de ArcGIS, a continuación se muestra como se ha elaborado la simbología para la capa *Edificios prominentes* del MT25000.

En este caso, los edificios prominentes son representados mediante una trama rallada, con líneas inclinadas un ángulo de 45°. Para ello, dentro del *Editor de propiedades de símbolo* se selecciona el tipo de relleno de líneas, donde es posible configurar el ángulo de inclinación de estas, así como su color y su anchura.

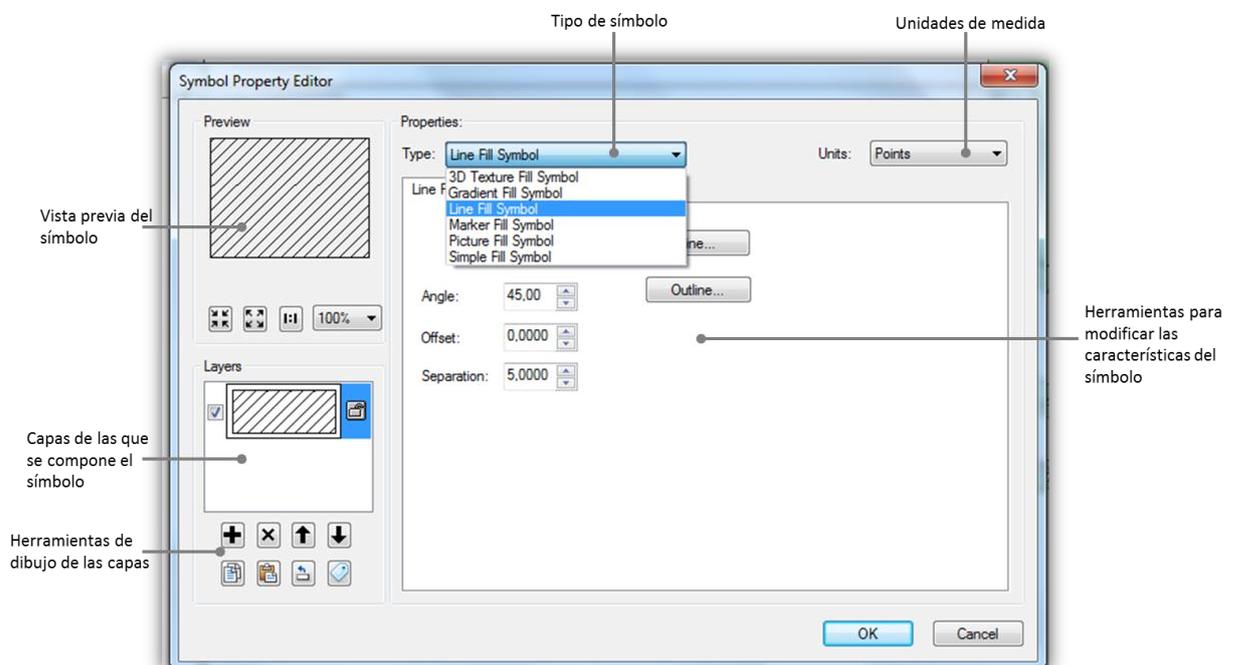


Imagen 6: Interfaz del editor de propiedades de símbolo de ArcGIS

En la mayoría de las ventanas relacionadas con simbología, ArcGIS dispone de una paleta de colores, permitiendo elegir alguno de ellos o definir uno nuevo. Los modelos de color de los que dispone son: RGB, CMYK, HSV y escala de grises. Además, también permite al usuario encontrar el color adecuado realizando una búsqueda por nombre. A continuación se muestra un ejemplo de la selección del color adecuado en la creación de la simbología de la capa *Plaza* del MT25000.

Para la representación de las plazas se ha elegido un tono de relleno verde definido por sus valores RGB: 212-255-158, con el borde de línea discontinuo en color negro. La selección del color de relleno se puede realizar directamente desde el *Selector de símbolo*, en cambio, para seleccionar el tipo de borde discontinuo, es necesario acceder al *Editor de propiedades de símbolo*.

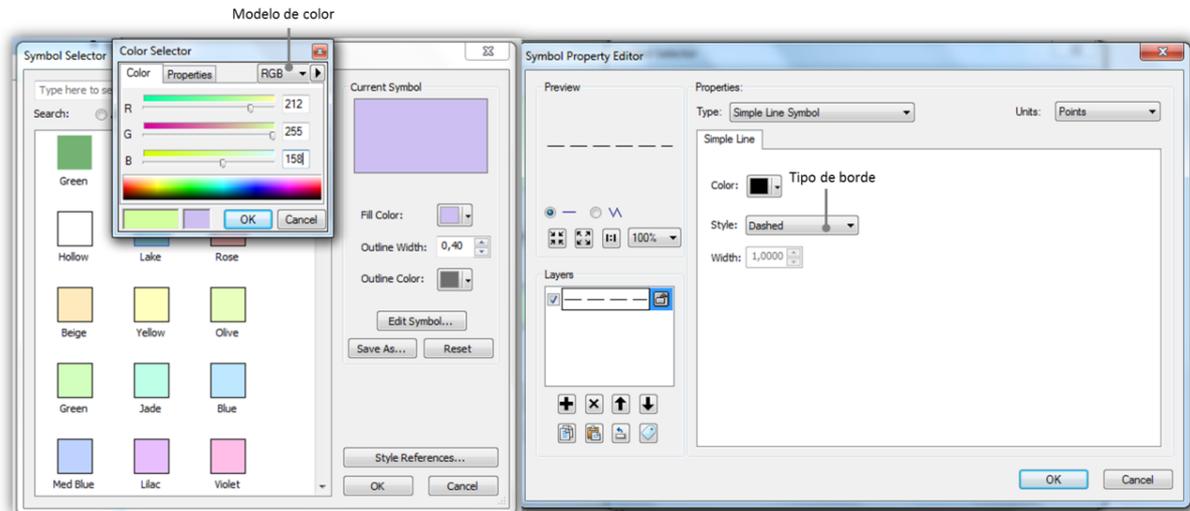


Imagen 7: Selección del color y tipo de borde en ArcGIS

3.2.1.3. Selección y edición de símbolos lineales

Al igual que en el caso de los símbolos superficiales, la modificación de las características básicas puede realizarse directamente desde el *Selector del símbolo*. Las modificaciones que pueden realizarse en los símbolos lineales tienen que ver con el color y el grosor de la línea. Sin embargo, si se quieren configurar otras propiedades adicionales se debe acceder al *Editor de propiedades de símbolo*. Desde este editor, ArcGIS permite crear símbolos lineales simples, con texturas 3D y líneas de marcadores o imágenes. Además, se puede modificar el patrón de la línea, sus terminaciones o su ángulo de inclinación. A continuación se muestran tres ejemplos diferentes para la creación de símbolos lineales empleando este editor.

Para la representación de la capa *Quebradas intermitentes* del MT25000 se emplea una línea discontinua a trazos. ArcGIS no ofrece esta opción entre los tipos de líneas disponibles, por lo que se debe elaborar un patrón de línea de forma personalizada. Para ello se selecciona el tipo de línea cartográfica.

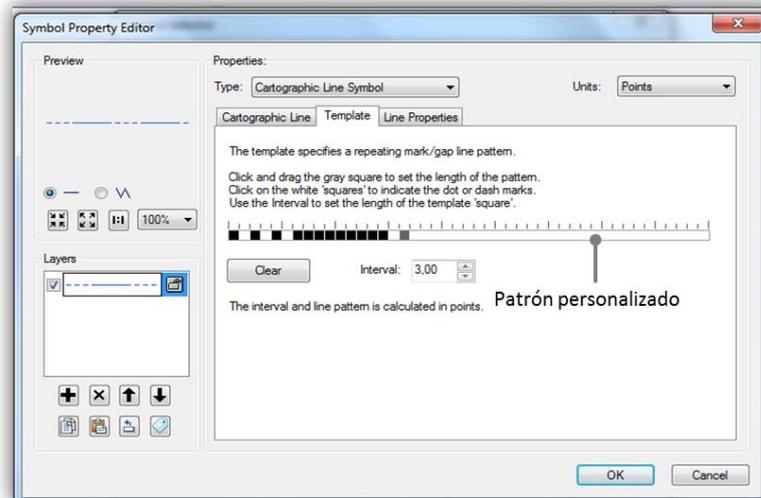


Imagen 8: Configuración del patrón de una línea en ArcGIS

En el caso de la capa correspondiente a las autopistas, se creará un símbolo de línea compuesto por tres capas de diferentes características. Para ello, al igual que en el caso anterior, se selecciona el tipo de línea cartográfica de tal forma que los bordes de todas ellas sean rectos.

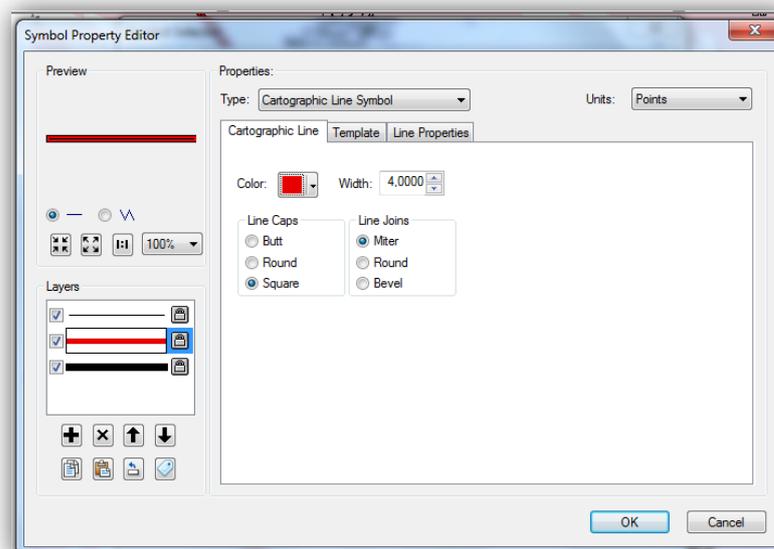


Imagen 9: Creación de un símbolo lineal compuesto por tres capas en ArcGIS

El último ejemplo corresponde a la simbolización de las vías férreas. Como es habitual, su representación se realiza mediante un símbolo semejante a las vías del tren. Para su creación se emplea el tipo de símbolo de línea de trazo, superponiendo a una línea simple una serie de líneas inclinadas con un ángulo de 90° y separadas según un patrón personalizado.

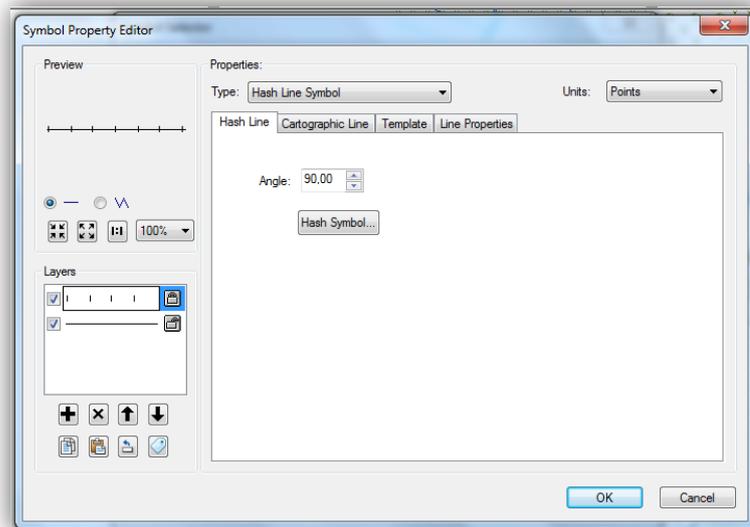


Imagen 10: Creación de una línea de trazo en ArcGIS

3.2.1.4. Selección y edición de símbolos puntuales

En el caso de los símbolos puntuales, las opciones de modificación y edición son similares a las de los elementos anteriores. En el sistema de representación empleado para los símbolos puntuales del MT25000, simplemente se han modificado las características básicas de algunos de los que ArcGIS proporciona por defecto, como es el caso de las cotas de elevación, donde a través del *Selector de símbolo* se modificó el tamaño y color de uno de los marcadores de la librería del software.

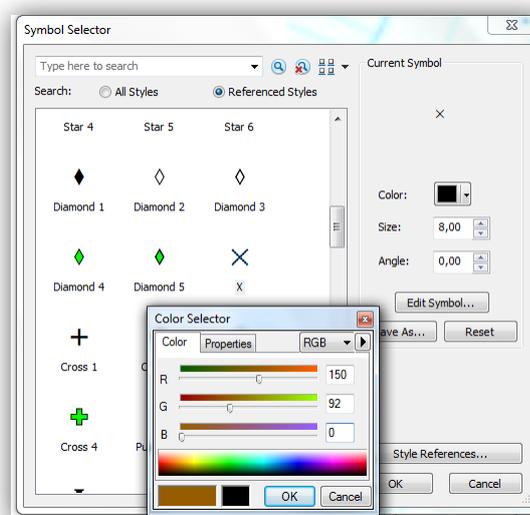


Imagen 11: Modificación del tamaño y color de un símbolo puntual en ArcGIS

Sin embargo, también es posible realizar simbologías puntuales más complejas mediante el *Editor de propiedades de símbolo*, al igual que se hacía con los elementos lineales y superficiales. En este caso, ArcGIS permite emplear marcadores 3D, flechas, imágenes o marcadores simples. En todos estos casos, es posible modificar el ángulo de orientación de los símbolos y su desplazamiento.

3.2.2. Simbología vectorial en QGIS

QGIS ofrece gran cantidad de funcionalidades SIG, entre las que se encuentra su capacidad de representación de datos espaciales mediante la aplicación y creación de distintos estilos de simbolización. Una de las fortalezas de QGIS en lo que a simbología vectorial se refiere, es la libertad que ofrece al usuario a la hora de configurar y personalizar las propiedades de los distintos símbolos.

3.2.2.1. Tipos de leyendas

Cuando se añade una capa a un proyecto de QGIS, ésta es mostrada por defecto con una simbología en la que todas las entidades aparecen representadas mediante un mismo símbolo. Esta simbología puede modificarse a través de la pestaña *Estilo* presente en el menú de propiedades de la capa. Al igual que ArcGIS, QGIS ofrece la posibilidad de realizar representaciones mediante distintas leyendas en función de los valores presentes en la tabla de atributos de la capa.

Los tipos de leyendas que QGIS permite aplicar son los siguientes:

Símbolo único: todas las entidades de la capa son representadas mediante el mismo símbolo. Corresponde a la simbolización que QGIS aplica por defecto cuando se carga una capa al proyecto.

Categorizado: este tipo de leyenda se emplea para representar todos los elementos de la capa empleando un único símbolo en función de un campo de su tabla de atributos. Además, QGIS permite realizar una simbología categorizada mediante un archivo *.xml* o a partir de otra simbología guardada en la biblioteca de símbolos.

Graduado: esta leyenda se emplea para representar atributos cuantitativos, clasificados según una rampa de colores graduados.

Basado en reglas: permite representar los elementos de una capa empleando distintos símbolos para aquellos valores de atributos que cumplan las reglas establecidas por el usuario. Este tipo de leyenda ofrece una gran flexibilidad en la simbolización.

Desplazamiento de punto: este tipo de simbología ofrece la posibilidad de visualizar varios elementos puntuales que tienen la misma ubicación mediante la colocación de estos en un círculo alrededor de un símbolo de centro de desplazamiento.

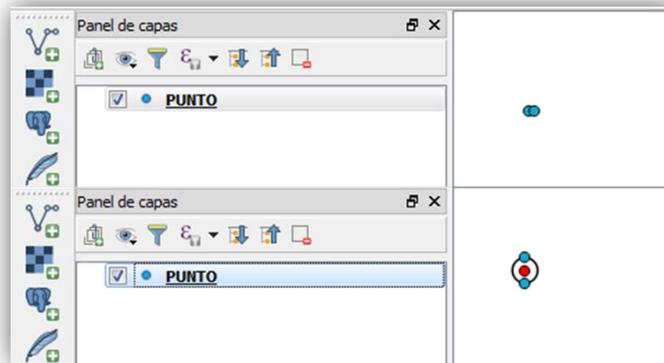


Imagen 12: Arriba, representación de dos elementos lineales mediante un símbolo único. Abajo, representación de los mismos elementos mediante una leyenda de desplazamiento de puntos en QGIS.

Polígonos invertidos: esta leyenda permite aplicar una simbología al área complementaria a la capa a la cual se aplica. Es decir, a la zona que se encuentra fuera de dicha capa. Esta simbología es útil cuando se quieren resaltar áreas o crear máscaras cartográficas.

Mapa de calor: esta simbología ofrece la posibilidad de obtener la densidad de una capa de puntos. Esta densidad es determinada en base al número de puntos en una ubicación. Este tipo de visualización resulta muy útil para identificar aquellas zonas donde existe una agrupación de puntos, sin necesidad de realizar ningún otro análisis.

2.5 D: mediante este tipo de leyenda es posible establecer un efecto de visualización 2.5 D a los elementos superficiales, lo que permite al usuario realizar composiciones de mapas más complejos y avanzados.

En todos estos tipos de simbologías, QGIS ofrece una serie de opciones avanzadas dentro de un apartado denominado *Renderizado de capas*, donde es posible aplicar transparencias, determinar el tipo de unión que se establece entre capas u objetos espaciales

que se superponen, aplicar efectos de dibujo a los elementos y definir un orden de visualización de estos, ya sea mediante un campo de la tabla de atributos o mediante una expresión establecida por el usuario.

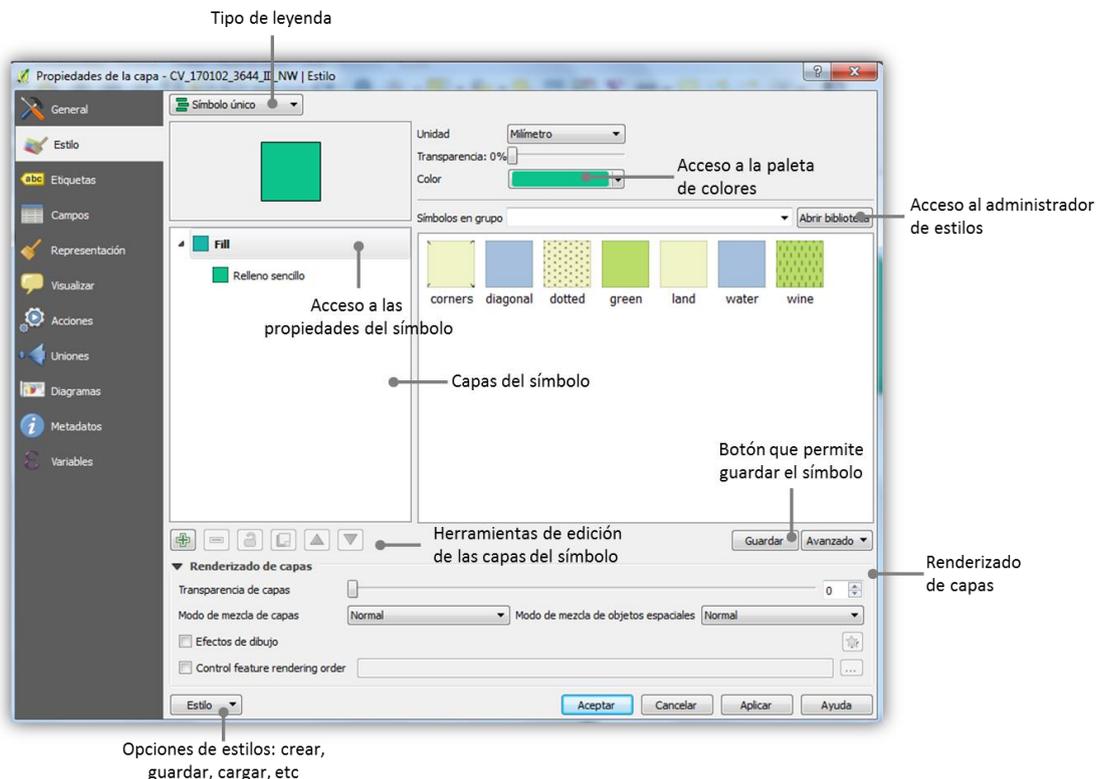


Imagen 13: Interfaz de estilos de QGIS

Además, en todos estos tipos de leyenda, el usuario puede aplicar el tipo de símbolo que desee, bien seleccionando alguno de los almacenados en QGIS, creando uno nuevo o cargando estilos que habían sido guardados previamente. En este último aspecto, QGIS soporta archivos de estilo de capa de QGIS (.qml) o SLD (.sld).

3.2.2.2. Selección y edición de símbolos superficiales

El procedimiento para seleccionar y editar un símbolo en QGIS es el mismo para todos los tipos de elementos, ya sean superficiales, puntuales o lineales.

Dentro del apartado *Estilo* de las propiedades de una capa, QGIS muestra una serie de símbolos que el usuario puede seleccionar para realizar la representación. Estos símbolos, al igual que ocurre en ArcGIS, pueden ser modificados para adaptarlos a las necesidades del usuario. Además, también permite la creación de simbologías más complejas empleando diferentes capas de símbolos. Para ello se debe de acceder a las propiedades del símbolo, bien desde la propia interfaz de estilos de QGIS o a través de la *Biblioteca de estilos*

(Administrador de estilos) desde donde es posible añadir, eliminar, exportar e importar nuevos símbolos, así como agruparlos en categorías.

Las opciones disponibles para la creación de simbologías varían en función del tipo de elemento que se esté representando. En el caso de los superficiales, QGIS permite elegir entre gran cantidad de tipos de capa de símbolo: relleno de centroides, relleno de gradiente, patrón de relleno de línea, de puntos, relleno de imagen, SVG, relleno sencillo y superficies con línea exterior de marcador o línea sencilla.

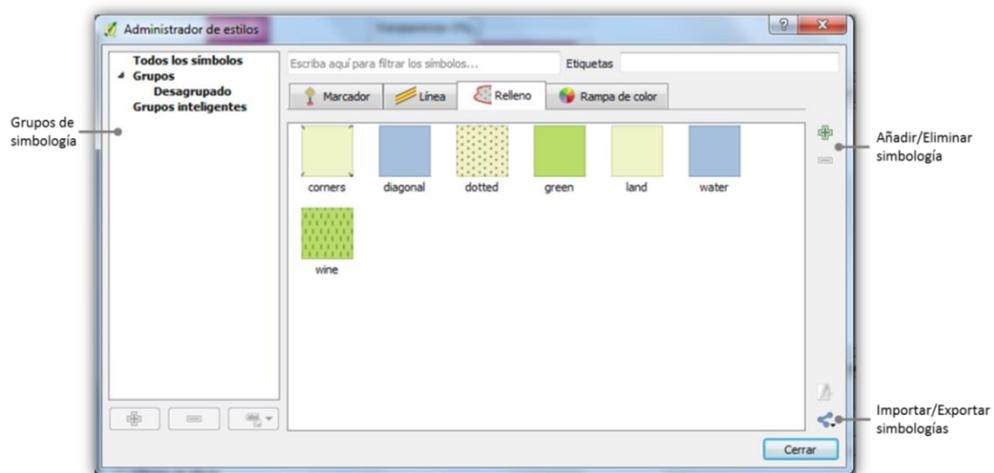


Imagen 14: Administrador de estilos de QGIS (Biblioteca de estilos)

Además de las diferentes opciones de relleno, uno de los aspectos más interesantes que ofrece QGIS, es la posibilidad de definir la mayoría de las propiedades básicas del símbolo, como tamaño, rotación, color, etc.; en función de algún campo definido en la tabla de atributos en todos los tipos de símbolos (puntuales, lineales y superficiales).

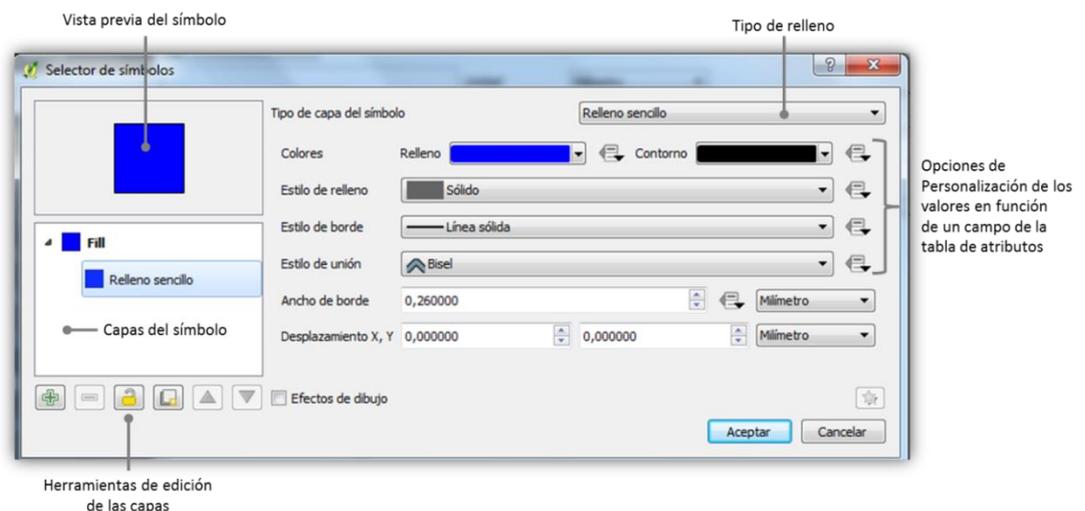


Imagen 15: Selector de símbolos de QGIS para elementos superficiales

Con el fin de ilustrar las capacidades de QGIS en la edición de símbolos superficiales, a continuación se describe el sistema de simbolización empleado en varias capas del MT25000.

Para la representación de las zonas de bosque, como se ha indicado en anteriores apartados, se requiere un relleno compuesto por símbolos que se asemejen a árboles, sin que el área tenga un borde alrededor. En este caso, al no existir un relleno por defecto con estas características, se debe de crear uno nuevo a través del *Selector de símbolos*, empleando un relleno SVG. Entre los símbolos SVG disponibles se selecciona el deseado y se modifican sus características de color y tamaño. Además, se crea una nueva capa de símbolo para eliminar la línea de borde exterior.

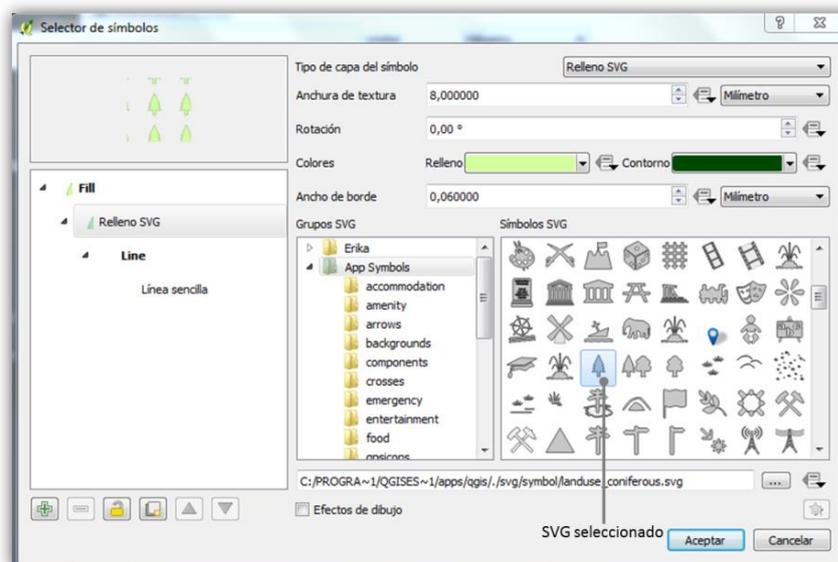


Imagen 16: Creación de un símbolo superficial con relleno SVG en QGIS

Una vez creado, el nuevo símbolo puede guardarse en la *Biblioteca de símbolos* de QGIS para volver a utilizarlo posteriormente sin tener que crearlo de nuevo. En este caso, al contrario que ocurría en ArcGIS, no es necesario almacenarlo en ningún estilo, sino que basta con darle un nombre y directamente queda almacenado.

Para la representación de los edificios prominentes se selecciona el patrón de relleno de línea. En este caso, además de su color, borde y ángulo de inclinación de las líneas; QGIS permite configurar la distancia de separación entre ellas.

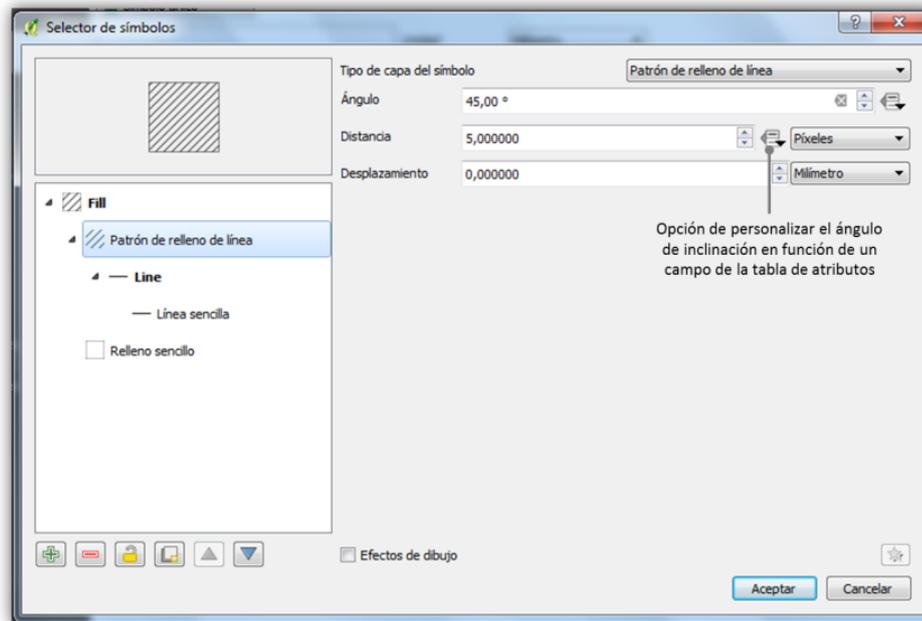


Imagen 17: Creación de un símbolo superficial con patrón de relleno de líneas en QGIS

Este símbolo también se realizó empleando dos capas: el patrón de líneas y un relleno sencillo, ya que los rellenos de línea de QGIS no poseen borde por defecto, por lo que se debe crear una nueva capa para este.

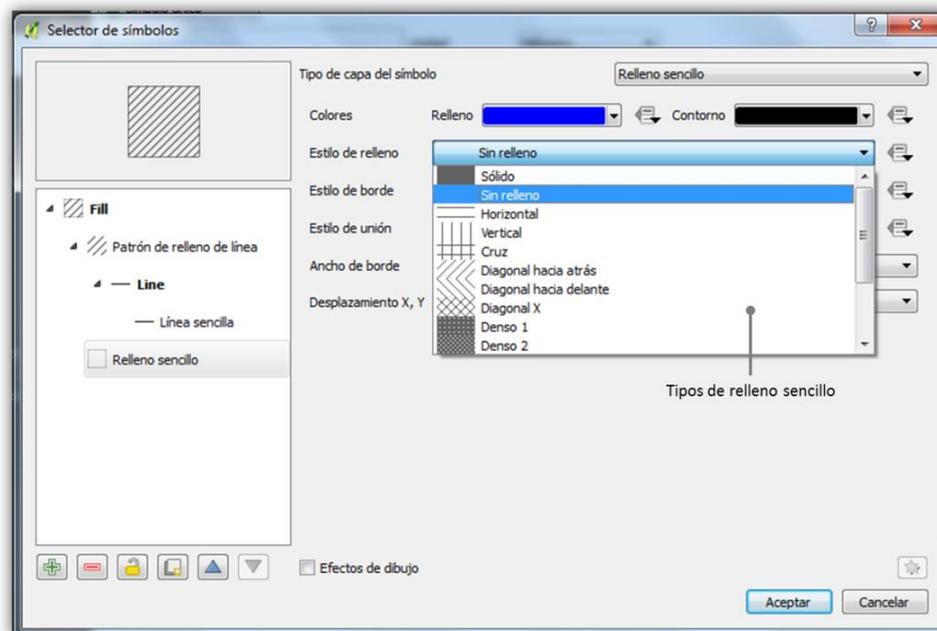


Imagen 18: Creación de un símbolo de relleno sencillo, detalle de los tipos de relleno

Como se puede observar en la anterior imagen, las opciones de personalización en los tipos de rellenos sencillos de QGIS son muchas, permitiendo también realizar rellenos de

líneas, aunque en ese caso, no es posible modificar el ángulo de inclinación ni la separación entre ellas. A continuación, como ejemplo de aplicación de un relleno sencillo, se muestra la simbología creada para representar la capa correspondiente a las plazas del MT25000, donde simplemente se ha modificado el color y el estilo de borde.

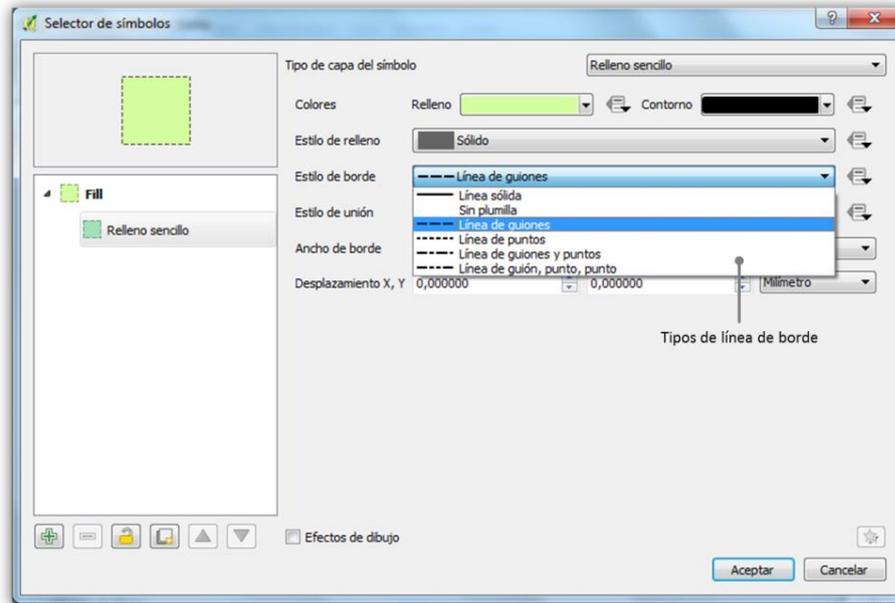


Imagen 19: Creación de un símbolo de relleno sencillo y selección del estilo de borde en QGIS

Al igual que en los rellenos, QGIS ofrece diferentes estilos de borde definidos entre los que elegir; aunque, si se desea, también permite personalizarlo modificando su patrón, de forma parecida a como se hacía en ArcGIS empleando las líneas cartográficas.

3.2.2.3. Selección y edición de símbolos lineales

Como se ha indicado en el apartado anterior, el proceso para modificar y crear nuevas simbologías es el mismo en todos los tipos de elementos. En el caso de los lineales, los tipos de capas de símbolos disponibles son: generador de geometría, línea sencilla y línea de marcador.

Al igual que se ha hecho anteriormente, a continuación se expone la simbolización realizada para representar algunas de las capas del MT25000 para poder ilustrar las capacidades de QGIS en lo referente a simbolización de elementos lineales.

La capa de quebradas intermitentes se representa mediante una línea discontinua a trazos. Ya que QGIS no dispone de un estilo de línea de este tipo, se debe de crear el patrón deseado empleando una capa de símbolo de línea sencilla.

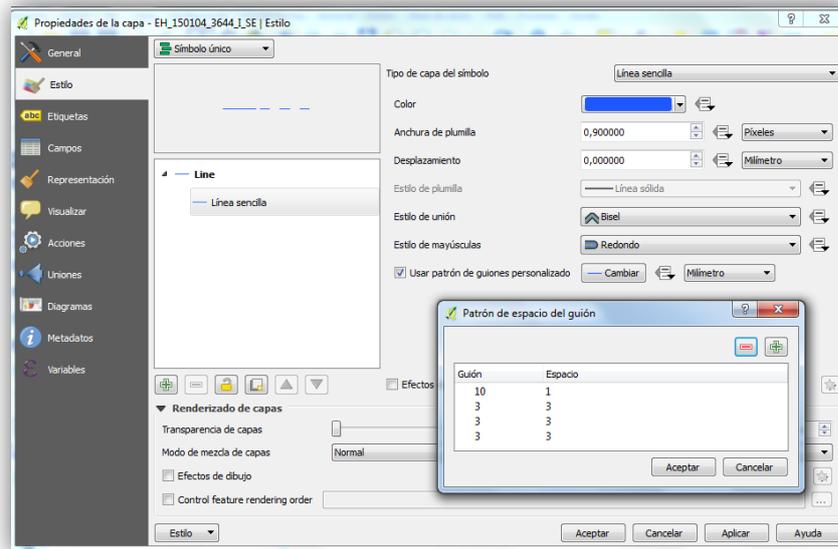


Imagen 20: Creación de una simbología personalizada de línea sencilla en QGIS

En el caso de las autopistas, al igual que se ha hecho en ArcGIS, para su representación en QGIS es necesario crear un símbolo compuesto por tres capas de líneas sencillas, cada una de ellas con diferentes características.

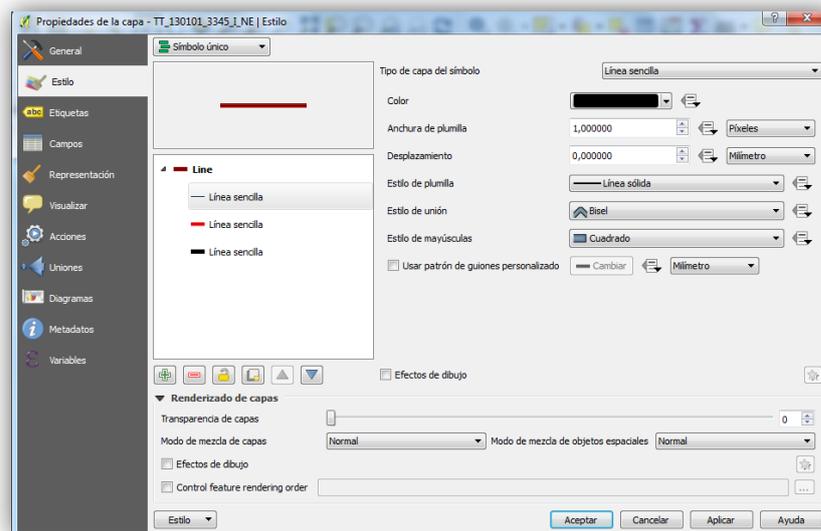


Imagen 21: Creación de un símbolo lineal compuesto por tres capas en QGIS

Finalmente, para la representación de las vías férreas se crea un nuevo símbolo compuesto de dos capas, una de línea simple y otra de marcador. En el caso de la línea de marcador, QGIS permite seleccionar entre distintos tipos de marcadores disponibles, así como configurar muchas de sus características.

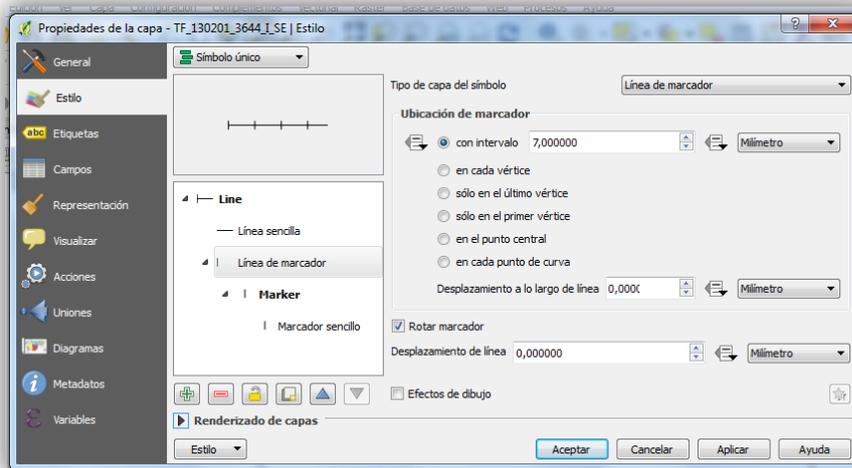


Imagen 22: Creación de una línea de marcador en QGIS

Para este caso concreto se seleccionó un marcador sencillo, y como el objetivo era que estos marcadores simulasen a las traviesas del tren, se marcó la opción de rotar el marcador, lo que hace que este se mantenga siempre perpendicular a la línea y no gire con ella.

3.2.2.4. Selección y edición de símbolos puntuales

Al igual que en los anteriores elementos, QGIS permite crear y editar una gran variedad de marcadores, pudiendo modificar la mayoría de sus propiedades (color, borde, tamaño, ángulo, desplazamiento, etc.)

En el sistema de representación empleado para el MT25000, en las cotas de elevación se empleó un marcador de tipo letra, ya que estas deben ser representadas mediante una cruz.

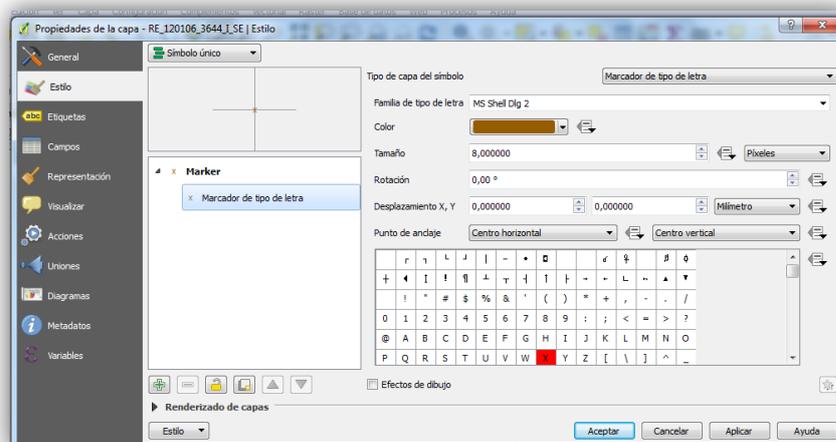


Imagen 23: Realización de un símbolo mediante un marcador de tipo letra en QGIS

Sin embargo, QGIS, además de este tipo de simbolización puntual, también permite emplear marcadores de elipse, sencillos o con símbolos SVG, entre otros.

Al igual que ocurría en el caso de los distintos tipos de leyendas, en la simbolización de todos estos tipos de elementos es posible aplicar las opciones avanzadas descritas anteriormente que contiene el *Renderizado de capas*, así como personalizar las principales características de cada símbolo en función de un campo de la tabla de atributos.

3.2.3. Simbología vectorial con gvSIG

gvSIG es un completo Sistema de Información Geográfica que se emplea para realizar todo tipo de tareas relacionadas con los datos espaciales. Entre estas, la simbolización es una de las más comunes, donde incluye gran variedad de opciones para la representación de todos los tipos de elementos.

3.2.3.1. Tipos de leyendas

Por defecto, cuando se añade una capa a una vista de gvSIG, esta se representa mediante un símbolo único de color aleatorio, donde todos los elementos de la capa son representados con el mismo símbolo, al igual que ocurría en los anteriores softwares analizados. Para modificar esta simbología se debe acceder a la pestaña *Simbología* de las propiedades de la capa.

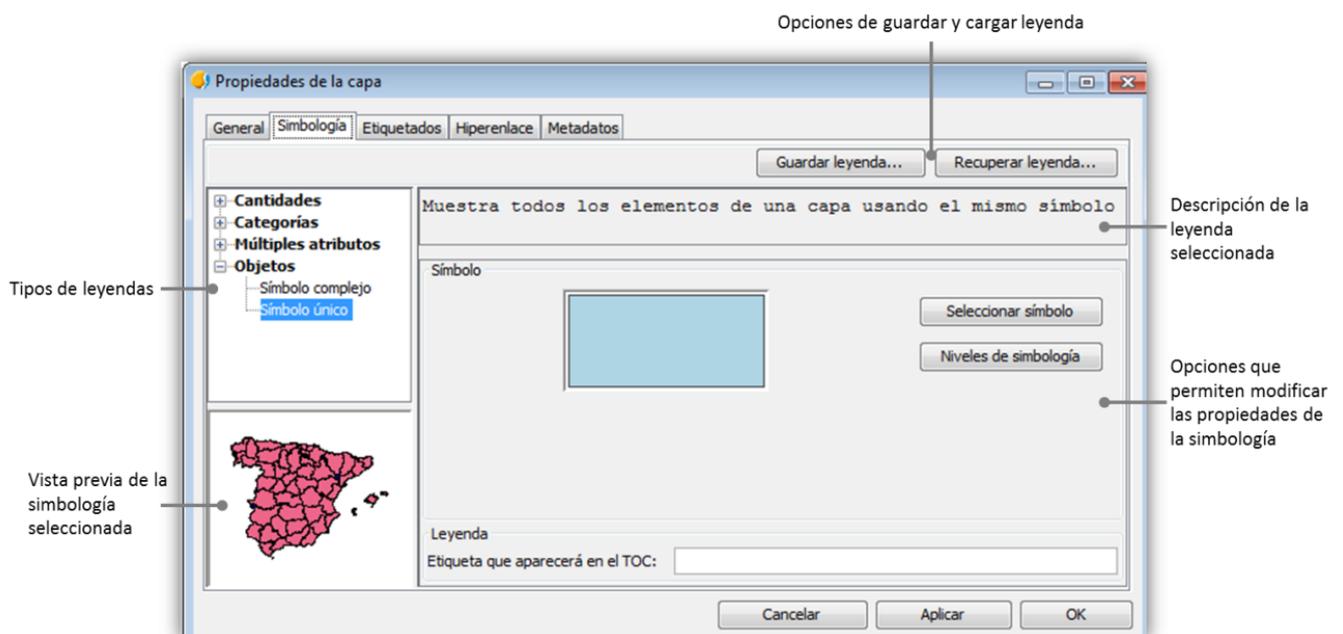


Imagen 24: Interfaz de simbología en gvSIG

Los tipos de leyenda disponibles son los siguientes:

Símbolo único: este tipo de leyenda permite mostrar todas las entidades de una capa empleando un único símbolo.

Categorías: esta leyenda se emplea cuando se quiere asignar un símbolo a cada valor de un campo específico de la tabla de atributos de la capa. Además, puede seleccionarse la opción de aplicar distintas simbologías en función de una expresión de filtrado establecida por el usuario.

Cantidades: este tipo de simbología se emplea para representar datos numéricos que se encuentran en algún campo de la tabla de atributos de la capa. Entre las distintas opciones que presenta se encuentra la simbolización mediante mapas de densidad de puntos, intervalos, símbolos graduados y símbolos proporcionales.

Múltiples atributos: a través de esta leyenda se pueden representar los datos numéricos de un elemento mediante diferentes gráficos o a través de dos simbologías diferentes para distintos atributos.

En todos estos casos, gvSIG permite modificar las características de los símbolos con los que son representados cada uno de los elementos en las leyendas o crearlos nuevos a través del denominado *Selector de simbología*. También ofrece la posibilidad de guardar e importar una leyenda, soportando dos tipos de formatos: el propio de gvSIG (*.gvsleg*) y SLD (*.sld*).

3.2.3.2. Selección y edición de símbolos superficiales

La selección y edición de los símbolos en gvSIG puede hacerse desde dos ventanas diferentes: el *Selector de simbología* y el *Explorador de símbolos*.

Al *Selector de simbología* se accede a través del botón *Seleccionar símbolo* de la interfaz de simbología de gvSIG, al *Explorador de símbolos* desde el menú de herramientas. Este último permite navegar por todos los símbolos disponibles en el software, clasificados en tres pestañas, una para cada tipo de elemento (puntual, lineal y superficial). Su interfaz es muy similar a la del *Selector de simbología*, con la única diferencia de que en este último sólo aparece la pestaña correspondiente al tipo de elemento que se está simbolizando.

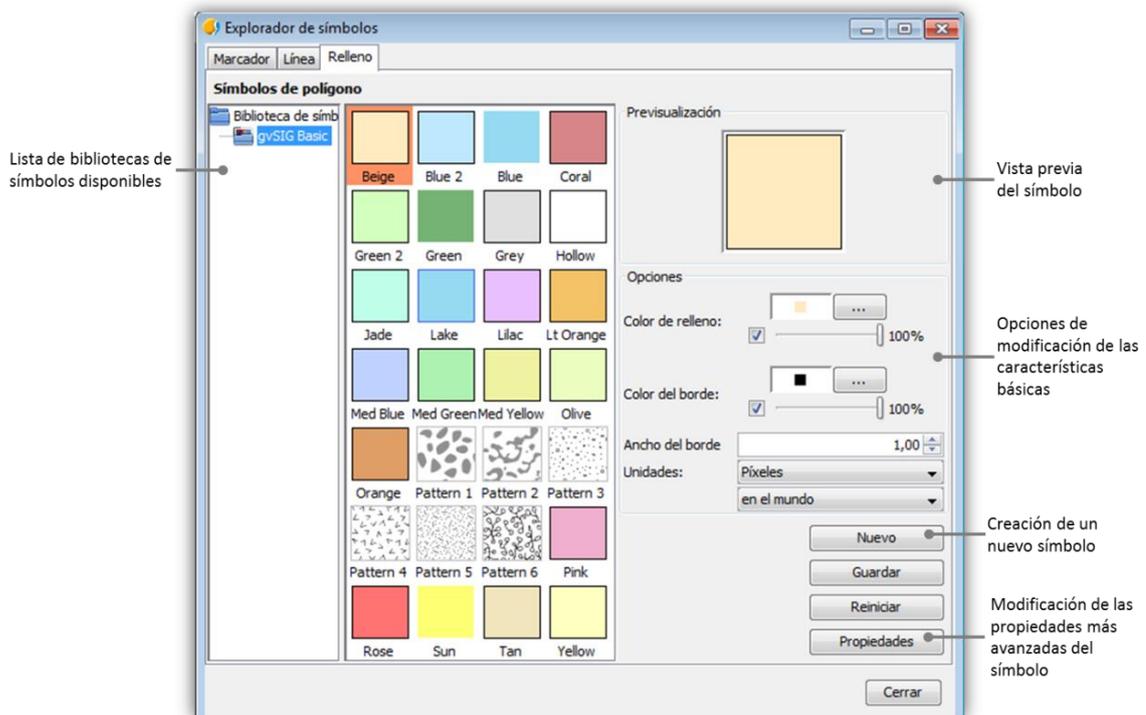


Imagen 25: Interfaz del explorador de símbolos de gvSIG

Tanto para crear un símbolo nuevo como para modificar las propiedades de uno ya existente, se emplea la ventana del *Editor de propiedades de símbolo*, la cual varía en función del elemento que se esté simbolizando.

En el caso de los elementos superficiales, gvSIG permite realizar simbologías con rellenos simples, rellenos de marcadores y rellenos de imagen. Además, en todas estas opciones permite seleccionar el tipo de borde, su anchura y aplicarle la transparencia deseada. A continuación se muestran las simbolizaciones realizadas en gvSIG para representar algunas de las capas superficiales del MT25000.

Para la representación de la capa de bosques, en la biblioteca de gvSIG no se encontró ningún símbolo, ni de tipo relleno, ni de marcador, que se ajustara a las necesidades de simbología. Por este motivo, se realizó una importación de un símbolo descargado de internet a través del *Importador de símbolos puntuales* de gvSIG. Este importador permite al usuario añadir símbolos a bibliotecas ya existentes o generarlas nuevas, a partir de imágenes.

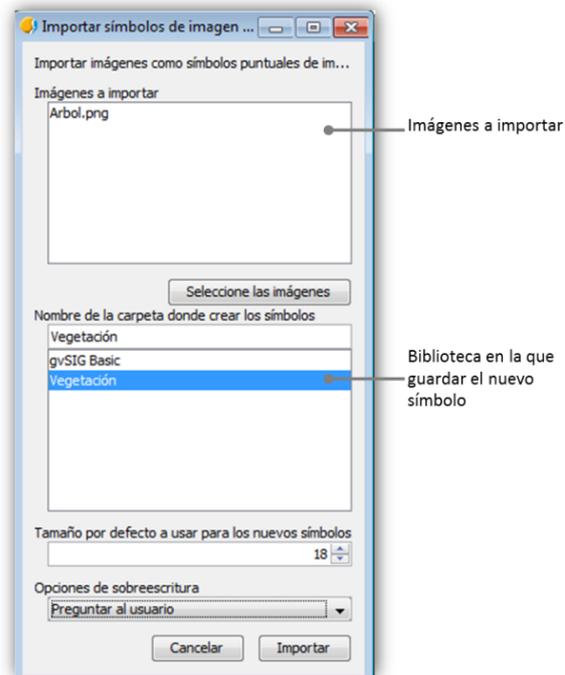


Imagen 26: Importador de símbolos puntuales de gvSIG

Una vez disponible el nuevo símbolo en la biblioteca, a través del *Editor de propiedades de símbolo* se selecciona un relleno de marcadores eligiendo el símbolo importado como el marcador de relleno. gvSIG permite ordenar los marcadores de forma aleatoria o según una malla regular, configurar la distancia de separación entre estos y establecer las características del tipo de borde, que en este caso no se empleó.

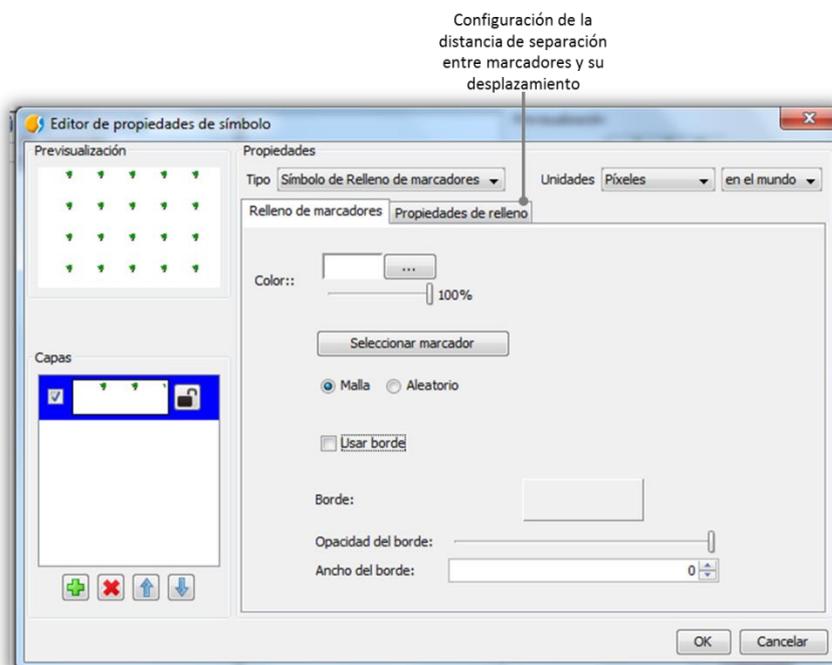


Imagen 27: Creación de un símbolo de relleno de marcadores en gvSIG

En la simbolización de los edificios prominentes se había elegido una representación mediante un relleno de líneas inclinadas 45°. En gvSIG no existe ningún tipo de relleno que sea exclusivamente de líneas, por lo que se trató de simular este relleno con uno de marcadores, pero además de no existir ningún marcador similar a una línea, gvSIG no permite configurar su ángulo de inclinación. Debido a todos estos motivos, se optó por añadir una nueva biblioteca de símbolos donde se encontraba un tipo de relleno similar al deseado.

gvSIG incluye una biblioteca de símbolos por defecto, pero además, a través del *Administrador de complementos*, es posible instalar nuevas bibliotecas adicionales.

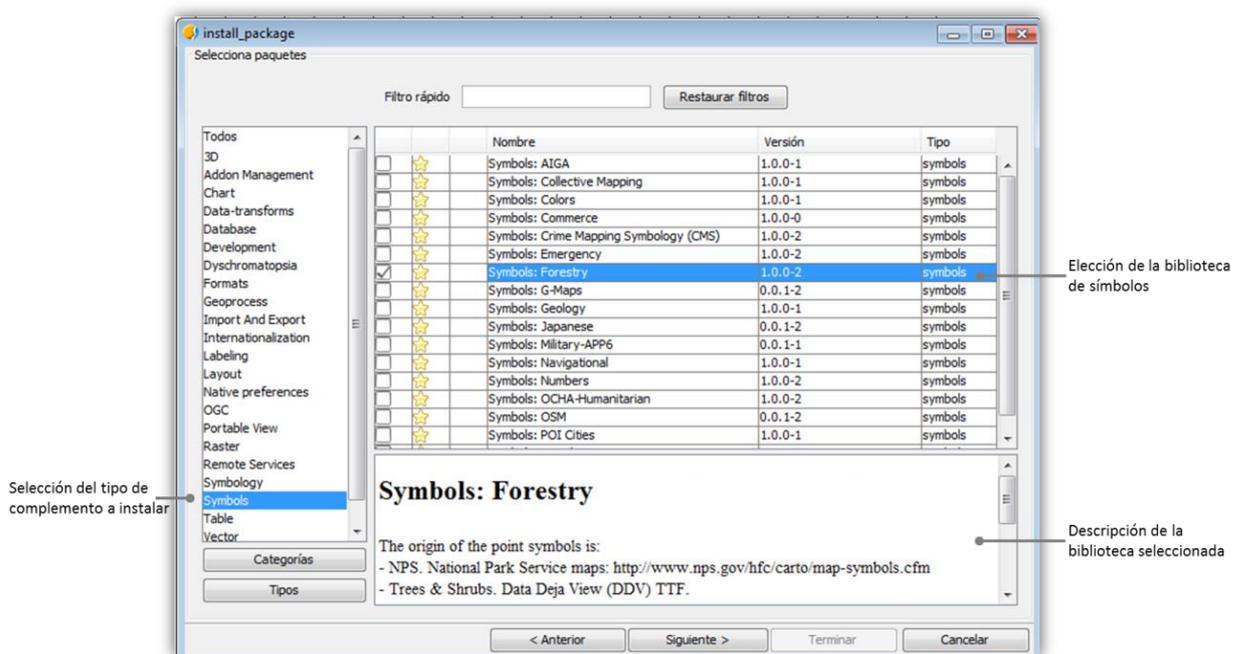


Imagen 28: Instalación de una nueva biblioteca de símbolos en gvSIG

Una vez instalada, al acceder al *Selector de simbología* la nueva biblioteca estará disponible para ser seleccionada.

Por último, para realizar la simbología de las plazas en gvSIG, se eligió un tipo de relleno simple donde el usuario puede seleccionar su color, indicando los valores en diferentes modelos: HSV, HSL, RGB y CMYK.

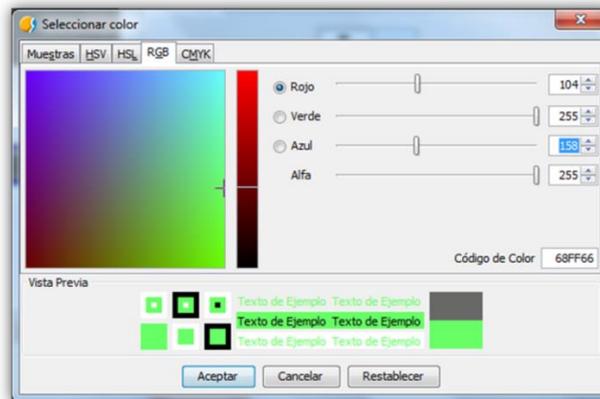


Imagen 29: Paleta de colores de gvSIG

Además, también es posible seleccionar un grado de transparencia al relleno y su estilo de borde.

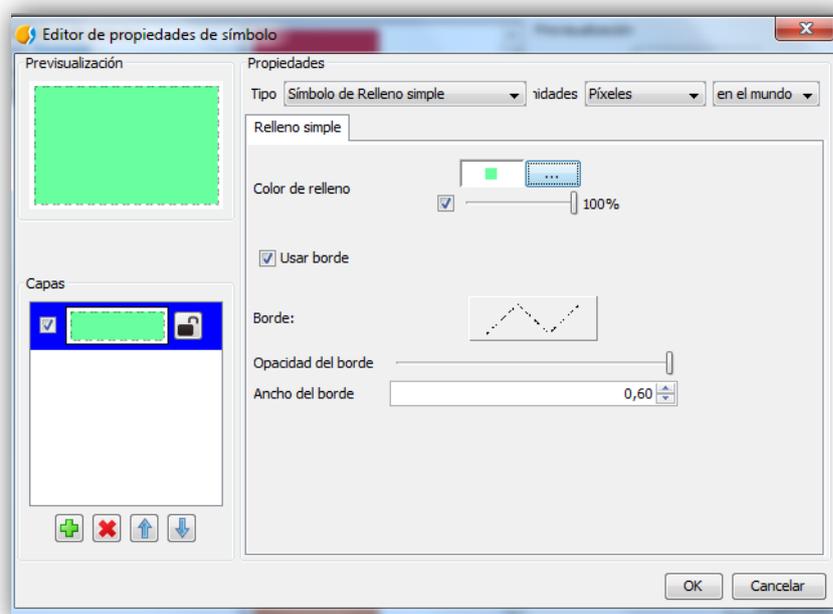


Imagen 30: Creación de un símbolo de relleno simple en gvSIG

Una vez modificado o creado el nuevo símbolo, gvSIG permite guardarlo en la biblioteca que se desee a través del explorador o selector de símbolos.

3.2.3.3. Selección y edición de símbolos lineales

El proceso para modificar y crear simbologías de elementos lineales es el mismo que para los superficiales y también para los puntuales. En el caso de los lineales, los tipos de símbolos que gvSIG permite realizar son líneas simples y líneas de imágenes.

En el caso de las líneas de imágenes, el usuario simplemente debe indicar la imagen que desea para formar la línea, su escala y establecer una anchura. En el sistema de representación empleado para el MT25000 no se ha empleado este tipo de línea, por lo que los ejemplos que se muestran a continuación indican las diferentes posibilidades que presenta el empleo del tipo de línea simple.

Al igual que en los softwares descritos anteriormente, gvSIG permite al usuario establecer un patrón de línea personalizado. Esta funcionalidad se empleó para simbolizar las quebradas intermitentes.

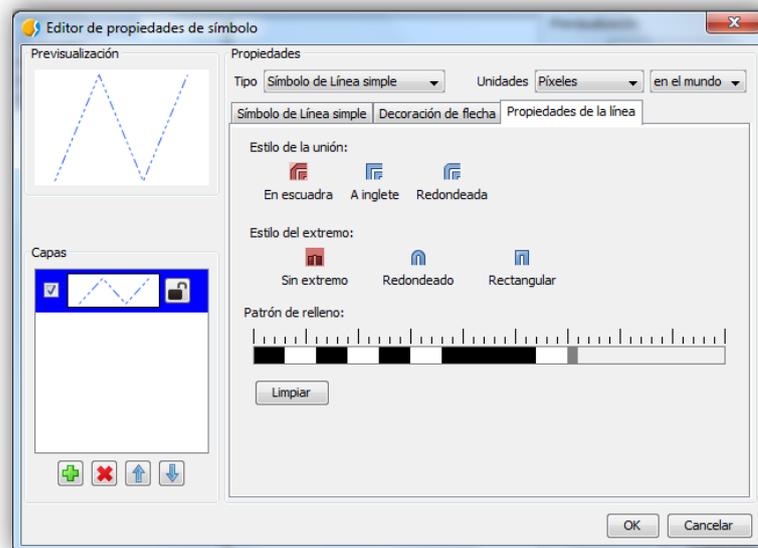


Imagen 31: Configuración del patrón de una línea en gvSIG

En esta misma pestaña donde se edita el patrón, como se puede observar en la imagen anterior, también existen las opciones de modificar los estilos de unión y extremo de la línea.

Para realizar la simbología de las autopistas se generó una línea compuesta por tres capas, cada una con unas características determinadas.

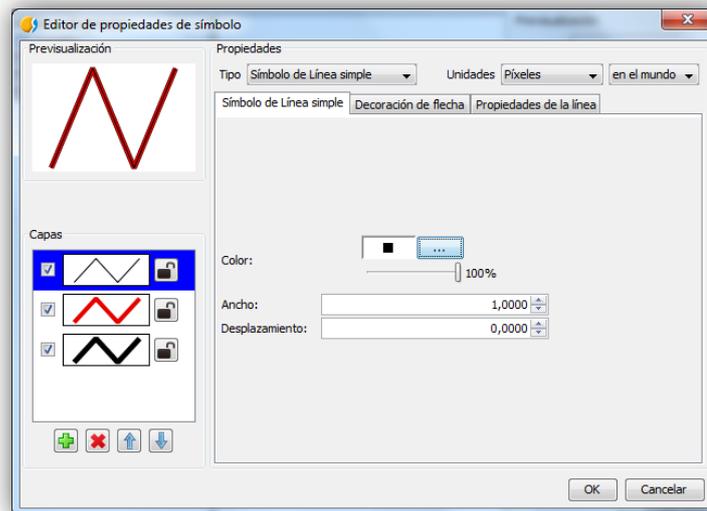


Imagen 32: Creación de un símbolo lineal compuesto por tres capas en gvSIG

Por último, para la representación de las vías férreas se intentó elaborar un nuevo símbolo a través de las opciones disponibles en la pestaña *Decoración de flecha*, donde el usuario puede seleccionar el símbolo y el número de repetición de este; pero al igual que lo sucedido con la capa de bosques, en la biblioteca de símbolos no se encontró ninguno que pudiera simular a las traviesas del tren. Finalmente, como anteriormente se había añadido una nueva biblioteca, entre los símbolos lineales de esta se encontró uno muy parecido al deseado que fue el empleado.

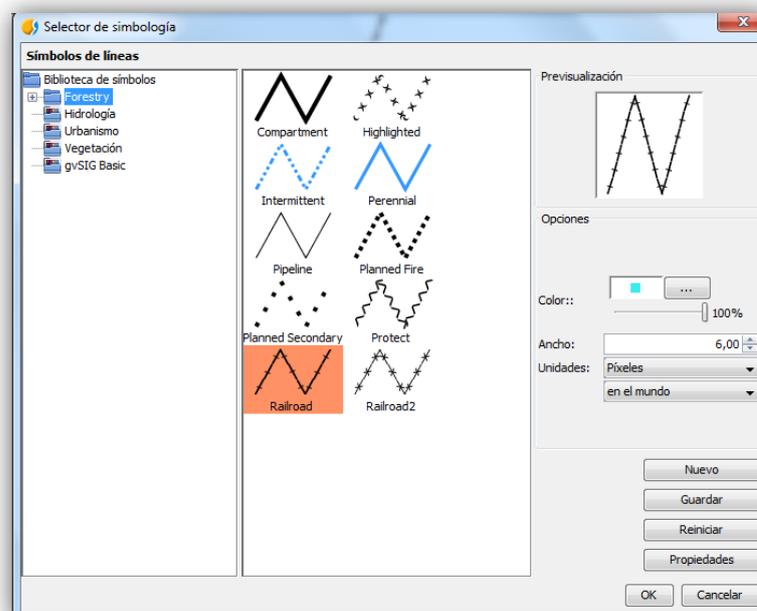


Imagen 33: Selección de un símbolo lineal en gvSIG

3.2.3.4. Selección y edición de símbolos puntuales

Al igual que en el caso de los símbolos lineales, gvSIG permite crear símbolos puntuales de marcador simple y de imagen.

El tipo de marcador de imagen permite al usuario seleccionar la imagen que desee para representar el símbolo, pudiendo modificar su desplazamiento y tamaño. Para la representación de los elementos puntuales del MT25000 solamente se empleó el símbolo de marcador simple, donde gvSIG permite seleccionar entre marcadores sencillos como un círculo, cuadrado, etc.

En el caso de la simbología elegida para las cotas de elevación, el estilo de marcador elegido fue una cruz, a la que se le modificó su color y tamaño.

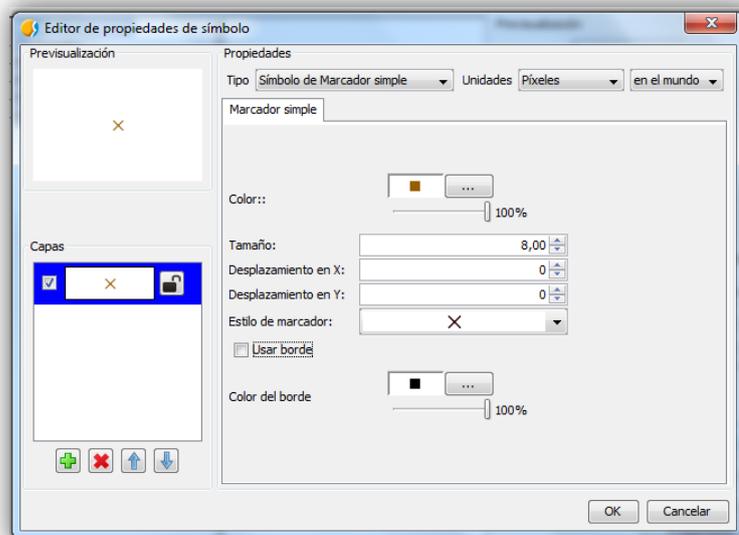


Imagen 34: Creación de un símbolo de marcador simple en gvSIG

Además, al igual que en los marcadores de imagen, gvSIG permite al usuario establecer una distancia para desplazar el símbolo.

El resultado de todas las simbologías creadas, tanto las mostradas en los anteriores apartados como las restantes correspondientes al mapa topográfico 1:25.000 de Costa Rica, pueden consultarse en el apartado 4.1, donde se describen también las principales dificultades encontradas en su creación.

3.3. Rotulación

Los mapas pueden representar gran cantidad de datos geográficos en capas que generalmente se superponen, por lo que, en ocasiones, es necesario algo más para expresar lo que se desea comunicar. Para solucionar este conflicto se suele recurrir al etiquetado de las entidades a través de nombres que ayudan al lector a comprender la información contenida en el mapa.

El proceso de selección de tipos, la preparación de los nombres y su colocación en la posición adecuada se denomina *Rotulación del mapa*, el cual constituye uno de los procesos más complejos de la cartografía. A pesar de que la mayoría de los SIG incorporan herramientas que ayudan en el etiquetado, una gran parte de este trabajo sigue siendo necesario realizarla manualmente.

La premisa fundamental a la hora de rotular un mapa es situar las etiquetas de tal forma que no se solapen y que sea inmediata la asociación de su nombre con el elemento que designan, así como con la importancia y propiedades de este. Para ello se necesitan tres tipos de información: el lugar donde situar la etiqueta, el texto que reflejar en ella y la forma de representarla. Como, en este caso, se está refiriendo al etiquetado de capas vectoriales, toda esta información se extraerá tanto de la geometría como de la tabla de atributos del elemento.

El texto que se indicará en la etiqueta se tomará de alguno de los campos de la tabla. En cuanto a su situación, la geometría del elemento indicará una aproximación de ésta, debiendo situarse cerca del objeto al que hace referencia pero siempre evitando el solape con otras etiquetas. Además, en determinados tipos de geometrías es necesario considerar otros parámetros, como por ejemplo en el caso de los elementos lineales, donde la posición de las etiquetas, normalmente, debe seguir el trazado de las líneas y su orientación.

Por último, es necesario decidir la forma de representar cada uno de los rótulos ya que la claridad con la que estos transmiten la información depende en gran medida de cómo están escritos. Debe de emplearse un estilo sencillo, que evite la confusión y facilite la lectura; y su tamaño debe ser proporcional a la distancia de lectura y a los elementos que acompaña, pudiendo emplearlo también para establecer jerarquizaciones de la información dentro del mismo mapa.

Como se indicó al comienzo de este apartado, a pesar de los grandes cambios que han afectado a la cartografía en las últimas décadas, con los avances tecnológicos y la aparición de

los Sistemas de Información Geográfica, el rotulado automatizado de los mapas todavía debe de perfeccionarse más para conseguir la calidad deseada. En este apartado, se hará un repaso por las diferentes herramientas que ofrecen cada uno de los softwares analizados en relación al etiquetado automático y sus opciones de manipulación y modificación de los rótulos manualmente. Al igual que en el apartado referido a la simbología vectorial, con el objetivo de mostrar su aplicación real, se expondrán una serie de ejemplos del etiquetado realizado para la rotulación del mapa topográfico 1:25.000 de Costa Rica (MT25000).

3.3.1. Rotulación en ArcGIS

En ArcGIS, como en la mayoría de los softwares SIG, es posible añadir etiquetas a un mapa con el fin de mostrar su información. Estas etiquetas, en el caso de las capas vectoriales, están basadas en los datos presentes en la tabla de atributos de dicha capa.

Dentro de ArcMap existen dos tipos de etiquetado, el estándar y el denominado etiquetado Maplex. Al primero de ellos puede accederse tanto desde la pestaña *Etiquetado* de las propiedades de la capa, como desde la barra de herramientas de etiquetado. En cambio, la activación del etiquetado Maplex sólo puede hacerse desde esta última, por lo que en el presente apartado se hará un repaso por las opciones disponibles en ella.

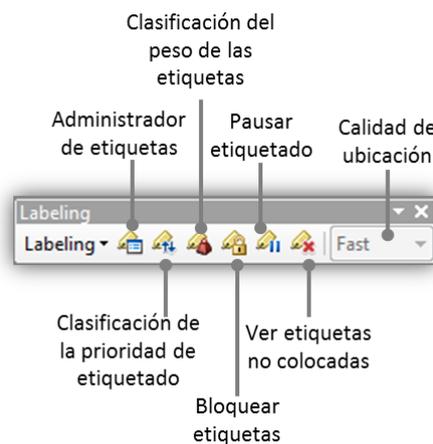


Imagen 35: Barra de herramientas de etiquetado de ArcMap

Como se puede observar en la imagen anterior, la barra de herramientas de etiquetado contiene varios botones que permiten al usuario definir las características del rotulado. Todas, excepto la calidad de ubicación, están disponibles en los dos tipos de etiquetado citados anteriormente, con la diferencia de que en el etiquetado Maplex el *Administrador de etiquetas* añade nuevas opciones de ubicación para los rótulos.

A continuación se describen cada uno de los botones de la barra de herramientas y sus principales funcionalidades para cada uno de los dos tipos de etiquetado.

3.3.1.1. *Etiquetado estándar*

El etiquetado estándar es el etiquetado que ArcMap realiza por defecto, estando disponibles todas las opciones de la barra de herramientas de etiquetado excepto la correspondiente a la calidad de ubicación. A continuación se describen cada una de ellas.

Administrador de etiquetas: a través de esta venta se pueden ver y cambiar todas las propiedades de etiquetado de todas las capas del mapa, tanto las correspondientes al texto como a la ubicación de las etiquetas. Además, a través de él, es posible definir distintas propiedades de etiquetado para las entidades de una misma capa empleando clases de etiqueta.

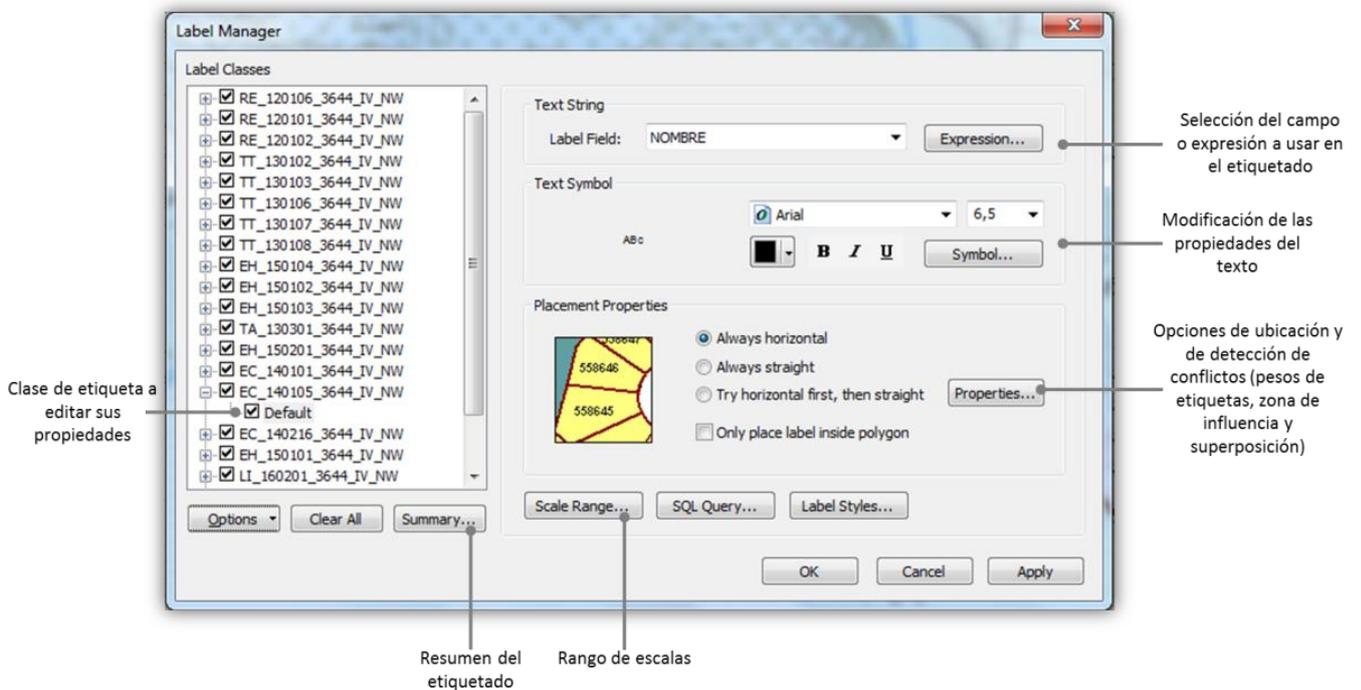


Imagen 36: Administrador de etiquetas del etiquetado estándar de ArcGIS

En cuanto a las propiedades relativas al texto, el usuario puede definir todas sus características básicas como la fuente, el tamaño y el color; pudiendo también modificar propiedades más avanzadas añadiendo sombras, halos y otros efectos.

Respecto a las propiedades de ubicación, las opciones de colocación de los rótulos varían en función del tipo de elemento que se esté etiquetando. A continuación se hace un repaso por las opciones disponibles en cada caso.

- Elementos superficiales: para este tipo de elementos ArcGIS ofrece tres opciones de ubicación: horizontales, rectas siguiendo la dirección del polígono o preferentemente horizontales (colocándolas rectas en caso de que no sea posible su posición horizontal). Además, el usuario también puede elegir si sólo quiere etiquetar el elemento si la etiqueta se encuentra completamente dentro del polígono.

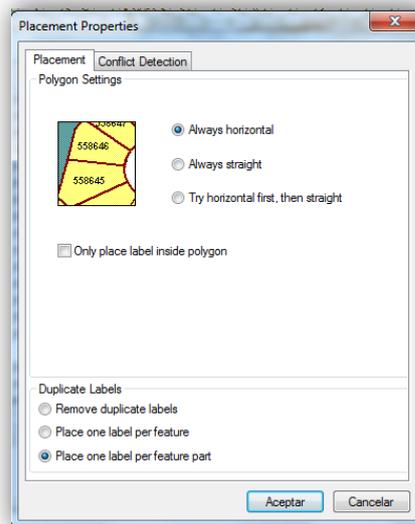


Imagen 37: Opciones de ubicación de las etiquetas para elementos superficiales en ArcGIS

A continuación se muestra el aspecto que presenta el etiquetado realizado mediante este tipo de rotulación para uno de los elementos superficiales del MT25000.

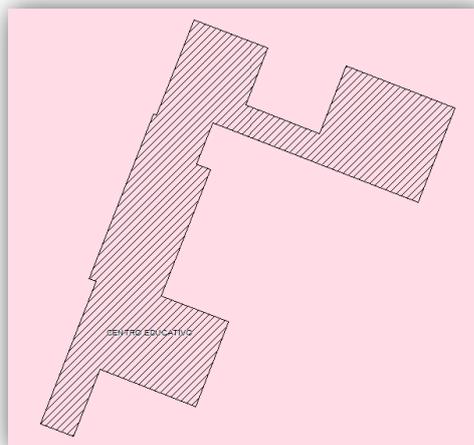


Imagen 38: Resultado del etiquetado estándar de los centros educativos en ArcGIS

Como se puede observar en la imagen, la etiqueta se superpone a la representación gráfica del edificio dificultando la lectura de esta y no siendo posible modificar su posición a través de las opciones de etiquetado estándar que ofrece ArcGIS.

- Elementos lineales: entre las opciones de ubicación de este tipo de elementos existen tres categorías de parámetros que actúan de forma conjunta para determinar la ubicación de las etiquetas, estos son: orientación, posición con respecto al lado de la línea y ubicación con respecto al largo de esta. La orientación puede ser horizontal con respecto a la página, paralela a la línea, perpendicular o curva, de tal forma que las etiquetas seguirán la curvatura de las líneas. En cuanto a la posición con respecto al lado de los elementos, si el usuario decide colocar las etiquetas en un lado de la línea, puede especificar una distancia de desplazamiento de estas. Por último, los parámetros que controlan la ubicación de las etiquetas a lo largo de la línea, se puede especificar si se desean colocar las etiquetas al principio, al final o en la mejor posición a lo largo de la línea. En caso de seleccionar alguna de las dos primeras opciones, el usuario puede especificar la ubicación de la etiqueta en relación con el punto de inicio o final.

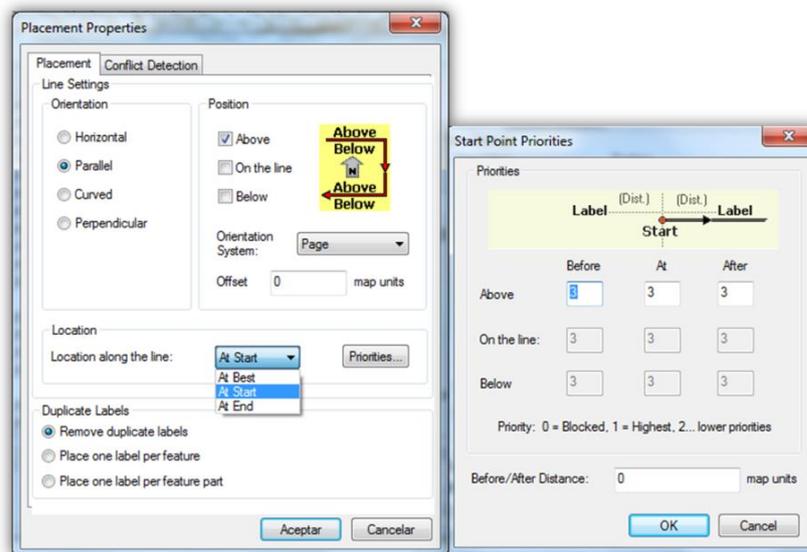


Imagen 39: Opciones de ubicación de las etiquetas para elementos lineales en ArcGIS

Al igual que en el caso anterior, para ilustrar el etiquetado estándar de este tipo de elementos se muestran dos ejemplos del MT25000. El primero de ellos corresponde a la rotulación de los ríos en la que las etiquetas se dispusieron de forma curva con respecto a la línea, en su parte superior.

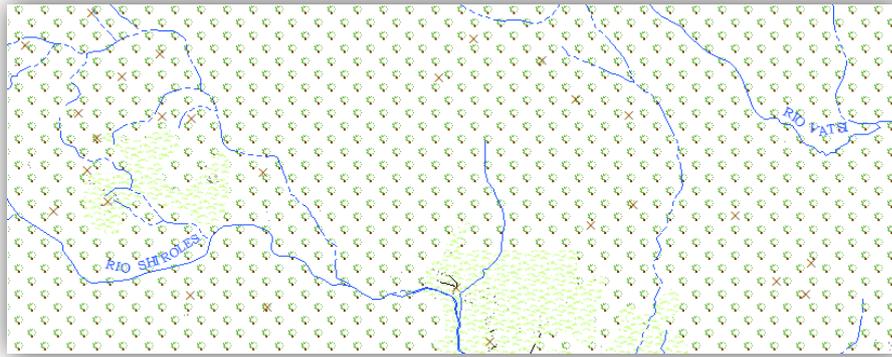


Imagen 40: Resultado del etiquetado estándar de los ríos en ArcGIS

El segundo ejemplo corresponde a las curvas de nivel, donde las etiquetas fueron ubicadas paralelamente sobre ellas.

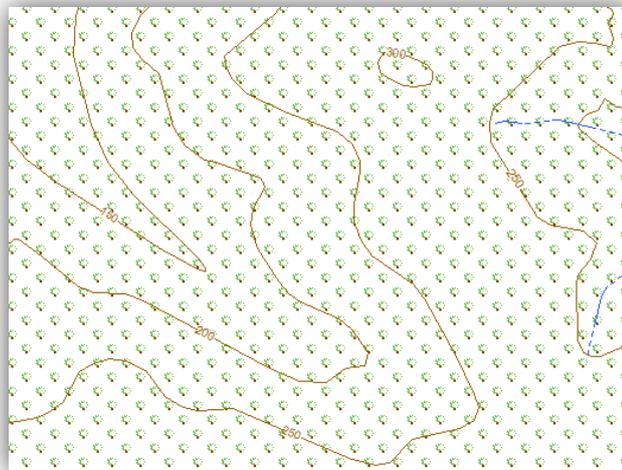


Imagen 41: Resultado del etiquetado estándar de las curvas de nivel en ArcGIS

- Elementos puntuales: en el caso de los elementos puntuales, ArcGIS ofrece cuatro opciones de ubicación distintas, permitiendo posicionar las etiquetas encima del punto; con un ángulo de giro respecto a este, ya sea especificando un ángulo determinado o a través del valor de un atributo de la capa; o desplazarlas a su alrededor. En esta última opción, el usuario puede elegir el patrón de ubicación que desee para garantizar que la etiqueta sólo se ubique en el lugar deseado o que priorice entre varias opciones de ubicación.

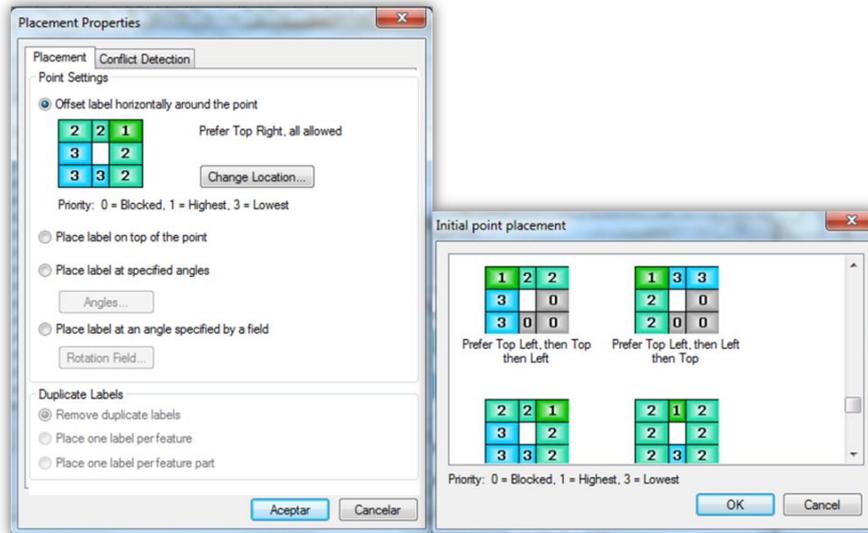


Imagen 42: Opciones de ubicación de las etiquetas para elementos puntuales en ArcGIS

Como en los anteriores casos, a continuación se muestra el resultado obtenido al realizar el etiquetado de las cotas de elevación, donde se eligió la opción de posicionar los rótulos en la parte superior derecha del símbolo de cota.

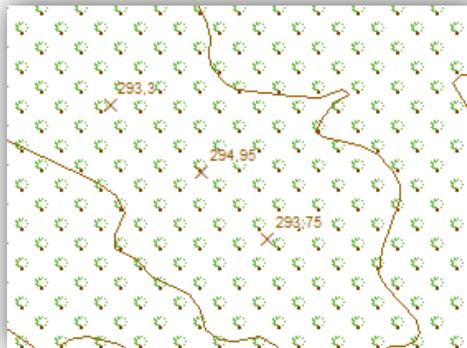


Imagen 43: Resultado del etiquetado estándar de las cotas de elevación en ArcGIS

Como se puede observar, en la ventana de opciones de ubicación de todos los tipos de elementos existe un apartado donde es posible controlar las etiquetas duplicadas y una pestaña denominada *Detección de conflictos*, a través de la cual se pueden configurar las reglas de colocación de las etiquetas cuando existe competencia entre varias por la misma ubicación. Esta pestaña está organizada en cuatro apartados: peso de las etiquetas, peso de las entidades, zona de influencia y superposición de etiquetas.

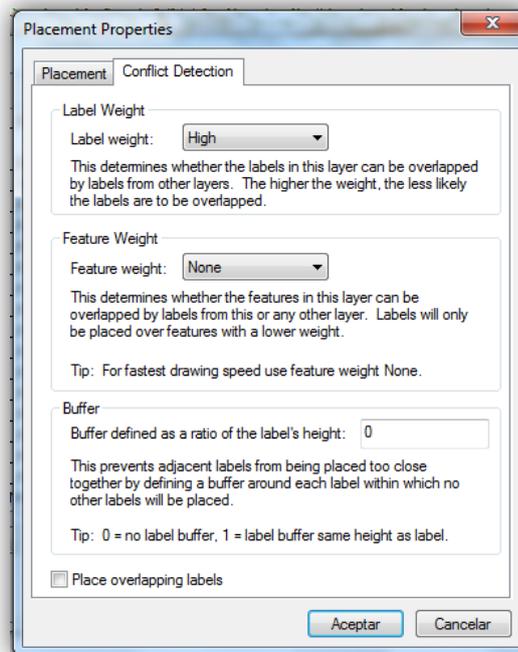


Imagen 44: Opciones de detección de conflictos de ubicación en ArcGIS

Los pesos de etiquetas y de entidades se emplean para asignarles una importancia relativa. Estos pesos sólo se emplean cuando existe una superposición entre una etiqueta y una entidad.

La creación de una zona de influencia alrededor de las etiquetas evita que los rótulos se coloquen muy próximos unos de otros, haciendo así más fácil la distinción entre etiquetas.

Por último, existe la posibilidad de marcar una casilla que fuerce la colocación de todas las etiquetas de cada entidad de la capa, independientemente de si se superponen o no entre sí.

Además de estas opciones de ubicación de las etiquetas y propiedades del texto, en el *Administrador de etiquetas* de ArcGIS existen dos botones más: *Resumen del etiquetado* y *Rango de escala*.

A través del botón de *Rango de escala* el usuario puede establecer una escala mínima a la que desea que las etiquetas sean mostradas. En cuanto al botón de *Resumen del etiquetado*, este muestra un cuadro con la información general de las distintas clases de etiquetado definidas, de tal forma que el usuario puede realizar las comprobaciones que crea oportunas.

Clasificación de la prioridad de etiquetado: a través de esta herramienta se puede cambiar el orden de prioridad de etiquetado, es decir, el orden con que se colocarán las etiquetas en el mapa.

Clasificación del peso de las etiquetas: esta ventana muestra el cuadro resumen de la clasificación de pesos de las etiquetas y entidades que el usuario ha definido previamente a través del *Administrador de etiquetas*.

Bloquear etiquetas: a través de este botón es posible bloquear las etiquetas, de forma que cuando el usuario se desplace por la pantalla, las etiquetas se mantengan en su tamaño y posición actual.

Pausar etiquetado: pulsando este botón el usuario puede dejar de visualizar, de forma temporal, las etiquetas del mapa.

Ver etiquetas no colocadas: esta herramienta permite visualizar las etiquetas que no han podido ser ubicadas en el mapa. Por defecto y para una mejor visualización, ArcGIS muestra estos rótulos en rojo.

3.3.1.2. *Etiquetado Maplex*

El etiquetado Maplex ofrece la posibilidad de realizar una rotulación avanzada, permitiendo al usuario tener un mayor control sobre las propiedades de ubicación de las etiquetas.

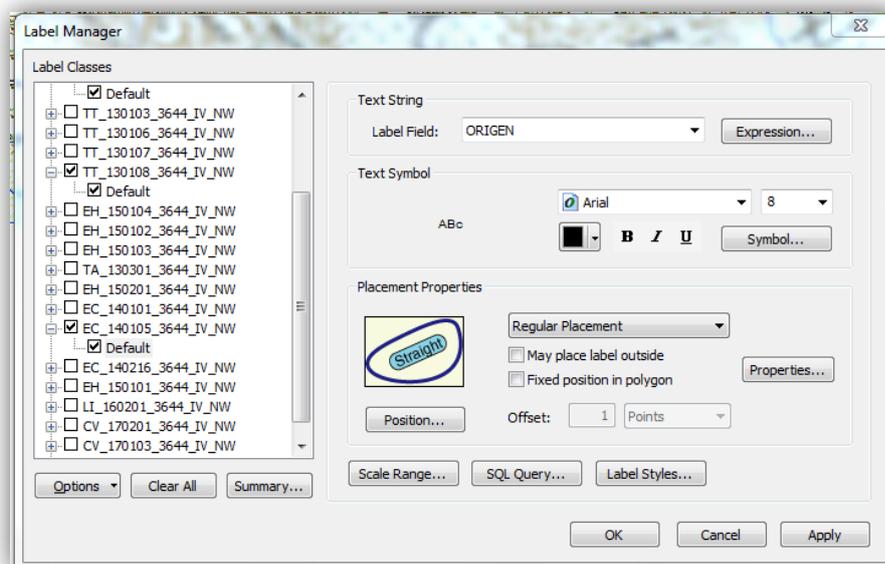


Imagen 45: Administrador de etiquetas del etiquetado Maplex de ArcGIS

Todos los botones de la barra de herramientas mantienen las mismas funcionalidades, a excepción del *Administrador de etiquetas* que incorpora un nuevo conjunto de propiedades de ubicación, las cuales se indican a continuación.

En este caso, en lugar de las dos pestañas disponibles en el etiquetado estándar, la ventana de opciones de ubicación se divide en cuatro: *Posición de la etiqueta*, *Estrategia de ajuste*, *Densidad de la etiqueta* y *Resolución de conflictos*.

En la primera pestaña, *Posición de la etiqueta*, el usuario puede establecer la posición en la que se situará la etiqueta con respecto a la entidad, presentando diferentes opciones en función del tipo de elemento que se esté etiquetando.

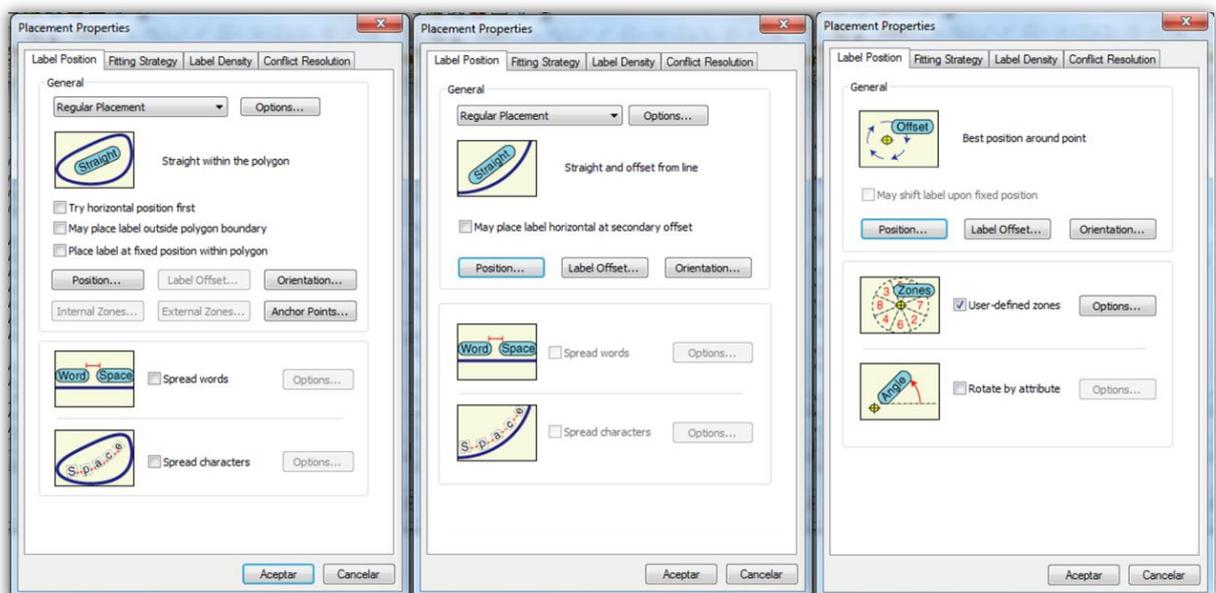


Imagen 46: Opciones de posición de la etiqueta para cada tipo de elemento en Maplex de ArcGIS

En el caso de los elementos superficiales, además de la orientación de la etiqueta, puede seleccionarse si se desea que esta se sitúe dentro o fuera del polígono, a que distancia de él, etc. En el caso de los lineales, ofrece ocho tipos de posicionamiento distintos y en los puntuales diez, pudiendo indicar manualmente las preferencias de ubicación con respecto al centro del punto.

En la pestaña *Estrategia de ajuste* el usuario puede controlar como se ubicará una etiqueta en zonas muy concurridas, permitiendo mantener la claridad del mapa y aumentando el número de etiquetas. Las opciones disponibles son las mismas en todos los tipos de elementos, permitiendo controlar el apilado de etiquetas, el solapamiento de entidades, la reducción del tamaño de fuente o la abreviatura de los rótulos.

La tercera pestaña, *Densidad de las etiquetas*, permite configurar el número de etiquetas que el usuario desea colocar, pudiendo establecer una zona de influencia o eliminar aquellas etiquetas duplicadas.

La última pestaña, *Resolución de conflictos*, contiene los parámetros para ordenar la importancia de las etiquetas y sus entidades. En el caso de los elementos superficiales existen dos pesos, el denominado peso del interior y el del límite. El peso del interior permite especificar la importancia del interior del polígono en relación con otras entidades. El del límite especifica la importancia del borde del polígono. De esta forma, el usuario puede permitir que las etiquetas se superpongan al interior del polígono pero no a sus bordes, o viceversa.

Además de estas nuevas propiedades de ubicación disponibles en el *Administrador de etiquetas*, mediante la activación del etiquetado Maplex, en la barra de herramientas de etiquetado se activa el *control de calidad de ubicación* existiendo dos opciones: calidad rápida y mejorada. Seleccionando el tipo de calidad rápida, ArcGIS no dedica mucho tiempo a resolver los conflictos entre etiquetas, mientras que la calidad mejorada aplica una resolución de conflictos avanzada, ubicando un mayor número de etiquetas en el mapa.

A continuación, para ilustrar de una manera más práctica la utilidad de este tipo de etiquetado, se mostrarán los diferentes rótulos realizados para varias capas del mapa topográfico de Costa Rica, de forma que puedan compararse con los realizados mediante etiquetado estándar, mostrados anteriormente.

En el caso de los centros educativos, para que las etiquetas no se superpongan a la representación gráfica, se ha seleccionado la opción de ubicar los rótulos fuera del polígono y de forma horizontal.

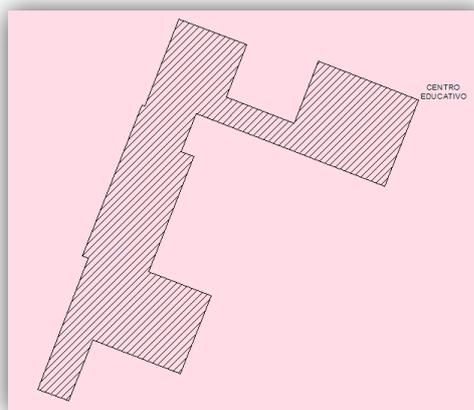


Imagen 47: Resultado del etiquetado Maplex de los centros educativos en ArcGIS

En el caso de los ríos, se ha empleado la opción de ubicación predefinida para este tipo de entidades, donde el rótulo se sitúa siguiendo la curva de la línea. Comparado con el etiquetado estándar, en este caso no se aprecian grandes diferencias.

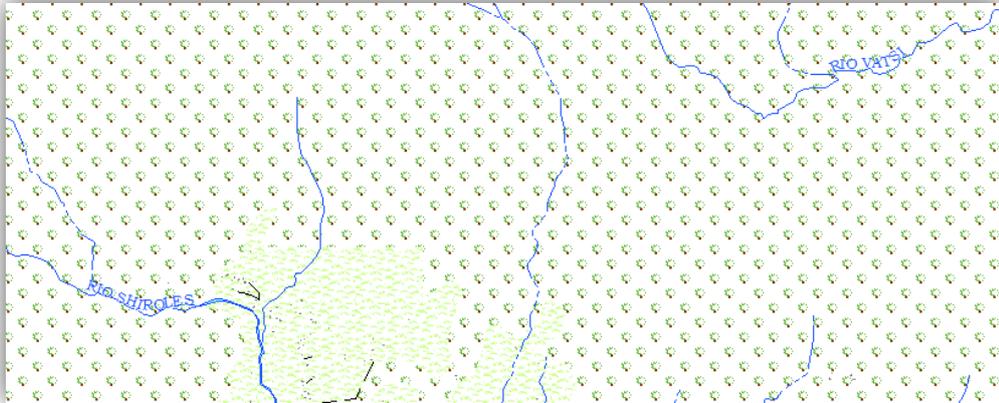


Imagen 48: Resultado del etiquetado Maplex de los ríos en ArcGIS

Algo semejante ocurre en el caso de las curvas de nivel, las cuales se han etiquetado sobre la línea pero con una orientación recta con respecto a ella.

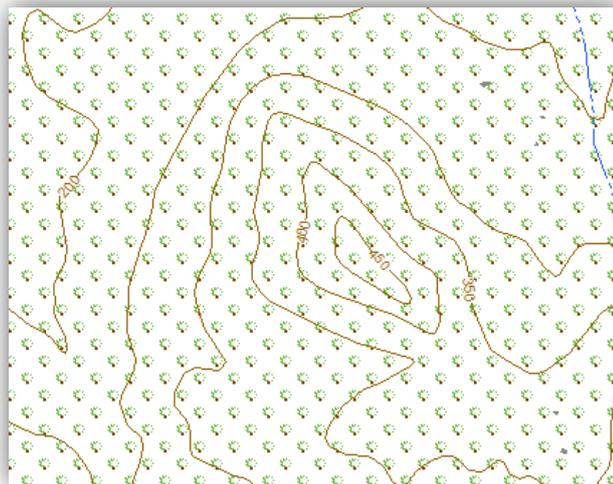


Imagen 49: Resultado del etiquetado Maplex de las curvas de nivel en ArcGIS

Por último, para situar las cotas de elevación se eligió la opción de situarlas en la parte superior derecha, dando lugar a un resultado muy parecido al obtenido mediante el etiquetado estándar.

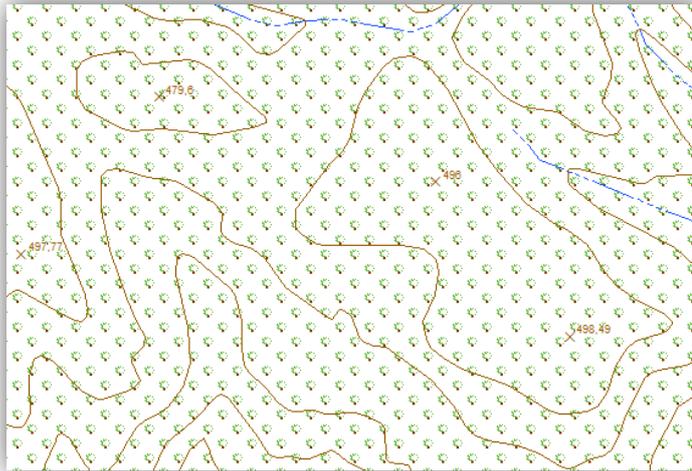


Imagen 50: Resultado del etiquetado Maplex de las cotas de elevación en ArcGIS

3.3.1.3. *Anotaciones*

Como se ha visto en los anteriores apartados, ArcGIS dispone de gran cantidad de opciones que intentan hacer lo más personalizable posible la rotulación, pero aun así, los resultados obtenidos no son siempre los deseados, haciéndose necesario una modificación manual de algunas de las etiquetas.

Con el fin de dotar al usuario de un mayor y más exacto control sobre la ubicación de los rótulos en el mapa, ArcGIS ofrece la opción de convertir estos en anotaciones, de tal forma que el texto pueda ser editable de forma individual, pudiendo seleccionar y mover fragmentos, así como cambiar sus propiedades.

Para convertir las etiquetas en anotaciones en primer lugar deber de realizarse el etiquetado de la capa y posteriormente, a través del botón derecho, ArcGIS presenta el menú *Convertir etiquetas en anotaciones*. En él, el usuario puede elegir entre crear las anotaciones directamente en el mapa o crear una entidad de anotaciones individual en una geodatabase. Además, también ofrece la posibilidad de crear anotaciones vinculadas a entidades, estas son aquellas que se actualizan con la propia entidad.

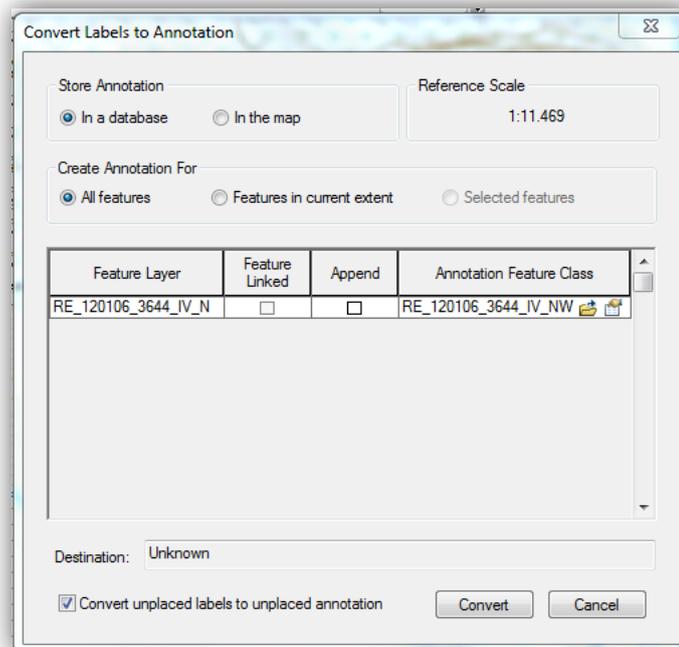


Imagen 51: Menú para convertir etiquetas en anotaciones de ArcGIS

3.3.2. Rotulación en QGIS

QGIS, al igual que ArcGIS, también ofrece la posibilidad de rotular de forma automática los elementos de un mapa. Esta rotulación, en el caso de las capas vectoriales, está basada en los datos de las tablas de atributos de dichas capas.

Para acceder a las opciones de etiquetado en QGIS existen dos vías: a través de la pestaña *Etiquetas* de las propiedades de la capa o bien empleando la barra de herramientas de etiquetado. En ambos casos se accede a la misma ventana de QGIS, donde se pueden realizar dos tipos de rotulación: etiquetado sencillo o etiquetado basado en reglas. La diferencia entre ambos radica en la posibilidad que ofrece el último para crear distintos tipos de etiquetado dentro de una misma capa, pudiendo también aplicar filtros y rotular las clases de entidad de una misma capa de formas diferentes. Sin embargo, las opciones para la modificación de las características del etiquetado son las mismas en los dos tipos, las cuales están estructuradas en una serie de apartados que se definen a continuación.

Texto: a través de este apartado el usuario puede modificar las principales características relativas al estilo del texto así como aplicarle diferentes efectos de dibujo o cambiarlo de mayúsculas a minúsculas.

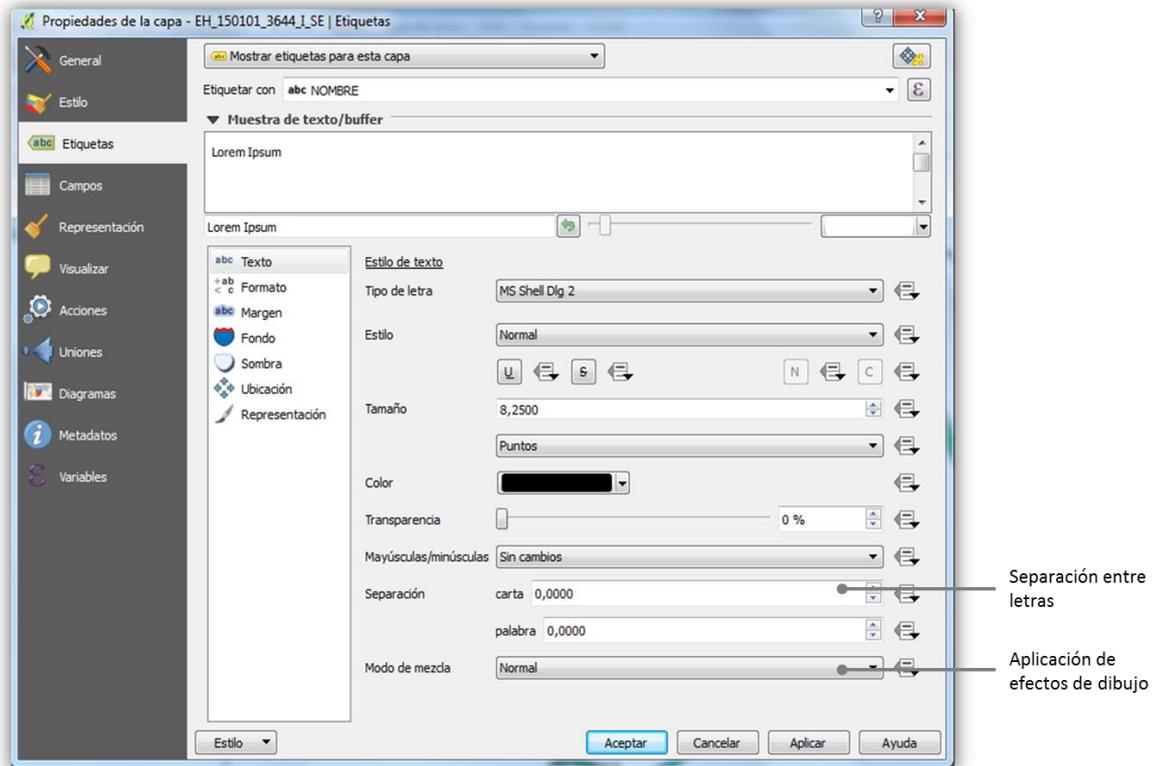


Imagen 52: Opciones de estilo de texto del etiquetado en QGIS

Formato: en este apartado se encuentran las propiedades del formato de texto, como saltos de línea o tipos de formato numérico, entre otras.

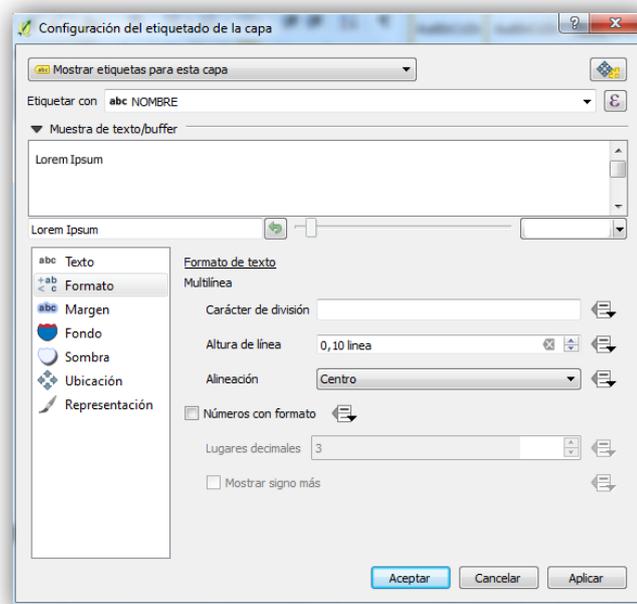


Imagen 53: Opciones de formato de texto del etiquetado en QGIS

Margen: accediendo a este apartado el usuario puede aplicar un halo a las etiquetas, definiendo sus principales características como color, tamaño, etc.

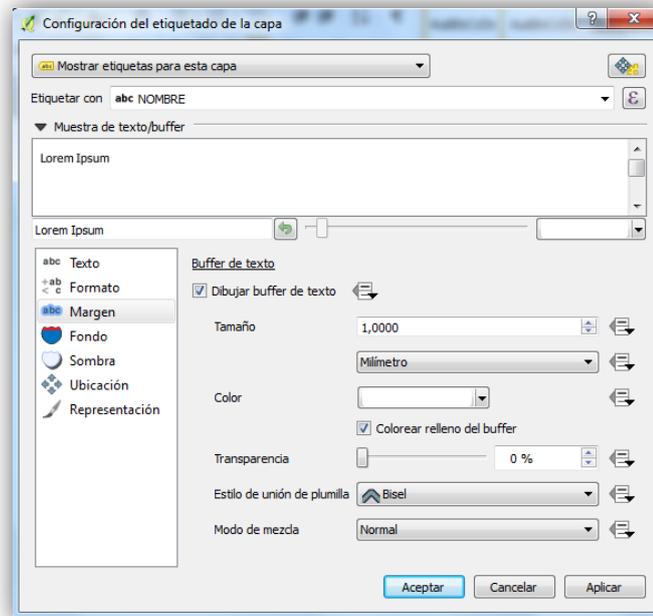


Imagen 54: Aplicación de un halo al texto de las etiquetas en QGIS

Fondo: si se desea aplicar un fondo a los rótulos, a través de este apartado puede definirse su estilo y características.

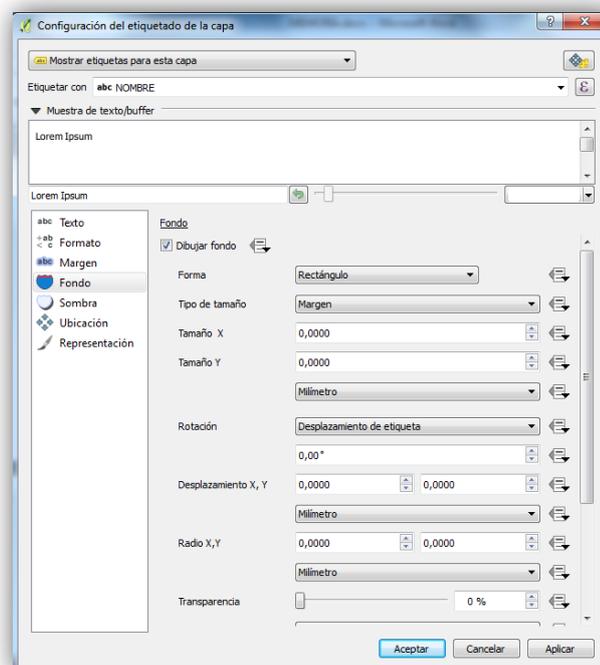


Imagen 55: Opciones de las características de fondo de las etiquetas en QGIS

Sombra: en este apartado se muestran las opciones disponibles para la aplicación de un sombreado a las etiquetas.

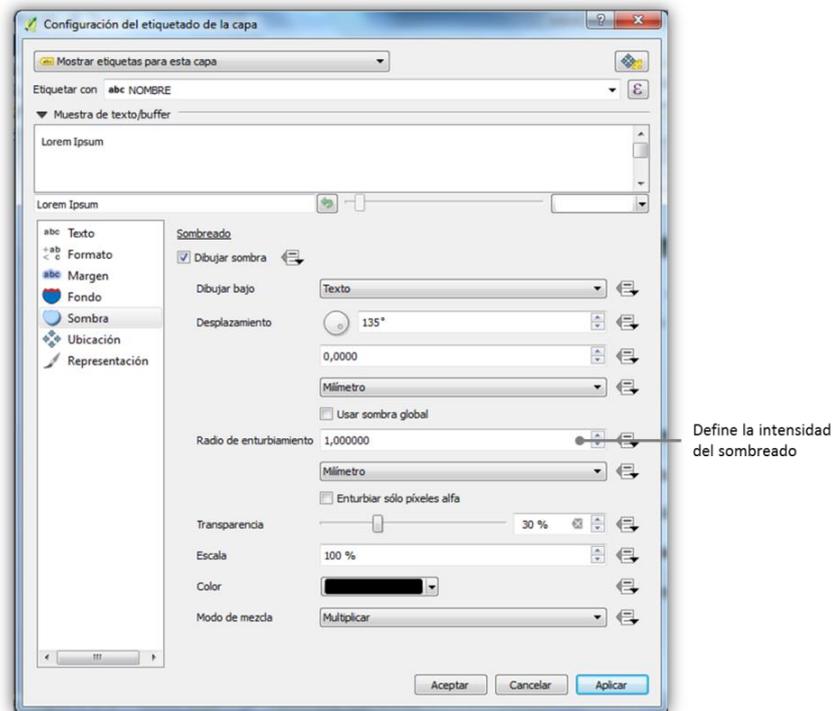


Imagen 56: Opciones de sombreado de los rótulos en QGIS

Ubicación: este es uno de los apartados más importantes dentro de la ventana de etiquetado de QGIS. Permite especificar la posición donde se situará la etiqueta, así como su prioridad con respecto a otras. Al contrario que en los anteriores apartados, este varía en función del tipo de elemento que se esté etiquetando. A continuación se hace un repaso por las principales opciones disponibles en cada caso.

- **Elementos superficiales:** en el caso de este tipo de elementos, la posición de los rótulos se define respecto al centroide del polígono o a su perímetro. Entre las opciones disponibles, QGIS permite al usuario elegir el cuadrante en el que situar la etiqueta con respecto a dicho centroide, pudiendo modificar su ángulo y distancia. En el caso de que se desee situar la etiqueta sobre el perímetro del polígono, además de la distancia de separación, también es posible definir la repetición de las etiquetas a lo largo de toda la geometría.

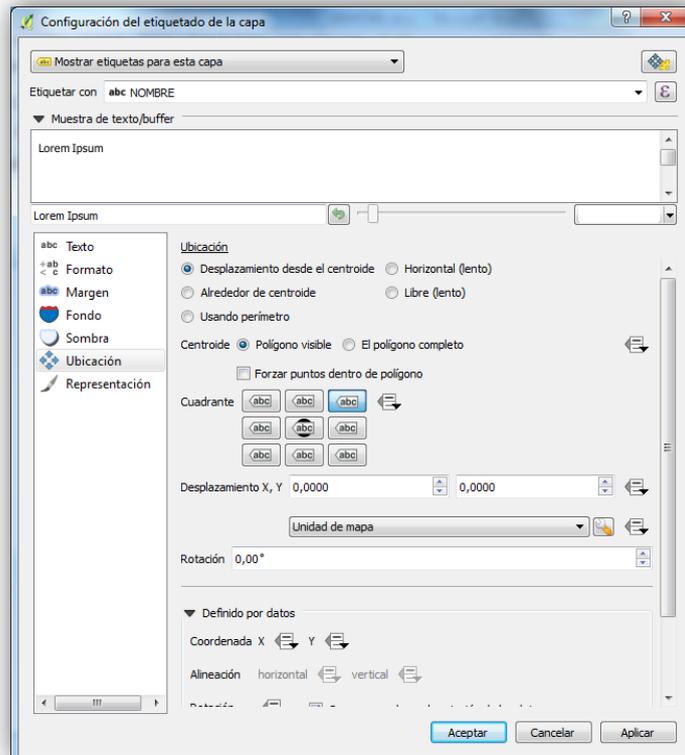


Imagen 57: Opciones de ubicación de las etiquetas en elementos superficiales en QGIS

A modo de ejemplo se muestra el etiquetado realizado a la hora de rotular los centros educativos del Mapa Topográfico de Costa Rica. En este caso no se desea que los rótulos tapen la representación de los edificios, por lo tanto se ubicó la etiqueta alrededor del centroide del polígono y para hacer más legible el texto se aplicó un halo de color blanco.

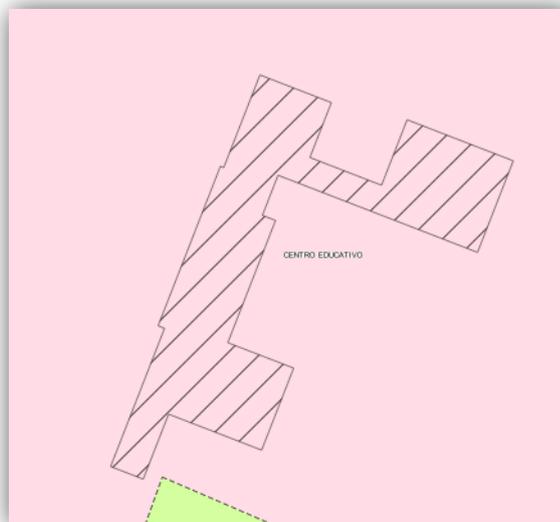


Imagen 58: Resultado del etiquetado de los centros educativos en QGIS

- Elementos lineales: en este tipo de elementos, las etiquetas pueden situarse de forma perpendicular, curva u horizontal con respecto a la disposición de la línea. Además, en todas estas opciones es posible establecer la repetición de las etiquetas.

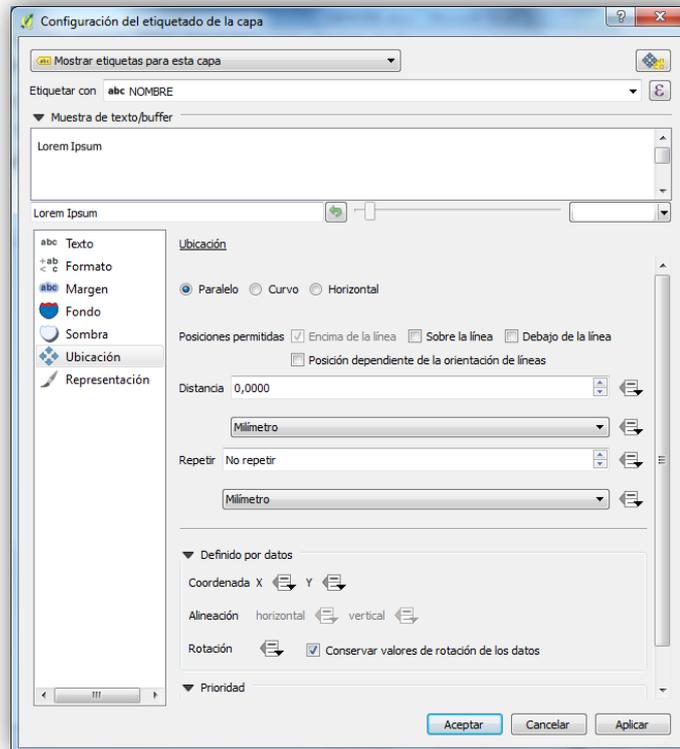


Imagen 59: Opciones de ubicación de las etiquetas en elementos lineales en QGIS

Al igual que en el caso de los elementos superficiales, para ilustrar el etiquetado de este tipo de elementos en QGIS, a continuación se muestran dos ejemplos del MT25000. El primero de ellos corresponde a la rotulación de los ríos en la que las etiquetas se dispusieron de forma curva con respecto a la geometría.

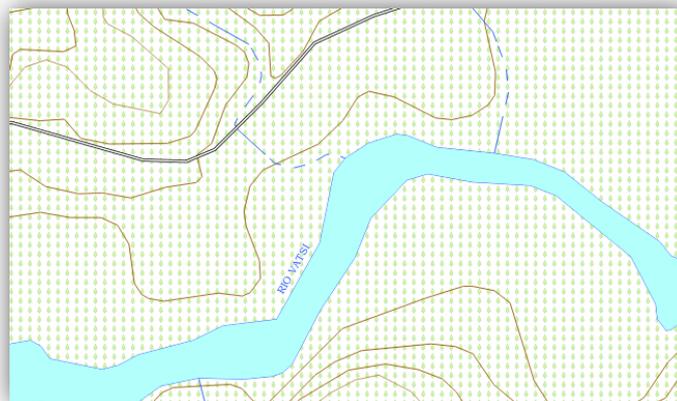


Imagen 60: Resultado del etiquetado de los ríos en QGIS

El segundo ejemplo corresponde a las curvas de nivel, donde las etiquetas fueron ubicadas sobre ellas, dependiendo su posición de la orientación de estas.

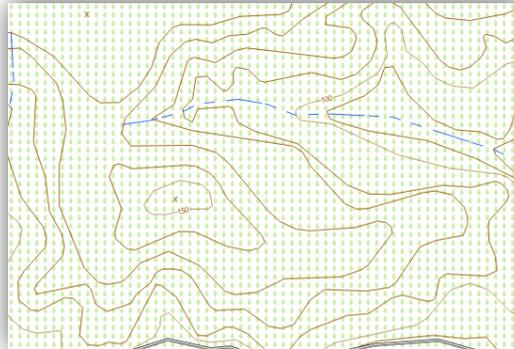


Imagen 61: Resultado del etiquetado de las curvas de nivel en QGIS

- Elementos puntuales: en el caso de los elementos puntuales, la colocación de la etiqueta viene definida en función de la posición del punto. Existen tres posibilidades: posición cartográfica, alrededor del punto y desplazado con respecto al punto. El posicionamiento cartográfico permite definir la posición en función del punto o en función de los límites del símbolo, lo que resulta útil cuando no todos los símbolos de la capa son del mismo tamaño. La ubicación alrededor del punto permite establecer una distancia fija a la que se colocará la etiqueta, pero siempre en la parte superior izquierda. Si se desea modificar esta posición, la opción de desplazamiento desde el punto permite elegir el cuadrante en el que situar el rótulo.

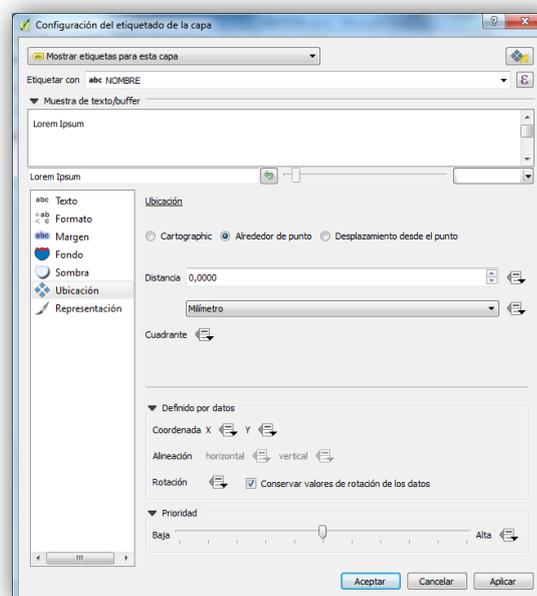


Imagen 62: Opciones de ubicación de las etiquetas en elementos puntuales en QGIS

A continuación se muestra el etiquetado realizado para las cotas de elevación del MT25000. En este caso se empleó un posicionamiento cartográfico desplazado 1 mm desde el punto, ya que los datos de elevación no deben tapan el símbolo de las cotas.

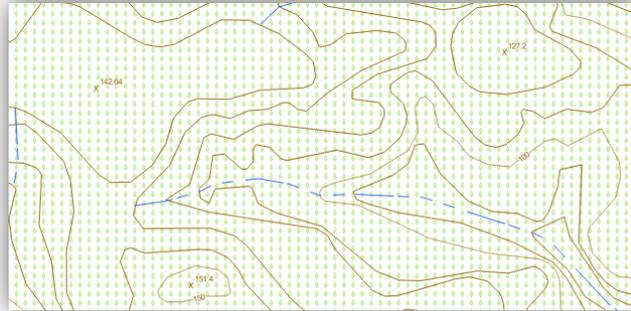


Imagen 63: Resultado del etiquetado de las cotas de elevación en QGIS

Representación: en este último apartado, QGIS presenta las herramientas que permiten modificar las características de visualización del etiquetado, como el establecimiento de una escala mínima y máxima a la que aparecerán los rótulos, limitar el número de objetos espaciales a etiquetar o combinar aquellos que estén conectados para que no se repitan las etiquetas. Además, ofrece la posibilidad de desanimar aquellos rótulos que se sitúen sobre un símbolo puntual y determinar el orden en que se van a visualizar cada una de las etiquetas a través del denominado *z-index*, representando en la parte superior aquellos rótulos que tengan un mayor índice z.

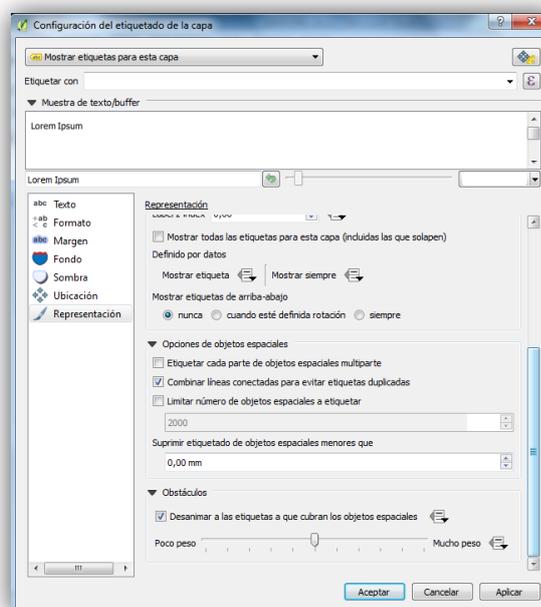


Imagen 64: Opciones de representación de las etiquetas en QGIS

Al igual que ocurría con la simbología, QGIS permite realizar todos estos ajustes de etiquetado en función de las características especificadas por algún campo de la tabla de atributos, permitiendo de esta forma, controlar las propiedades de cada etiqueta entidad por entidad.

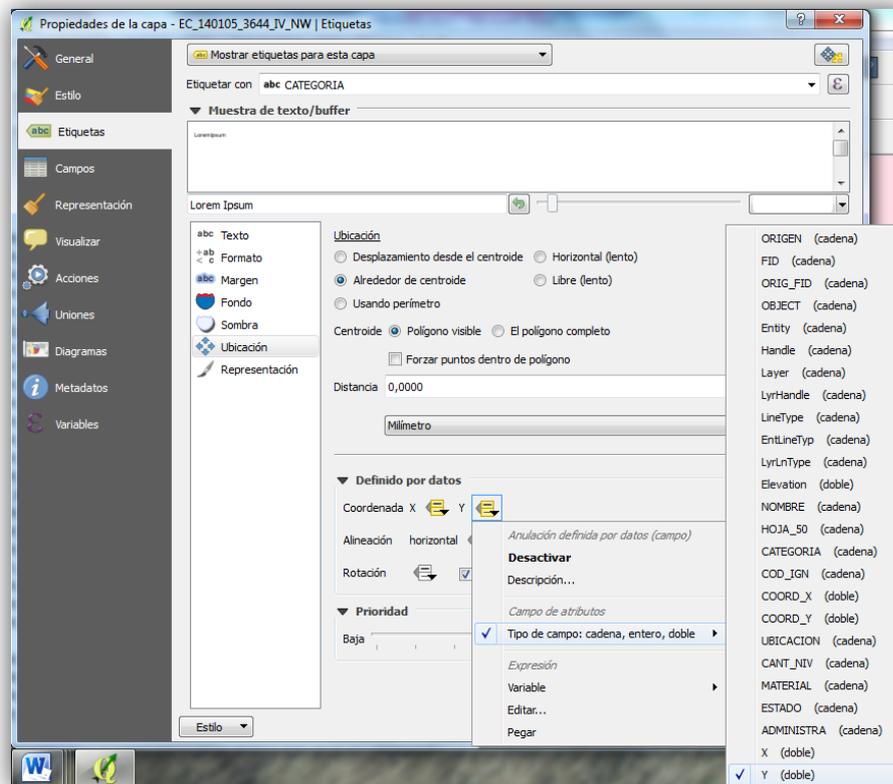


Imagen 65: Definición de las características de etiquetado a través de la tabla de atributos en QGIS

3.3.2.1. **Modificación de las etiquetas**

Como se indicó al comienzo del apartado, a pesar de los avances tecnológicos, para la realización de un rotulado adecuado aún sigue siendo necesario realizar ciertas operaciones de forma manual.

En todos los tipos de etiquetado que se han descrito anteriormente, el usuario simplemente selecciona las características estéticas de las etiquetas e indica su preferencia con respecto a la ubicación, de tal forma que el programa las representa de la forma más adecuada teniendo en cuenta estas premisas. Sin embargo, siempre será necesario realizarles algún tipo de corrección, ya sea por la superposición entre ellas, por determinadas condiciones necesarias de impresión que no es posible indicar en las opciones ofrecidas por el programa,

etc. Llegado a este punto, el usuario se encuentra con el inconveniente de que estas etiquetas no pueden ser modificadas de forma individual y personalizada.

QGIS ofrece una alternativa a este problema, permitiendo mover de forma independiente cada una de las etiquetas, así como modificar su color, fuente y demás características de forma individual. Para ello, en la tabla de atributos de la capa debe de existir un campo para cada característica que se quiera modificar y posteriormente, las propiedades del etiquetado se deben definir en función a estos campos.

De esta forma, mediante el empleo de la barra de herramientas de etiquetado, es posible modificar las propiedades de una etiqueta de forma individualizada, existiendo un botón que permite desplazar las etiquetas, otro para rotarlas y otro para modificar sus características.

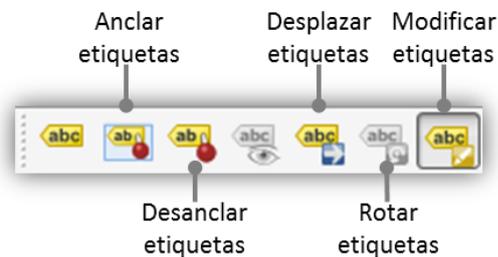


Imagen 66: Barra de herramientas de etiquetado de QGIS

3.3.3. Rotulación en gvSIG

En gvSIG, al igual que en el resto de softwares tratados en el presente trabajo, las etiquetas se basan en los atributos de una entidad. Estas se ubican automáticamente, cercanas a los elementos de la capa, conforme a las características definidas por el usuario, aunque no pueden ser directamente modificadas por este.

Dentro de gvSIG, las opciones de etiquetado se encuentran en la pestaña *Etiquetados* de las propiedades de la capa, pudiendo activarlas a través de la casilla *Habilitar etiquetado*. Este programa permite realizar dos tipos de rotulación: *Atributos de la etiqueta definidos en tabla* y *Etiquetas definidas por el usuario*. A continuación se detallan las opciones disponibles en cada uno de los dos tipos.

3.3.3.1. Atributos de la etiqueta definidos en tabla

Esta opción permite definir el etiquetado de forma rápida, en función de algún campo presente en la tabla de atributos de la capa. Este tipo de rotulación sólo permite modificar las características más básicas de las etiquetas como el color, el tamaño, la fuente del texto y su ángulo de inclinación.

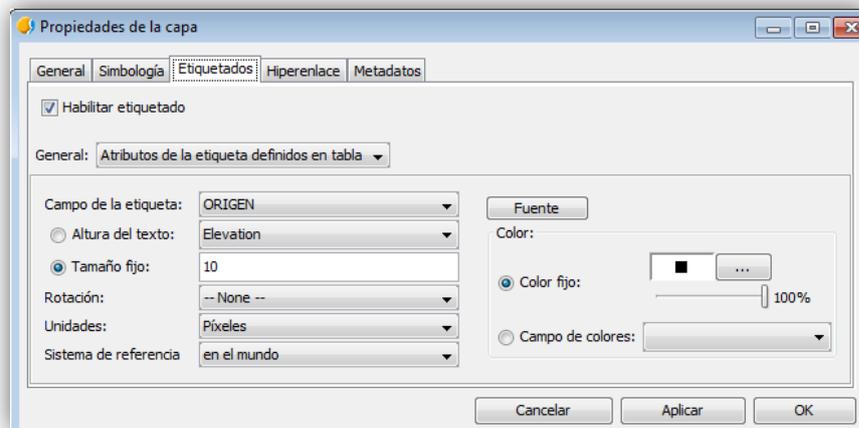


Imagen 67: Interfaz de etiquetado básico de gvSIG

Algunas de estas características, además de poder establecerlas manualmente, también pueden configurarse de manera que se tome como valor el presente en algún campo de la tabla de atributos.

Es necesario apuntar que, en este tipo de etiquetado, las opciones disponibles son las mismas sea cual sea el tipo de elemento que se esté rotulando (superficial, lineal o puntual) y la posición de las etiquetas no pueden configurarse, ubicándolas gvSIG por defecto. A continuación se muestran los resultados que se obtienen al ser aplicado a cada tipo de elemento.

En el caso de los elementos superficiales, en este tipo de etiquetado los rótulos se sitúan en la parte central del área representada.

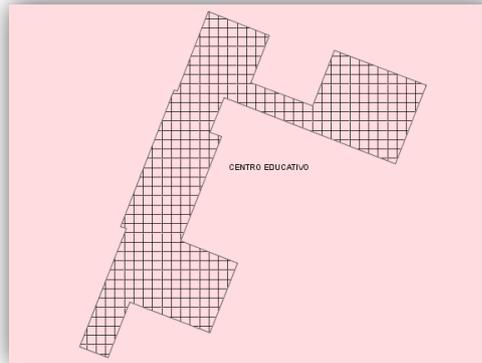


Imagen 68 : Resultado del etiquetado básico de un elemento superficial en gvSIG

En los elementos lineales, en cambio, aunque no se seleccione ningún ángulo de inclinación, si se selecciona este tipo de etiquetado los rótulos se disponen, por defecto, orientados según la orientación de los elementos.



Imagen 69: Resultado del etiquetado básico de un elemento lineal en gvSIG

Por último, en los elementos puntuales, la etiqueta se sitúa en la parte superior derecha del punto.

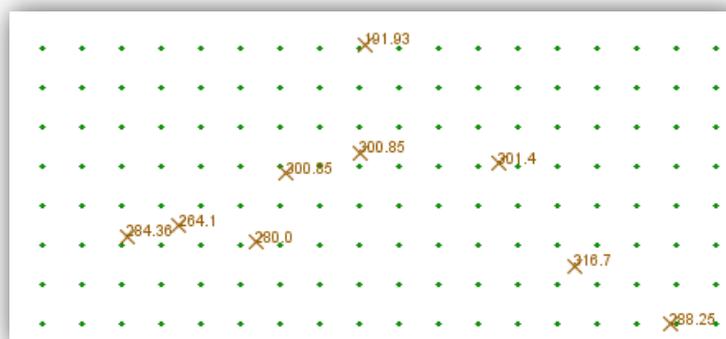


Imagen 70: Resultado del etiquetado básico de un elemento puntual en gvSIG

3.3.3.2. *Etiquetas definidas por el usuario*

Este tipo de rotulado se divide a su vez en distintos tipos con múltiples opciones que permiten definir las diferentes características del etiquetado a aplicar: *Etiquetar todas las entidades de la misma manera*, *Etiquetar solamente cuando sus entidades estén seleccionadas* y *Definir diferentes clases de entidades y etiquetarlas de manera diferente*.

Etiquetar todas las entidades de la misma manera: este tipo de rotulación es el más sencillo dentro del etiquetado avanzado de gvSIG. A través de él, todas las entidades de la capa se etiquetan de la misma forma.

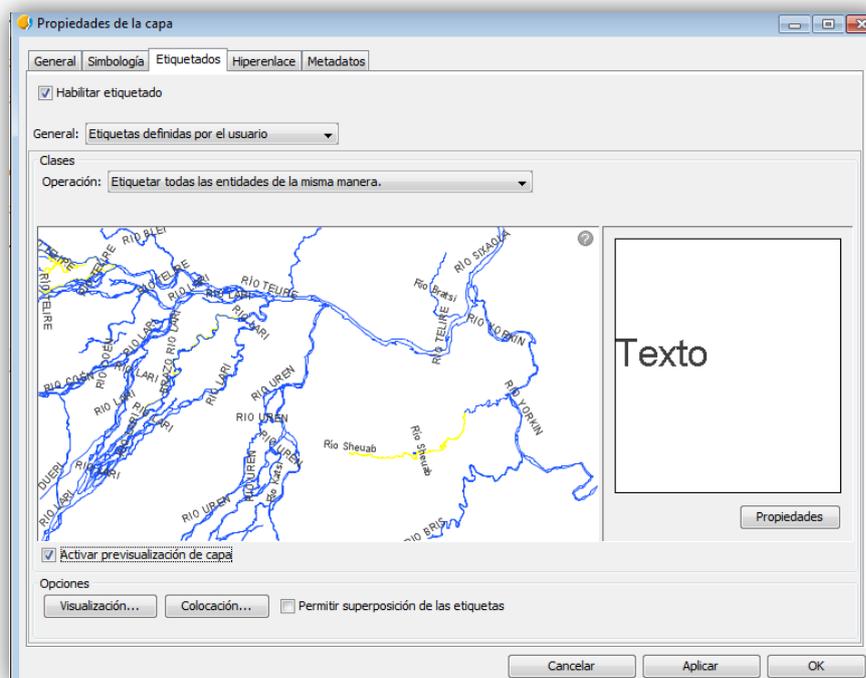


Imagen 71: Interfaz del etiquetado avanzado de gvSIG: todas las entidades de la misma manera

Etiquetar solamente cuando sus entidades estén seleccionadas: este tipo de rotulación es similar al anterior, con la única diferencia que solamente se etiquetan aquellas entidades de la capa que estén seleccionadas en la vista de gvSIG, de tal forma que, si se cambia la selección de elementos dentro de la capa, se visualizarán automáticamente las etiquetas correspondientes a las nuevas entidades seleccionadas. Su interfaz es la misma que en caso anterior.

Definir diferentes clases de entidad y etiquetarlas de manera diferente: con esta opción, gvSIG permite al usuario crear distintos tipos de etiquetados dentro de una misma capa, etiquetando de forma diferentes distintas clases de entidad por separado.

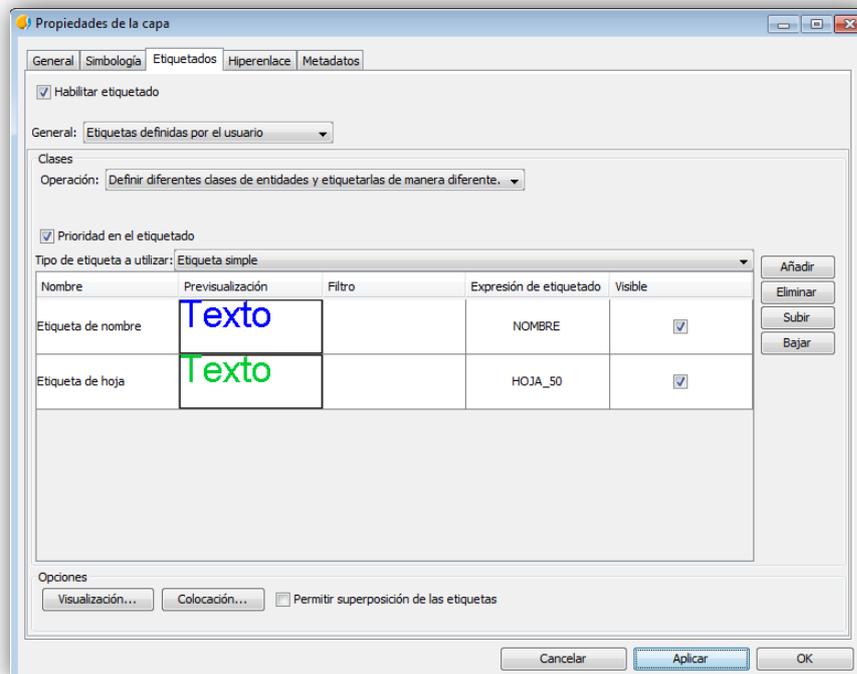


Imagen 72: Interfaz del etiquetado avanzado de gvSIG: definir diferentes clases de entidad

Como se puede apreciar en la imagen anterior, al contrario que en la interfaz de los otros etiquetados, en este no existe un botón de propiedades sino que su configuración se realiza haciendo doble clic sobre la fila del etiquetado a definir, abriéndose la ventana *Propiedades de la clase de etiquetado*. Esta es la misma ventana que aparece si se presiona el botón *Propiedades* de los anteriores tipos de rotulación. A través de esta pantalla el usuario puede definir todas las propiedades del etiquetado: tipo de fuente, color, tamaño; permite definir una expresión para que se muestre en el etiquetado o filtrar aquellas entidades de la capa que se deseen etiquetar (en caso de que no se quieran etiquetar todas). Además, a través del selector de simbología, también ofrece la posibilidad de seleccionar un estilo de fondo sobre el que se presentarán las etiquetas.

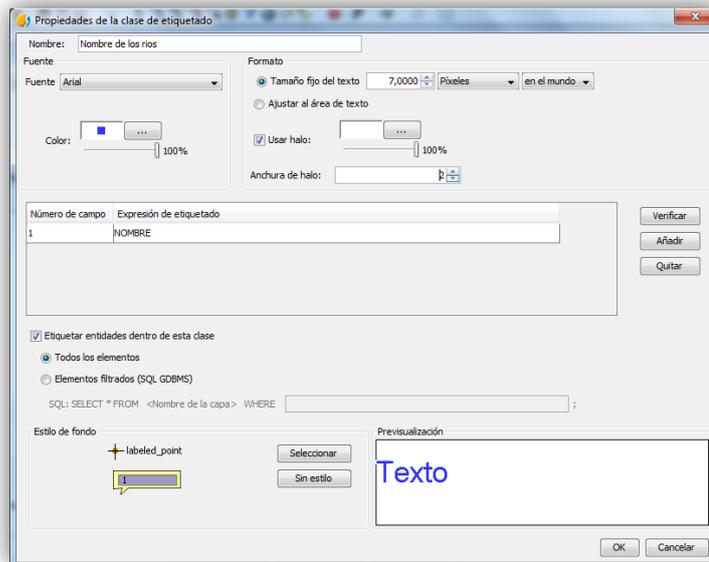


Imagen 73: Interfaz de propiedades de la clase de etiquetado avanzado de gvSIG

Además de las propiedades del etiquetado, mediante este tipo de rotulación gvSIG permite al usuario definir las características de visualización y colocación de las etiquetas a través de dos ventanas: *Propiedades de colocación* y *Rango de escalas*.

Las opciones de la ventana *Propiedades de colocación* varían en función del tipo de elemento que se esté rotulando. En el caso de los elementos superficiales, se puede configurar la orientación de las etiquetas, bien siguiendo la del propio elemento u horizontalmente y también se da la opción de situar los textos dentro o fuera de la geometría.

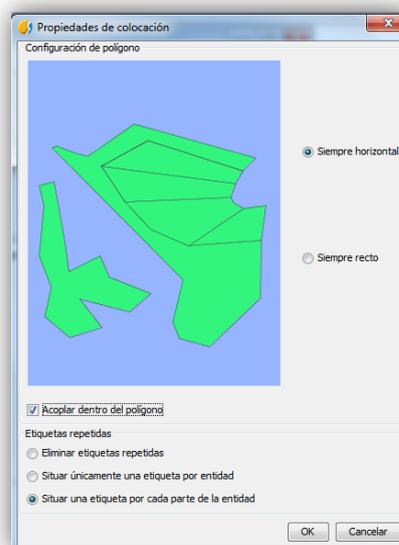


Imagen 74: Propiedades de colocación de etiquetas en elementos superficiales de gvSIG

A continuación se muestra el aspecto que presenta el etiquetado realizado mediante este tipo de rotulación para uno de los elementos superficiales del MT25000. Como se puede observar en la imagen, la etiqueta se superpone a la representación gráfica del edificio, no pudiendo modificar esta posición a través de las opciones de etiquetado que facilita el programa.

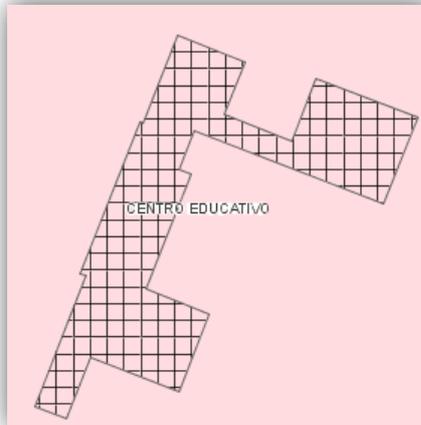


Imagen 75: Resultado del etiquetado de los centros educativos en gvSIG

En la colocación de los elementos lineales, gvSIG permite definir la orientación de la etiqueta, su posición con respecto a la geometría y su ubicación a lo largo de esta respecto a su sentido de digitalización.

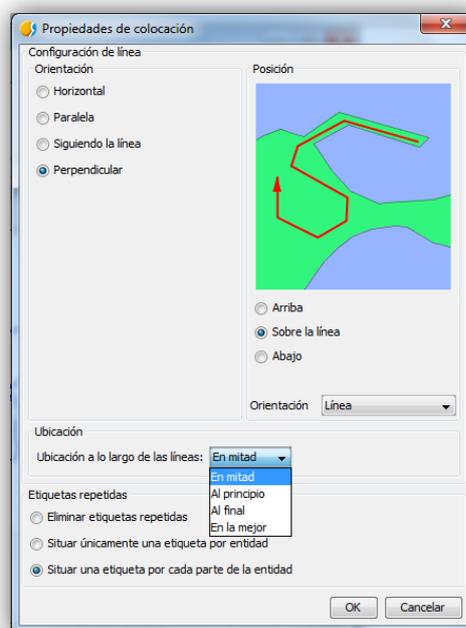


Imagen 76: Propiedades de colocación de etiquetas en elementos lineales de gvSIG

En el siguiente ejemplo se muestran los diferentes aspectos que muestra el rotulado realizado para la capa correspondiente a los ríos en función del tipo de orientación seleccionado. En ambos casos se situó la etiqueta encima de la línea, en el caso de la derecha se orientó paralelamente a ella y en la izquierda siguiendo su propia orientación. Como se puede observar, ninguno de los dos resultados es el deseado, haciéndose necesario una colocación manual de estos rótulos.

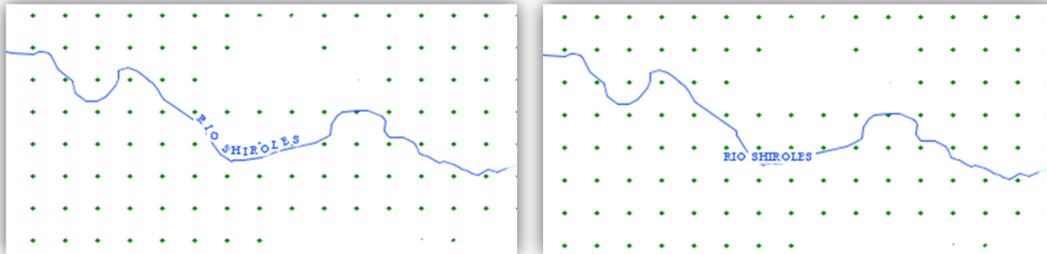


Imagen 77: Resultados del etiquetado de los ríos en gvSIG

Por último, donde gvSIG ofrece una mayor personalización de la colocación de las etiquetas es en los elementos puntuales. En este tipo de geometrías, el software permite elegir si la etiqueta se situará sobre el punto o desplazada a su alrededor. En caso de seleccionar la segunda opción, el usuario puede establecer la prioridad de colocación del texto a través del botón *Cambiar ubicación*. Pulsando este, se muestra una nueva ventana donde el usuario puede establecer el orden de prioridad de colocación de la etiqueta alrededor del punto, siendo 1 la máxima prioridad, 3 la mínima y 0 una posición descartada.

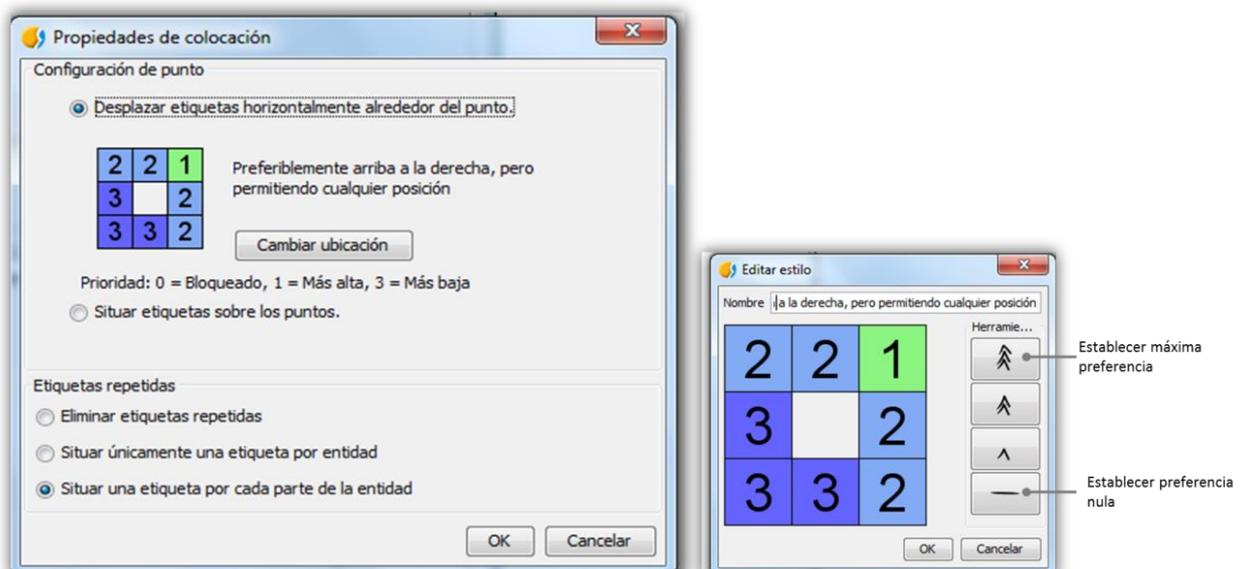


Imagen 78: Propiedades de colocación de etiquetas de elementos puntuales en gvSIG

A modo de ejemplo, se muestra el resultado obtenido al realizar el etiquetado de las cotas de elevación del MT25000, donde se eligió la opción de desplazar las etiquetas alrededor del punto para que no tapasen el símbolo de cota. Aun así, como se puede observar en la imagen, al no permitir establecer una distancia de separación, los rótulos siguen superponiéndose a los símbolos.



Imagen 79: Resultados del etiquetado de las cotas de elevación en gvSIG

En todos estos casos, dentro de las propiedades de colocación, gvSIG presenta un apartado referido a la existencia de etiquetas repetidas, donde permite al usuario elegir entre varias opciones: eliminar las etiquetas repetidas, visualizar una sola etiqueta por cada entidad o visualizar una etiqueta en cada parte de la entidad.

En cuanto a las opciones de visualización, puede configurarse el rango de escalas de visualización de las etiquetas, es decir, elegir a que escala quieren visualizarse los rótulos.

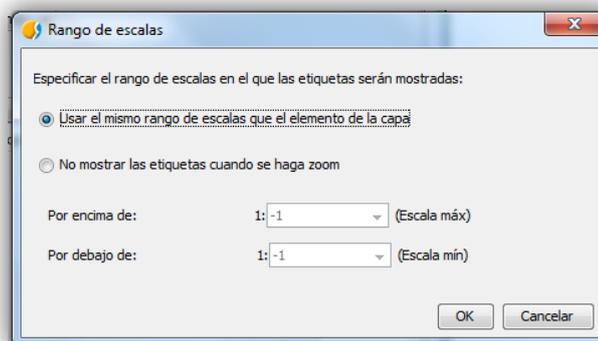


Imagen 80: Opciones de visualización de las etiquetas en gvSIG

Como se puede observar en las imágenes 71 y 72, junto a las opciones de colocación y visualización de las etiquetas, en todos los tipos de elementos existe una casilla que permite activar la superposición de etiquetas, es decir, mostrar todas las etiquetas, incluso si se superponen entre sí. Si está casilla no se activa, solo se mostrarán aquellas etiquetas que no se solapan con otras.

3.3.3.3. Anotaciones

Además de las opciones de etiquetado que se han visto anteriormente, gvSIG permite exportar una capa vectorial a una capa de anotaciones. Esta es un tipo de capa que contiene toda la información necesaria para el etiquetado en su tabla de atributos, permitiendo realizar un etiquetado avanzado, semejante a las vistas en ArcGIS.

La exportación de una capa vectorial a anotación se realiza a través de la herramienta *Exportar a anotaciones* del menú *Capa*. Esta aplicación contiene un asistente que guía al usuario a través de los diferentes pasos para realizar la operación.

En primer lugar se debe seleccionar el campo de la capa a partir del cual se crearán las anotaciones.

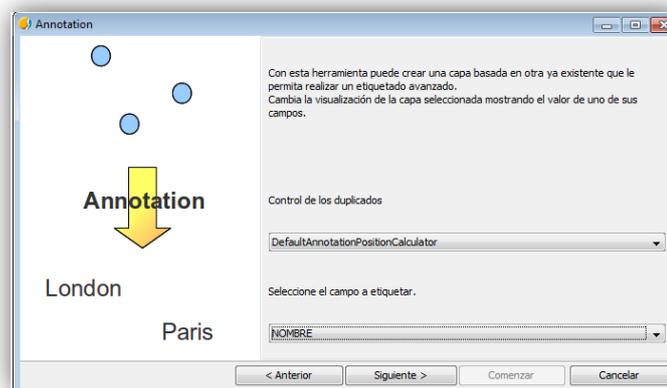


Imagen 81: Interfaz del asistente para crear anotaciones en gvSIG

El asistente da la opción de seleccionar, al igual que ocurría con los etiquetados, los campos donde se encuentran los distintos valores para las propiedades de las anotaciones (ángulo, altura del texto, color, etc.).

Finalmente, tras seleccionar el lugar donde se quiere almacenar el nuevo archivo, se realiza la exportación. Por defecto, las anotaciones se crean con una geometría de tipo punto sobre la cual se sitúan los rótulos, y en su tabla de atributos se encuentran todos los valores de las propiedades del etiquetado (tipo de fuente, color, rotación, tamaño, etc.).

Las opciones de etiquetado de este tipo de capas son las mismas que en las vectoriales, con la ventaja de poder modificar individualmente los rótulos de cada entidad, modificando sus propiedades a través de la tabla de atributos.

3.4. Exportación de estilos

Una vez analizadas algunas de las principales funciones de rotulación y creación de simbología de los softwares objeto de estudio, se observa que cada uno de ellos emplea diferentes formatos para el almacenamiento de los estilos.

ArcGIS almacena las distintas simbologías en estilos con formato *.style*, no compatibles con ningún otro software. Además, permite guardar toda la simbología de una en archivos *layer (.lyr)*, estos son un tipo de clases geométricas a las que se le asigna su propia simbología para ser aplicada en *shapes*, de tal forma que al añadir una *layer* a un proyecto de ArcMap, la capa ya se muestra representada con su correspondiente simbología.

QGIS, en cambio, trabaja con dos formatos de estilos. Uno de ellos es un archivo de estilo propio de una capa de QGIS (*.qml*), y el segundo es el denominado *Styled Layer Descriptor (.sld)*. Este último también es empleado por gvSIG para guardar y cargar simbologías, además del formato propio del software (*.gvsleg*).

El SLD es un estándar del *Open Geospatial Consortium (OGC)* que proporciona las herramientas necesarias para simbolizar y representar coberturas y geometrías geográficas. Estos ficheros contienen reglas que definen el estilo cartográfico. Como se acaba de indicar, tanto QGIS como gvSIG permiten exportar e importar estilos en este formato, de lo que se deduce su compatibilidad.

Sin embargo, en el caso de ArcGIS, ningún software GIS es capaz de reconocer sus formatos *.style* y *.lyr*, así como él no permite leer otros archivos de estilos que no sean estos.

Con el fin de intentar solventar esta incompatibilidad de formatos entre los tres programas analizados, se ha realizado una búsqueda de posibles alternativas que permitan crear un nexo de unión entre ellos, de tal forma que cuando el usuario realice el diseño de un estilo cartográfico en uno de ellos, pueda ser exportado y reconocido por cualquiera de los otros dos.

Tras la realización de una búsqueda intensiva en la red de programas que permitan generar ficheros compatibles en los tres softwares, se encontró una aplicación que permite convertir los ficheros *shape* de ArcMap en archivos SLD de forma automática: ArcMap2SLD. Esta ha sido la única aplicación compatible con ArcGIS 10, junto con la denominada Arc2Earth.

Esta última corresponde a una aplicación de pago, por lo que se descartó en la realización del estudio.

3.4.1. Funcionamiento de la aplicación ArcMap2SLD

La aplicación ArcMap2SLD fue creada con el objeto de convertir la simbología de un documento de ArcMap a un formato SLD, empleando para ello el lenguaje de programación *Visual Basic*.

Su funcionamiento consiste en el análisis de la simbología de todas las capas y atributos de un proyecto, almacenando posteriormente estas propiedades en una estructura de datos interna que es transformada finalmente a un formato SLD y exportada a un fichero de estilo *.sld*. Este análisis consiste en el reconocimiento de todas las características de la simbología como color, tamaño, anchura de los bores, ángulos de rotación o tipos de relleno, de todos los elementos del proyecto.

Para poder exportar a formato SLD la simbología de las capas de ArcMap es necesario tener abierto el proyecto donde se encuentran. Posteriormente, el usuario puede elegir entre convertir todas las capas del documento o solamente las visibles, así como incluir también las etiquetas.

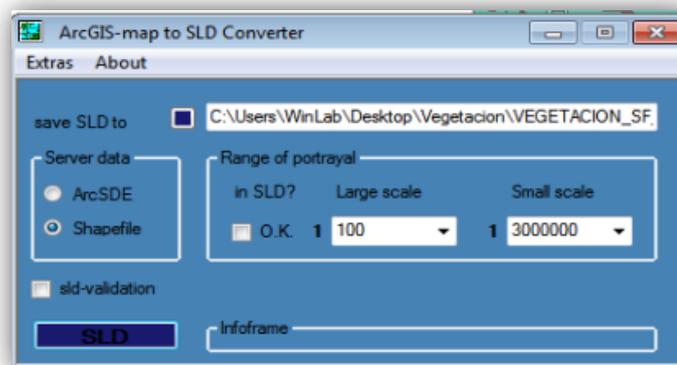


Imagen 82: Interfaz de la aplicación ArcMap2SLD

Sin embargo, esta aplicación presenta numerosas limitaciones a la hora de exportar estilos de ArcGIS y visualizarlos en otros programas, no reconociendo estilos transparentes, ni rellenos creados mediante marcadores, entre otros, trabajando sólo a la perfección con estilos cartográficos sencillos. En el apartado 4.3 se detallan las principales carencias de esta aplicación, mostrando algunos ejemplos de exportaciones realizadas durante el presente trabajo.

3.5. Generación automática de series de mapas

Como se ha visto en los anteriores apartados, los Sistemas de Información Geográfica permiten automatizar tareas tales como la simbolización o el rotulado cartográfico. En este apartado se explicará otra de las capacidades que ofrecen estos softwares para la elaboración de cartografía, consistente en la producción automática de series de mapas.

En muchas ocasiones, el usuario necesita realizar varios mapas de una misma temática, con el mismo estilo, pero que representan distintas áreas de interés. La creación y actualización de este tipo de mapas de forma manual requiere gran cantidad de tiempo y aun así, generalmente, no se suele conseguir el resultado deseado. Con el fin de poner solución a este tipo de casos, muchos de los softwares SIG existentes en el mercado incluyen herramientas que permiten generar colecciones de mapas a partir de una malla o capa de referencia, lo que supone un gran ahorro de tiempo en la elaboración de la cartografía.

A continuación se hace un repaso por las diferentes aplicaciones para la generación de series de mapas que presentan los tres softwares analizados en este trabajo, explicando su funcionamiento y los requisitos necesarios en cada caso.

3.5.1. Generación de series de mapas en ArcGIS

ArcGIS, a partir de su versión 10.0, cuenta con una herramienta denominada *Data Driven Pages* que permite generar colecciones de mapas a partir de una malla o capa de referencia.

Para emplear esta aplicación es necesario activar su barra de herramientas en ArcMap, la cual está compuesta por una serie de iconos que permiten al usuario configurar y moverse a través de los distintos mapas que se irán generando.

Para exponer de una manera más práctica el funcionamiento de esta aplicación, a continuación se muestra el proceso realizado para generar las hojas del mapa topográfico 1:25.000 de Costa Rica (MT25000).

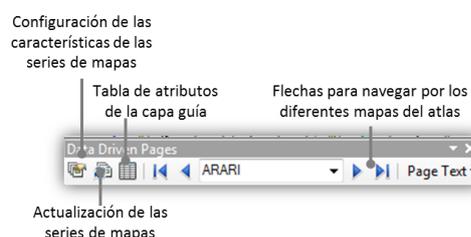


Imagen 83: Barra de herramientas de la aplicación Data Driven Pages de ArcGIS

En primer lugar, se debe definir la capa a partir de la cual se generará la serie de mapas, su ubicación, el campo que se tomará como referencia y otras características opcionales, como por ejemplo, el orden en el que se exportarán. Todo esto se hace a través del botón *Set Up Data Driven Pages* de su barra de herramientas.

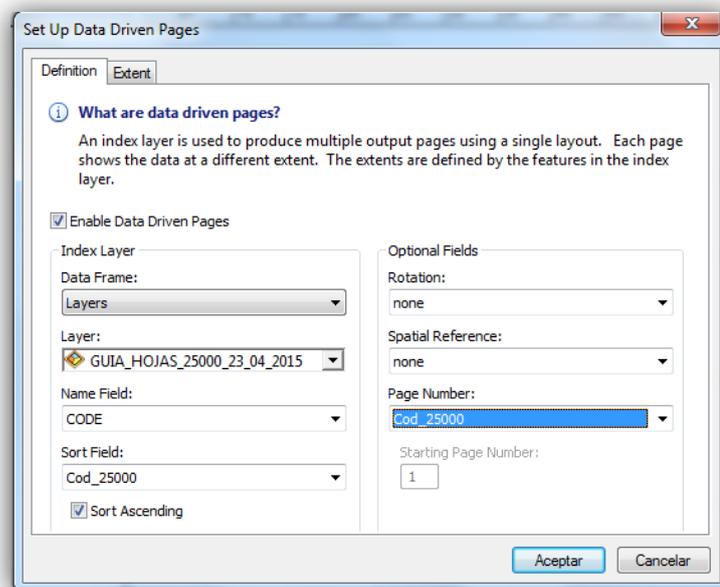


Imagen 84: Configuración de las características de las series de mapas en ArcGIS

En el caso del MT25000, la capa que se empleará como guía es un shape que divide todo el territorio de Costa Rica en cuadrículas de 126 km² cada una.

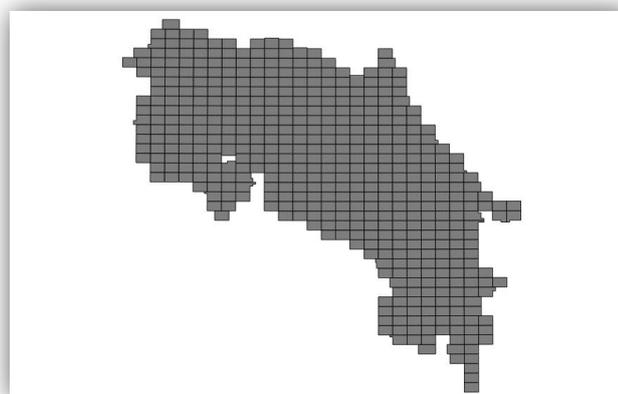


Imagen 85: Capa que se ha tomado como guía para la realización de las series de mapas

Además, a través de la pestaña *Extent* de la ventana *Set Up Data Driven Pages* es posible establecer una escala o parámetros de proximidad para que todos los mapas tengan la misma escala de visualización.

Una vez programadas todas estas características, accediendo a la ventana *Layout* de ArcMap puede realizarse la maquetación de los mapas de la misma forma que cualquier otro, con la diferencia de poder cambiar de vista a través de las flechas de la barra de herramientas de esta aplicación y con la posibilidad de agregar textos que varían según la vista que se esté representando. En este caso, se incluyó el nombre de la población y el número de hoja, de tal forma que cambian al cambiar de cuadrícula. Estos textos se insertan desde el botón *Page Text* de la barra de herramientas de *Data Driven Pages*.

Finalmente, tras realizar la maquetación con los elementos deseados, se pueden exportar todos los mapas a formato PDF. En este caso, en la ventana de impresión aparecen nuevas opciones que permiten indicar el intervalo de mapas a imprimir o, si se desea, la impresión de todos ellos.

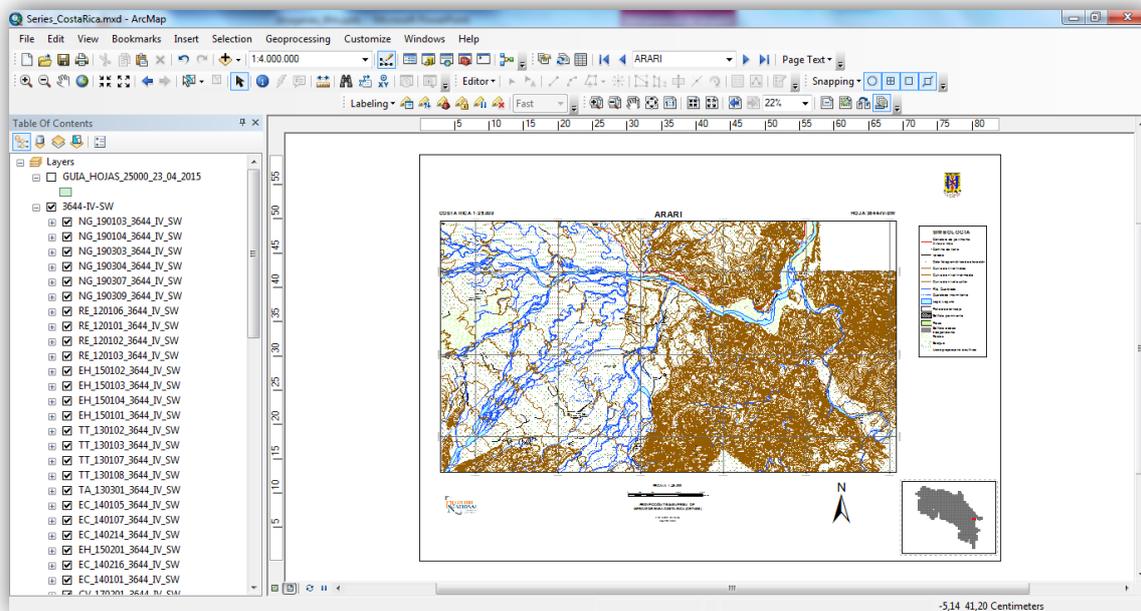


Imagen 86: Aspecto final del Layout tras la configuración con Data Driven Pages de ArcGIS

3.5.2. Generación de series de mapas en QGIS

Dentro del *Diseñador de impresión* de QGIS, que es la ventana donde se realizan todos los ajustes para la maquetación de los mapas, existe la opción de generar lo que se denomina un atlas. Este consiste en la realización de una serie de mapas, tomando como referencia una capa que abarca todo el ámbito a representar y que posee en sus atributos los campos para diferenciar los distintos documentos.

Al igual que en el apartado anterior, a continuación se expone el proceso realizado para la generación de los mapas correspondientes a las distintas hojas del MT25000.

Una vez realizada la simbología y el etiquetado de todos los mapas que se quieren obtener, para generar el atlas se debe activar su correspondiente casilla dentro del *Diseñador de impresión* y seleccionar la capa que actuará de guía, en este caso, la cuadrícula mostrada en a imagen 85, que abarca toda la superficie de Costa Rica.

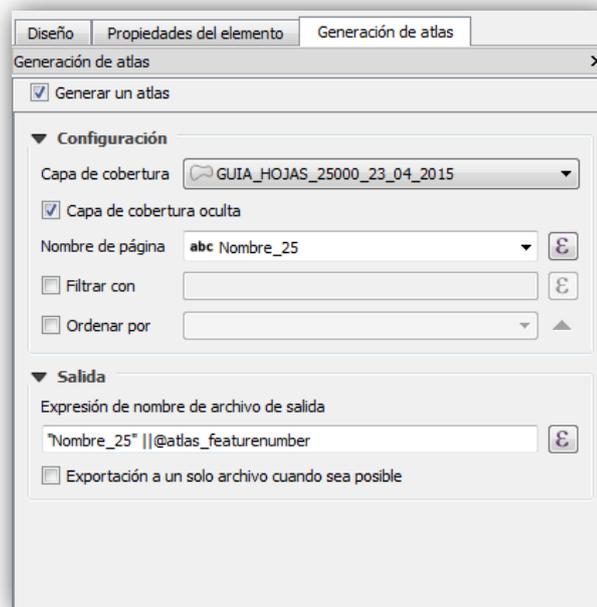


Imagen 87: Configuración del atlas en QGIS

Para que el usuario pueda diferenciar entre los distintos mapas, QGIS permite generar un nombre para la página a través de los campos presentes dentro de los atributos de la capa guía. Asimismo, también da la opción de ordenar la secuencia de mapas según alguno de estos campos e indicar una expresión de salida para dar nombre a los archivos que serán generados. En este caso se generó una expresión que indica el nombre de la hoja, que corresponde con el poblado presente en ella.

Una vez realizada la configuración, debe indicarse en la pestaña de propiedades del elemento que la maquetación se realizará siguiendo el atlas, para ello existe una casilla. Hecho esto, en la barra de herramientas del atlas se puede observar como ya aparece el nombre de la página y puede accederse al resto de mapas.

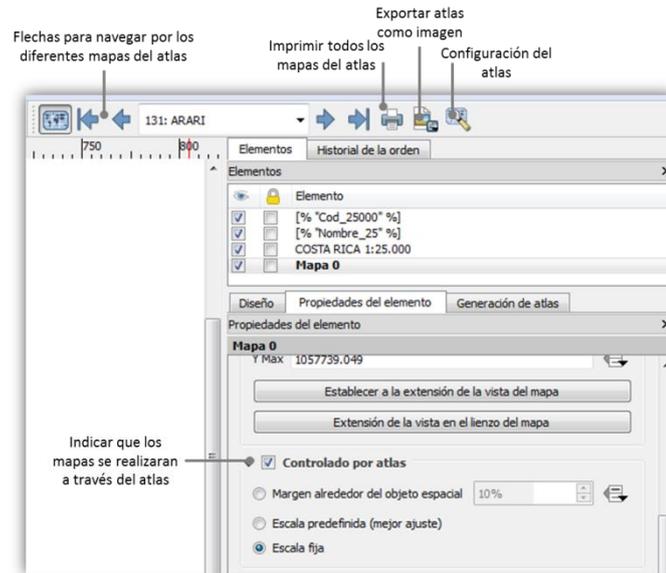


Imagen 88: Barra de herramientas del atlas

Para acabar de completar la maquetación automática de este conjunto de mapas, QGIS permite añadir títulos a través de expresiones de manera que se irán modificando para cada página; esto mismo puede hacerse con las leyendas, pudiendo filtrarlas de acuerdo al contenido de cada mapa, mostrando sólo los elementos que se encuentren en él.

Finalmente, una vez incorporados todos los elementos que se deseen mostrar en los mapas, estos pueden exportarse ya sea como imagen, como PDF o como SVG, indicando previamente una carpeta en la que se almacenarán todos.

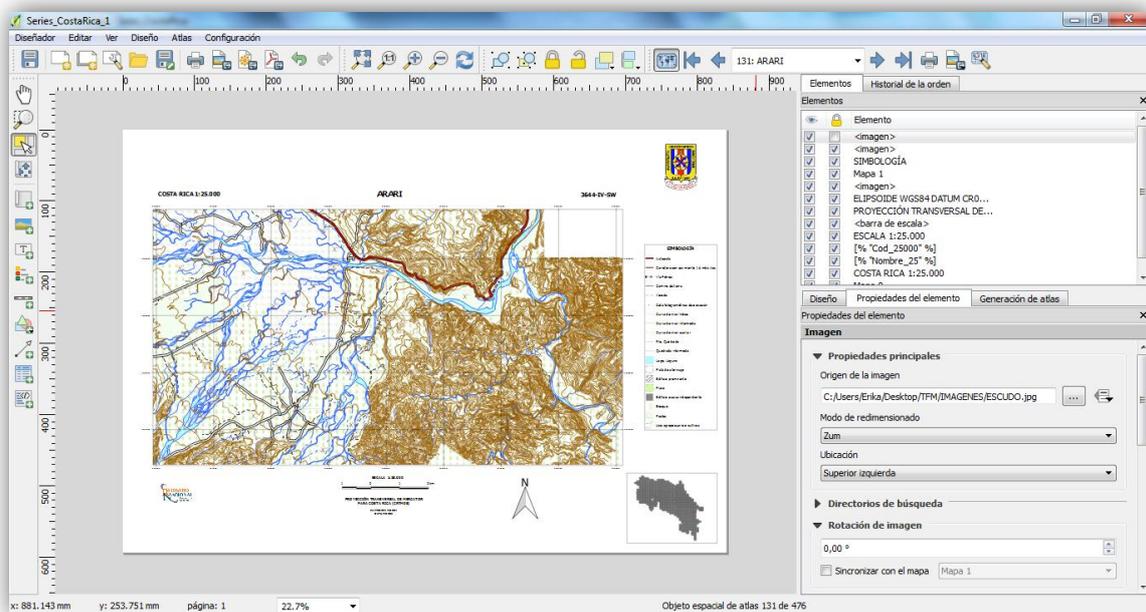


Imagen 89: Aspecto final del Diseñador de impresión tras la configuración del atlas en QGIS

3.5.3. Generación de series de mapas en gvSIG

Una de las principales características que posee gvSIG es la capacidad que tiene de ampliar sus funcionalidades a través de la instalación de nuevos complementos y extensiones. Este es el caso de la generación de series de mapas, para la que existe una extensión denominada *gvSIG Map Sheets plugin*, que debe instalarse a través del *Administrador de complementos*.

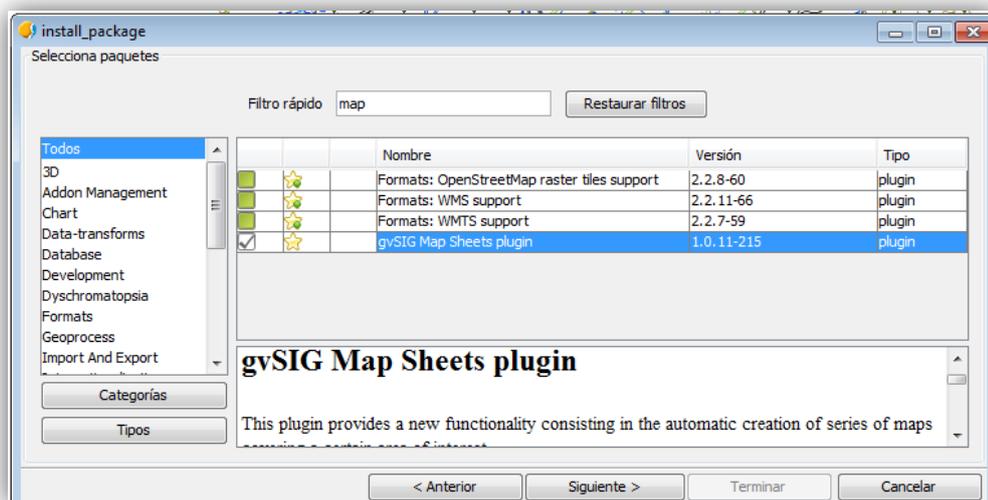


Imagen 90: Instalación del complemento gvSIG Map Sheets plugin

Esta extensión permite la creación e impresión de conjuntos de mapas a partir de una rejilla definida por el usuario y una plantilla de mapa. Tras su instalación, puede accederse a ella a través del menú *Vista* de gvSIG.

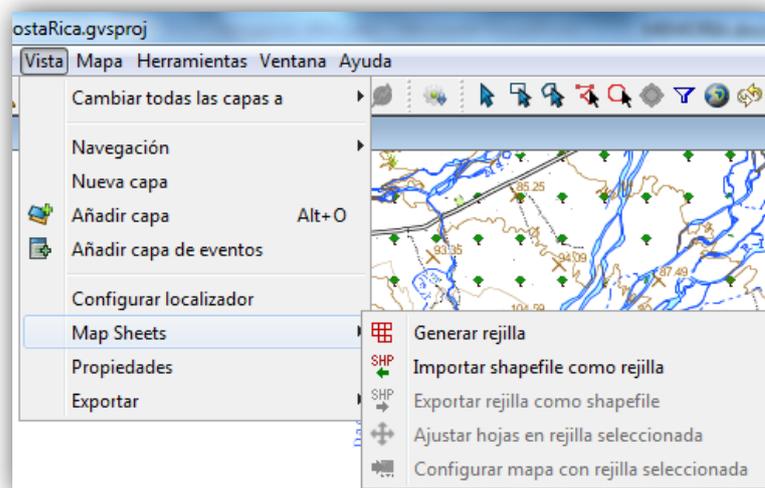


Imagen 91: Acceso al complemento Map Sheets a través del menú vista

Como se puede observar en la imagen anterior, este complemento no sólo permite generar las series de mapas, sino que también ofrece la posibilidad de crear la rejilla que se empleará de guía. En el ejemplo del MT25000 ya existe una rejilla, por lo que se empleará la herramienta *Importar shapefile como rejilla*. Para que gvSIG reconozca el archivo, el shape debe tener una serie de campos donde se especifique las características de la cuadrícula, que son los siguientes:

- CODE: texto que identificara el cuadrante de la rejilla
- SCALE: denominador de escala en la que se van a representar los mapas
- DIMX_CM: ancho en cm del área del cuadrante
- DIMY_CM: alto en cm del área del cuadrante
- OVERLAP: porcentaje de solape
- ROT_RAD: ángulo de rotación de los cuadrantes

Todos estos campos deben ser de tipo numérico, a excepción de CODE que debe ser de tipo texto.

Una vez importada la rejilla, gvSIG permite hacerle modificaciones como añadir, eliminar, rotar o mover cuadrantes, modificar valores de los atributos, etc.

Id	OBJETO	#5000_5000	Shape_Leng	Shape_Area	CODE	Cod_25000	CRS_L_FID	Campo_SCALE	DIMX_CM	DIMY_CM	OVERLAP	ROT_RAD	
1	441	Burica	45.993.634	127.006.05...	PUNTA BUR...	3640-II-SW	439	25.000	55	37	0	0	
2	442	Burica	45.988.231	126.983.66...	CERRO PEN	3640-II-SW	440	25.000	55	37	0	0	
3	443	Puerto Arma...	45.994.616	126.941.18...	LAS PEÑAS	3640-II-SW	441	25.000	55	37	0	0	
4	35	Pta Calle Bla...	45.975.227	126.920.25...	CARONES	3540-I-NE	356	25.000	55	37	0	0	
5	4	444	Puerto Arma...	46.019.039	127.053.24...	PEÑITA	3640-II-SW	442	25.000	55	37	0	0
6	5	359	Carate	45.975.351	126.947.03...	CAROMITA	3541-II-SE	358	25.000	55	37	0	0
7	6	361	Parvón	45.976.514	127.274.54...	RÍO LA VACA	3541-II-SE	360	25.000	55	37	0	0
8	7	445	Lauriel	45.971.288	126.900.77...	CARACOL	3641-II-SW	443	25.000	55	37	0	0
9	8	358	Carate	45.959.821	126.847.68...	PUEBLO PERRO	3541-II-SW	357	25.000	55	37	0	0
10	9	360	Carate	45.960.813	126.854.33...	LOSA	3541-II-NE	359	25.000	55	37	0	0
11	10	362	Parvón	45.963.693	126.869.78...	CONTE	3541-II-NE	361	25.000	55	37	0	0
12	11	446	Lauriel	45.965.410	126.879.07...	CANIBREO	3641-II-SW	444	25.000	55	37	0	0
13	12	447	Lauriel	45.967.335	126.885.70...	LA CUESTA	3641-II-NE	445	25.000	55	37	0	0
14	13	33	Hedrajal	45.963.783	131.911.48...	SALSPUEDES	3441-II-NE	33	25.000	55	37	0	0
15	14	34	Krona	45.952.369	126.810.61...	CORCOVADO	3441-I-SW	33	25.000	55	37	0	0
16	15	272	Krona	45.953.079	126.816.70...	RÍO SIRENA	3441-I-SE	271	25.000	55	37	0	0
17	16	368	Golfo Dulce	45.953.990	126.821.47...	RÍO TIGRE	3541-II-SW	366	25.000	55	37	0	0
18	17	370	Golfo Dulce	45.954.993	126.828.31...	PUEBLO ZUM...	3541-II-SE	368	25.000	55	37	0	0
19	18	365	Golfo Dulce	45.956.883	126.834.02...	ZANOLDO	3541-I-SW	363	25.000	55	37	0	0
20	19	366	Golfo Dulce	45.957.807	126.842.83...	COTO COLO...	3541-I-SE	364	25.000	55	37	0	0
21	20	448	Caracas	45.959.534	126.852.34...	INSERRO	3641-II-SW	446	25.000	55	37	0	0
22	21	450	Caracas	45.961.442	126.861.99...	DARIZARA	3641-II-SE	448	25.000	55	37	0	0
23	22	355	Krona	45.946.544	126.786.01...	PUNTA LLO...	3441-I-SW	34	25.000	55	37	0	0
24	23	271	Krona	45.947.171	126.789.63...	LAGUINERUDO	3441-I-NE	272	25.000	55	37	0	0
25	24	369	Golfo Dulce	45.948.090	126.794.58...	AGUJAS	3541-II-SW	367	25.000	55	37	0	0
26	25	371	Golfo Dulce	45.949.076	126.799.20...	IGLESIA	3541-II-NE	369	25.000	55	37	0	0
27	26	364	Golfo Dulce	45.950.922	126.803.82...	PUEBLO ZUM...	3541-I-SW	362	25.000	55	37	0	0
28	27	367	Golfo Dulce	45.951.889	126.815.72...	PURRUIJA	3541-I-NE	365	25.000	55	37	0	0
29	28	449	Caracas	45.953.619	126.825.24...	NEILY	3641-II-SW	447	25.000	55	37	0	0
30	29	451	Caracas	45.955.523	126.836.35...	ABRADO	3641-II-NE	449	25.000	55	37	0	0
31	30	302	Serpente	45.940.543	126.761.36...	BRAKE	3442-II-SW	101	25.000	55	37	0	0
32	31	309	Serpente	45.941.120	126.762.03...	CHOCUJICO	3442-II-SE	103	25.000	55	37	0	0
33	32	372	Parvón	45.942.048	126.766.69...	RINCON	3542-II-SW	370	25.000	55	37	0	0
34	33	374	Parvón	45.943.076	126.772.94...	SALADERO	3542-II-SE	372	25.000	55	37	0	0
35	34	376	Parvón	45.944.407	126.779.96...	GAMBA	3542-II-SW	374	25.000	55	37	0	0
36	35	378	Parvón	45.945.811	126.786.30...	RÍO CLARO	3542-II-SE	376	25.000	55	37	0	0

Imagen 92: Tabla de atributos de la rejilla empleada en gvSIG

Finalmente, antes de pasar a maquetar en el mapa, se ha de hacer una última configuración en la que se indica en qué posición de la hoja del mapa aparecerá el cuadrante y que campos de la tabla de atributos de la rejilla aparecerán en el mapa, los cuales irán variando con el cuadrante que se esté representando en cada momento. En este caso serán las

variables CODE y Cod_25000 que indican el nombre de la población y el número de la hoja. Todas estas configuraciones se hacen a través de la herramienta *Configurar mapa con rejilla seleccionada*.

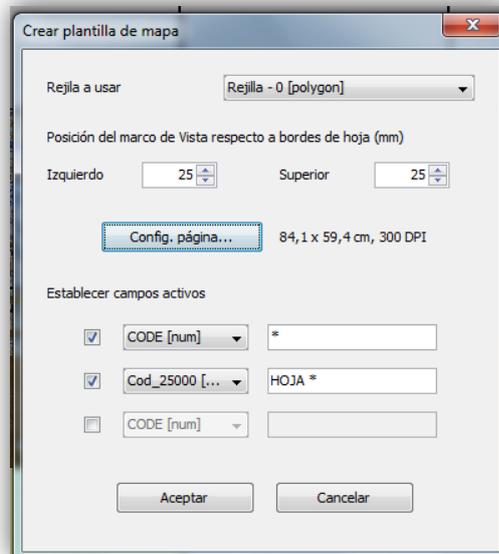


Imagen 93: Configuración de la plantilla de la serie de mapas en gvSIG

Al pulsar aceptar se genera una plantilla de mapa de *Map Sheets* que puede ser editada de la misma forma que cualquier mapa de gvSIG, conteniendo las mismas herramientas y opciones de diseño.

Una vez finalizada la maquetación, pueden imprimirse todos los mapas o sólo los seleccionados, en formato PDF.

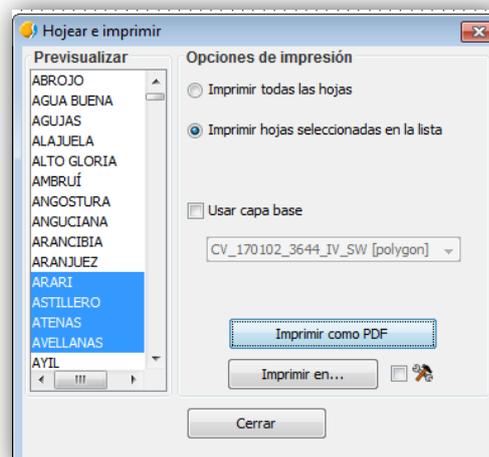


Imagen 94: Configuración de impresión de series de mapas en gvSIG

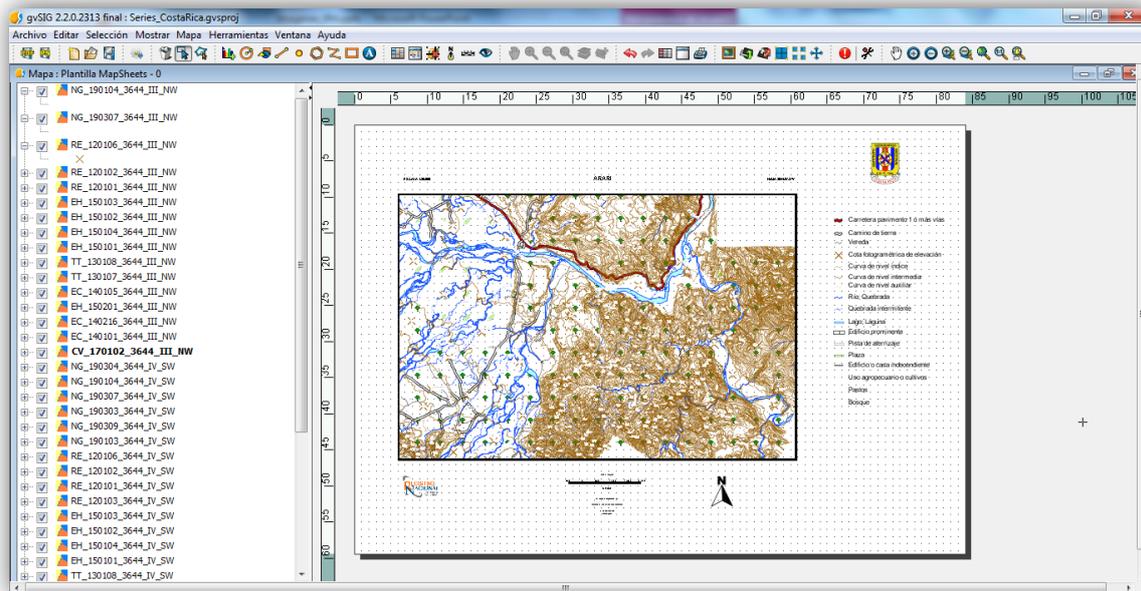


Imagen 95: Aspecto final del mapa tras la configuración del Map Sheets en gvSIG

4. RESULTADOS

4.1 Simbología vectorial

Como se ha podido ver en el apartado correspondiente a la simbología vectorial, los tres softwares analizados en el presente trabajo ofrecen diversas herramientas para su realización. Sin embargo, uno de ellos presenta ciertas limitaciones que son básicas en el diseño de los distintos símbolos cartográficos. El programa del que se trata es gvSIG.

A continuación se citan las principales diferencias existentes entre los tres softwares, así como las mayores dificultades que se encontraron a la hora de realizar la simbolización en cada uno de ellos.

Tanto ArcGIS como QGIS presentan unas funcionalidades muy semejantes para la creación de los distintos símbolos, sin embargo la interfaz de QGIS resulta mucho más sencilla e intuitiva para el usuario. Un ejemplo de ello es, por ejemplo, la opción de aplicar una transparencia a una determinada capa. En QGIS esta opción se encuentra en la misma ventana de simbología, ya que se trata de un aspecto relativo a la simbolización. En ArcGIS, en cambio, esta función se encuentra en una pestaña diferente. Otro ejemplo en el que el manejo de QGIS resulta más sencillo es en el caso de la visualización de leyendas categorizadas. QGIS facilita al usuario poder visualizar sólo determinadas categorías de la leyenda, pudiendo, desde la misma tabla de contenidos, deshabilitar la visualización de determinadas entidades. En ArcGIS, en cambio, para realizar esta misma operación, el usuario debe de volver a entrar en las propiedades de la capa y eliminar la categoría deseada de la leyenda.

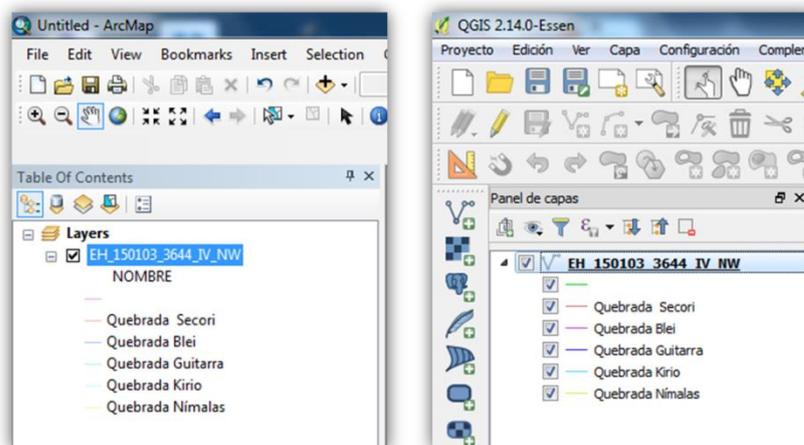


Imagen 96: Diferencias en las opciones de leyenda categorizada de ArcGIS (derecha) y QGIS (izquierda)

En cuanto a las herramientas disponibles para el diseño de los distintos símbolos cartográficos, estas son muy similares en ambos softwares. La principal diferencia a resaltar es la posibilidad que ofrece QGIS para controlar, prácticamente, todas las características de los símbolos a través de las características especificadas en los campos de la tabla de atributos. ArcGIS, en cambio, solo permite definir la transparencia o el tamaño y ángulo de rotación en el caso de elementos puntuales, mediante esta opción.

gvSIG, en cambio, sí que presenta ciertas limitaciones que complican al usuario el diseño de nuevos símbolos cartográficos, notándose una gran diferencia en su empleo con respecto a QGIS y ArcGIS.

Por defecto, gvSIG presenta muy pocos estilos de simbolización. Un ejemplo de ello es la imposibilidad de elaborar símbolos superficiales con una trama de líneas. Este tipo de símbolos son muy empelados en cartografía, pero gvSIG no permite crear ningún tipo de relleno de líneas. Debido a esto, la simbolización de los edificios prominentes en el MT25000 se tuvo que realizar de forma diferente en el resto de softwares. Para solucionar este problema, como se explicó en el apartado 3.2.3.2, se cargó una nueva biblioteca de símbolos que poseía un tipo de relleno parecido al deseado.

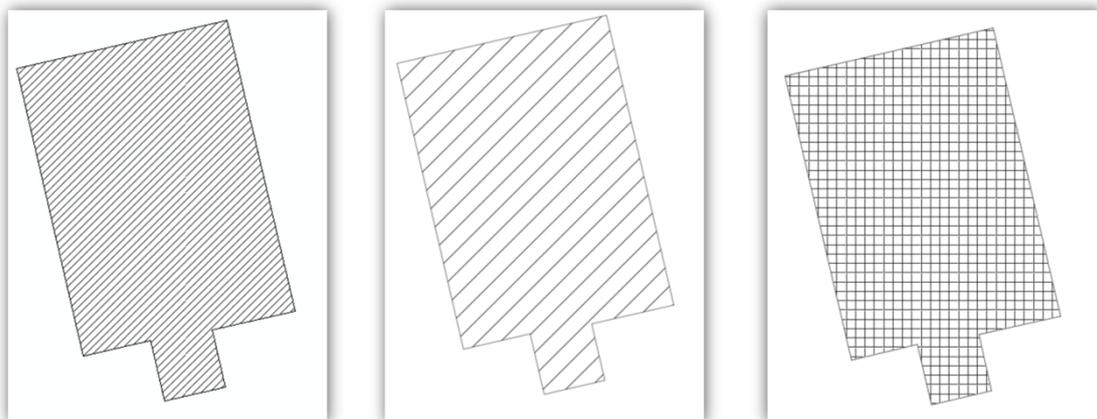


Imagen 97: Simbolización de los edificios prominentes en ArcGIS, QGIS y gvSIG (de izquierda a derecha)

Esto mismo sucedió con la simbología de las vías férreas, donde no fue posible realizar manualmente el diseño, teniendo que recurrir de nuevo a un símbolo predefinido en una de las bibliotecas de gvSIG.

Además de la imposibilidad de crear determinados tipos de estilos, gvSIG presenta muchas limitaciones a la hora de personalizar los diseños de los distintos símbolos, no

permitiendo modificar los ángulos de inclinación de los marcadores, ni configurar las características de la simbología en función de los campos de la tabla de atributos.

A continuación se muestran las simbologías que han sido elaboradas en cada uno de los softwares. Puede apreciarse como entre la creada con ArcGIS y la elaborada con QGIS apenas existen diferencias de estilos, a parte de las distintas tramas empleadas para las coberturas vegetales. En cambio, la simbología diseñada en gvSIG ya presenta algunas diferencias más, como en los símbolos empleados para las vías férreas, los edificios prominentes o los bordes discontinuos de algunos de los elementos superficiales.

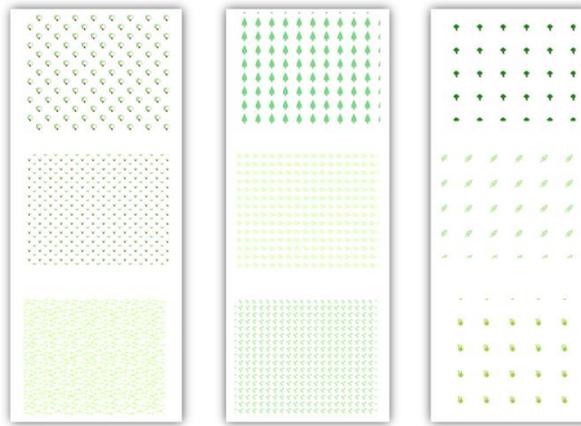


Imagen 98: Simbología empleada para las coberturas vegetales en ArcGIS, QGIS y gvSIG (de izda. a dcha.)

SIMBOLOGÍA	
CARRETERAS, CAMINOS Y VÍAS FÉRREAS	
	Autopista
	Carretera con pavimento 1 ó más vías
	Camino de tierra
	Vereda
	Vía férrea
ELEMENTOS HIPSOGRÁFICOS	
	Cota fotogramétrica de elevación
	Curva de nivel índice
	Curva de nivel intermedia
	Curva de nivel auxiliar
COBERTURA VEGETAL	
	Pastos
	Uso agropecuario o cultivos
	Bosque
ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS	
	Río; Quebrada
	Quebrada intermitente
	Lago; Laguna
	Piscina
ÁREA URBANA Y EDIFICIOS	
	Área densamente construida
	Edificio prominente
	Edificio o casa independiente
	Pista de aterrizaje
	Plaza
	Parque

Imagen 99: Simbología elaborada en ArcGIS

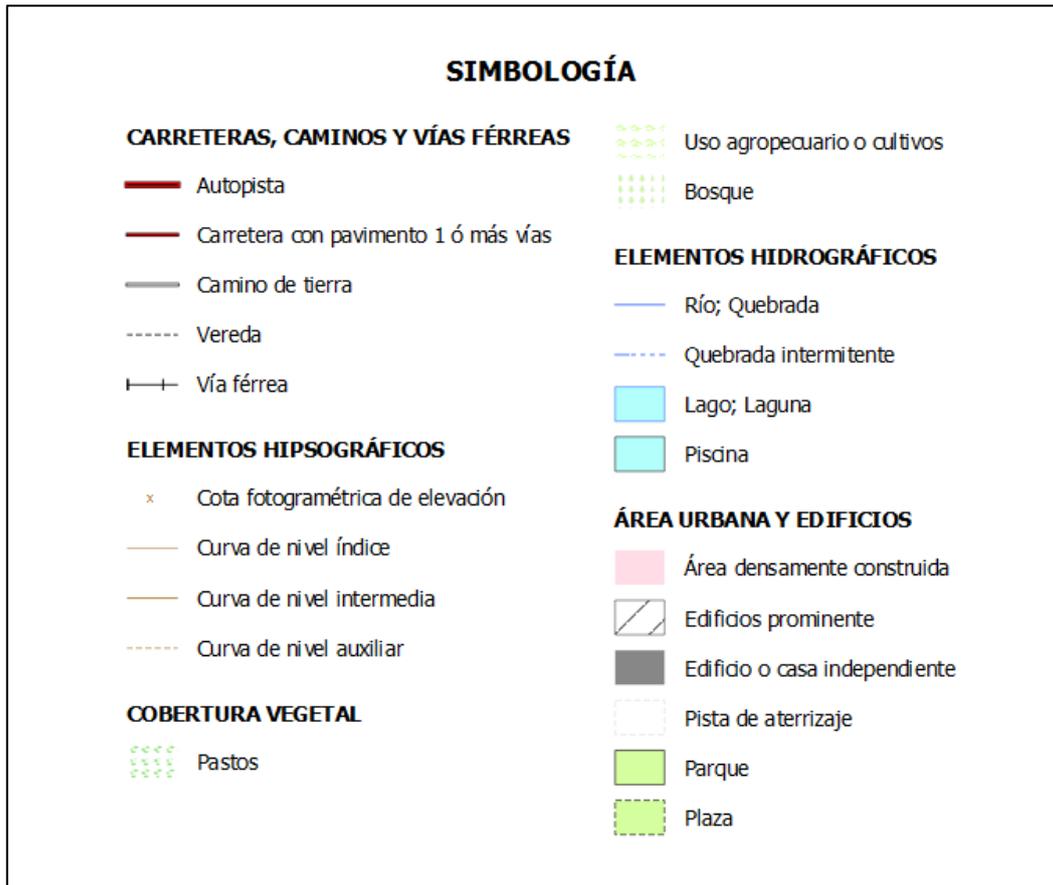


Imagen 100: Simbología elaborada con QGIS

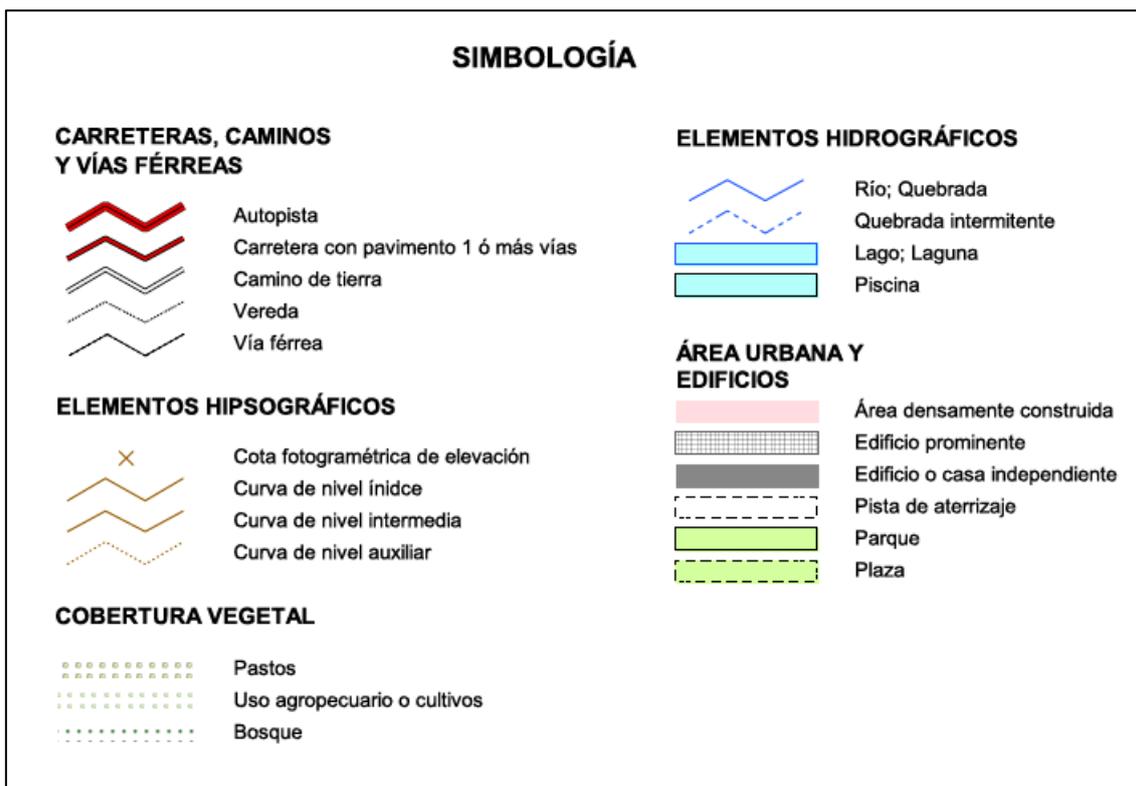


Imagen 101: Simbología elaborada con gvSIG

4.2. Rotulación

Los tres softwares analizados en el presente trabajo facilitan el proceso de rotulación cartográfica, implementando diferentes funcionalidades para el diseño y colocación automática de las etiquetas en el mapa. Además, para facilitar al usuario un control más exacto sobre los rótulos, todos ellos ofrecen distintas herramientas que permiten la modificación de estos de una forma manual.

En los ejemplos del mapa topográfico de Costa Rica expuestos en el apartado 3.3., los elementos han sido etiquetados con los mismos estilos de fuente, color y tamaño de texto en los tres programas, con el fin de comparar y detectar las diferencias entre ellos. Los resultados obtenidos en este aspecto son prácticamente idénticos, ya que no existen apenas diferencias en cuanto a las opciones de estilo y formato de texto entre los tres softwares analizados.



Imagen 102: Estilo de fuente empleada para los rótulos de ríos en ArcGIS, QGIS y gvSIG (de izda. a dcha.)

Donde sí se aprecian grandes diferencias entre los tres programas, es en las opciones disponibles para la ubicación y colocación de los rótulos. La ubicación de las etiquetas es uno de los aspectos más importantes y complejos de la cartografía, por lo que disponer de un SIG que permita configurar lo máximo posible estas características resulta de vital importancia y ayuda para el usuario.

Tanto en ArcGIS, QGIS como gvSIG existen diferentes formas de etiquetados que van desde las más básicas a las más avanzadas. De los tres, ArcGIS posee el llamado etiquetado Maplex que incorpora opciones avanzadas que facilitan la colocación de los rótulos, incorporando ubicaciones ya predefinidas para elementos como ríos, calles, curvas de nivel o límites. También facilita su visualización, pudiendo emplear abreviaturas o modificar el tamaño de la fuente en caso de superposición con otras etiquetas y permite al usuario visualizar aquellas que no han podido colocarse por motivos de falta de espacio.

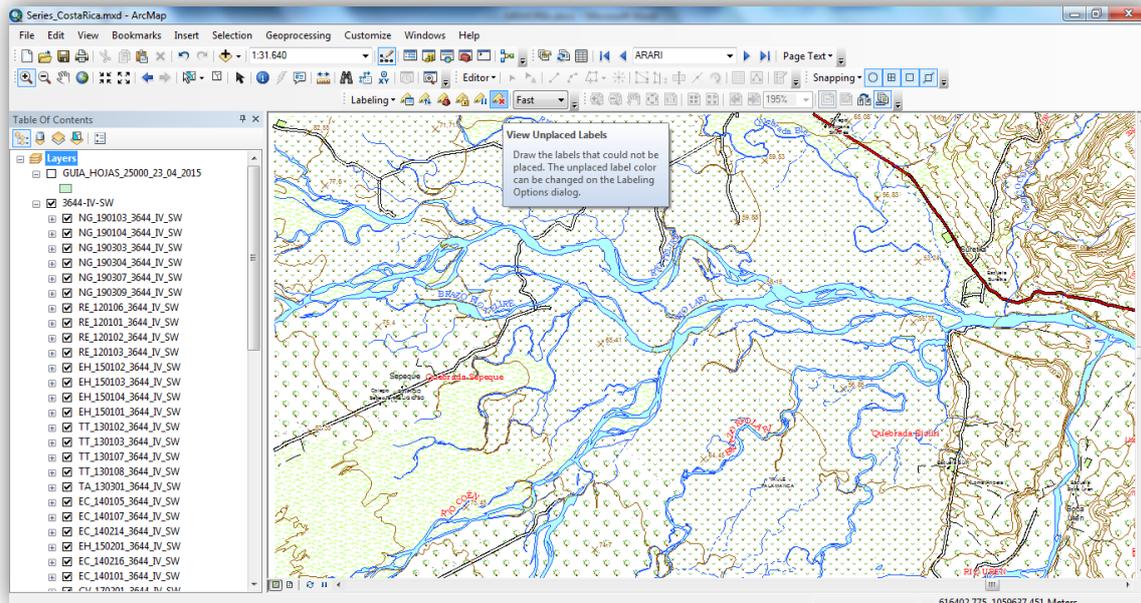


Imagen 103: En rojo, etiquetas que no han podido ser colocadas a esa escala en ArcGIS

Además, al contrario de la forma de operar en QGIS y gvSIG, en ArcGIS se puede realizar el etiquetado de todas las capas desde una misma ventana (*Administrador de etiquetas*), sin necesidad de tener que ir capa por capa. Todo ello hace que ArcGIS sea, de los tres, el programa que mayores facilidades proporciona al usuario para la ubicación automática de los rótulos en el mapa.

QGIS no posee tantas opciones de ubicación y colocación, pero tiene la capacidad de permitir modificar las propiedades del etiquetado (tanto de estilo de texto como de ubicación) en función de las características especificadas en los campos de la tabla de atributos. Esto permite al usuario controlar las propiedades de las etiquetas de forma individual para cada entidad.

gvSIG, en cambio, es el programa que presenta mayores limitaciones a la hora de configurar la colocación del etiquetado, obteniendo unos resultados de muy poca calidad.

Como se indicó al comienzo de este apartado, además de la colocación automática de los rótulos, los tres softwares analizados permiten modificar de forma manual las características y ubicaciones de estos. ArcGIS y gvSIG lo hacen mediante la creación de una capa de anotaciones. En gvSIG esta capa posee la geometría de un elemento puntual, por lo que no es posible aplicarle opciones de ubicación de otro tipo de elemento, como por ejemplo, en el caso de un río, no podría colocarse la etiqueta siguiendo la curvatura de la línea. Además,

todas las modificaciones que se deseen realizar deben hacerse a través de la tabla de atributos, por lo que para mover una etiqueta se debe de introducir en la tabla de atributos el desplazamiento que se le quiere aplicar. En ArcGIS, por el contrario, la capa de anotaciones no funciona de esta forma, sino que permite modificar el etiquetado de forma completamente manual con gran libertad para el usuario, modificando la posición de cada rótulo mediante su movimiento con el ratón.

En QGIS existe la posibilidad de modificar tanto las características como la ubicación de los rótulos a través de varias opciones disponibles en la barra de herramientas de etiquetado, sin embargo, para que estas opciones estén disponibles, el etiquetado debe haberse hecho controlado por los campos de la tabla de atributos.

4.3. Exportación de estilos

Como se ha visto en el apartado 3.4., cada uno de los softwares analizados en el presente trabajo tiene su propio formato para el almacenamiento de las simbologías, sin embargo, tanto QGIS como gvSIG, también emplean el denominado *Styled Layer Descriptor*, *SLD*.

De lo anterior puede deducirse que si QGIS y gvSIG permiten exportar e importar el mismo formato de simbología, los estilos creados en uno de ellos podrán visualizarse en el otro; sin embargo esto no es así. Solamente se visualizan de forma correcta los estilos sencillos, con bordes continuos y que no poseen tramas de relleno complejas.

En el caso de los estilos creados en QGIS, al intentar visualizarlos en gvSIG solamente se mantienen los grosores de las líneas y los colores, no reconociendo los patrones de las líneas discontinuas ni aquellos símbolos compuestos por varias capas, como por ejemplo la simbología de las autopistas, ni las tramas con rellenos complejos, como las de las coberturas vegetales o los edificios prominentes del MT25000.

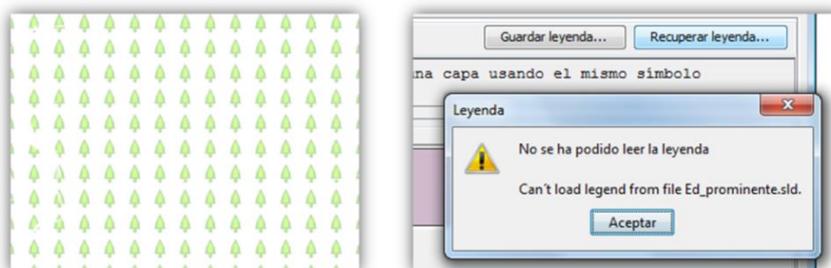


Imagen 104: A la izquierda, simbología de las zonas boscosas en QGIS. A la derecha, error mostrado en gvSIG al cargar el estilo SLD creado en QGIS

En gvSIG, en cambio, hay determinadas simbologías que el propio programa no permite exportar en formato SLD, como las creadas con relleno de marcadores. Y en el caso de los símbolos lineales, al visualizarlos en QGIS, ni siquiera mantiene el grosor de las líneas.

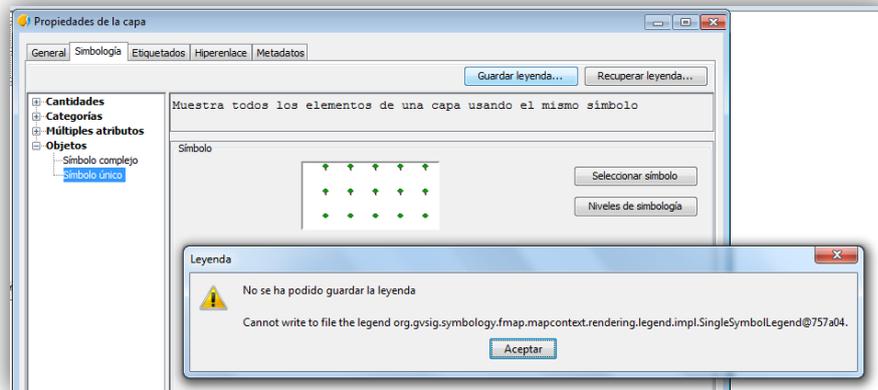


Imagen 105: Error mostrado en gvSIG al intentar exportar la simbología creada para los bosques en formato SLD

En el caso de ArcGIS no existe ninguna opción en el propio programa que permita exportar los estilos creados en él a un formato compatible con otro SIG, pero se encontró la aplicación ArcMap2SLD que convierte los ficheros *shape* de ArcMap en archivos SLD que pueden visualizarse, posteriormente, en QGIS y gvSIG.

Sin embargo, esta aplicación presenta numerosas limitaciones a la hora de exportar estilos de ArcGIS y visualizarlos en otros programas. A continuación se citan algunas de las principales carencias que se han observado trabajando con esta aplicación y se muestran algunos ejemplos* :

- No permite exportar correctamente simbologías superficiales con una trama compleja.

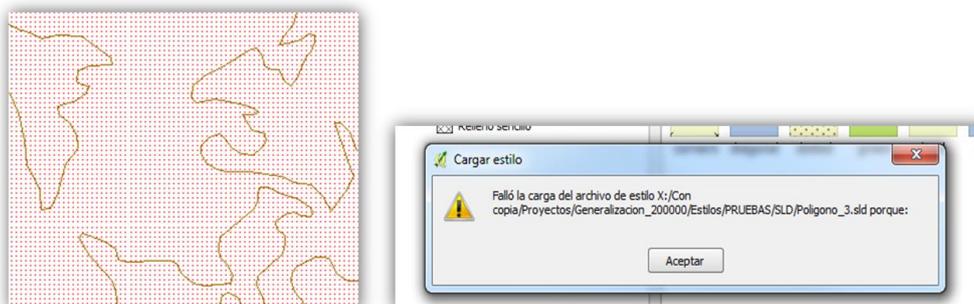


Imagen 106: A la izquierda, simbología realizada en ArcGIS empleando un relleno de puntos. A la derecha, error mostrado al cargar en QGIS el estilo SLD exportado mediante ArcMap2SLD

- Todos los tipos de tramas de líneas los representa con una trama de rejilla, de color gris por defecto.

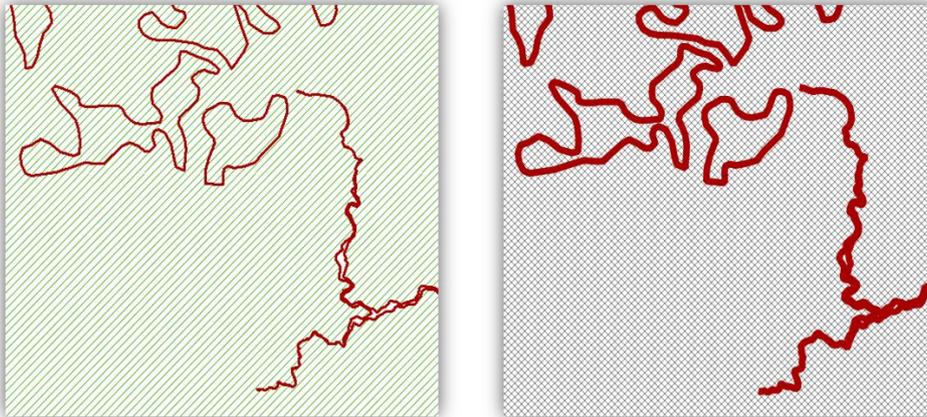


Imagen 107: A la izquierda, simbología de ArcMap que se ha exportado a SLD mediante ArcMap2SLD. A la derecha, resultado al cargar en QGIS el estilo SLD exportado.

- No reconoce estilos que presenten un grado de transparencia.
- No reconoce aquellos símbolos puntuales que no sean marcadores simples (círculo, triángulo, etc.).
- En los símbolos compuestos por varias capas, modifica el orden de los niveles.

Por lo tanto, aunque esta aplicación permite exportar simbologías creadas en ArcGIS para visualizarlas en otros programas como QGIS o gvSIG, se deben de tener en cuenta sus limitaciones a la hora de crear los ficheros de estilo, ya que sólo trabaja de forma exacta con estilos cartográficos sencillos.

** Los ejemplos mostrados en la exportación de estilos mediante el empleo de la aplicación ArcMap2SLD no hacen referencia a las simbologías realizadas para el MT25000, ya que esta herramienta sólo es compatible con Windows XP y durante la realización del presente trabajo se empleó Windows 7. Por lo tanto, los ejemplos que se muestran en este apartado corresponden a pruebas que fueron realizadas durante el periodo de prácticas de empresa en las oficinas de Seresco, S.A.*

4.4. Generación automática de series de mapas

Los tres programas analizados en el presente trabajo ofrecen la posibilidad de crear, de forma automática, colecciones de mapas; facilitando así la maquetación y ahorrando una gran cantidad de tiempo en el proceso de elaboración de la cartografía.

Las herramientas disponibles en cada uno de estos programas son diferentes, sin embargo, su funcionamiento y aplicaciones son muy similares. En todos ellos es necesario emplear una capa que actuará como malla o rejilla sobre la que, guiada por un campo de su tabla de atributos, se irán creando los distintos mapas. Tanto en ArcGIS como en QGIS, basta con indicar cuál será esta capa que actuará como guía y el campo que se empleará para la creación de los distintos mapas. En gvSIG, en cambio, para que dicha capa actúe de rejilla debe importarse de una forma diferente y además, en su tabla de atributos tiene que contener una serie de campos que definan ciertas características de ella, como la escala, dimensiones del cuadrante, porcentaje de solape, etc.

En cuanto al proceso de maquetación, en los tres programas la forma de proceder es igual que en cualquier otro mapa. La única diferencia es que, en este tipo de mapas, es posible añadir textos que están vinculados al cuadrante que se está representando, de tal forma que se modificarán al cambiar de mapa. Aquí es donde ArcGIS y gvSIG poseen algunas limitaciones, ya que sólo permiten añadir un número limitado de este tipo de textos (en ArcGIS cinco y en gvSIG 3), sin embargo, en QGIS el usuario puede añadir tantos como desee. En la exportación de estos mapas, ArcGIS y gvSIG también tienen algunas deficiencias, pudiendo exportarlos solamente a formato PDF; mientras que en QGIS también existe la posibilidad de exportarlos como imagen o como SVG, si se desea.

5. CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo devolvió las siguientes conclusiones en cuanto a la realización de simbología cartográfica, series de mapas y exportación de estilos:

- Las herramientas de ArcGIS y QGIS para la elaboración de simbología vectorial presentan grandes similitudes, mientras que gvSIG tiene grandes limitaciones en este aspecto.
- La interfaz de QGIS para el diseño de los distintos símbolos cartográficos resulta más sencilla e intuitiva para el usuario, presentando todas las herramientas en una misma ventana.
- Las capacidades de los SIG para la colocación de los rótulos sobre un mapa aún tiene mucho que mejorar, ya que una buena rotulación requiere la toma de numerosas decisiones que los softwares aún no son capaces de adoptar.
- ArcGIS presenta un tipo de rotulado avanzado que, junto con la utilidad de sus capas de anotaciones, facilita enormemente al usuario la tarea de colocación de las etiquetas, estando muy por encima de las capacidades de los otros dos programas de software libre.
- En cuanto a la exportación de estilos entre los tres programas, a día de hoy no existe una compatibilidad total entre las simbologías creadas en los distintos softwares.
- Existen algunas herramientas que permiten exportar simbologías de ArcGIS a formato SLD, las cuales presentan grandes limitaciones que deben de mejorarse.
- Los tres programas analizados poseen la capacidad de generar colecciones de mapas de forma automática, lo que supone un gran ahorro de tiempo para el usuario en la maquetación de mapas.
- La creación de series de mapas resulta más sencillo en QGIS, bastando con seleccionar una casilla en la propia ventana de maquetación. Además, este programa otorga una mayor libertad al usuario a la hora de maquetar este tipo de mapas.

Finalmente, tras realizar una comparativa general de los tres programas se puede decir que, aunque los tres presentan similitudes, gvSIG aún tiene mucho en lo que mejorar para llegar a alcanzar a un software propietario como ArcGIS. Sin embargo, a excepción de las

herramientas disponibles para la realización del rotulado, las funcionalidades de QGIS para el resto de procesos analizados en este trabajo son muy similares a las presentes en ArcGIS. Además, su sencilla e intuitiva interfaz y su comodidad a la hora de realizar la maquetación de la cartografía hace de QGIS una gran herramienta para la realización de este tipo de trabajos, que unido a su bajo coste se puede considerar un importante competidor del software propietario líder del mercado actualmente.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BERTIN, Jacques. Semiología gráfica, 1967. París.
- FALLAS GAMBOA, Jorge. Quantum GIS. Composición e impresión de mapas, 2012. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/001847616848f55d2b861>
- GARCÍA DE LA FUENTE, Anan Belén; PARDO-BALMONTE GARCÍA, Sonia; SAINT-SUPÉRY DE CEANO-VIVAS, Amelia. Diseño cartográfico. Apuntes de la asignatura Cartografía II. Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://redgeomatica.rediris.es/carto2/pdf/pdfCurso.html>
- GEOTECNOLOGÍAS. La evolución de los mapas a través del tiempo. Disponible en: <http://www.tramixsakai.ulp.edu.ar/access/content/group/50CA1217016/Material%20anexo%20para%20el%20curso%20de%20Geotecnologias/Los%20mapas%20a%20traves%20de%20la%20Historia/clase%201%20EVOLUCIONDELOSMAPAS.pdf>
- MANCEBO QUINTANA, Santiago et al. LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental, 2008. Madrid, España. Disponible en: http://oa.upm.es/1244/1/Mancebo_Quintana_SIG_2008a.pdf
- OLAYA, Victor. Sistemas de Información Geográfica, 2014. Disponible en: <http://volaya.github.io/libro-sig/index.html>
- PEZZI, Manuel, PINAZO; Francisco. Desarrollo de una cartografía temática en base al uso de variables retinianas: La población de Sierra Nevada (Granada), 1981. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=53145>
- RAISZ, Erwin Josephus. Cartografía general, 1938. McGraw-Hill. Londres.
- ROBINSON, Arthur H.; SALE, Randall D.; MORRISON, Joel L.; MUEHRCKE, Phillip C. Elementos de cartografía, 1987. Ediciones Omega. Barcelona.
- TORRES, Jordi; et al. Edición y visualización de información vectorial en aplicaciones SIG, 2009. Disponible en: http://downloads.gvsig.org/download/documents/articles/Edicion_visualizacion_informacion_vectorial_aplicaciones_SIG.pdf

6.1. Páginas web de consulta

Asociación cartográfica internacional. Link: <http://icaci.org/> [Consulta: 22/04/2016]

Blog de Carlos Carbajal. Novedades del QGIS 2.12 Lyon – Parte 3: Map Composer. Link: <http://carbajalosa.blogspot.com.es/2015/10/novedades-del-qgis-212-lyon-parte-3-map.html> [Consulta: 06/06/2016]

Documentación para QGIS 2.2. Link: <http://docs.qgis.org/2.2/es/docs/index.html> [Consulta: 16/05/2016]

gvSIG Blog. Extensión Map Sheets mejorada para gvSIG 2.0. Link: <https://blog.gvsig.org/2013/07/15/extension-map-sheets-mejorada-para-gvsig-2-0/> [Consulta: 03/06/2016]

MappingGIS. Formación GIS, difusión tecnológica. Colecciones de mapas en ArcGIS. Link: <http://mappinggis.com/2013/02/como-crear-colecciones-de-mapas-en-arcgis-10-data-driven-pages/> [Consulta: 03/06/2016]

Web de ArcGIS. Link: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> [Consulta: 09/05/2016]