

# Introducción a Sistemas de Información Geográfica

Tomás Cox O.

En este capítulo presentaremos una herramienta fundamental en el manejo de información espacializada, que tiene amplio uso en el desarrollo de proyectos en el ámbito profesional y académico.

A continuación, presentamos una introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG, o *GIS* en inglés), y luego se presentan ejercicios a desarrollar (tipo tutorial) en el *software* QGIS, el cual es gratuito y descargable desde [www.qgis.org](http://www.qgis.org).

## 1. Conceptos generales

Un Sistema de Información Geográfica es un conjunto de herramientas integradas, que permite el manejo de información de carácter espacial. Hay que hacer la aclaración de que el software que usaremos (QGIS) es sólo una parte de este sistema, por lo que cuando se dice: "*QGIS es un SIG*" se cae en una imprecisión, ya que QGIS es más bien un software que permite alojar o producir un SIG. En este capítulo profundizaremos en este aspecto (el *software*) de los SIG.

Para entender el objetivo central de usar SIG, podemos pensar en que, de acuerdo a su nombre, son Sistemas de Información. Por lo tanto, se basan en datos ordenados y relacionados entre ellos, por ejemplo, en tablas. En un Sistema de Información podemos generar cruces de datos, hacer resúmenes estadísticos, ingresar nueva información, etc. Sin embargo, hay información que tiene asociada una variable fundamental y que puede ser relacionada y leída de formas más apropiadas: la información geográfica. Esta variable está relacionada con geometrías ubicadas en el espacio, y para las cuales es de ayuda no solo investigar sus propiedades en tablas, sino poder observar en pantalla o mapas las relaciones de cercanías, tamaños, contigüidad, intersección, entre geometrías, para una mejor comprensión del total.

En términos prácticos, **un software para SIG nos permite principalmente manejar geometrías (de tres tipos: puntos, líneas y polígonos) y relacionarlas con tablas que almacenan información asociada a cada grupo de geometrías.**

Los procesos a llevar a cabo en SIG podrían efectuarse sin visualización (representación explícita de las geometrías), a partir solo de tablas, pero la potencia de los SIG reside en que la información gráfica (mapas) permite al investigador/profesional/ciudadano/político una comprensión rápida e intuitiva del total al momento de entender fenómenos, identificar problemas, tomar decisiones, ver resultados.

Actualmente la utilidad de los SIG es reconocida y utilizada en diferentes ámbitos, como por ejemplo:

- Logística: para el manejo de las características y localización de flotas, centros de distribución, rutas.

- Ordenamiento Territorial: visualización de las características de los diferentes sectores del territorio (demografía, servicios, vialidad, etc), para identificar focos de problemas, necesidades no cubiertas, relaciones con zonas vecinas, etc.
- Análisis de Demanda: Para el estudio de localización de empresas en función de la demanda por zonas.
- Estudios ambientales: por ejemplo, identificación de áreas sensibles a faenas peligrosas en las cercanías.
- Ecología: identificación de relaciones entre poblaciones de diferentes especies.

Las áreas en las cuales se puede implementar un SIG son muchas, siempre que haya un componente espacial (es decir, que la localización sea relevante en el comportamiento de las variables estudiadas).

## 2. Primeros pasos: Archivos y visualización en QGIS

QGIS es un *software* que permite la visualización y extracción de información desde archivos temáticos, llamados capas, coberturas o *shapes*. Estas capas son temáticas ya que por lo general están enfocadas a algún elemento espacial específico (por ejemplo: lagos de Chile, vialidad de la Región Metropolitana, hospitales de la comuna de Santiago).

Los *softwares* para SIG por lo general están enfocados en el trabajo a partir de capas (generando nuevas capas procesadas o reportes), más que en la modificación de esas capas de entrada, ya que muchas veces trabajamos con capas en base a información oficial, censos, catastros o de estudios previamente hechos, por lo que es importante mantener esos archivos de entrada tal como los recibimos.

Cada una de estas capas esta almacenada en un set de archivos, con el mismo nombre, pero diferente extensión (tipo de archivo)

- **Paso 1:** Abrir la carpeta Introducción a SIG y observar los archivos que contiene. Podemos ver que se repiten los nombres de los archivos, pero que tienen extensiones diferentes. En total hay contenidos 3 *shapes* o coberturas (líneas de Metro, Distritos Censales y Equipamiento de Salud).

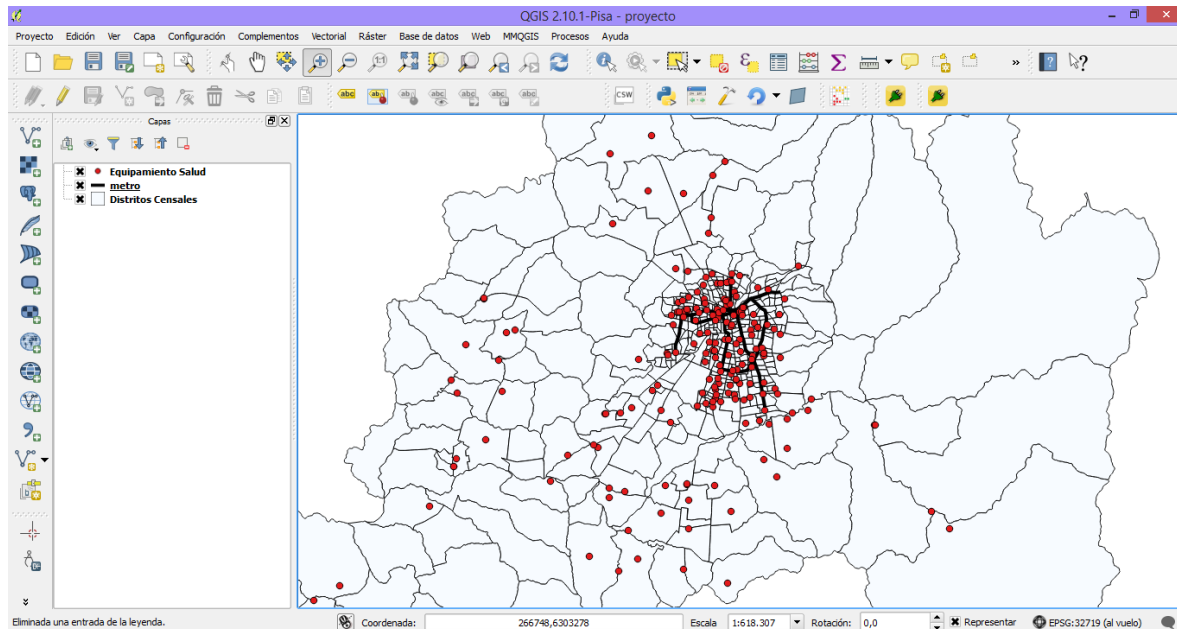
Los cuatro tipos de archivos por cada cobertura son los siguientes:

- .shp: almacena las geometrías de los objetos geográfico (por ejemplo, cada uno de los polígonos que definen una comuna)
- .dbf: almacena la tabla con información relativa a cada una de las geometrías (cada fila o registro corresponde a un objeto geográfico)
- .shx: archivo con los índices de cada geometría, que sirve para enlazar la geometría con la tabla.
- .prj: Archivo que contiene la proyección geográfica de la cobertura (entraremos en detalle sobre esto más adelante).

Es normal que una cobertura pueda tener asociados otros archivos que pueden ser generados automáticamente por QGIS u otros programas. De hecho el archivo .prj no es estrictamente necesario para abrir una cobertura, pero es generado por el programa una vez que se

georeferencia el shape. Es importante que cuando copiemos una cobertura de una carpeta a otra, o lo enviemos por correo, copiar o enviar todos los archivos asociados a la cobertura.

- **Paso 2:** Abrir el software QGIS (QGIS Desktop). Ir al menú "Capa --> añadir Capa --> añadir Capa Vectorial". Ir a "Explorar" y seleccionar la carpeta en la que se encuentran las coberturas. Lo normal es que aparezcan solo los archivos con extensión .shp. Seleccionarlo solo los archivos .shp y pulsar "Abrir".






*Las coberturas de Distritos Censales, Salud y Metro desplegadas en QGIS. Los colores pueden variar ya que QGIS asigna y color aleatoriamente cuando se despliegan los shapes.*

Podemos observar que los nombres de los shapes se muestran en el menú de la izquierda, en el cual podemos activar y desactivar su visualización. Notemos que los tres shapes que cargamos corresponden a los tres tipos que mencionamos antes: puntos (salud), líneas (metro) y polígonos (distritos). Al lado de cada shape en el listado de la izquierda aparece un ícono que identifica el tipo de shape. Cada shape solo puede contener un tipo de entidades (no puedo generar un shape con polígonos y líneas, por ejemplo).

- **Paso 3:** Explorar las posibilidades de visualización. En el panel superior podemos observar diferentes botones que permiten hacer zoom, pan, zoom extent, etc.
- **Paso 4:** Si apretamos botón derecho sobre el nombre de una de las capas en el listado de capas de la izquierda y pulsamos la opción "abrir tabla de atributos", podemos visualizar la tabla con información asociada a esa capa. Explorar la tabla de cada una de las tres capas.

Podemos observar que para cada una de las capas hay diferente información asociada en la tabla. Esta información depende de la fuente de la cual obtuvimos la capa, cuál fue el propósito de la creación de la capa, etc. Vamos a ver que nosotros podemos también añadir información a estas capas de acuerdo a los objetivos que tengamos.

- **Paso 5:** Es posible hacer consultas rápidas sobre los atributos de cada entidad. Seleccionamos una de las capas en el listado de capas (solo un click), y luego apretamos el botón de información  y apretamos sobre una de las entidades de la capa. Se despliega una ventana con los atributos de la entidad (estos son los mismos atributos que aparecen en la tabla). Si la ventana no aparece, es porque es necesario activar la opción "auto abrir formulario" en el panel "resultados de la identificación", a la izquierda abajo.
- **Paso 6:** Es posible seleccionar objetos espaciales apretando el botón de selección  y luego apretando sobre algunas de las entidades de la capa seleccionada en el listado de capas. Vemos que cuando lo seleccionamos se colorea de amarillo. Podemos deseleccionarlos con el botón . Veremos más adelante la utilidad de esto.

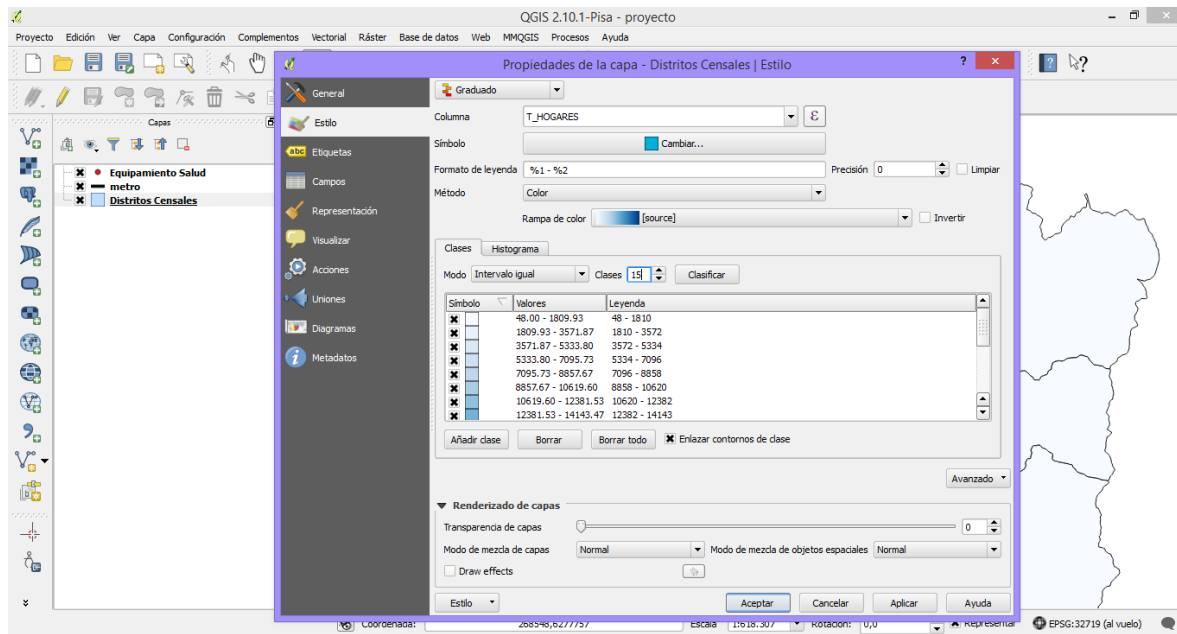
Por último, si hemos trabajado con ciertas capas en QGIS y después de un tiempo queremos volver a trabajar en este mismo conjunto de capas sin tener que cargarlas nuevamente, debemos guardar el proyecto.

- **Paso 7:** Presionar el botón Guardar  y elegir una ubicación y nombre de archivo.

### 3. Despliegue de atributos en las geometrías

Una de las virtudes de los SIG es la posibilidad de representar la información de forma sugerente y clara. Veremos en esta sección que la información o atributos de cada entidad (por ejemplo, Distrito Censal) puede ser representada en forma de colores, grosores de líneas, etiquetas, tramas, etc.

- **Paso 8:** Hacer doble click sobre la capa de Distritos Censales (en listado de capas). Se va a desplegar un menú con las propiedades de la capa. Ir al menú "Estilo". En este menú, ir a la lista desplegable superior y seleccionar "graduado", luego en columna seleccionar "T\_HOGARES", luego ingresar el número 15 en el campo "clases" y apretar "clasificar". Apretar aceptar.



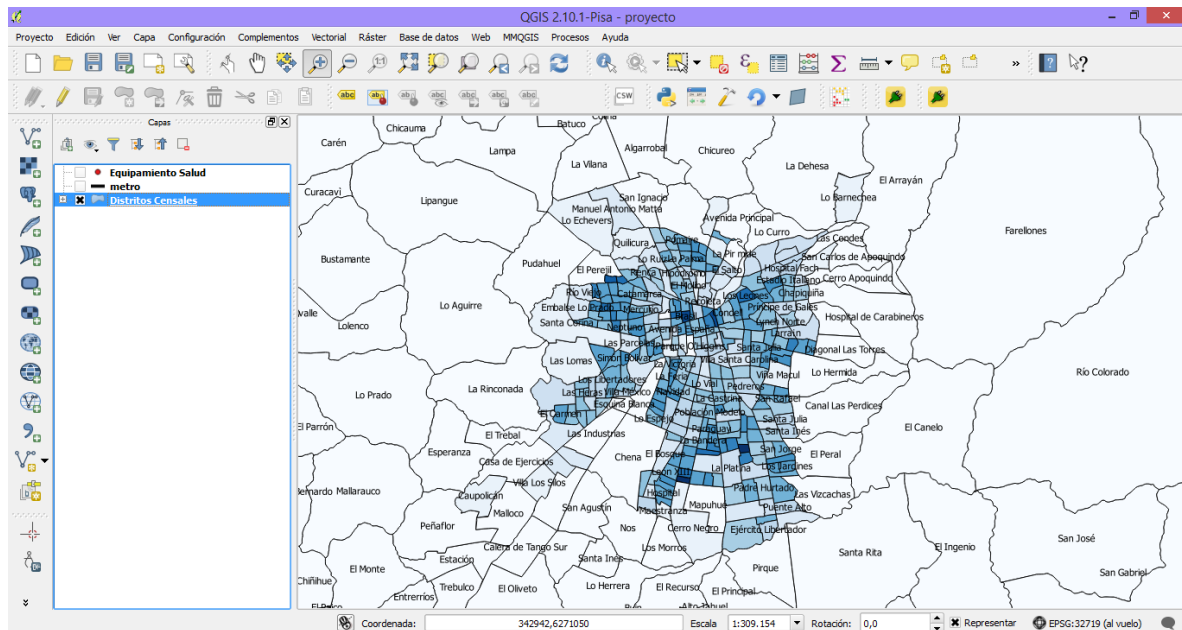
*Menú para definir el estilo de representación de la capa*

Lo que hemos hecho es colorear los distritos en una escala según su atributo de Hogares por distrito (que aparece en la tabla de atributos que seleccionamos). Cuando seleccionamos la opción "Graduado" en el primer menú, nos referimos a que el atributo es de tipo numérico y continuo. Si seleccionamos "Categorizado", podemos colorear la capa según categorías ("Alto, Medio y Bajo", o "Sur, Oriente, Poniente y Norte", etc.)

Se pueden probar otras opciones que permiten afinar la representación. Por ejemplo, el Modo indica la forma de separación en tramos en los colores. En vez de "Intervalo Igual", se puede usar, por ejemplo, "*Natural Breaks*" (recomendable), que optimiza los tramos de colores para así generar tramos los más diferenciados entre ellos. Otra opción muy útil es el Diálogo de Expresiones (botón épsilon al lado del campo de "columna"). Este permite colorear las entidades según valores dados por una expresión. Por ejemplo, se podría colorear en función de la división entre el campo de población y el campo de área, lo cual permite observar la densidad en cada distrito censal.

- **Paso 9:** En el mismo menú de Propiedades de la Capa, se puede seleccionar el menú "Etiquetas" (en listado de la izquierda), tickear la casilla que consulta sobre "etiquetar esta capa con", y elegir en el menú desplegable el atributo con el cual se quiere etiquetar. Apretar Aceptar.

Podemos editar en el mismo menú el tamaño y otras propiedades de las etiquetas, para una mejor visualización.



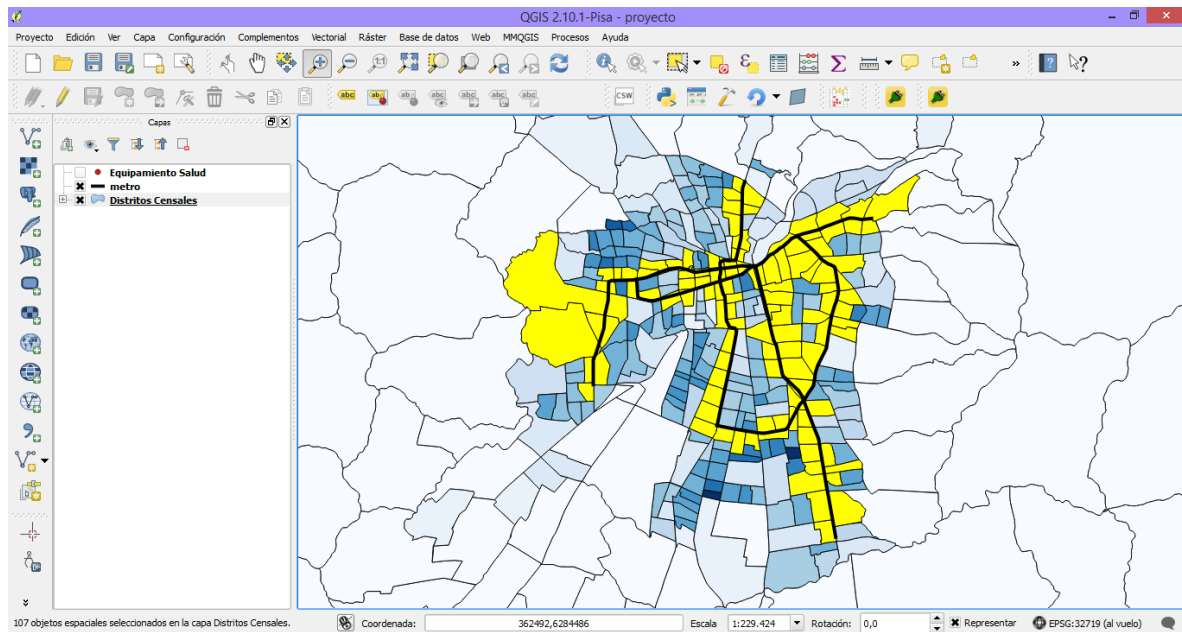
*Capa Distritos con escala de colores según densidad (Hogares / Area en menu de expresiones), aplicando Natural Breaks. Con etiquetas de nombre de Distritos. Se desactivaron las otras capas en listado de capas.*

#### 4. Consulta espacial

Hasta el momento hemos visto sólo herramientas para visualizar información. Sin embargo, una de las potencialidades de un SIG es poder procesar la información según sus características espaciales. En este sentido, QGIS permite realizar consultas espaciales, a partir de las cuales podemos encontrar entidades que se relacionan con otras.

- **Paso 10:** Ir a menú "Vectorial --> Consulta Espacial --> Consulta Espacial", y elegir en el primer menú desplegable la capa Distritos Censales, luego la opción "Intersecta" y luego la capa Metro, y apretar "Aplicar" y luego "Cerrar".

Podemos ver que se seleccionaron los distritos que son intersectados por objetos espaciales de la capa Metro, tal como le solicitamos a la consulta espacial.






*Visualización con la selección de los distritos que son intersectados por algún elemento de la capa Metro.*

## 5. Edición de coberturas



Como se explica al comienzo, los SIG generalmente enfatizan la consulta de información o generación de nuevas capas a partir de las existentes, pero no la edición. Para las capas que usamos como ejemplo queda claro que no tiene sentido editar atributos como la geometría o por ejemplo la población en los distritos, ya que esta es información oficial generada en otras instancias.

Sin embargo, hay ciertas situaciones en que se justifica editar, por ejemplo, podemos querer agregar un nuevo atributo con información generada por nosotros. QGIS y otros programas para SIG piden que para editar se deba entrar en modo Edición, lo cual permite mayor seguridad en el manejo de capas que no queremos modificar accidentalmente. Hay poner atención en que cuando se entra en modo editar, esto solo funciona para la capa seleccionada en el listado de capas, el resto de las capas se mantiene en modo normal.


- **Paso 11:** Asegurarse que ninguna entidad esté seleccionada (con el botón de deseleccionar ) Abrir la tabla de atributos de la capa de distritos. Presionar el botón que conmuta entre modo Edición y modo normal  (este botón se encuentra tanto en la ventana de la tabla de atributos como en el menú general, dando igual cuál se presione).
- **Paso 12:** Estando en modo Edición, podemos cambiar los datos de los campos en la tabla. Podemos probar cambiando el nombre a alguno de los distritos. Luego presionamos el botón para cambiar entre modo de Edición y modo normal , nos pide confirmar si deseamos guardar los cambios, confirmamos. Luego si nos acercamos en el mapa al distrito editado, veremos que en la etiqueta ha cambiado el nombre del distrito. Como indicamos anteriormente, muchas de las coberturas con las que trabajamos tienen información oficial o

basada en estudios que conviene mantener sin editar, por lo que volvemos a abrir la tabla, y la editamos para dejar el distrito con el mismo nombre original.

Una de las ediciones más comunes a las coberturas es agregar nuevas columnas con información adicional que queramos asignar a los objetos espaciales. En el próximo paso calcularemos la densidad de hogares tipo D y E en cada distrito.

- **Paso 13:** Abrimos la tabla de la cobertura distritos, entramos en modo Edición, y presionamos el botón columna nueva . Se nos pide un nombre para la columna, un ancho y un tipo. Le vamos a llamar "DensDE", tipo "Decimal o Real" y con anchura de 10 dígitos y precisión de 4 dígitos (estos parámetros dependen de la información que queramos introducir en la columna). Apretamos aceptar y luego presionamos el botón guardar Edición  (con esto nos mantenemos en modo Edición pero nos aseguramos que los cambios se mantengan).

Acabamos de crear una nueva columna, sin valores. Ahora vamos a usar la calculadora de campos, una herramienta muy útil para el trabajo con datos en la tabla, que se asemeja a Excel pero en otro formato. Usaremos la calculadora de campos para generar la información que introduciremos en la columna nueva a partir de información ya existente. Como sabemos, podemos obtener el valor de Densidad si dividimos la cantidad de población por el área del distrito (ambos datos los tenemos).

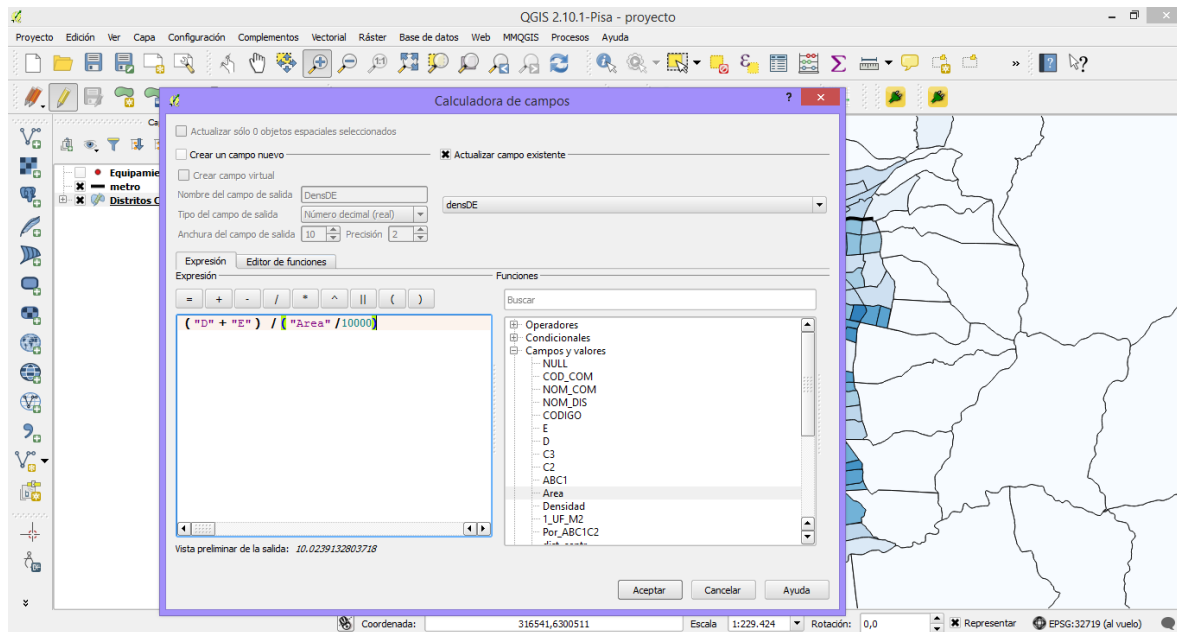
- **Paso 14:** Abrimos la calculadora de campos . Apretamos "Actualizar Campo Existente", seleccionamos el campo "DensDE", y luego en el campo de "Expresiones", vamos a escribir la expresión lógica que nos dará el valor de esta variable. En el campo de "Expresiones", debemos ingresar el texto:

$$("D" + "E") / ("Area" / 10000)$$

Los valores entre comillas corresponden a campos que existen en la tabla de atributos, a partir de los cuales hacemos los cálculos. Apretamos aceptar y vemos como se ingresaron los valores en la columna. Es importante tener cuidado de que no haya ningún objeto seleccionado al momento de hacer este cálculo, ya que si es así sólo hará el cálculo para el objeto seleccionado (aunque a veces puede ser útil hacerlo así, si nos interesa que se calcule el valor sólo para ciertos objetos). Salimos del modo edición, guardando los cambios.

Ahora tenemos una nueva variable, que fue obtenida a partir de la información existente. Si recordamos, antes habíamos coloreado la cobertura con la densidad, pero tuvimos que hacer una expresión en el editor de Estilos para lograrlo, ahora podemos colorear la densidad, pero sólo seleccionando la variable, sin hacer una expresión.









*Ventana con la Calculadora de Campos, con la expresión de Densidad de grupos D + E.*

Podemos ver que la calculadora de campos tiene muchas otras opciones que podemos explorar, incluyendo condicionales, cambios de tipo en los valores, etc.

Otra función, menos usada pero que es útil tener en consideración, es la edición de geometrías.

- Paso 15:** Seleccionemos la cobertura Metro en el listado de Capas y asegurémonos de que está activa su visualización (el casillero al lado del nombre tiene que estar tickeado). Entremos en modo Edición apretando el botón  (no es necesario que sea el que se encuentra en la tabla, puede ser el que se encuentra en el panel de herramienta de la ventana principal). Seleccionemos  alguno de los tramos de las líneas del metro (tiene que ponerse amarillo). Luego apretemos el botón mover  y arrastremos el tramo seleccionado. IMPORTANTE: no guardar los cambios ya que no queremos modificar la capa, solo probar algunos cambios. Luego podemos presionar el botón Herramienta de Nodos  y seleccionar alguno de los nodos o vértices del tramo seleccionado y moverlo. Salimos del modo Edición SIN GUARDAR.

Hay otras herramientas de edición de geometrías (como copiar y pegar geometrías, eliminar, etc.) que pueden probarse. Sin embargo, insistimos que QGIS y otros *softwares* para SIG no están diseñados especialmente para el dibujo o diseño, por lo que no son muy flexibles en este ámbito.

## EJERCICIO: Elección de terreno para nuevo Equipamiento de Salud

El ejemplo que presentamos a continuación es ilustrativo sobre el tipo de preguntas que podemos responder a partir del uso de SIG. Usaremos algunas operaciones geométricas para determinar el potencial de un conjunto de terrenos candidatos para localizar nuevo equipamiento de salud. Para esto nos basaremos en el equipamiento existente, en la cobertura de la red de metro, y en la población objetivo.

Para la selección del terreno, imaginaremos que se nos ha pedido cumplir con 3 criterios:

- Que no esté en el área de cobertura de un equipamiento de salud ya existente.
- Que sea accesible en metro.
- Que beneficie a la mayor cantidad de hogares de menores ingresos.

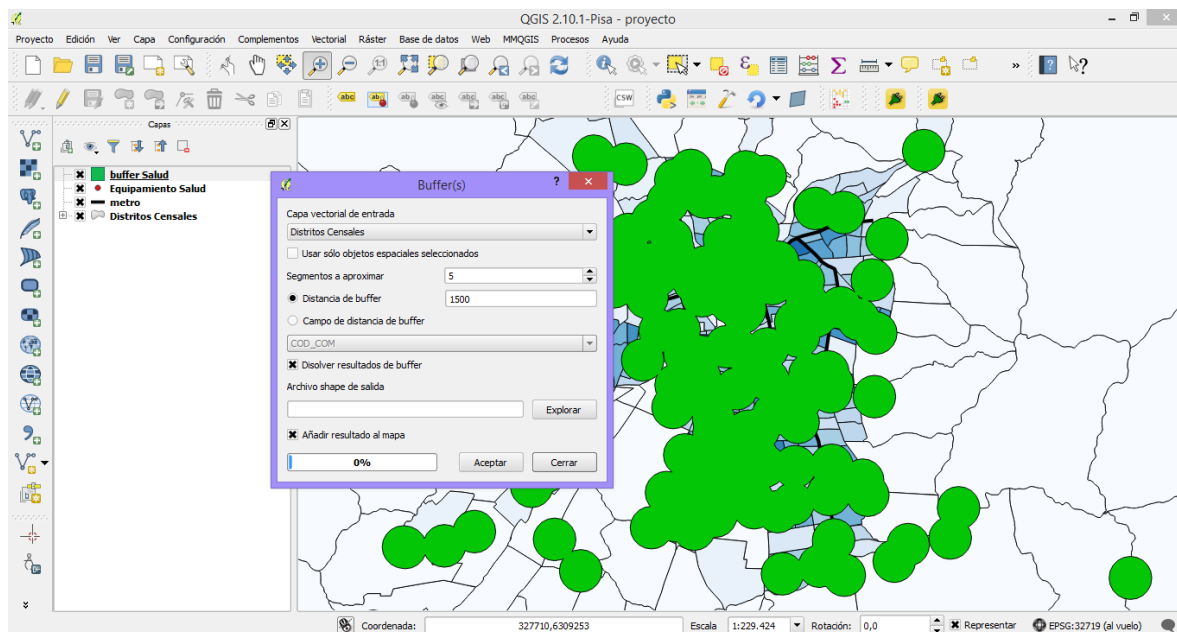
A continuación, mostraremos los pasos que seguiremos para determinar el mejor terreno de acuerdo a estos criterios.

## 6. Operaciones geométricas con Coberturas

Usaremos una operación geométrica para cumplir con el primer criterio.

Si bien hemos visto que es posible editar las coberturas para producir nuevas geometrías, en general se opta por producir nueva información mediante geoprocetos, que producen nuevas coberturas a partir de las ya existentes.

- **Paso 16:** En primer lugar, determinaremos un área de influencia de 1500 m. respecto a los centros de salud ya existentes. Para esto haremos un geoproceto llamado "Buffer" (área de influencia). Ir al menú Vectorial --> Herramientas de Geoproceto --> Buffer. En el cuadro de diálogo, elegir como capa vectorial de entrada la cobertura de salud. Luego ingresar la distancia de buffer (1500 m.), seleccionar "disolver resultados de buffer", e ingresar un nombre y ubicación para la cobertura de salida (el buffer se guardará como una cobertura aparte). Verificar que esté seleccionada la opción de "agregar el resultado al mapa". Apretar Aceptar.



*Ventana de diálogo para crear los buffer y el resultado desplegado en el mapa.*

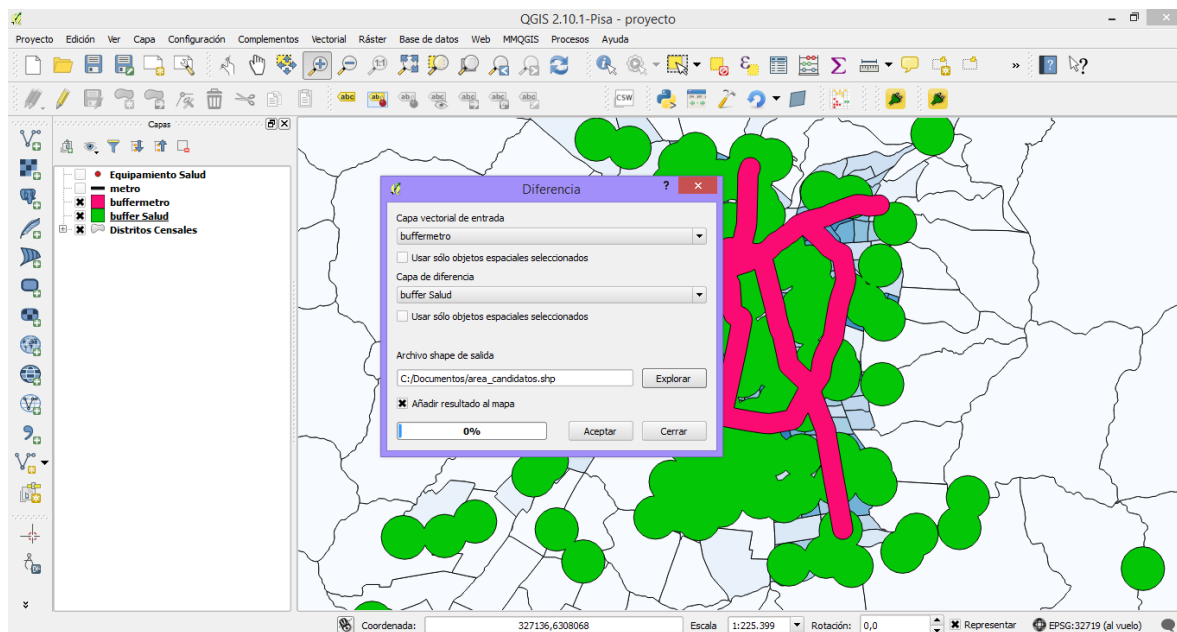
Hemos definido una shape con el polígono (la suma de los buffers) que tiene las áreas ya cubiertas por equipamiento de salud (considerando 1500 m como el área de cobertura). El primer criterio sería localizar el nuevo equipamiento en un área no incluida en este polígono.

Como segundo criterio para la localización, usaremos la accesibilidad en metro. Es deseable que nuestro nuevo equipamiento esté a cierta distancia de alguna línea de metro, para que pueda ser usado no sólo por la población cercana. Consideramos 700 m. como una distancia razonable a la cual el equipamiento pueda ser accedido desde el metro.

- **Paso 17:** Hacer un buffer de 700 m. sobre la capa de línea de metro, de la misma forma que con la capa de salud.

Para cumplir con los criterios que nos propusimos, los terrenos candidatos deben estar dentro del buffer de metro, pero fuera de los buffer de salud. Para determinar los polígonos dónde deben estar los terrenos candidatos, haremos una operación geométrica de diferencia, en la cual tomaremos los buffer de metro, y le restaremos las áreas que intersectan con buffers de salud.

- **Paso 18:** Ir a menú “Vectorial”, elegir “Herramientas de Geoproceso”, y luego la herramienta “Diferencia”. En la ventana de diálogo, tenemos que elegir la capa de entrada (buffer de metro) y la capa que nos servirá para sustraer a la primera capa (buffer de salud). Debemos elegir dónde guardaremos la capa resultante (ojalá una carpeta de trabajo dónde tengamos las otras capas).



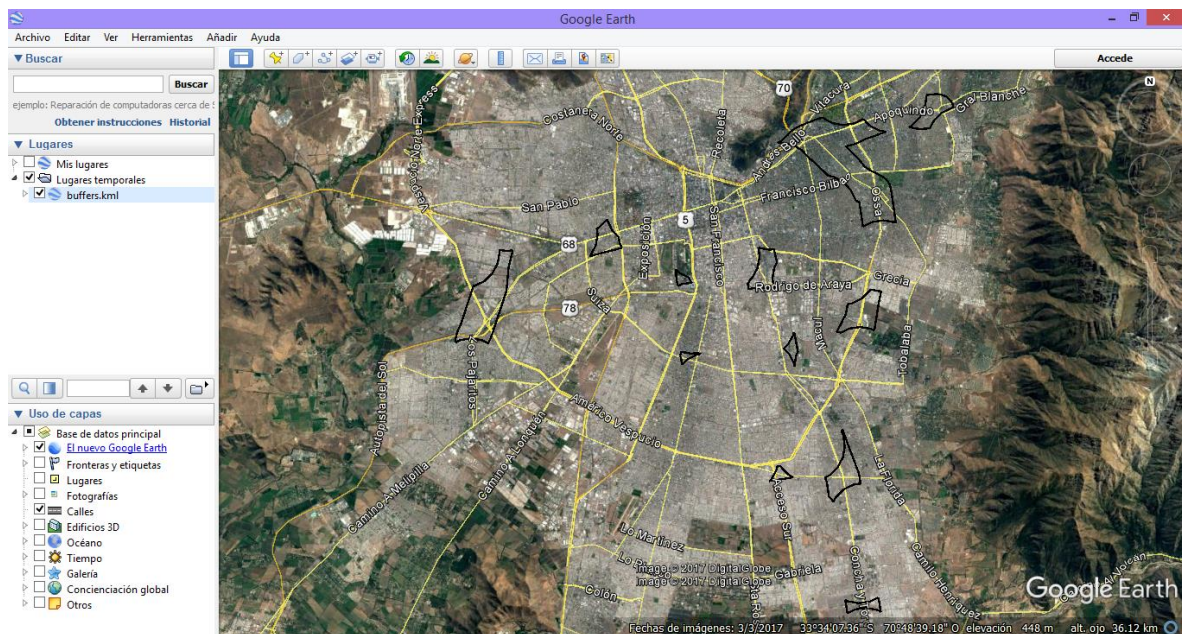
*Ventana de diálogo para efectuar la operación de diferencia. Atrás se observan los Buffer de metro y de salud.*

Observamos que creamos una nueva capa o *shape* con polígonos que corresponden a las áreas dónde podemos localizar el nuevo equipamiento.

## 7. Exportar e importar *shapes* hacia Google Earth (kml)


Ahora, lo que nos interesa es poder usar estos polígonos que generamos para observar en una imagen satelital si dentro de éstos hay terrenos disponibles para la instalación del nuevo equipamiento. Para esto, debemos guardar el shape generado como un archivo kml, el cual se puede desplegar como geometría en Google Earth.

- **Paso 19:** Seleccionar el shape a guardar en la lista de shapes a mano izquierda, ir a menú Capa, y seleccionar “Guardar como”. En la ventana de diálogo, elegir como formato “Keyhole Markup Language (kml)”, elegir el directorio donde se guarda y el Sistema de Referencia de Coordenadas (src), el cual debe ser el mismo que usamos en el proyecto (WGS84, 19S). No tickear la casilla de “añadir archivo guardado al mapa”, ya que no lo usaremos en nuestro proyecto de QGIS.
- **Paso 20:** Abrir Google Earth (programa descargable y gratuito), y apretar menú “abrir”, con lo cual podemos buscar el archivo kml que generamos.

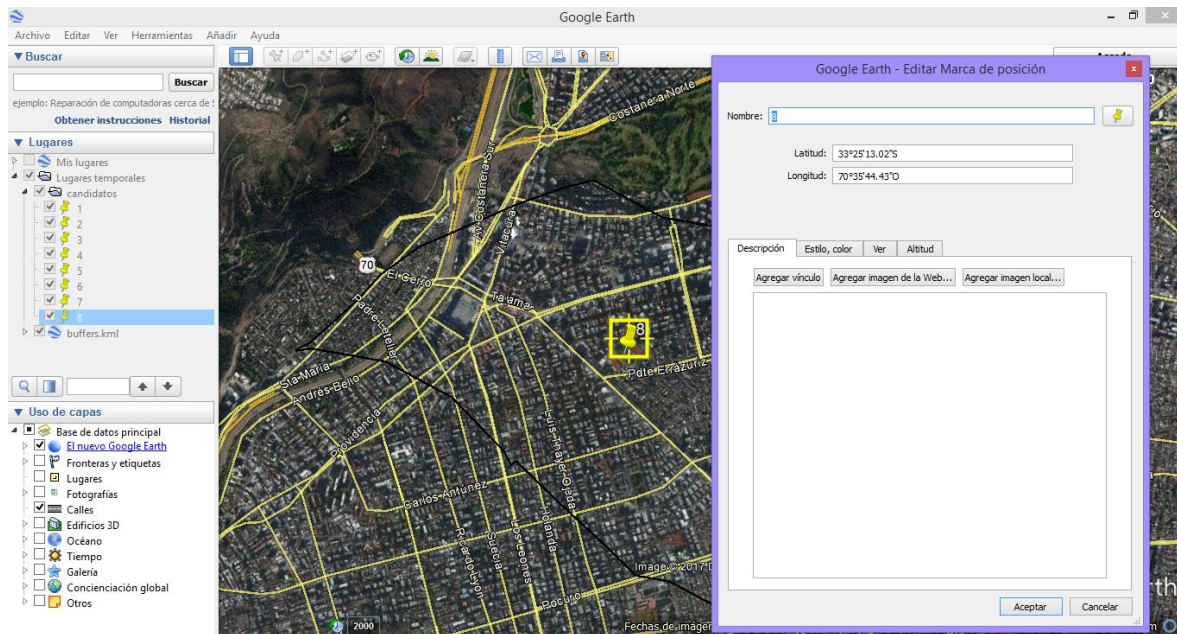


*Áreas candidatas desplegadas en Google Earth como polígonos.*

En este momento, podemos explorar dentro de las áreas los terrenos disponibles, y marcar su localización como puntos para luego generar una capa a partir de estos para ser llevada a QGIS.

- **Paso 21:** Hacer una carpeta nueva en la lista de lugares (a la izquierda). Esto se hace apretando botón derecho en “Mis lugares”, y seleccionar “nueva carpeta”. Teniendo esa carpeta seleccionada, podemos agregar “pinchos” o localizaciones que se almacenan en la carpeta. Para esto, debemos hacer zoom en alguno de los polígonos para buscar un terreno, y una vez encontrado, apretar el botón  para localizar una marca, le ponemos un nombre y cerramos. Podemos hacer esto con cada uno de los polígonos, hasta tener unos 8 terrenos candidatos.

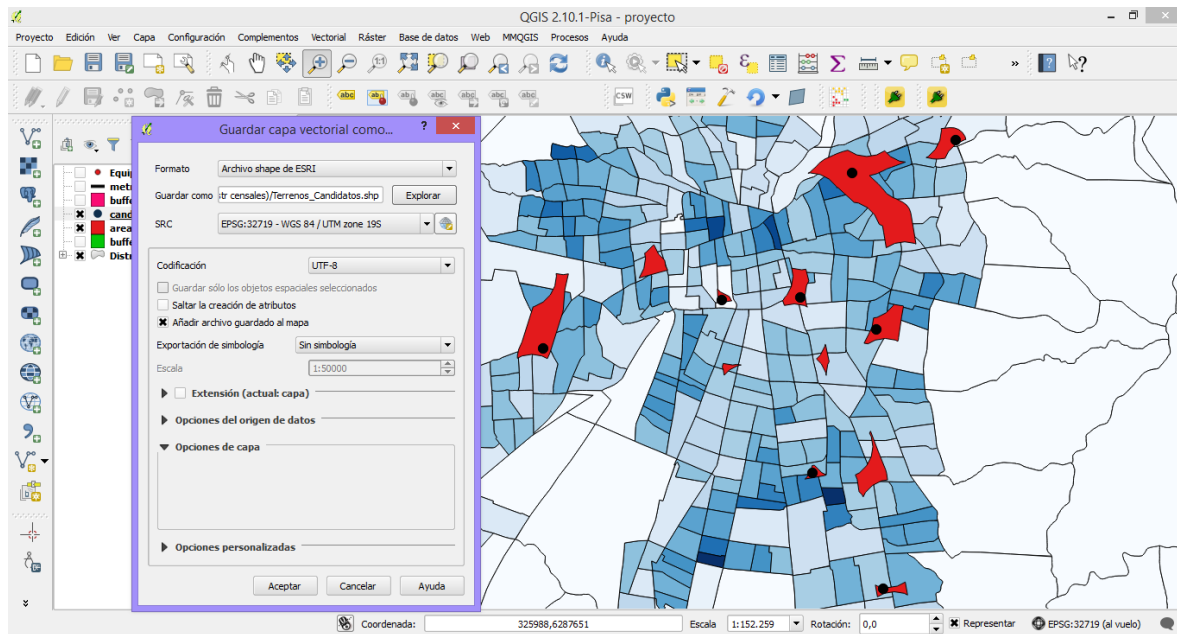




*Localizando uno de los terrenos candidatos. Las marcas se van almacenando en la carpeta que creamos en el panel de “Mis Lugares”.*

- **Paso 22:** Una vez que tenemos los terrenos marcados, podemos guardar el conjunto de candidatos como un archivo kml. Para esto se debe apretar botón derecho en la carpeta que contiene las marcas, y apretar “guardar lugar como”, y elegir el nombre y la carpeta destino. Es importante que el formato sea kml y no kmz.
- **Paso 23:** Una vez teniendo el kmz con los terrenos candidatos, este se puede abrir en QGIS simplemente arrastrando el archivo desde su carpeta hasta la ventana de QGIS, o en el menú “capa”, “añadir capa”, “añadir capa vectorial”. El archivo que añadimos se ve como un shape pero en realidad sigue siendo un kml. Para poder trabajar con él tenemos que guardarlo como shape, apretando botón derecho en la capa en el panel de capas, y seleccionando “guardar como”. Debemos elegir el directorio y nombre para guardar el archivo shape, y además debemos definir su SRC (WGS84, 19s). Hay que seleccionar “añadir archivo al mapa”.

Una vez hecho esto, ya tenemos un shape nuevo cuya geometría fue completamente generada por nosotros a través de Google earth. Podemos observar que tiene una tabla de atributos donde aparece el nombre que le designamos a cada punto, y en la cual podemos agregar columnas con información de igual forma que lo hicimos con los otros shapes.



*Ventana de diálogo para guardar archivo kml como shape.*

## 8. Evaluar el mejor candidato.

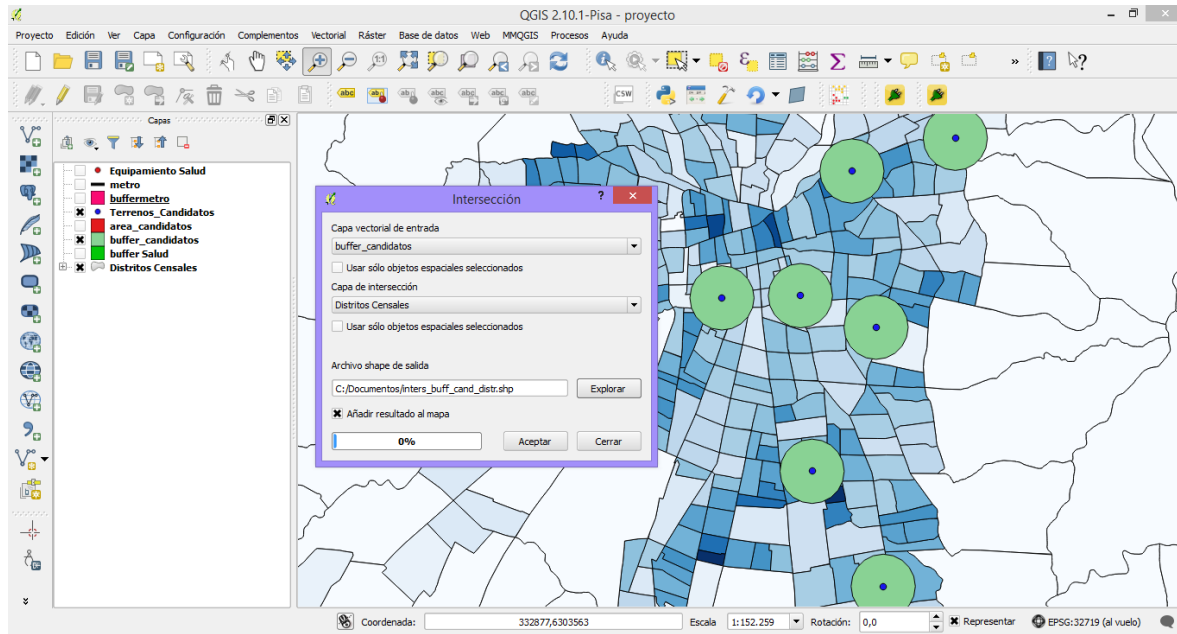
Para poder definir con cual candidato nos quedaremos para instalar el nuevo equipamiento, usaremos un criterio de mayor población objetivo servida. Para este ejemplo, consideramos que el tipo de hogar que se podría beneficiar son los de tipo D y E (menores ingresos). Definiremos un área de influencia desde cada candidato, y basándonos en la información de los distritos censales, observaremos cuántos hogares se benefician con cada candidato.

- **Paso 24:** Hacer un buffer de 1.500 m. desde cada terreno candidato, de la misma forma que lo hicimos con el metro y los servicios de salud ya existentes.

En este momento es necesario saber cuántos hogares de tipo D y E hay dentro de cada buffer. Sin embargo, esa información la tenemos a nivel de distrito. Pero también tenemos la información de densidad de hogares D y E en los distritos, por lo que si sabemos cuánta área toma cada buffer de cada distrito, podemos imputar, a partir de la densidad, la cantidad de hogares de estos tipos en el fragmento de buffer que Intersecta el distrito.

Usaremos la herramienta de “intersección”, que permite generar un nuevo shape con polígonos que corresponden al área de traslape entre los polígonos de dos shapes. Lo interesante de esta herramienta, es que los nuevos polígonos generados heredan la información de ambas entidades que se intersectaron.

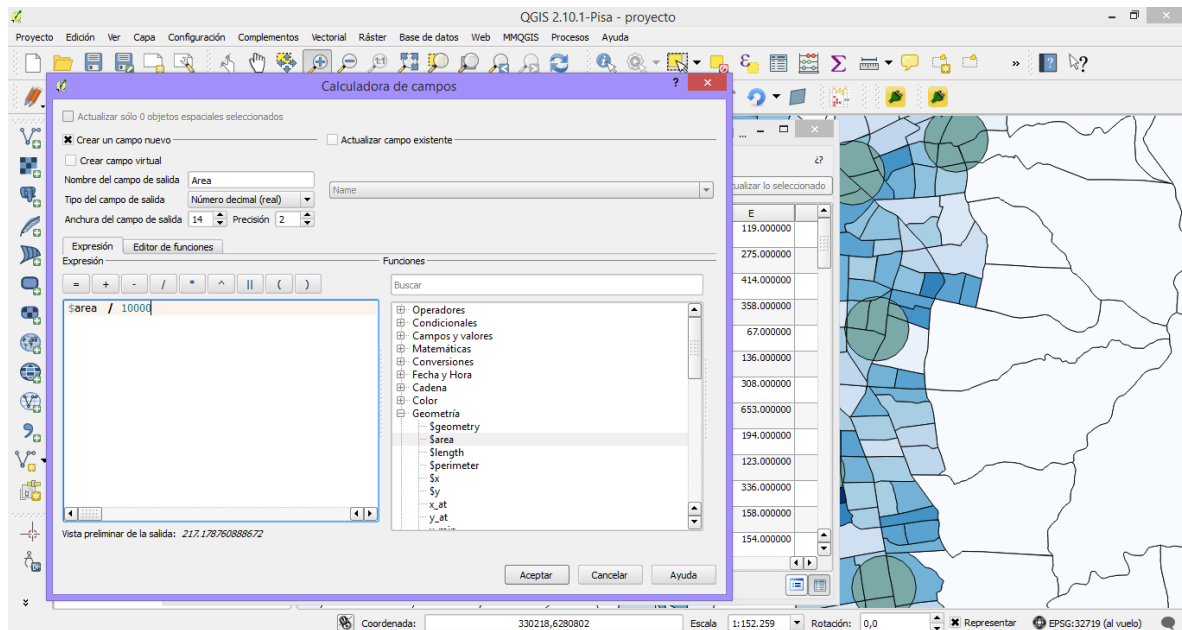
- **Paso 25:** Ir a menú “vectorial”, “herramientas de geoprocso”, “intersección”. Elegir las dos capas a intersectar (buffers de terrenos candidatos y distritos censales), y la carpeta dónde guardar el nuevo shape.



El nuevo shape que generamos tiene círculos igual que los buffers de los terrenos candidatos, pero estos polígonos están divididos en fragmentos definidos por los límites de los distritos censales. Cada fragmento tiene la información del buffer (el id del candidato) y la información de cada distrito censal intersectado.

A partir de esto, para saber cuántos hogares D y E hay dentro de cada buffer, tenemos que sumar los hogares D y E dentro de cada fragmento del buffer. Para esto necesitamos la densidad y el área de cada fragmento de buffer. Al multiplicar la densidad por el área, obtenemos los hogares.

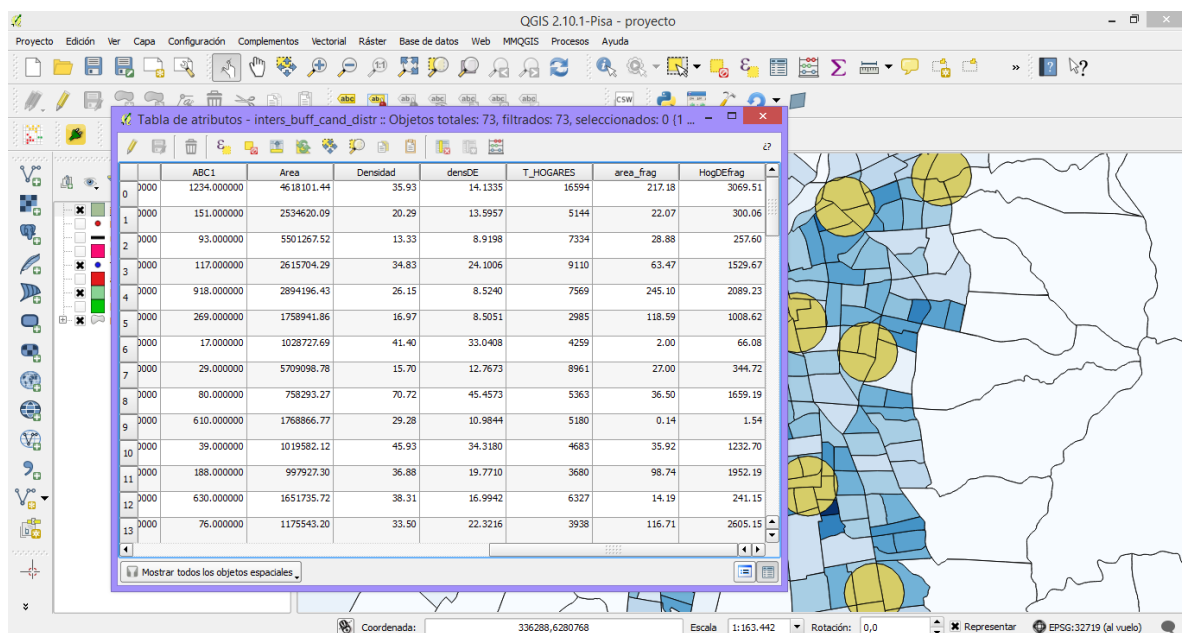
- Paso 26:** Ir a la tabla del nuevo shape de fragmentos de buffer de terrenos, entrar en modo edición e ir a la calculadora de campos. Elegir crear una nueva columna, con datos de tipo real. Para escribir la expresión que define los datos que tendrá la nueva columna, podemos ir al menú de la derecha en la ventana de diálogo, y elegir el menú “geometría” y la expresión “\$area” (haciendo doble click). Con esto estamos indicando que la nueva columna tenga el dato del área (en metros cuadrados) de cada polígono (en este caso de cada fragmento del buffer). En el cuadro de expresiones debemos dividir el área por 10.000 para que el dato quede en hectáreas, ya que esa era la unidad que estábamos usando para la densidad.



*Ventana de diálogo con la expresión necesaria para generar los datos de la nueva columna con el área de cada fragmento de buffer.*

- **Paso 27:** de la misma forma que en el paso anterior, para encontrar la cantidad total de hogares de tipo D y E en cada fragmento, necesitamos crear una nueva columna en el mismo shape, en la cual el dato sea la multiplicación entre los datos de densidad de D y E, y de área del fragmento. Tenemos que generar la nueva columna en la calculadora de campos, y la expresión que define los datos en la nueva columna debe multiplicar ambas columnas:

*"densDE" \* "area\_frag"*



*Tabla de atributos del shape de fragmentos de buffer, con el dato de la cantidad de hogares tipo D y E en cada fragmento.*



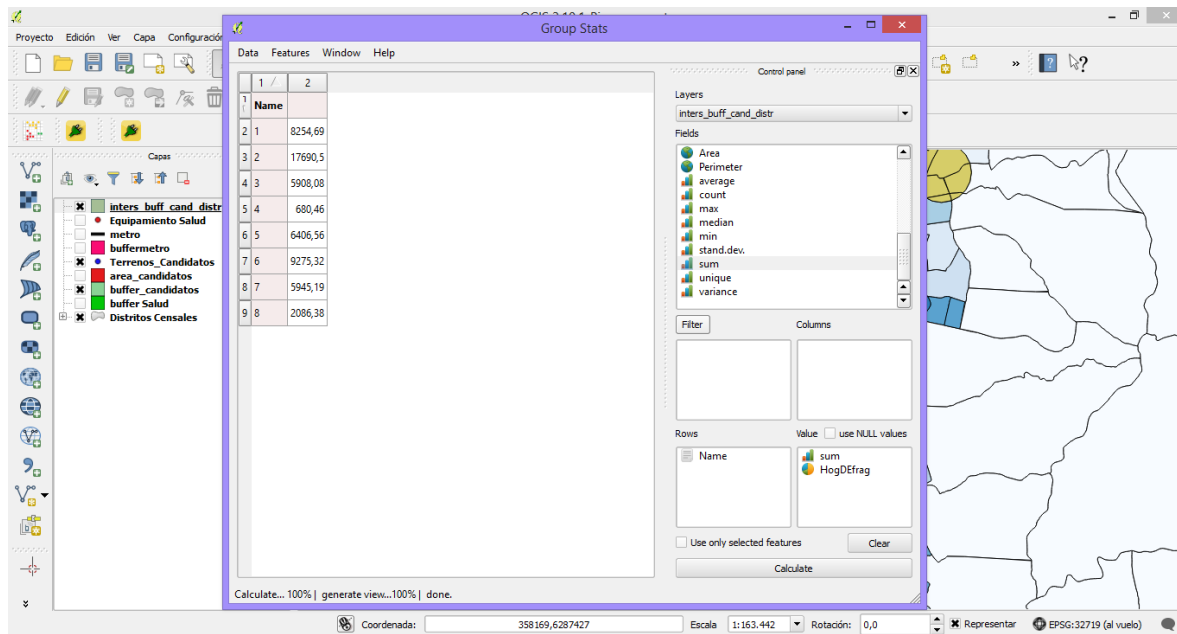
Con esto se obtiene una columna con la cantidad de hogares D y E en cada fragmento de buffer.

A partir de esta información necesitamos simplemente, para cada buffer, sumar la cantidad de hogares D y E en cada uno de sus fragmentos, y el que tenga más hogares es el más idóneo para recibir el nuevo equipamiento.

Este proceso se puede hacer a mano, aunque con una gran cantidad de fragmentos y candidatos puede ser muy lento. Una opción es llevar los datos de la tabla a alguna planilla de cálculo (Excel por ejemplo). Esto es posible abriendo la tabla de atributos en QGIS, entrando en modo edición, seleccionando todas las casillas y copiando y pegando en una hoja nueva en Excel. A partir de esto se puede usar una tabla dinámica u ordenar los registros por candidatos, sumando con fórmula los hogares D y E por candidato.

Otra opción es el uso del plug-in Group Stats, que permite hacer tablas dinámicas dentro de QGIS, para generar resúmenes estadísticos o cruces de datos de forma fácil. Para instalar el plug in es necesario una conexión a internet.

- **Paso 28:** Para habilitar el plug in Group Stats, debemos ir al menú “Complementos”, “administrar e instalar nuevo complemento”. Dentro de la ventana de diálogo, debemos buscar el plug in “Group Stats”, y elegir la opción de Instalar complemento.
- **Paso 29:** Una vez instalado, para acceder al plug in debemos ir al menú Vectorial, y seleccionar el plug in, con lo cual entramos en la ventana de diálogo de éste. Con esta herramienta podemos hacer resúmenes estadísticos. En este caso, necesitamos sumar los valores de la columna HogDE (columna con los hogares D y E en cada fragmento), pero separado por cada candidato. Para esto tenemos que elegir en el menú “Layers”, la capa de fragmentos de buffers, y luego arrastrar desde el menú de “Fields” (columnas) el nombre de la columna que tiene los datos de hogares D y E en cada fragmento, hacia el campo de Value. Luego arrastrar el nombre de la columna que tiene el id de cada terreno candidato hasta el campo Rows. Luego, como queremos hacer una suma de todos los valores de la columna para cada candidato, entonces debemos arrastrar la función “sum” hacia el campo de “Values”. Luego de esto apretamos “Calculate”, y a la izquierda va a aparecer los resultados. A partir de estos, se puede observar qué candidato tiene la mayor cantidad de hogares D y E en su área de influencia, y por lo tanto es más recomendable bajo los criterios señalados.



*Cuadro de diálogo de Group Stats, con los resultados.*

Para el ejemplo mostrado, observamos que el terreno número 2, que se ubica en el sector sur de la ciudad, en la comuna de La Granja, tiene la mayor cantidad de hogares de D y E en su área de influencia, por lo que se presenta como el mejor candidato.

Con esto hemos podido definir un terreno apto según los criterios que se nos pidieron, para lo cual hemos mostrado la utilidad de los SIG. También hay que tener en cuenta que los resultados dependen de los criterios y supuestos usados, y que el anterior es un ejemplo sencillo de un problema que en la realidad debiera abarcar muchas más variables.

## Formatos y proyecciones

### 9. Informaciones Vectorial y Raster, y Cuadrículas Vectoriales

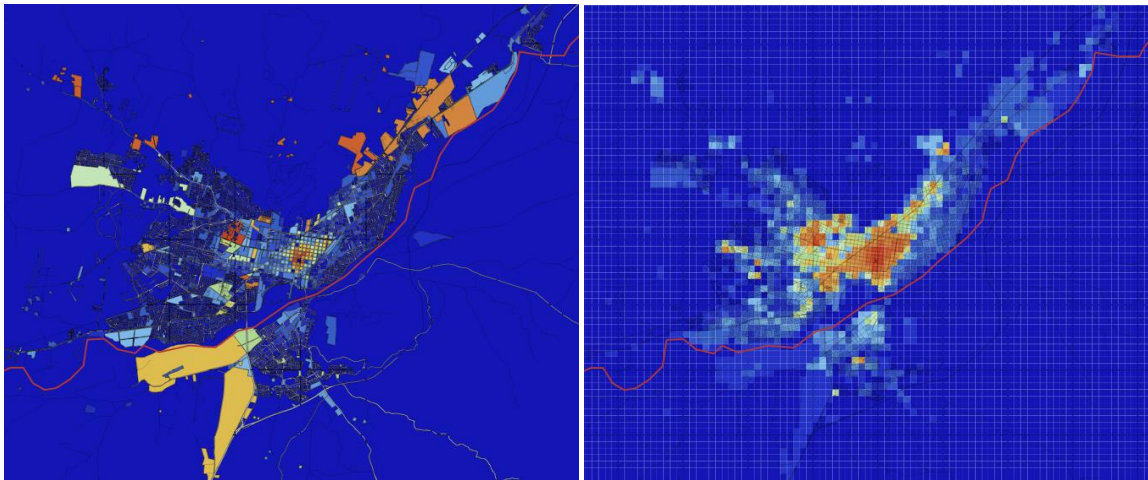
Dentro del contexto de los SIG, hay una importante división entre dos tipos de información espacial: vectorial y raster. En los ejercicios que hemos realizado hasta el momento usamos la primera. La información vectorial se basa en objetos o entidades geométricas que tienen ciertas propiedades que definen su geometría (en el caso de un punto, sus coordenadas; las líneas se definen por coordenadas del punto de inicio y del punto final, o en su defecto por un ángulo, un largo y un punto; los polígonos por un conjunto ordenado de puntos). A su vez cada entidad posee información adicional, como la que hemos visto almacenada en las tablas.

La información raster se basa en matrices o cuadrículas de celdas que contienen información o valores, tal como los píxeles de una imagen.

Ambos formatos son usados dependiendo de las necesidades. Por una parte, la información vectorial puede ser más económica en memoria, más fácil de editar y de manejar en cuanto son objetos reconocibles, por lo mismo también es más intuitiva para trabajo con elementos espaciales bien definidos (por ejemplo, para información de comunas). Por su parte, la

información raster es apropiada cuando tenemos capas extraídas de imágenes satelitales (por ejemplo, información de usos de suelos a nivel regional). Probablemente cuando hemos entendido y procesado la información raster, podemos generar polígonos con zonas según usos, aunque muchas veces queremos mantener el formato raster para estudiar o modelar los cambios de usos de suelo. El formato raster es adecuado para estudios en los que las entidades pueden mutar y por lo tanto requerimos de una cuadrícula uniforme para representar la información.

La información raster permite mayor facilidad en el estudio de proximidades entre los elementos, ya que la disposición de las celdas hace muy simple el cálculo de distancias entre ellas y sobre todo condiciones de vecindad, permitiendo estudios territoriales basados en métodos como son los Autómatas Celulares.



*Información de Manzanas en formato vectorial y en formato raster.*

Dentro de QGIS, la separación se manifiesta en que es posible ver que hay dos menús por separado para cada tipo de archivo, cada uno con sus geoprocursos particulares. También los formatos de archivos son diferentes.

De todas formas, es útil pensar que el formato raster es un tipo de información vectorial, si se considera que una cuadrícula es un conjunto de polígonos cuadrados dispuestos de forma ordenada. Para efectos de este curso, usaremos un formato que se basa en este último concepto, denominado Cuadrículas Vectoriales.

Las Cuadrículas Vectoriales son arreglos de polígonos en forma de cuadrícula, con el objetivo de tener la facilidad de cálculo de propiedades espaciales de los archivos raster, pero con la versatilidad del manejo de los archivos y tablas con atributos propias de los archivos vectoriales. Para todos los efectos, son archivos vectoriales, pero su disposición ordenada permite realizar con mayor facilidad los modelos y simulaciones que haremos en el curso. Si se desea experimentar con Cuadrículas Vectoriales, en QGIS se puede ir al menú Vectorial --> Herramientas de investigación --> Cuadrículas vectoriales, a partir de la cual se puede crear una Cuadrícula indicando un área de referencia y una resolución.

## **10. Proyecciones**

Hay que tener ciertas consideraciones en este aspecto, ya que eventualmente podríamos lidiar con capas que tengan problemas de proyección, o para las cuales debamos definir su proyección (si bien para los ejercicios de este curso no deberíamos tener problemas). En resumen, es necesario manejar los conceptos de **Datum**, **Proyección** y **Huso**.

Como sabemos, la información territorial se ubica sobre el planeta Tierra, el cual tiene una forma semi regular (Geoide). Para poder modelar la Tierra y representarla se aproxima su forma a un elipsoide. Hay diferentes convenciones de Elipsoides (WGS84, Clarke, Everest, Hayford, etc.).

Como este elipsoide produce ciertas distorsiones respecto a la realidad, sobre todo a escala local, se acostumbra usar un punto de referencia en la zona que queremos mapear y hacer coincidir el elipsoide con el geoide en ese punto. A ese punto o Sistema de Coordenadas de Referencia le llamamos **Datum**. Hay numerosas convenciones de Datum para diferentes zonas (PSAD 56 para Sudamérica, NAD83 para Norteamérica, ED50 para España, etc.). Sin embargo, actualmente se usa un Datum de tipo global, que permite un estándar para todas las zonas (muy importante para el uso de GPS), que se basa en el elipsoide WGS84 y se le llama del mismo nombre.

Una vez habiendo ubicado un elipsoide de referencia, es posible localizar los elementos a representar en un sistema de coordenadas esférico (Latitud y Longitud). Sin embargo, nosotros necesitamos representar la información en un plano, ya sea en forma de un papel (como era antiguamente), o en la pantalla de nuestro computador. Es por esto que se utilizan **Proyecciones**, que permiten llevar la información de un elipsoide a un plano. Como es de esperar, estas proyecciones producen deformaciones, por lo tanto, es importante que puedan adecuarse a cada zona a mapear. Una proyección plana (un plano tangente al Datum sobre el cual se proyectan ortogonalmente lo existente en el elipsoide) es útil para mapear zonas acotadas, pero producen deformaciones a medida que los objetos se alejan del punto de referencia.

La proyección más usada actualmente es la de Mercator (UTM), que en vez de un plano usa un cilindro vertical que envuelve el elipsoide, el cual luego se despliega para ser visto como un plano.

Sin embargo, esto requiere una última corrección. En realidad, se usa una suerte de cilindro facetado, es decir, cada 6° en el elipsoide se usa una cara distinta que es tangente al elipsoide, para adaptarse mejor a la información representada. Cada una de estas caras es llamada **Huso**. En Chile nos ubicamos en el Huso 19S (18S para el sur del país).

Al conjunto de especificaciones de Datum, Proyección y Huso para un proyecto le llamamos Sistemas de Referencia de Coordenadas (SRC).

En términos prácticos, cuando queremos trabajar con coberturas en un SIG, tenemos que preocuparnos de que los SRC sean iguales para todas las coberturas, de lo contrario se pueden producir errores en los cruces de geometrías y en la representación en general. Es muy común que recibamos archivos con coberturas que estén en PSAD56, o puede haber clientes que requieran por bases que la información esté en algún otro SRC.

En general las coberturas traen consigo un archivo de extensión prj que indica el SRC en que se va a proyectar la capa al cargarla en el proyecto. A continuación, veremos algunas verificaciones que podemos hacer a nuestros archivos para evitar errores de proyección.

- **Paso 30:** Ir a la carpeta con las coberturas que estamos trabajando. Buscar el archivo .prj de cualquiera de las coberturas y abrirlo con un editor de texto. Podemos observar que aparecen los textos WGS84 y 19S, lo cual indica que cuando carguemos la cobertura, esta se proyectara según ese SRC. Cerramos el archivo.
- **Paso 31:** Vamos al proyecto en SIG. Si vamos a la ventana de Propiedades de la Capa y luego a la pestaña "General", podemos ver una sección con el Sistema de Referencia de Coordenadas. Vemos que la información es la correcta. Podemos hacer un ejercicio: En el menú desplegable de esa sección podemos elegir otro SRC (elijamos el SAD69). Al apretar "Aplicar", podemos observar un leve corrimiento de la capa. Volvamos en la misma lista al original (EPSG:32719, WGS84 / UTM Zone 19S) y la capa vuelve a la localización original.

En general, cuando recibimos una capa para trabajar con ella, conviene verificar primero en el archivo de proyección cuál es su SRC. En caso de que la cobertura se encuentre en un SRC diferente al deseado, es posible reproyectarla. Esto se hace cargando la capa en QGIS, luego guardando la capa con otro nombre desde QGIS (apretando botón derecho en la cobertura en el listado de capas y eligiendo "guardar como"), y luego en la ventana de guardado elegir el SRC deseado para guardar la capa.

Las coberturas a usar en este curso están bien georeferenciadas, pero como estimulamos a que los alumnos puedan obtener información de otras fuentes, es importante recalcar que es necesario estar atento a los SRC de las capas que reciban.