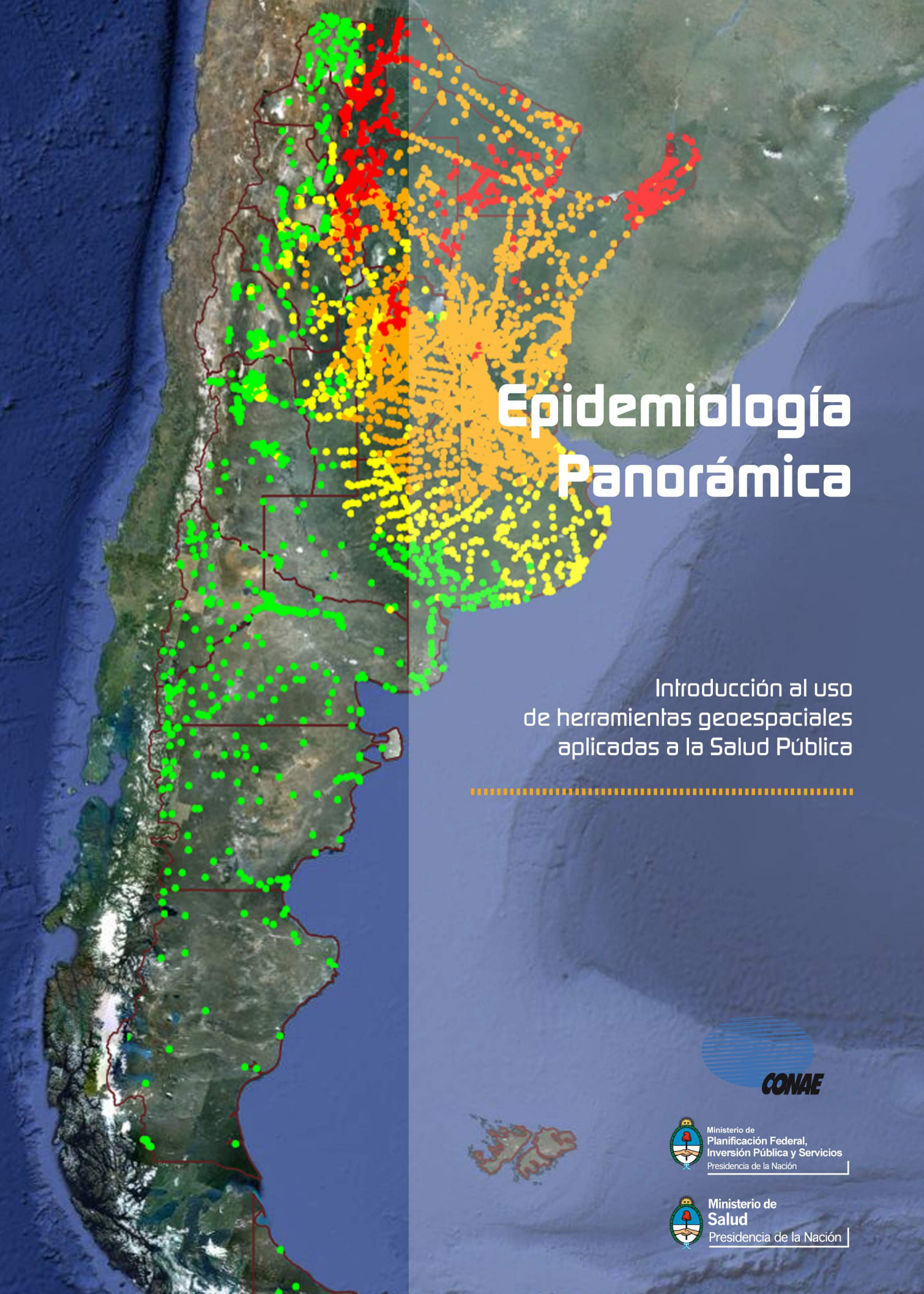


Epidemiología Panorámica

Introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la Salud Pública

CONAE

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios
Presidencia de la Nación

Ministerio de Salud
Presidencia de la Nación

Epidemiología Panorámica

Introducción al uso
de herramientas geoespaciales
aplicadas a la Salud Pública

Autoridades

Ministerio de Salud de la Nación

Presidenta de la Nación
Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Ministro de Salud de la Nación
Dr. Juan Luis Manzur

Secretario de Promoción y Programas Sanitarios
Dr. Jaime Lasovski

Subsecretaria de Prevención y Control de Riesgos
Dra. Marina Kosacoff

Director de Epidemiología
Dr. Juan Hermann

Ministerio de Planificación

Presidenta de la Nación
Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios
Ministro de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios
Arq. Julio De Vido

Comisión Nacional de Actividades Espaciales
Dirección Ejecutiva y Técnica
Dr. Conrado Franco Varotto

Epidemiología Panorámica

Introducción al uso
de herramientas geoespaciales
aplicadas a la Salud Pública

Epidemiología panorámica : introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la salud publica / Camilo Hugo Rotela ... [*et.al.*] ; con colaboración de Mabel Moral ...[*et.al.*]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comisión Nacional de Actividades Espaciales; Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios Ministerio de Salud de la Nación. Dirección de Epidemiologia., 2014.
98 p. : il. ; 20x22 cm.

ISBN 978-987-96864-1-6

1. Salud Pública. 2. Epidemiología. 3. Aplicaciones Informáticas. I. Rotela, Camilo Hugo. II. Moral, Mabel, colab.
CDD 614

Fecha de catalogación: 07/07/2014

Tirada: 500 ejemplares

Equipo de trabajo

Autores:

De Elia, Estefanía Aylén
Elorza Claudia Gabriela
Horlent, Natalie
Lamaro, Anabel A.
Lanfri, Mario Alberto
Lanfri, Sofía
Otero, Josefina
Pons, Diego Hernán
Porcasi Gomez, Ximena
Rotela, Camilo Hugo
Scavuzzo, Carlos Marcelo
Torrusio, Sandra

Colaboradores:

Cruz Ferreira Silva Heloisa Helena da
García Enio José
Gazia María Victoria
Moral Mabel Irma

Diseño: Andrés Venturino (OPS/OMS Arg).

Fuentes de financiamiento: Ministerio de Salud de la Nación.

El Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de Argentina y el Ministerio de Salud de la Nación expresan su agradecimiento al apoyo técnico brindado por la Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) para la realización de la presente publicación.

Índice

Introducción - Geoprocesamiento y salud **10**

Capítulo 1
Los sistemas satelitales y Teledetección
1.1 Conceptos básicos sobre teledetección **16**
1.1.2 Definición
1.2 La radiación electromagnética **17**
1.3 Tipos de satélites y sensores **18**
1.3.1 Clasificación de los Satélites
1.3.2 Clasificación de los Sensores
1.4 Satélites existentes **20**
1.5 Aplicaciones **21**

Capítulo 2
Sistemas de información Geográfica, Cartografía y GPS
2.1 Concepto de Sistema de Información Geográfica (SIG) **29**
2.2 Origen y Evolución **30**
2.3 Funcionalidad de un SIG **31**
2.4 Sistema de representación de los datos: Raster y Vectorial **33**
2.4.3 Base de datos geográficos
2.5 Cartografía **36**
2.6 Sistemas de Posicionamiento Global **40**
30

Capítulo 3
Las imágenes satelitales y los SIG aplicados a la Salud y Epidemiología en instituciones públicas de Argentina
3.1 Representaciones y notificaciones univariadas (una capa de información) **43**
3.2 Co-ocurrencia de variables: Representación de posibles factores de riesgo **45**
3.3 Opciones de obtención y manipulación de datos geo-referenciados **46**
3.4 El concepto de integración espacial por capas y el análisis multifactorial en epidemiología **48**
3.5. Los SIG en entorno WEB, sistemas operativos con interacción multiusuarios **50**

Capítulo 4
Herramientas Geoespaciales Aplicadas al Ambiente y la Salud: Tutorial de aplicación
- APARTADO I: Herramientas y procedimientos básicos en gvSIG **53**
  - Procedimiento de inicio en gvSIG
  - Configuración general de gvSIG Desktop 1.11
  - Configuración de Preferencias
  - Configuración de la Edición
  - Visualización de la información del proyecto

Añadir capas de información geográfica
Simbología
Leyenda Predefinida
Navegación
Medición de áreas y distancias
Localización de registros
Localizador por atributo
Seleccionar directamente desde la tabla de atributos
Seleccionar con filtros desde la tabla de atributos
Seleccionar desde la vista
Añadir capas de información geográfica desde Servidores de Mapas Web.
Guardar elementos seleccionados como nuevas capas
Selección desde Tabla
Bases de datos (tablas de datos alfanuméricas)
Unir tablas a partir de Selección por atributos
Enlace de Tablas
Importar Campos
Exportar tablas
Agregar un hipervínculo (Edición)

APARTADO II. Creación y edición de capas en gvSIG 71
Visualizar una capa Raster (Imagen de satélite, fotografía aérea, imagen digital)
Crear una nueva Capa Vectorial
Editar de una Capa Vectorial
Asignar atributos a las entidades creadas
Crear una capa de Puntos
Crear una capa de multipuntos

APARTADO III. Geoprocesos 77
Geoprocesamiento
Reproyectar una capa
Recortar (Clip)
Área de influencia (Buffer)
Intersección
Disolver (Dissolve)

APARTADO IV. Generación de mapas 86
Generación de mapas en un proyecto
Añadir vistas al mapa
Añadir leyendas al mapa
Otros elementos del mapa
Publicar e imprimir

Apartado V. Aplicaciones de Google Earth y GPS en Salud 90
Características Generales del Software
Búsqueda de direcciones y ubicaciones
Presentación y ocultación de lugares de interés
Marcas de Posición en Google Earth: Creación y edición de puntos geográficos
Almacenamiento de marcas de posición
Creación de carpetas
Importación de archivos kml desde Google Earth y exportación a archivos shapefile
Superposición de imágenes
Medición de distancias y áreas

Dibujo de rutas y polígonos
Interacción práctica entre SIGs y datos tomados por dispositivos GPS

Bibliografía utilizada y lecturas recomendadas **102**
Páginas web de interés

Introducción
Geoprocesamiento y salud

El análisis de distribución de las enfermedades y sus determinantes de las poblaciones, en el espacio y el tiempo, son un aspecto fundamental para la Epidemiología y por ende para la Salud Pública, envolviendo como consideraciones primordiales: ¿Quién enfermó? ¿Dónde y cuándo se produjo la enfermedad?

Ambas disciplinas se han ido asociando a otros actores, de diferentes especialidades y profesiones, que con sus visiones y enfoques aportan elementos de gran relevancia para entender la dinámica real del proceso salud-enfermedad-atención vinculado al ambiente.

Problemas como las enfermedades transmitidas por vectores y roedores, enfermedades asociadas con la transmisión hídrica y alimentaria, infecciones respiratorias, enfermedades humanas relacionadas con cambios bruscos de temperatura, patologías asociadas con la contaminación ambiental, así como otras entidades mentales, nutricionales e infecciosas, cada vez se asocian más con alteraciones del medio ambiente que propician su aparición, reaparición, incremento o incluso disminución o desaparición temporal o definitiva.

En este sentido la geografía es útil para analizar las características de localización y distribución de las manifestaciones de los grupos humanos, sus relaciones con los elementos naturales, sus diferencias locales, su dinámica, sus inter-relaciones e inter-actuaciones en la superficie terrestre o lugar.

Un poco de historia…..

La preocupación por la distribución geográfica de las enfermedades se remonta a un pasado bastante lejano, las relaciones entre la geografía y la salud fueron reconocidas desde la Antigüedad. Se atribuyen a Hipócrates (480 aC), los primeros registros sobre la relación entre la enfermedad y el entorno donde se produce. En su libro "Aires, Agua y Lugares" analizó la influencia del viento, el agua, el suelo y la ubicación de las ciudades en relación con el sol y la aparición de enfermedades, haciendo hincapié en la importancia del modo de vida de los individuos. Sin embargo, este enfoque ambiental y analítico fue pronto sustituido por la teoría de la causa divina de la enfermedad.

Un mayor acercamiento entre la geografía y la salud fue impulsado por los grandes descubrimientos colonizadores a partir del siglo XVII que, para proteger la vida de los colonos y sostener las actividades económicas, se vieron obligados a conocer las enfermedades de las nuevas tierras. Por estos tiempos, las características geográficas de los lugares (principalmente el clima) eran consideradas las responsables de la ocurrencia de las enfermedades. Esto contribuyó al nacimiento de la Medicina tropical que asociaba las enfermedades parasitarias e infecciosas con la zona de los trópicos.

El término "salud" en geografía aparece por primera vez documentada en el Siglo XVIII por el médico alemán Leonhard Finke en su obra "Geographie" (1795) en la que se plasma la relación que puede tener el espacio con la salud, para describir las enfermedades mismas y la solución a éstas. La importancia de dicho relato y sus explicaciones se pueden considerar como la más relacionada a la Salud Pública.

Desde entonces, la historia de la relación con la geografía se presentó fragmentada surgiendo diferentes orientaciones, que en cierta medida estuvieron relacionadas con la salud, como la Geografía Humana, de la Población, Urbana, Rural, Histórica, Social, Política y Cultural, que se acoplaron con otras ramas conocidas posteriormente como la del Comportamiento, del Género, de la Percepción, Humanística y Ambiental.

De todos ellos, los términos Geografía Médica y Geografía de la Salud resultaron los más ampliamente debatidos y aceptados para identificar aquella dirección de la geografía que se ocupa de la aplicación del conocimiento geográfico, métodos y técnicas a la investigación en salud, en la perspectiva de la prevención y control de enfermedades.

La primera aparición de la denominación "Geografía Médica" se produjo en Francia en el año 1843 y pronto se diseminó en todo el continente europeo. Los primeros trabajos fueron realizados por médicos empapados en la teoría higienista de la salud que regía al pensamiento de la época, así fue durante todo el siglo XIX. La preocupación de esta corriente se relacionaba con trabajos que intentaban definir el estado del medioambiente creado por las fábricas y las enfermedades asociadas con él, de allí que los principales estudios se llevaron a cabo en barrios obreros de ciudades industriales para intentar desentrañar los motivos de las enfermedades surgidas en esos ambientes laborales, en esta actividad los mapas tienen un papel de suma importancia.

Los mapas se emplean desde hace siglos como herramienta gráfica que, de manera simplificada, otorgan una visión de conjunto de uno o varios eventos relacionados y su utilización estuvo ligada profundamente a la forma en que nacieron las ciencias de la salud.

Un ejemplo clásico es el trabajo realizado por el médico británico John Snow, quien estudiando una epidemia de cólera ocurrida en Londres en el año 1854, buscó demostrar asociación entre las muertes por cólera y el agua de consumo abastecida por diferentes bombas públicas. Sin disponer de conocimientos microbiológicos y epidemiológicos como el existente hoy en día, Snow apeló a sus mejores virtudes –un agudo sentido de observación, razonamiento lógico y perseverancia– para caracterizar un problema de salud, desafiando a la comunidad médica y a la autoridad sanitaria, pensando únicamente en el bienestar de la sociedad. Como jugando con un rompecabezas, Snow logró ubicar todas las piezas en su lugar y para ilustrar sus hallazgos, confeccionó un mapa del sector, en el cual marcó los puntos correspondientes a defunciones por cólera y las distintas bombas de agua potable existentes, demostrando gráficamente la relación espacial entre las muertes por cólera y la bomba de *Broad Street*.

John Snow es considerado el padre de la epidemiología moderna y su estudio del brote de cólera, en el cual la relación espacial entre los datos contribuyó significativamente para el avance y comprensión del fenómeno, fue considerado uno de los primeros ejemplos de análisis espacial.

En 1955, Maximilian Sorre trazó los fundamentos de la Geografía Médica y los asociaba estrechamente a la distribución de "los complejos patógenos" (enfermedades endémicas) que se hallaban vinculados a las condiciones del medio ambiente. Destacaba un enfoque general para explicar la extensión de las enfermedades en el globo y uno regional, ya que cada región se caracteriza por una asociación de endemias vinculadas a los caracteres geográficos (físicos, biológicos y humanos), relacionando el entorno (espacio geográfico) al estado de salud (morbilidad y mortalidad de la población), considerando que el origen de las enfermedades se hallaba en los factores externos incluyendo los propios hábitos. El tema central de estudio era el reparto desigual de las enfermedades en relación con aspectos ambientales y bacteriológicos en áreas tropicales y subtropicales., vinculándolos de manera determinista. Esta orientación daba como resultados trabajos de investigación de tipo ecológico.

Más tarde, la introducción por parte de OMS (Organización Mundial de la Salud) de un nuevo concepto de salud, definida como *el estado de completo bienestar, físico, psíquico y social y no la mera ausencia de enfermedad*, amplía el campo de estudio de la salud y son cada vez mayores los aportes de las ciencias sociales, de modo que esta orientación dio paso progresivamente a los análisis territoriales de

aspectos socio-sanitarios, que dejan en claro la existencia de la intersección entre las ciencias sociales, físicas y biológicas, resultando un área de investigación donde la transdisciplinariedad es imprescindible.

El espacio: interés de la geografía y la epidemiología

Históricamente el objeto de estudio de la geografía es el lugar o "espacio geográfico", el que fue frecuentemente utilizado, tanto por geógrafos como por epidemiólogos como sinónimo de área o región. Inicialmente el espacio se utilizó en estudios exploratorios como una variable de análisis junto a otras como edad, sexo y clase social, intentando integrar lo biológico a lo no biológico, considerado en forma estática y aislado.

Pero todo lo que ocurra en un medio ambiente natural tendrá consecuencias en la sociedad y viceversa, es decir, el ser humano modifica su entorno y no deben estudiarse aisladamente si se pretende entenderlos en toda su extensión. Por esta razón, para poder entenderlos de manera integral es absolutamente necesario ubicar en el espacio los procesos humanos. Esto se puede lograr combinando información cartográfica y estadística poblacional.

El espacio poblacional es naturaleza modificada por la acción humana y por tanto una construcción social. Esta concepción del espacio presenta una nueva perspectiva para la epidemiología para comprender los procesos interactivos que envuelven al proceso salud-enfermedad en las colectividades: así todo espacio geográfico poblacional, portará una historia ecológica, biológica, económica, conductual, cultural; en síntesis social, que inobjetablemente ha de orientar el conocimiento del proceso salud-enfermedad, tanto como es capaz de contener y reflejar los cambios del presente, especialmente relacionados con la alta movilidad de la población.

Las comunidades humanas organizadas en sociedad han generado verdaderas redes de relaciones económicas, políticas y sociales que conforman los complejos territorios que conocemos en la actualidad, complejos justamente porque no obedecen a límites impuestos por el hombre como los político-administrativos, sino, más bien a grupos humanos homogeneizables según algún atributo o varios (contexto) que los convierte en actores sociales de un mismo proceso observable y descriptible y que refiere a sus condiciones de vida y por ende, a su situación de salud.

La Geografía Moderna

Con el fin de comprender como este contexto afecta a la salud de grupos poblacionales se volvió necesaria la medición a nivel de grupo ya que las mediciones individuales no podían dar cuenta de estos procesos. Así, la geografía moderna se aproxima a la salud de las colectividades, de los entornos comunitarios y el espacio le confiere una importancia trascendental para el análisis de las situaciones de salud y por ende, a la epidemiología.

Es en este punto donde la geografía se encuentra nuevamente jugando un papel preponderante para la salud pública, por el desarrollo tecnológico y aporte de numerosas técnicas y métodos estadísticos útiles para analizar la información de manera diferente y comprender mejor las particularidades de distribución espacial de los estados de salud-enfermedad de un territorio o región determinada, que contribuyan a enfrentar las desigualdades integralmente y tal vez una de las maneras "novedosas" sea el reconsiderar al territorio como un común denominador para una verdadera vertebración de las distintas dimensiones, en vista que los análisis propuestos hasta ahora son insuficientes para actuar operativamente sobre el territorio.

El análisis espacial puede definirse como un momento dentro del proceso de investigación en el que se conjugan una serie de técnicas que buscan separar, procesar y clasificar los datos de diferentes

formatos, para contribuir a la búsqueda de respuestas de un problema mayor. Implica descubrir las particularidades de un fenómeno para definir su participación dentro de la globalidad. Las técnicas de análisis espacial cumplen por lo menos con dos objetivos:

- Identificar los componentes del espacio, y
- Utilizar un procedimiento o un conjunto de procedimientos que permitan comprender, en parte, la funcionalidad de algunos de esos componentes espaciales.

Está en manos del investigador la elección de las herramientas a utilizar, para posteriormente encontrar en sus resultados las relaciones adecuadas para llegar a una visión integral.

Existen diferentes metodologías de análisis espacial que se presentan como:

- De visualización, donde el mapeo de eventos de salud es la herramienta primaria, variando desde la distribución puntual de eventos hasta superposiciones complejas de mapas de incidencia de enfermedad, que describen la distribución de determinadas variables de interés.
- Análisis exploratorio de datos, utilizado para describir patrones espaciales y relación entre mapas.
- Modelización, utilizada cuando se pretende probar formalmente una hipótesis o estimar sus relaciones, como por ejemplo, entre la incidencia de una determinada enfermedad y variables ambientales.

Dentro de este nuevo enfoque geotecnológico, se entiende por geoprocesamiento al conjunto de técnicas de recolección, tratamiento y exhibición de informaciones espaciales que permite el análisis integral de una gama de variables referidas a un espacio geográfico con un objetivo específico, como ser, dar respuesta a un problema o situación concreta. En el mundo actual, donde se estima que cerca del 80% de las necesidades de información de quienes toman decisiones y definen políticas en los gobiernos están relacionados con una ubicación geográfica, las herramientas de geoprocesamiento de datos se convierten en un apoyo analítico fundamental para la planificación, programación y evaluación de actividades e intervenciones en el sector salud con el objeto de fortalecer la capacidad de gestión de los servicios de salud.

La ventaja de manejar grandes volúmenes de información georreferenciadas con rapidez, promueve su amplia aceptación, en dependencia de la calidad de los datos disponibles.

Se destacan sensores de mapeo remoto, digitalización de datos, automatización de tareas cartográficas, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Epidemiología panorámica o Tele-epidemiología

Estos nuevos conceptos dictan el marco de trabajo en el cual se están desarrollando nuevos avances en el abordaje de problemas complejos en salud pública con el apoyo de la geografía, tales como la eco-epidemiología o epidemiología panorámica, la epidemiología satelital y el uso de sensores remotos aplicados a salud, la geografía médica y los sistemas de información geográfica aplicados a salud, la geología médica, la biometeorología, la ecología sanitario ambiental y la salud ambiental, vínculo salud animal-salud humana, gestión sanitario-ambiental, medicina conservacional, entre otros.

Existen factores del medio ambiente que significan un riesgo para la salud del ser humano, medio del cual forma parte y donde puede ser él mismo un agente modificador. Tener la visión del entorno o el paisaje que rodea al individuo que puede enfermarse es lo que genera el concepto de ecoepidemiología, epidemiología panorámica (*landscape epidemiology*) o sus sinónimos epidemiología de paisajes o epidemiología paisajística.

El estudio de ese entorno puede implicar distintos puntos de vista, componentes, factores y disciplinas para evaluarlos dado que estos problemas son multifactoriales; por ejemplo, la vegetación, la fauna, el suelo, la hidrografía, los elementos climáticos o meteorológicos, entre otros, estudiados por diferentes ciencias, entre ellas la ecología como ciencia integradora.

Teledetección o sensoriamiento remoto

Los estudios ecológicos, utilizados en estos casos, se realizaban exclusivamente con información recogida en el campo, pero hoy en día, se cuenta con una herramienta adicional de gran importancia y que define un nuevo concepto en la epidemiología, el uso de datos e información provistas por imágenes satelitales, que abren una subespecialidad de la epidemiología panorámica o ecoepidemiología: la llamada epidemiología satelital, que a través del sensoriamiento remoto o teledetección, obtiene información a distancia de los objetos que vemos en la superficie de la tierra. La teledetección se ha ido fortaleciendo progresivamente con el avance de la tecnología espacial, los equipos y software computacionales para el procesamiento, almacenamiento y análisis estadístico de datos, del formato digital, de los sistemas de comunicación en red a nivel mundial (internet), así como del desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de Posicionamiento Global (GPS).

La observación satelital de la tierra es una herramienta indispensable para el monitoreo ambiental por lo que la teledetección se considera de gran apoyo para el estudio, prevención y control de enfermedades infecciosas. Conociendo las variables necesarias para mantener viable un patógeno en la naturaleza, sus condiciones medioambientales, ecológicas, climáticas y meteorológicas (temperatura, humedad, precipitaciones, etc), de vegetación (tipo y distribución), geológicas (altitud, tipo de suelo), las interacciones con reservorios y vectores, y su expresión infección/enfermedad en poblaciones humanas, es posible que los sensores remotos provean de información necesaria para evaluar la disposición espacial y temporal del riesgo, modelar y predecir su comportamiento a través de la generación de alertas tempranas, herramientas importantes para la toma de decisiones oportunas para la prevención y control de estas enfermedades.

Desde finales de la década del 80, se pueden encontrar publicaciones que evidencian la utilidad del sensoriamiento remoto satelital en estudios epidemiológicos de enfermedades nuevas, epidémicas o endémicas como: fiebre del Valle del Rift, fiebre amarilla, encefalitis equina del este, dracunculiasis, oncocercosis, malaria, enfermedad de Lyme, esquistosomiasis, tripanosomiasis africana, cólera, hantavirosis, enfermedad de Chagas, dengue, leishmaniasis, hepatitis B, HIV/SIDA, etc.

Sistemas de Información Geográfica

Otras herramientas que ocupan un lugar destacado en la gestión de información son los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Pero ¿qué es exactamente un SIG?, es una base de datos computarizadas que contiene información espacial, es decir, un conjunto organizado de hardware y software, información geográfica y personas que permiten reunir, introducir en una computadora, almacenar, transformar, superponer, manipular, analizar y cartografiar todas las formas de datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

Los SIG pueden ser usados en cualquier aplicación cuyo objetivo principal sea gestionar algún tipo de información georreferenciada; referida a los elementos o fenómenos que tienen lugar sobre la superficie terrestre, utilizando métodos de la estadística y la epidemiología. La capacidad integradora de los SIG, que permite simplificar, agilizar y automatizar la evaluación epidemiológica, tomando en cuenta el análisis múltiple y simultáneo de variables determinantes con diferentes niveles de agregación.

Los programas de SIG han evolucionado de manera significativa en los últimos años, destacándose la mejoría de las interfases de usuario, incrementando considerablemente la cantidad de funciones para el manejo y procesamiento de los datos; y se han incorporado funciones antes consideradas de alta complejidad, ahora instrumentada de forma simple y centrada en el usuario.

En Salud Pública, los SIG son herramientas poderosísimas capaces de combinar datos demográficos (edad, sexo, distribución, etc.), con datos de salud (tipos de enfermedades, incidencias, prevalencia, características clínicas o patológicas, etc.), características del medio natural (clima, altitud, precipitación, etc.), características de los sistemas de salud (camas, médicos, insumos, etc) y cualquier otra información que el especialista considere necesaria.

Su uso se asocia a la descripción espacial de eventos de salud, análisis de situaciones de salud en un área geográfica y una población específica, al análisis de patrones o diferencias de la situación de salud a distinta escala de afectación, a la identificación de grupos de alto riesgo en la salud y de áreas críticas, a la vigilancia y monitoreo en salud pública, a la identificación de riesgos ambientales y ocupacionales, a la identificación de espacios saludables y de factores promotores y protectores de salud. El avance de la tecnología SIG suma, a estos estudios tradicionales caracterizados por realizar diagnósticos de situaciones particulares y reconocer problemáticas específicas, trabajos destinados a brindar las posibles soluciones reales gracias a la incorporación de nuevas posibilidades de análisis espacial, de allí que los SIG se manifiestan como instrumentos idóneos no sólo para el estudio de la epidemiología ambiental, sino también como soporte de las decisiones en el planeamiento de los servicios de salud, con el objetivo de identificar y corregir inequidades en la distribución geoespacial de los mismos.

En su naturaleza multidisciplinaria, los SIG en salud pública contemplan disciplinas como la epidemiología, la bioestadística, la geografía y la tecnología de la información para responder a sus objetivos.

Para finalizar…

La salud Pública y la Epidemiología, requieren del apoyo de ciencias como la geografía para asociar la información geoespacial de diferentes fuentes y formatos.

Establecer como rutina el conocimiento de la distribución geográfica de problemas de salud, según las más amplias desigualdades ambientales y de condiciones de vida de la población, es un componente alternativo e indispensable en la búsqueda de racionalidad y equidad de las políticas públicas y de salud, es a lo que la comunidad y el equipo de salud ampliado deben aspirar.

Es necesario concretar la incorporación de estos enfoques y la de movilizar recursos humanos motivados y entrenados para tales fines. Sin duda alguna, es conveniente valerse de los recursos tecnológicos disponibles- herramientas que ayudarán a lograr una visión integral y real de lo que ocurre en la salud pública de nuestro país y la posibilidad de prevenir lo que puede ocurrir en el futuro- sin perder de vista que constituyen herramientas para alcanzar un fin y no un fin en sí mismas.

Capítulo I
Los sistemas satelitales y Teledetección

El presente capítulo tiene como objetivo, introducir al lector al complejo y dinámico mundo de la tecnología satelital, describiendo los conceptos mas relevantes de la teledetección, las principales misiones satelitales de observación de la Tierra, características y aplicaciones en el campo de la salud y otras áreas relevantes.

1.1 Conceptos básicos sobre teledetección

1.1.2 Definición

Se denomina teledetección, teleobservación o percepción remota (traducción latina de *remote sensing)* a la técnica que permite observar la superficie terrestre desde el espacio, sin estar en contacto físico directo.

Esta observación se realiza a través de **sensores** ubicados en aviones (aerotransportados) o en **plataformas espaciales** (satélites) que captan la energía electromagnética que emite o refleja toda superficie, a través de un proceso, en esencia, similar al de la toma de una fotografía. Esta observación realizada por el satélite es luego codificada en una **imagen satelital**, que podrá ser visualizada y analizada por los usuarios finales (Fig.1.1).

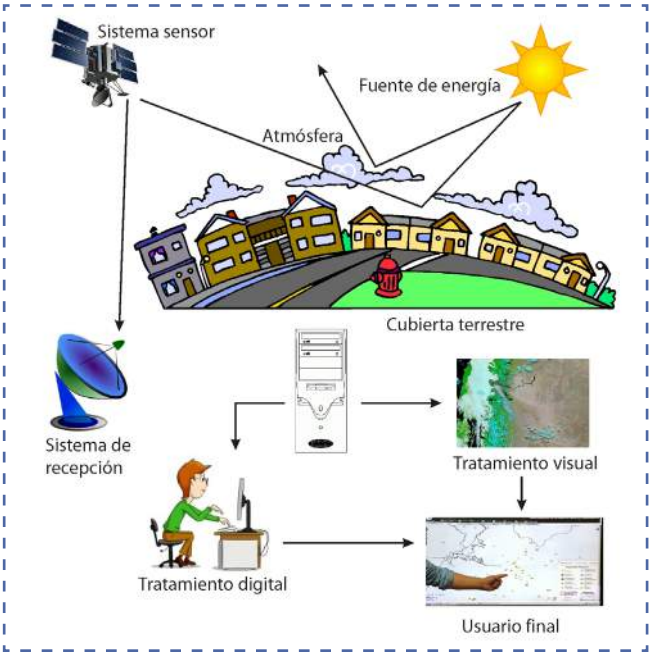


Figura 1.1. Esquema de los componentes básicos de la teledetección.

1.1.3 Componentes

Los componentes básicos de la teledetección son:

- La **fuente de energía**, que es el emisor de la radiación electromagnética detectada por el sensor (el sol o una fuente artificial).
- El **medio**, por el cual se propaga la energía (atmósfera).
- Las **cubiertas terrestres**, que responden de manera particular a la fuente de energía.
- El sistema **sensor - satélite**, formado por el componente que capta la energía (**sensor**) y el componente que lo transporta (**satélite**).
- El sistema de **recepción-interpretación**, que recibe la información que envía el satélite y la procesa para poder ser asequible e interpretada por el usuario.
- El **usuario final**, quien utiliza e interpreta las imágenes satelitales dándole sentido final a todo el sistema.

1.2 La radiación electromagnética

De una forma sencilla se podría decir que la radiación o energía electromagnética es la moneda de intercambio entre la fuente de energía, la cubierta terrestre y el sensor según el esquema presentado en el punto anterior.

La luz visible es solo una de las diversas formas de energía electromagnética. Otros ejemplos familiares son las ondas de radio y televisión, el calor, los rayos ultravioletas y los rayos X. Este tipo de energía se propaga en forma armónica y sinusoidal a la velocidad de la luz "*c*". La distancia entre el pico máximo de una onda y el de la siguiente se denomina longitud de onda "λ" y el número de picos que pasan por un punto fijo en un cierto tiempo se llama frecuencia "*f*". Estas dos características son inversamente proporcionales y definen a cada tipo de energía (Fig. 1.2).

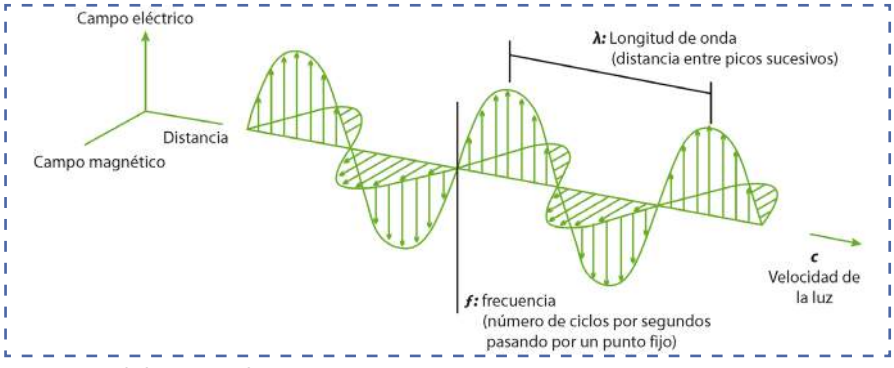


Figura 1.2. Características de la energía electromagnética

Si se ordenan las longitudes de onda de menor a mayor (lo que es lo mismo decir que se ordenan de frecuencias mayores a menores) se obtiene el llamado **Espectro Electromagnético**, que se extiende desde la radiación cósmica hasta las ondas de radio (Fig. 1.3).

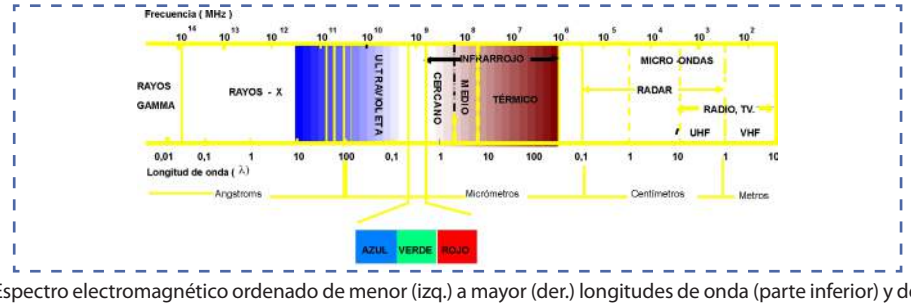


Figura 1.3. Espectro electromagnético ordenado de menor (izq.) a mayor (der.) longitudes de onda (parte inferior) y de mayor (izq.) a menor (der.) frecuencia (parte superior).

Los sensores satelitales operan principalmente en los sectores del rango visible (azul, verde, rojo), del infrarrojo (cercano, medio, térmico) y de las microondas (Fig 1.3). Para los dos primeros rangos la unidad de medida de longitud de onda, λ, es el micrón (μm) (un micrón equivale a 1 x 10^{-6} metros), y el cm (o GHertz, unidad de frecuencia, υ) para el rango de las microondas.

Cada tipo de cobertura terrestre, por ejemplo el agua, la vegetación, el suelo, tendrá un comportamiento típico a lo largo de las distintas longitudes de onda del sector visible e infrarrojo del espectro, que se conoce como **firma espectral**. A partir de la cual resulta más fácil analizar cuáles serán aquellas longitudes de onda donde es posible separar e identificar una cobertura de otra.

1.3 Tipos de satélites y sensores

1.3.1 Clasificación de los Satélites

Existe una gran variedad de satélites que se pueden clasificar según distintas características:

Según su uso:
- Telecomunicación
- Meteorológicos
- Navegación
- Militares
- Radioaficionados
- **Observación de la Tierra**

Cada uno de estos tipos de satélites cumple funciones diferentes y consecuentemente tienen sus particularidades en el diseño. De todos modos, esta clasificación, si bien es útil para una primera aproximación, no siempre es tan precisa, ya que, por ejemplo, en la actualidad existen satélites de gran tamaño que transportan al mismo tiempo sensores meteorológicos y de observación de la Tierra.

Según su tipo de órbita
(el modo por el que circulan por el espacio y observan la Tierra):
- Geoestacionarios o geosincrónicos
- Heliosincrónicos

Los satélites **geoestacionarios** orbitan sobre la línea del Ecuador a una altura aproximada de 36.000 km, rotando a una velocidad igual a la de la Tierra, lo que les permite permanecer "fijos" observando siempre un mismo punto sobre la superficie. Los satélites meteorológicos utilizan este tipo de órbita (Fig. 1.4).

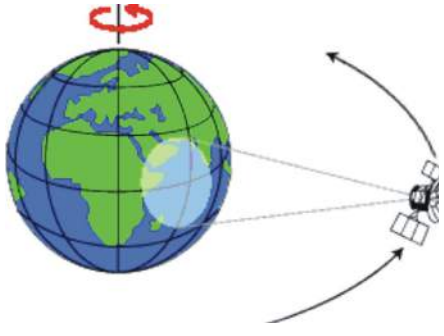


Figura 1.4. Esquema de un satélite en órbita geoestacionaria.

Los **heliosincrónicos** recorren la Tierra pasando por los polos, en una trayectoria casi perpendicular a la línea del Ecuador. La altura de estás órbitas oscila entre 400 km y 800 km y pasan por el mismo lugar con una frecuencia determinada (Fig. 1.5).

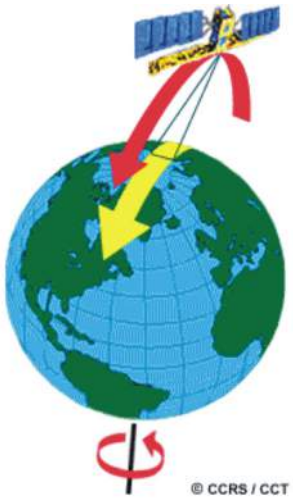


Figura 1.5. Esquema de un satélite en órbita heliosincrónica.

1.3.2 Clasificación de los Sensores

Los **sensores** que son transportados por satélites de observación de la Tierra son muy variados en sus funciones y se los puede clasificar según la fuente de energía que utilicen:

- **Pasivos,** aquellos que utilizan la radiación electromagnética del sol como fuente de energía (Ej. satélite SAC-C de CONAE) o la energía emitida por los propios objetos (Ej. sensor térmico a bordo de Terra/Aster). No presentan una fuente propia de energía.
- **Activos,** aquellos que generan su propia fuente de energía (radar, Ej: Satélites CosmoSky (Agencia Espacial Italiana), y el futuro SAOCOM (CONAE)).

1.3.3 Tipos de resolución de los sensores

La resolución de un sistema sensor puede describirse como la habilidad para discriminar en detalle determinada información. Se pueden definir cuatro tipos de resoluciones:

■ **Resolución espacial:** detalle que puede observar en el terreno, se refiere en general al tamaño del pixel (mínima unidad reconocible). Dicho tamaño oscila entre decenas de centímetro hasta algo más del kilómetro según el sensor, Cuanto más pequeño sea el pixel mayor será la resolución espacial. Cabe mencionar además el concepto de ancho de barrido que pueden cubrir como máximo los satélites, se conoce como **ancho de pasada del satélite**. Puede fluctuar entre 7,5 km hasta los 2330 km, según la altura de la órbita y el tamaño del píxel.

■ **Resolución espectral:** número y ancho de rangos de longitudes de onda (bandas) en los que opera el sensor. El mismo puede presentar desde una sola banda que abarca un sector amplio del espectro electromagnético, conocido como sensor pancromático; o varias decenas de bandas más o menos angostas, conocido como multiespectral, o cientos de bandas muy angostas conocido como hiperespectral. Cuanto mayor sea el número de bandas mayor será la identificación diferencial de blancos sobre la superficie terrestre.

■ **Radiométrica:** hace referencia a la capacidad del sensor para detectar variaciones de energía, es decir cuan sensible es. Esta variación de energía está indicada por los niveles de gris que puede discriminar el sensor. Cuanto más niveles de gris se detectan, mayor variedad de información se puede discriminar. A modo de ejemplo, el ojo humano es capaz de discriminar del orden de las decenas de grises, mientras los sensores alcanzan los cientos y hasta decenas de miles de niveles de gris.

■ **Temporal:** es la frecuencia con la que un sensor pasa y/o registra información sobre un mismo punto sobre la Tierra, también llamado tiempo de revisita. Puede ser del orden de las 12hs hasta ciclos casi mensuales en los satélites de órbita polar.

Estos tipos de resoluciones, si bien se caracterizan individualmente, suelen contemplarse de manera combinada.

1.4 Satélites existentes

Existe una gran variedad de satélites de observación de la Tierra, desarrollados por distintas Agencias Espaciales y también por emprendimientos comerciales, (muchos con alta resolución espacial, es decir con mayor detalle en el terreno).

A continuación se muestra un cuadro que reúne las características fundamentales de algunos de los satélites ópticos más empleados (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Características fundamentales de algunos de los satélites ópticos más empleados

Satélite	Sensor	Nacionalidad	Resolución espacial	N° de bandas	Revisita
NOAA	AVHRR	EEUU	1.1 km	5 multiespectral	12 horas
SAC-C	MMRS	Argentina	175 m	5 multiespectral	16 días
Landsat	TM ETM+	EEUU	15 m 30 m 60 m	1 pancromático 7 multiespectral	16 días
Terra **Aqua**	MODIS	EEUU	1 km 500 m 250 m	36	1 – 2 veces por día
Terra	ASTER	Japón / EEUU	15 m 30 m 90 m	14	16 días
SPOT 5	2 HRG	Francia	2.5 m 5 m 10 m 20 m	1 pancromático 4 multiespectral	26 días, con posibilidad de visión lateral
IKONOS	Ikonos II	EEUU	0.61 m 2.44 m	1 pancromático 4 multiespectral	3 días a 40° latitud
GEOEYE	Geoeye I	EEUU	0.41 m 1.66 m	1 pancromático 4 multiespectral	3 días a 40° latitud
RapidEye	RapidEye	Alemania	5 m	5 multiespectral	1-3 días
QuickBird	QuickBird	EEUU	0.60 m 2.40 m	1 pancromático 4 multiespectral	1- 3.5 días
WorldView	WorldView II	EEUU	0.50 m 1.85 m	1 pancromático 8 multiespectral	1- 3 días

Cabe destacar que la CONAE cuenta con el desarrollo de un software propio y de uso libre para el procesamiento de este tipo de imágenes satelitales: el SOPI que se puede descargar desde este sitio https://2mp.conae.gov.ar/index.php/software/softprosimag

1.5 Aplicaciones

Las imágenes satelitales han ido ganando importancia como una herramienta fundamental en el tratamiento de diversas problemáticas de la temática ambiental, incluyendo las vinculadas a la salud. Se describen a continuación y brevemente algunos ejemplos de aplicaciones en distintos ámbitos y con más detalle los referidos a salud.

Actividades Productivas: Agricultura, Forestación, Petróleo, Pesca

Los datos satelitales permiten el relevamiento de información relativa a la cobertura y uso del suelo, como también la estimación de áreas cultivadas, tipos de cultivo, humedad de suelo, afectación por plagas, inventarios forestales, detección de cambios en la frontera agropecuaria, estrés hídrico, entre otros. Además, la aplicación de algoritmos y métodos estadísticos de análisis permite la realización de estudios multitemporales, que favorecen el diseño de planes de manejo y conservación de los recursos. (Figs. 1.6, 1.7).

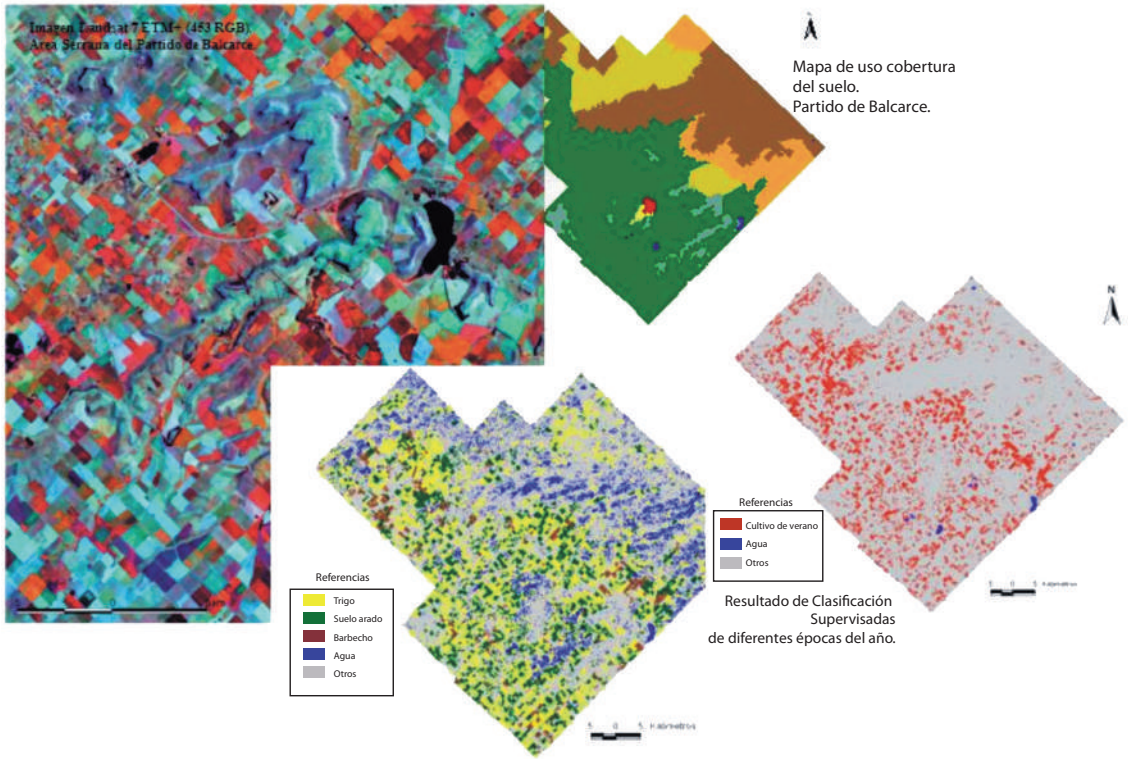


Figura 1.6. Figura 1.6. Usos de la tierra, estimación de cultivos e influencia de las inundaciones con datos Landsat 7 ETM+ en Partido de Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina

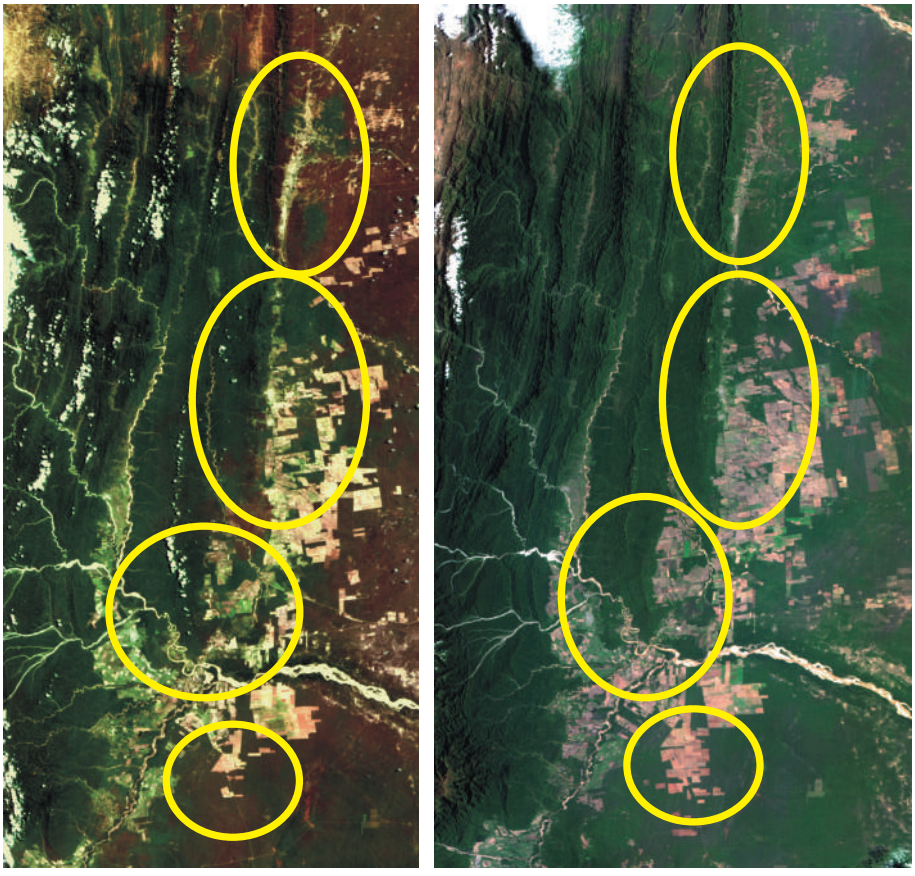


Figura 1.7. Cambios en el uso del suelo, avance de frontera agropecuaria sobre bosques nativos. Imágenes SAC-C, sensor MMRS. Los círculos amarillos muestran las áreas en las que se produjeron los mayores cambios en el uso del suelo Izq. Fecha: 2 de noviembre de 2002. Combinación RGB color real. Der. Fecha: 5 de diciembre de 2008. Combinación RGB color real.

En la actividad petrolera, a través de esta herramienta, se pueden identificar y ubicar plataformas de extracción y ductos, y contribuir a la determinación de impactos ambientales de dichas actividades y los procesos de remediación (Figs.1.8, 1.9).

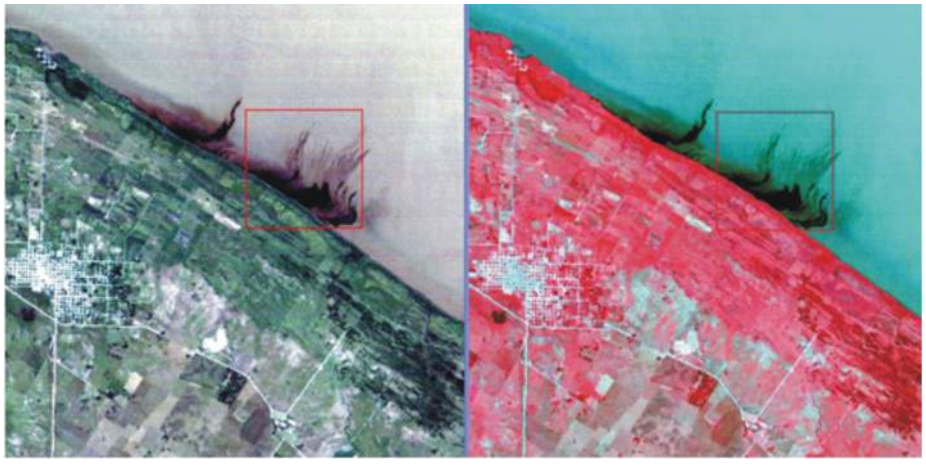


Figura 1.8. Derrame de petróleo en el Río de La Plata, área costera del Partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Imagen Landsat 5 TM, Fecha: 15 de enero de 1999. Combinación RGB 321 (izq.). Combinación RGB 432 (der.).

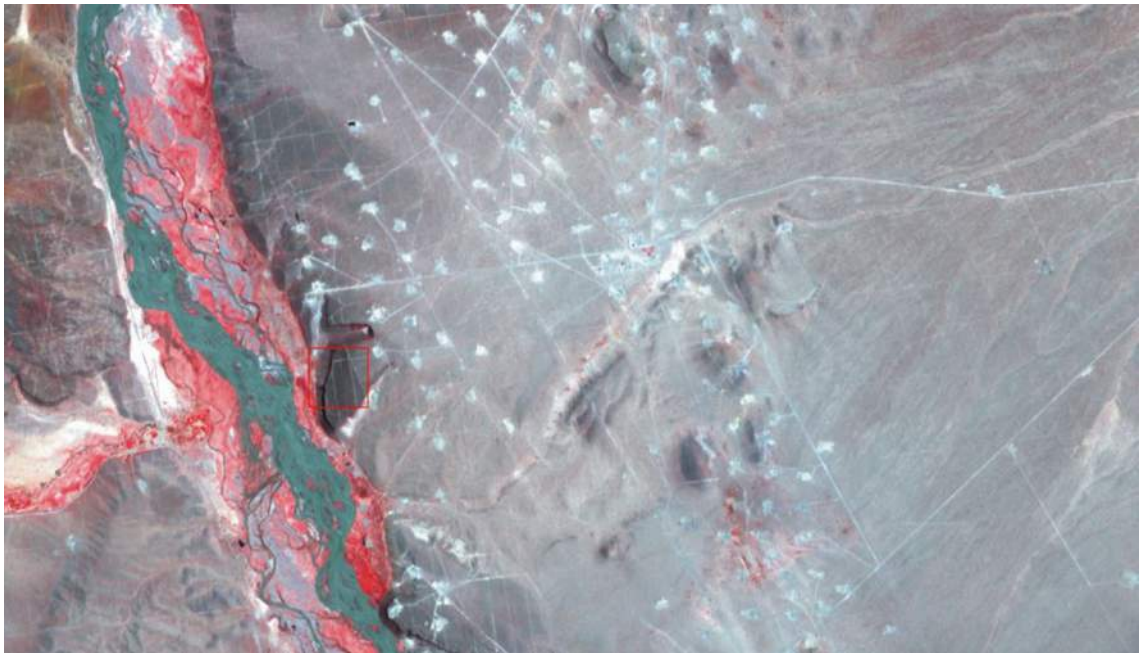


Figura 1.9. Observación de líneas sísmicas, sendas y ductos en zona de explotación y prospección petrolera. Los Cavaos, Malargüe, provincia de Mendoza. Imagen ASTER, combinación RGB 321. Año 2000..

Para la actividad pesquera, variables como la temperatura superficial del mar y la presencia de clorofila, son de suma importancia para determinar los sitios de pesca, el manejo y conservación del recurso. Estas variables pueden ser relevadas con imágenes satelitales (Fig.1.10).

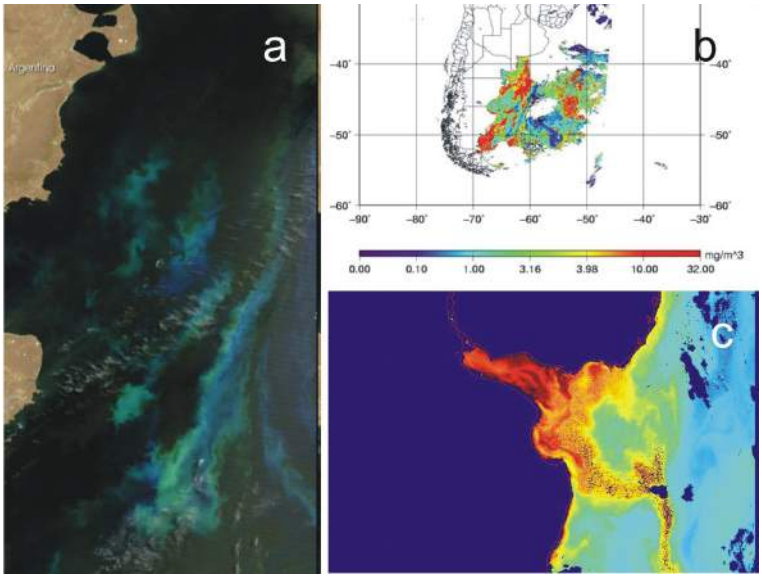


Figura 1.10. a) Floración algal (Cocolitofóridos) en el Mar Argentino, captada por sensor MODIS a bordo de satélite Aqua. b) Mapa de concentración de clorofila obtenido mediante una imagen MODIS Aqua. c) Material en suspensión en el estuario del Río de La Plata obtenido mediante imagen SeaWifs.

Estudios de calidad de agua y costas

Existen distintos aspectos de los recursos hídricos abordables mediante la teledetección. Uno de éstos son las floraciones algales, las cuales están relacionadas al exceso de materia orgánica y eutrofización de cuerpos de agua, tanto continentales (Fig. 1.11) como marinos (por ej. las mareas rojas), pudiendo ser tóxicas para animales y seres humanos. Otro aspecto a ser analizado es el relacionado al cambio de color del agua a causa de la presencia de sedimentos en suspensión, que pueden causar problemas tanto en embalses (Fig.1.11) como en las vías navegables. Para ambas situaciones es muy importante que pueda realizarse un correcto monitoreo de los cuerpos de agua y las imágenes satelitales son, para este propósito, una herramienta fundamental.

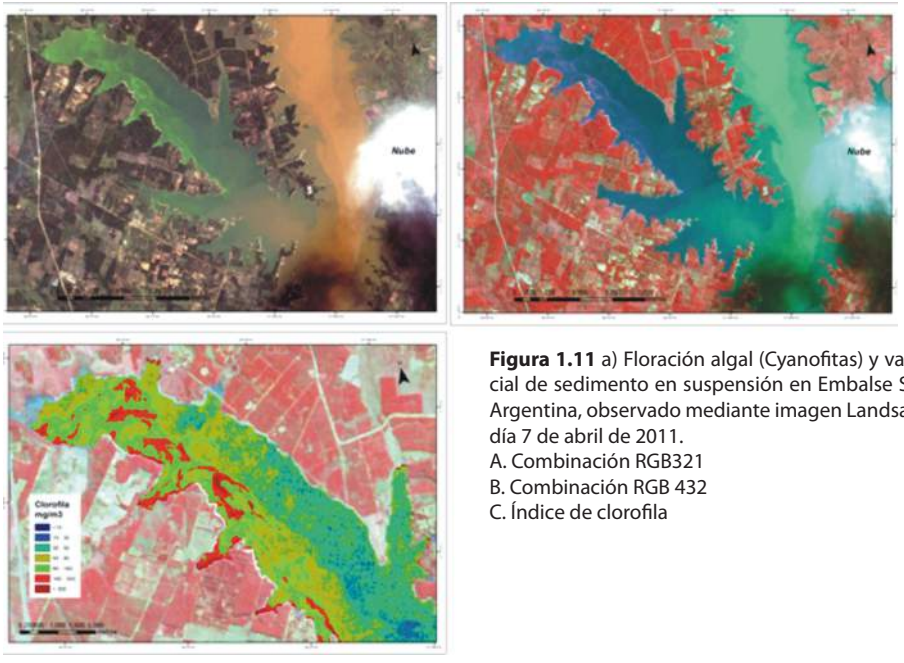


Figura 1.11 a) Floración algal (Cyanofitas) y variación espacial de sedimento en suspensión en Embalse Salto Grande, Argentina, observado mediante imagen Landsat 7 ETM+ del día 7 de abril de 2011.
A. Combinación RGB321
B. Combinación RGB 432
C. Índice de clorofila

El monitoreo de las costas incluye cuestiones como observar el movimiento de la línea de costa a través del tiempo (Fig.1.12), temas de erosión, y en el caso de las costas marítimas, observar además la presencia de microalgas y de macroalgas, susceptibles a ser explotadas comercialmente, constituye un buen ejemplo.

Figura 1.12. FCambios en la línea de costa en Bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires, Argentina. Imagen Landsat 5 TM, año 2004. a). Zona de humedales costeros protegidos (Sitio RAMSAR) y canales artificiales. Combinación RGB 453. b). Actualización cartográfica mediante mapas históricos (1930-40/1960-70) y datos satelitales. En el detalle de imagen sobre la derecha se observan islas de nueva formación (círculo negro) Combinación RGB 321.

1.5.6 Emergencias ambientales

La teledetección es muy importante para abordar emergencias ambientales como incendios, erupciones volcánicas e inundaciones. Son de gran utilidad para la detección temprana y la evolución del evento, así como para la planificación de acciones de rescate y mitigación.

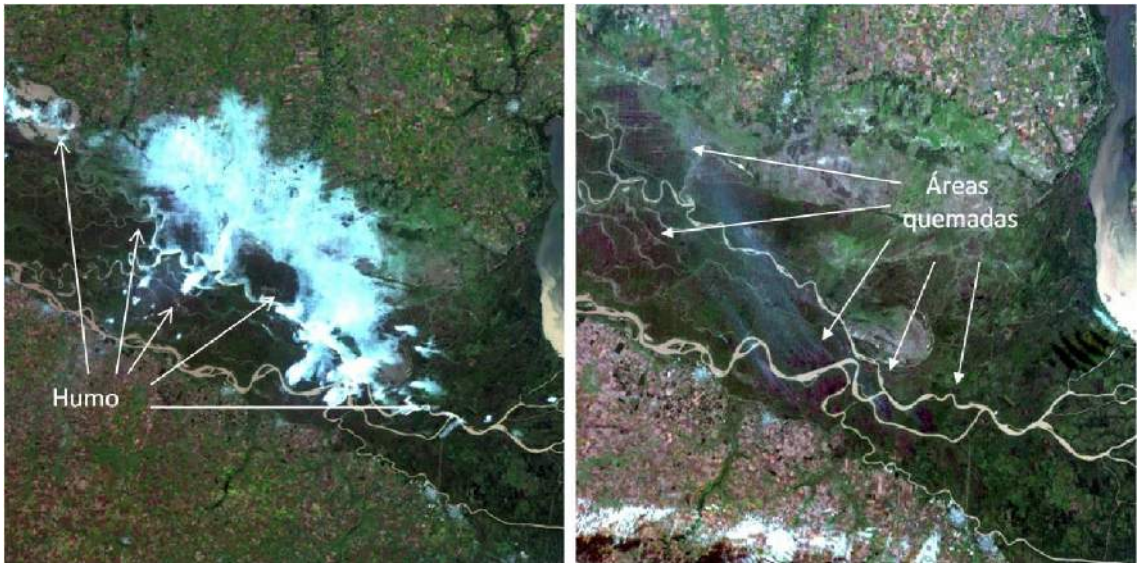


Figura 1.13. Incendios de pastizales en el Delta del Paraná observados mediante imágenes SAC-C.
Izq.. Combinación RGB 321. Fecha: 3 de abril de 2008. Der. Combinación RGB 321. Fecha: 12 de abril de 2008.

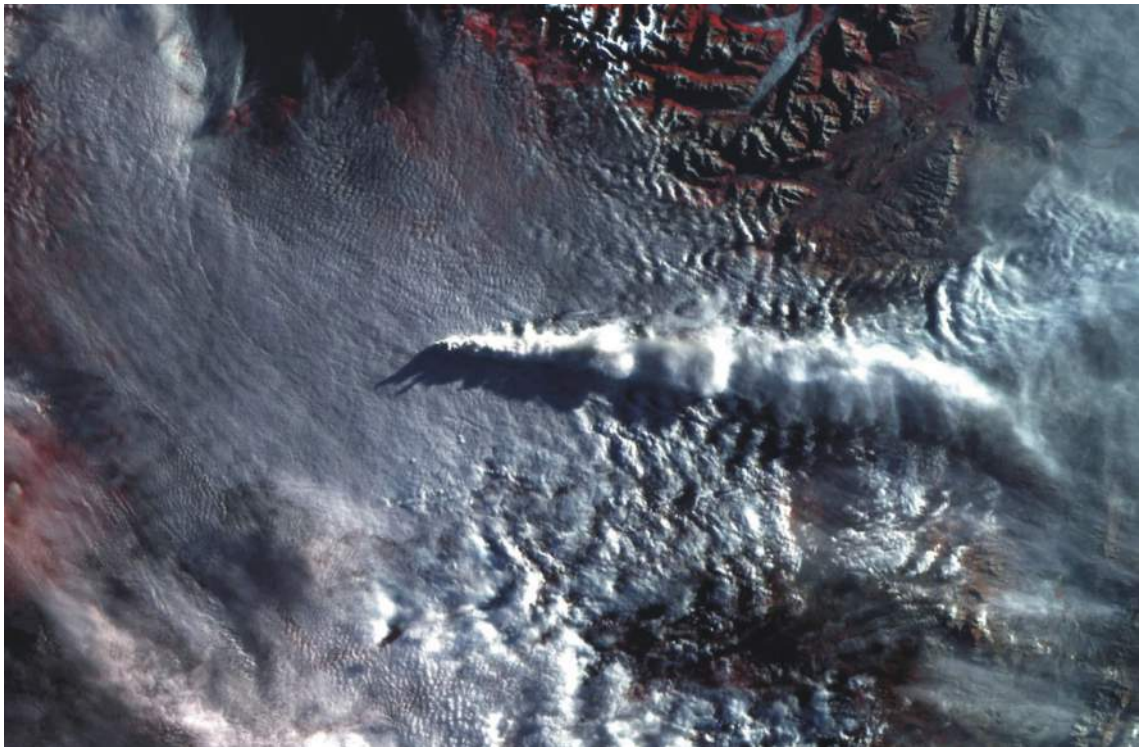


Figura 1.14. Erupción del volcán El Chaitén (Chile) Imagen SAC-C (MMRS, 4,3,2 RGB) Fecha: 10 de mayo de 2008.

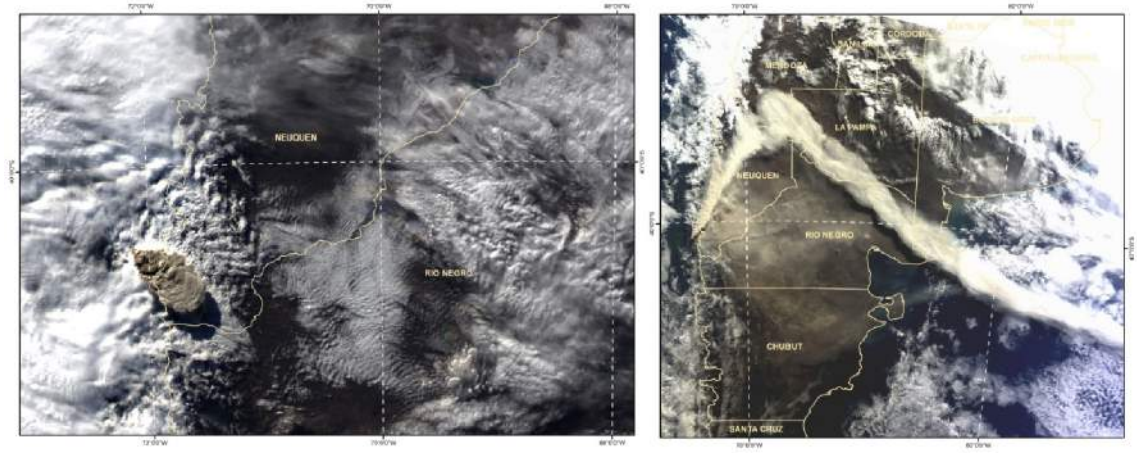


Figura 1.15. Erupción del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle (Chile). Imágenes Sensor MODIS. Izq.. Imagen MODIS Aqua, Fecha: 4 de junio de 2011. Der. Imagen MODIS Terra. Fecha: 6 de junio de 2011.

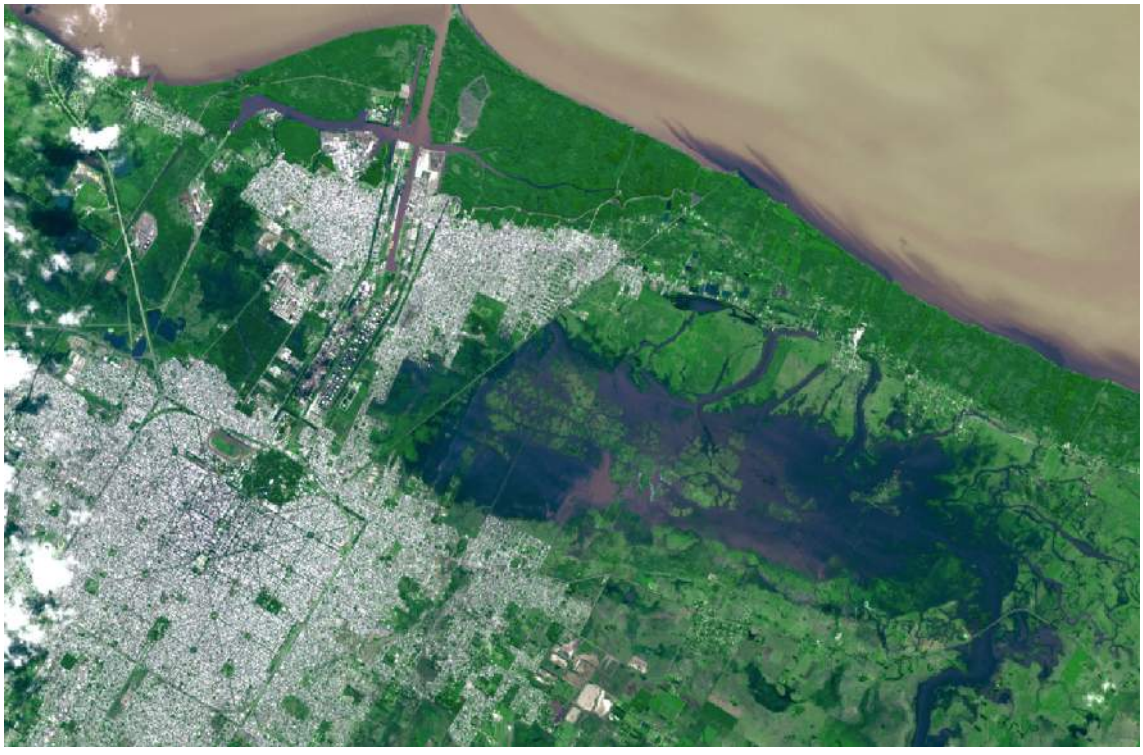


Figura 1.16. Inundaciones en la ciudad de La Plata y alrededores. Imagen ASTER, combinación RGB pseudocolor real. Fecha: 4 de abril de 2013.Fuente: JPL Photojournal, http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16945

1.5.7 Urbanismo

Las imágenes permiten actualizar mapas catastrales y de uso de suelo, monitorear el crecimiento de manchas urbanas, así como resultan útiles en la planificación y ordenamiento territorial. (Fig. 1.17).

Figura 1.17. Ciudad de Buenos Aires. Imagen SPOT 5, combinación RGB pseudocolor real. (CNES SPOT Image 2013)

Salud

En el Capítulo 3 se hará referencia detallada a casos particulares vinculados al campo de la Salud, y la aplicación de sensores remotos y sistemas de información geográfica en el área de la Epidemiología.

A continuación, se muestra el uso de imágenes satelitales para identificar diferentes tipos de estructuras de la vegetación y cobertura del suelo en regiones rurales de La Rioja y su asociación con la actividad caprina de la zona.

En conjunto con actividades del Programa Provincial de Chagas de La Rioja se identificaron zonas con infestación peri-domiciliar más elevada que otras. La caracterización ambiental mediante la clasificación de una imagen Landsat 5 TM (Fig.1.18 a) imagen original, b) resultado de la clasificación), permitió observar diferencias en los "parches" o tipos de coberturas del suelo, que se asociaban con más del 90% de los casos a localidades con predominio de altos o bajos niveles de infestación por vinchucas de las especie *Triatoma infestans* (Fig.1.18c).

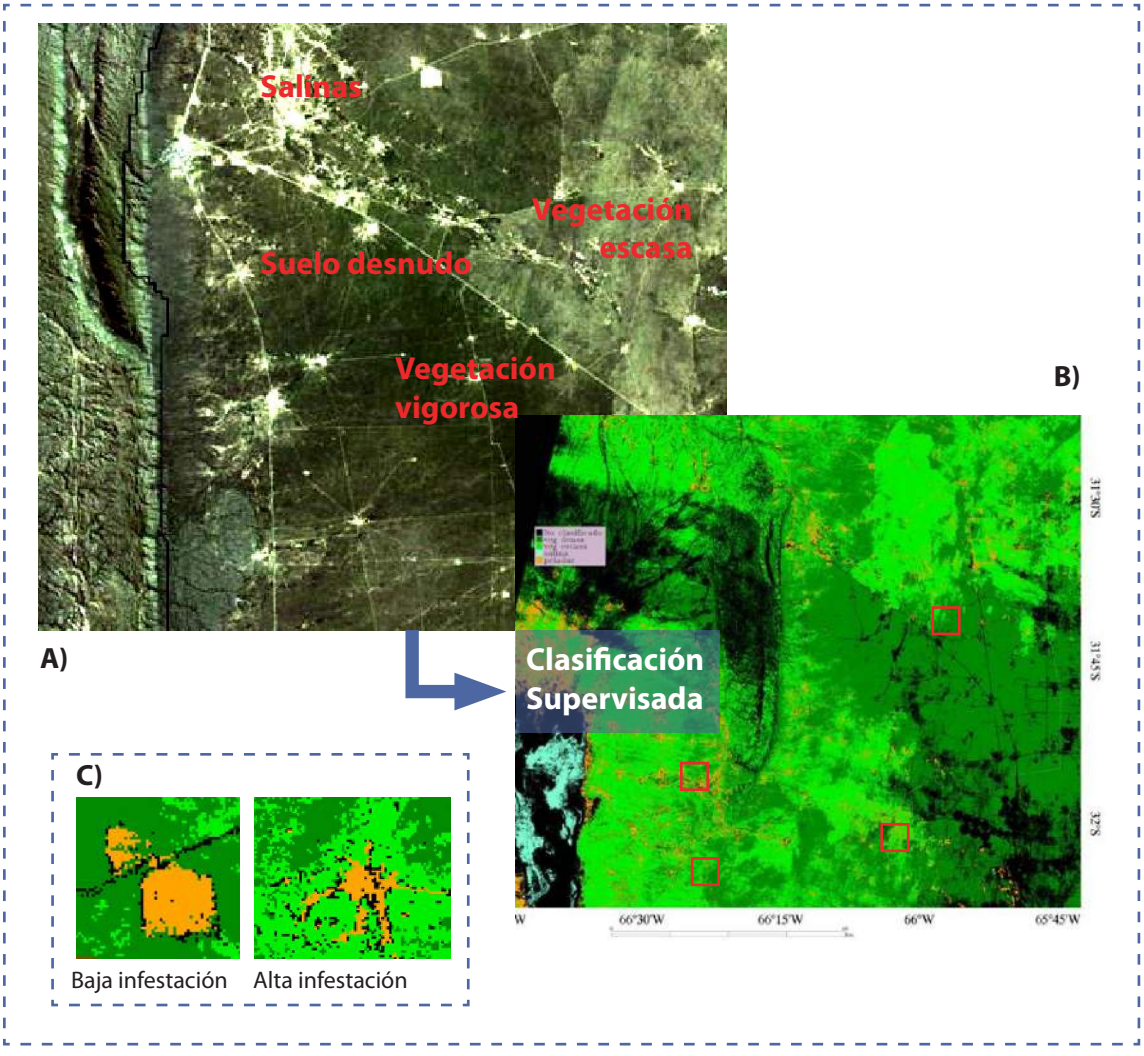


Figura 1.18. Caracterización ambiental de los niveles de infestación de Triatoma infestans en La Rioja. a) imagen original. b) clasificación supervisada de la imagen original. c) detalles del grado de infestación en los parches.

Capítulo 2
Sistemas de información Geográfica, Cartografía y GPS

2.1. Concepto de Sistema de Información Geográfica (SIG)

Con el objetivo de centrar las ideas en un solo concepto general sobre el cual se trabajará a lo largo de este libro, se define a un SIG como un conjunto de hardware, software y datos geográficos que permite capturar, almacenar, manipular, analizar y visualizar mediante mapas, tablas y gráficos, información geográficamente referenciada con el fin de ayudar a las diversas actividades humanas a resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

El término SIG o Sistema de Información Geográfica (*Geographic Information System, GIS*) se emplea para referirse a varios conceptos interrelacionados, pero diferentes. Es importante diferenciar la definición de un SIG considerado como *producto informático* de un *sistema de información* en pleno rendimiento. Es decir, un conjunto de elementos tales como equipos informáticos, programas, conjuntos de datos, personal especializado, etc., que coordinados permiten acceder con mucha eficacia a los datos geográficos (Moldes, 1998).

La práctica ha demostrado que hay mucha distancia entre estos dos conceptos, ya que con solo instalar un programa SIG no se consigue un sistema de información, sino se establece una organización y un equipo de personas que permitan crear un sistema de información sobre datos geográficos.

Básicamente un SIG está estructurado por cinco elementos fundamentales (Peña Llopis, 2006) (Fig. 2.1):

- **Equipos** *(hardware):* es un conjunto de elementos físicos (monitor, teclado, disco, etc) que componen un sistema informático. Hoy por hoy, los programas de SIG se pueden ejecutar tanto en servidores como en computadores personales.

- **Programas** *(software):* Los programas y/o aplicaciones de los SIG constituyen las herramientas y funcionalidades encargadas de almacenar, analizar, manipular y visualizar los datos. Por ejemplo: programas para la gestión de base de datos, programas estadísticos y programas de procesamiento de imágenes.

- **Datos:** Los datos geográficos constituyen la base de todo el sistema; sin ellos no tiene prácticamente sentido ni el software ni el hardware. Los datos pueden consumir el 70 % de todo el presupuesto de un proyecto (Barredo, 1996). El éxito de un proyecto depende en gran medida de la disponibilidad de los datos. La dificultad en su representación es otro factor a tener en cuenta a la hora de introducir la información en el sistema.

- **Usuarios/Operadores**: Los recursos humanos que administrarán y utilizarán el SIG. Tienen un papel importante en la configuración estructural de un SIG. Al diseñar e implementar un SIG, deben identificarse claramente los distintos roles de los recursos humanos, por ejemplo: administradores de bases de datos o especialistas en cartografía.

- **Métodos**: Los procesos definen qué tareas, utilizando los datos y recursos tecnológicos, serán realizadas por el sistema.

Figura 2.1. Componentes de un SIG. Elaboración propia, adaptado de (Peña Llopis, 2006)

2.2 Origen y evolución

El año 1962 vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de Información Geográfica de Canadá (*Canadian Geographic Information System,* CGIS) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras de Canadá (*Canada Land Inventory*, CLI). El *CGIS* fue el primer SIG en el mundo similar a tal y como los conocemos hoy en día, y un considerable avance con respecto a las aplicaciones cartográficas existentes hasta entonces, puesto que permitía superponer capas de información, realizar mediciones y llevar a cabo digitalizaciones y escaneos de datos. Como consecuencia de esto, Tomlinson está considerado como "*el padre de los SIG*".

En cuanto a los sistemas de simulación y modelado en la planificación territorial, el sistema que más ha aportado e influido en el origen de los SIG, ha sido el sistema SYMAP, creado en el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial en la Universidad de Harvard, inspirado por las aplicaciones de planeamiento regional y urbano del doctor Howard Fisher en 1964 (Moldes, 1995).

La evolución de los SIG ha estado siempre condicionada por las posibilidades gráficas de los periféricos y de los ordenadores. Así los primeros sistemas de simulación y modelado apenas tenía salidas gráficas. Fueron los sistemas de **CAD** (Autocad) de dibujo y diseño con ordenador los que primero incorporaron los sistemas gráficos vectoriales e interactivos.

A principios de los años setenta COMPUTERVISION crea el primer sistema gráfico interactivo CADDS_ AIM (Moldes, 1995).

La evolución de los SIG ha corrido paralelo al progreso del *hardware* y del *software* informático y ha estado siempre condicionada por las posibilidades gráficas de las computadoras.

La década de los 80's es el periodo en el que se ha venido a conocer en los SIG como la *fase comercial*, debido al fuerte aumento de las empresas que comercializaban estos sistemas. *M&S Computing* (más tarde Intergraph), *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) y CARIS (*Computer Aided Resource Information System*) emergerían como proveedores comerciales de software SIG. Incorporaron con éxito muchas de las características de *CGIS*, combinando el enfoque de primera generación de Sistemas de Información Geográfica relativo a la separación de la información espacial y los atributos de los elementos geográficos, representados con un enfoque de segunda generación que organiza y estructura estos atributos en bases de datos.

En la década de los 90's se inicia una etapa comercial para profesionales, donde los Sistemas de Información Geográfica, cada vez más potentes y sencillos de utilizar, empezaron a difundirse al nivel del usuario doméstico debido a los avances en la tecnología de los ordenadores personales o microordenadores.

Así, los programas de SIG han evolucionado de manera significativa en los últimos años, destacándose la mejoría de las interfases gráficas de usuario. Se ha incrementado considerablemente la cantidad de funciones para el manejo y procesamiento de los datos y se han incorporado funciones antes consideradas de alta complejidad, ahora instrumentadas de forma simple y centrada en el usuario.A finales del siglo XX, principios del XXI, el rápido crecimiento en los diferentes sistemas se ha consolidado, restringiéndose a un número relativamente reducido de plataformas. Sin embargo con el cada vez mayor acceso a Internet/Intranet y a la demanda de datos geográficos distribuidos, el software SIG ha cambiado gradualmente su perspectiva hacia la distribución de datos a través de redes, lo que requiere una estandarización de formato de los datos y de normas de transferencia. Además de los conocidos SIG comerciales como ArcView™, ArcGIS™, MapInfo™, Maptitude™ e Idrisi™, recientemente, ha habido una expansión en el número de desarrollos de software SIG de código libre tales como GRASS GIS, gvSIG, Quantum GIS, uDig.

2.3 Funcionalidad de un SIG

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos (relación de vecindad entre los objetos), con el fin de generar otra nueva que no se podría obtener de otra forma.

En general un SIG debe tener la capacidad de responder las siguientes cuestiones principales:

a. Identificación: preguntar por las características de un lugar concreto. ¿Qué hay en el punto A?
b. Localización: consultar la ubicación geográfica de un objeto. ¿Dónde sucede que? ¿Dónde está el objeto A?
c. Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema. ¿Cuál objeto cumple con cierta condición?
d. Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica. ¿Dónde está A con relación a B?
e. Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos. ¿Cuál es el camino más corto (menor resistencia o menor costo) sobre el terreno desde un punto A, a lo largo de un corredor P hasta un punto B?
f. Pautas: detección de pautas espaciales. ¿Qué patrón o relación existe entre..?¿Cuál es el resultado de la intersección de diferentes tipos de información? ¿Qué objetos están próximos a aquellos objetos que tienen una combinación de características?
g. Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas. ¿Qué ocurriría si….?

Un SIG permite resolver una variedad de problemas del mundo real usando varias técnicas de entrada de datos, análisis y resultados. Podemos agrupar las funciones básicas de un sistema de información en tres etapas:

1. Captura y organización de datos

La captura de datos y la introducción de información en el sistema consumen la mayor parte del tiempo de los profesionales de SIG. Hay una amplia variedad de métodos utilizados para introducir datos en un SIG, mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, procesos aerofotogramétricos, etc.

En esta etapa inicial, se consideran aquellas funciones, comandos, menús y módulos de programas que permiten no solo capturar los datos, sino también depurarlos y organizarlos de tal forma que se creen relaciones topológicas entre las entidades gráficas que los soportan.

Entre las más importantes se pueden mencionar las funciones de transformación de coordenadas, de georeferenciación y detección de errores de conversión de formatos

2. Manipulación de datos y análisis espaciales

Los paquetes de software SIG incluyen cada vez más herramientas de análisis. Permiten realizar operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar respuestas a preguntas particulares y dar solución a problemas específicos.

Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas, desde operaciones sencillas como calcular la longitud de una línea, perímetro, área y volúmen, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno.

Otras funciones básicas de análisis espacial son, además de las mencionadas anteriormente, creación de área de influencia (*buffering*), función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, análisis de proximidad e inclusión, superposición de capas de información, identificación de elementos basado en condiciones, etc.

3. Visualización y salida de datos

Si bien las herramientas básicas de visualización dependen de cada SIG, existe un conjunto prácticamente universal, como son los *zooms,* que permiten variar la escala de visualización y el pan, que permite desplazar la ventana que vemos en cualquier dirección.

La salida de información de un SIG consiste en mapas, diagramas o gráficos estadísticos y reportes.
Los SIG brindan la capacidad de complementar la información gráfica con una biblioteca de símbolos y una numerosa combinación de posibilidades para la creación de mapas.

Particularmente los símbolos para representar puntos o líneas tienen multitud de formas, tamaños y colores. En particular los puntos pueden ser identificados con imágenes o cualquier tipo de icono, como cuadrados, cruces o flechas, que muestren por ejemplo una señal de tráfico o un dibujo de una casa.

El etiquetado, provistos por los SIG, es una forma fácil de añadir un texto descriptivo de las características de su mapa. Las etiquetas permiten distintos tipos de letra, tamaño, color y formato y se pueden colocar de forma dinámica basándose en los atributos de la entidad. Por ejemplo, en una capa de las ciudades, es posible etiquetar los que tienen una población superior a 100.000 con un tamaño de letra más grande y los que tienen una población inferior a 100.000 con un tamaño de letra más pequeño.

Para crear mapas cuantitativos los SIG proveen más herramientas de visualización, como paletas graduadas de color, donde cada intensidad de color representa un valor o un rango de valores del mapa, por ejemplo un mapa de altitudes o uno de niveles de población. En este tipo de mapas, además, se pueden añadir gráficos, de barras, de torta, histogramas, etc.

2.4 Sistema de representación de los datos: Raster y Vectorial

Un SIG descompone la realidad de un área en temas, es decir, en distintas capas o estratos de información. La gran ventaja de los SIG es que pueden relacionar y combinar las distintas capas entre sí, para generar nuevas capas de información o para contestar a preguntas espaciales complejas. Lo que concede a estos sistemas una sorprendente capacidad de análisis.

Cada capa de información representa objetos del mundo real como por ejemplo carreteras, ríos, poblaciones, uso del suelo, altitudes, curvas de nivel, vegetación, etc. Según la forma en que estas capas se transforman en información digital, se tienen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster (objetos continuos) y vectorial (objetos discretos).

2.4.1 Formato Raster

El formato raster se fundamenta en la división del área de estudio en una matriz de celdas regulares, generalmente cuadradas. Cada una de estas celdas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la misma (Fig. 2.2). Este formato, por tanto se dice continúo porque, cubre la totalidad del espacio, lo que supone una ventaja fundamental ya que pueden obtenerse valores para cualquier punto del espacio cubierto. Se trata de un formato de dato que se centra en las propiedades del espacio y es el más adecuado cuando se desea modelizar variables continuas en el espacio, como por ejemplo: temperatura superficial de la tierra.

Por lo tanto, una matriz de datos está formada por un determinado número de filas y columnas, la intersección de cada columna y fila forman una celda de información conocida como píxel.

El píxel es la menor unidad de información y determina la **resolución espacial** (ver Capítulo 1) de una imagen raster. Cuanto mayor es la resolución espacial, menor es el tamaño del píxel en unidades sobre el terreno. Por ejemplo una imagen raster con una resolución espacial de 30m significa que no podrá discriminar, distinguir entre dos objetos que se encuentren separadas a una distancia menor de 30m. Un píxel de 5m tiene mayor resolución que un píxel de 30m, por lo que permitirá observar cosas a una escala mayor (con más detalle).

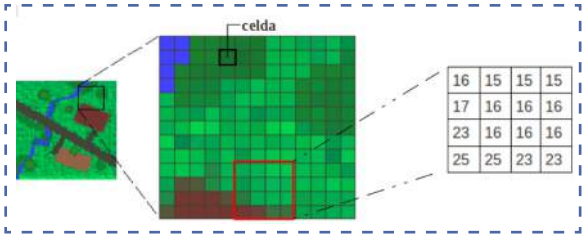


Figura 2.2. Representación del formato raster como matriz de datos. Elaboración propia, adaptado de ArcGIS Desktop Help. Unidad: What is raster data?

Elegir un tamaño de píxel adecuado no siempre es sencillo. Se debe equilibrar la necesidad de resolución espacial de la aplicación, los requisitos prácticos para la visualización rápida, el tiempo de procesamiento y almacenamiento. Es decir, el píxel debe ser lo *suficientemente pequeño* para capturar el detalle requerido, pero lo *suficientemente grande* para acotar el tamaño de almacenamiento en el ordenador y el tiempo de procesamiento.

Cada píxel almacena un valor, que puede ser discreto (ej. uso del suelo), valores continuos, (ej. temperaturas o elevación), o un valor nulo si no se dispone de datos. Los valores de cada píxel puede ser positivo o negativo, entero o de **punto flotante**. Los valores enteros son los más utilizados para representar datos categóricos (discretos) y los valores de **punto flotante** para representar superficies continuas. Los datos raster se almacenan en diferentes formatos, desde un archivo estándar como TIFF y JPEG, a grandes objetos binarios.

La estructura de raster es simple y excepcionalmente útil para una amplia gama de aplicaciones.

Dentro de un SIG, hay cuatro categorías principales de uso del formato raster:

- Como **mapa de referencia**: Un uso común de datos raster en un SIG es como fondo de pantalla, para superponer otros tipos de capas (por ejemplo calles o rutas). Un ejemplo de esto son las fotografías aéreas o imágenes satelitales que suelen usarse como imagen de referencia de fondo (Figura 2.3.a).
- Como **mapas de superficie**: El formato raster proporciona un método eficaz de almacenar la superficie como una continuidad de datos. Los valores de elevación medidos desde la superficie de la tierra son la aplicación más común de los mapas de superficie (conocidos como DEM, por su sigla en inglés Digital Elevation Model). (Figura 2.3.b)
- Como **mapas temáticos**: Los raster que representan datos temáticos se pueden derivar de analizar otros datos. Una aplicación común de análisis es la clasificación de una imagen satelital por categorías de la cubierta vegetal. Básicamente, esta actividad agrupa en clases los valores de los datos multiespectrales que representan un tipo de vegetación y le asigna un valor categórico único. (Figura 2.3.c)
- Como **atributos de un vector**: Los raster utilizados como atributos de una característica pueden ser fotografías digitales, documentos o dibujos escaneados, relacionados con un objeto o lugar geográfico. Un ejemplo característico de este tipo de uso son las imágenes anexadas a puntos geográficos en Google Earth (Fig. 2.3.d).

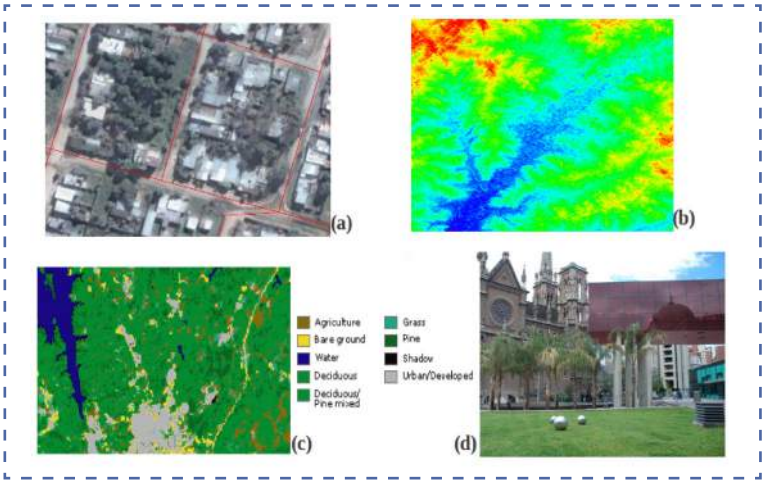


Figura 2.3: Principales categorías de uso del formato raster: a) mapa de referencia, b) mapas de superficie, c) mapas temáticos, d) atributos de un vector

2.4.2 Formato Vectorial

En un SIG, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras y la precisión de los elementos geográficos sobre el espacio.

En general, para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: puntos, líneas y polígonos. Estos puntos, líneas o polígonos se conocen, de manera genérica, como objetos o características o entidades.

Cada uno de estos objetos vectoriales suelen definirse en los mapas mediante la codificación explícita de sus coordenadas (x, y) (longitud/latitud, etc.), basadas en los principios de la geometría euclidiana.

- **Puntos:** Los puntos definen las ubicaciones discretas de las características geográficas pequeñas y puntuales, como la ubicación de pozos de agua, postes telefónicos, ciudades, casos georeferenciados de enfermedades, etc.

- **Líneas o polilíneas:** Los líneas se codifican como una sucesión de puntos conectados. Las líneas unidimensionales o polilíneas, representan la forma y ubicación de los objetos geográficos que son demasiado estrechos para ser representados como áreas. Son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. En estos elementos lineales puede medirse la distancia.

- **Polígonos:** Los polígonos se codifican como un conjunto de líneas que cierran una región en el plano. Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área homogénea de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar por ejemplo lagos, límites de parques naturales, provincias, o regiones clasificadas por uso de suelo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

La Fig. 2.4 muestra la representación gráfica de estos tres elementos geométricos.

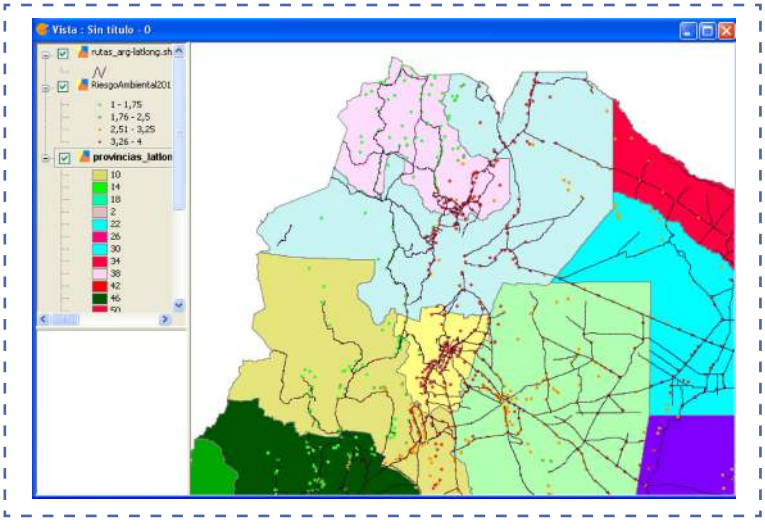


Figura 2.4: Representación gráfica de formatos vectoriales: puntos, líneas y polígonos. En este caso representación de riesgo de localidades (puntos), pertenecientes a diferentes Provincias (polígonos) del NOA. El tipo de formato vectorial se observa en la tabla de contenidos a la izquierda del mapa

2.4.3 Base de datos geográficos

Un SIG funciona como una base de datos espacial con información geográfica (datos alfanuméricos), que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos (propiedades o características de cada objeto de una base de datos) e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

- **¿Qué es una base de datos espacial?**

Se define como una colección de datos, acerca de objetos localizados en una determinada área de interés, en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que, puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones.

Un sistema de base de datos espacial tiene la particularidad de soportar el almacenamiento de objetos espaciales y realizar operaciones entre ellos. La construcción de una base de datos geográficos implica un proceso de abstracción, ya que se debe pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada, que debe ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales.

Los objetos vectoriales (punto, línea, polígonos) constan de información geográfica, localización, e información alfanumérica, que describe determinadas características de las entidades.

La información alfanumérica (atributos) se almacena en una tabla (tabla de atributos), donde a cada entidad le corresponde un *registro* (fila) en la tabla y viceversa. Dentro de la tabla, cada *campo* (columna) describe un aspecto de las entidades de la capa. Por ejemplo una entidad vectorial puede ser un polígono que represente una parcela en una zona urbana. Esta parcela ocupará una fila en la tabla, donde se le puede asociar información usando los atributos en la tabla tales como: zona, manzana, nombre del propietario, disponibilidad de servicios, etc.

Cada registro de una entidad vectorial almacenada en una tabla de la base de datos, tiene un campo alfanumérico clave (generalmente nombrado Id) que contiene un valor de identificación único. De este modo, a través del uso de programas de administración de base de datos espaciales, se puede manipular y extraer la información fácilmente dando respuesta a interrogantes específicos (Fig. 2.5).

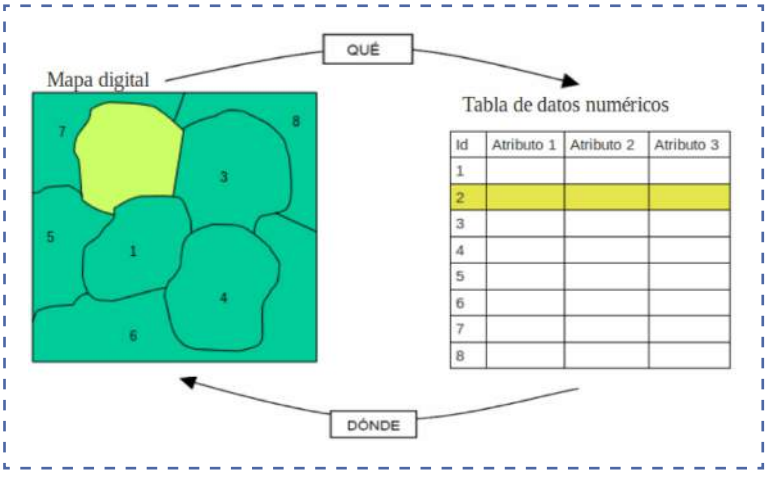


Figura 2.5 Relación entre la representación geográfica de los objetos vectoriales y su información alfanumérica.

2.5 Cartografía

Se puede definir en forma básica a la cartografía, como la ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su establecimiento.

Los conocimientos relativos a la representación de la información de la Tierra en una superficie plana o mapa son fundamentales para entender y evitar la propagación innecesaria de errores en el manejo de información, sobre todo, cuando se quiere juntar datos e información provenientes de fuentes distintas. Es fundamental que los usuarios de un SIG sepan con certeza el origen de las coordenadas que están utilizando. Es por ello que la siguiente sección describirá en detalle los términos de uso más común y de mayor consideración, para la correcta manipulación e integración de la información espacial en un SIG.

Sistemas de referencia

Un sistema de referencia es aquel que permite localizar un punto sobre la superficie terrestre, por ejemplo las coordenadas geográficas. Para representar el mundo real, se utiliza un sistema de coorde-

nadas en el cual la localización de un elemento está dada por las magnitudes de latitud y longitud, con referencia a la red creada a partir de los meridianos y los paralelos, en unidades de grados, minutos y segundos (Fig.2.6).

Esta designación supone la creación de un sistema de referencia de tres dimensiones, el cual toma como origen el meridiano de "*Greenwich*" y el paralelo del "Ecuador". El meridiano de Greenwich divide al globo terráqueo en dos zonas; las situadas al Oeste (W) del meridiano (0°) y las situadas al Este (E) del meridiano. Por otro lado, el paralelo del Ecuador divide el globo en dos hemisferios; el norte y el sur.

La longitud, expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° (es decir el meridiano de *Greenwich*), tomando como centro angular el centro de la Tierra. La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste. Por otro lado, la latitud es la distancia angular entre la línea ecuatorial y un punto determinado del planeta, medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto. La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur.

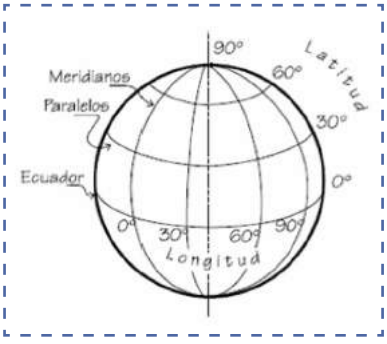


Figura 2.6. Sistema de coordenadas geográficas en latitud y longitud.

En el sistema de Coordenadas Geográficas, suele suponerse que son coordenadas únicas,pero esto no es así. Diferentes métodos a través del tiempo fueron definiendo elipsoides (que sería la forma geométrica que representa la forma de la Tierra, conocida como geoide) de diferentes tamaños y - más aún- con centros de origen de coordenadas (Datum) no coincidentes. Es decir, para un mismo punto sobre la Tierra, sus coordenadas geográficas no son iguales para dos elipsoides diferentes.

Por lo tanto se da una situación en la cual se han utilizado elipsoides diferentes, también, dado un elipsoide común, orígenes o Dátum definidos en lugares no coincidentes. Por lo tanto, un sistema de referencia local queda definido por la elección de un elipsoide de referencia y por un punto origen (Dátum) donde se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra (geoide) (Fig. 2.7).

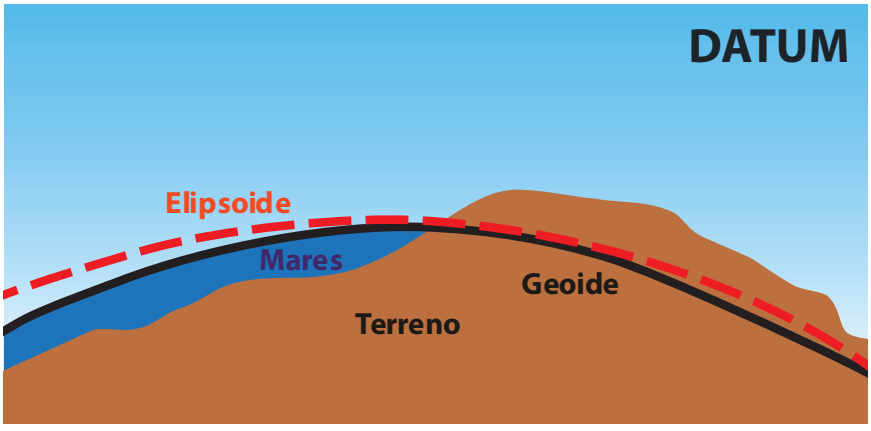


Figura 2.7. Representación esquemática de los componentes de un sistema de referencia (elipsoide, geoide y Datum).

En Argentina el sistema de referencia antiguo era el llamado Campo Inchauspe 69 donde el elipsoide (tangencial a la superficie, local no geocéntrico) utilizado era el Internacional 1909 modificado por Hayford en 1924, y el Datum lleva el mismo nombre, y está ubicado en el partido de Pehuajó en prov. de Bs As. Estuvo en vigencia desde 1969 a 1994.

Con la puesta en órbita de satélites se pudo definir un elipsoide global, geocéntrico, para representar toda la Tierra. Este elipsoide se conoce como World Geodetic System (WGS) y a partir del inicial definido en 1960, se ha ido mejorando (1966, 1972) hasta su versión WGS84 (definido en 1984), que es el que utilizan actualmente los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Con WGS84, por fin se cuenta con un único sistema de referencia en coordenadas geográficas para todo el mundo. El datum en el sistema de referencia moderno WGS84 es el centro de masas terrestre.

Otro concepto a considerar es el marco de referencia que consiste en una red de puntos materializados en el terreno que se encuentran referenciados de manaera muy precisia en un determinado Sistema de Referencia. Ejemplos de esto son: CAMPO INCHAUSPE 69, POSGAR 94, RAMSAC, SIRGAS, entre otros.

Sistemas de Proyección Cartográfica

Las proyecciones cartográficas permiten la ubicación en el mapa. Se refiere a coordenadas planas. Ej: Gauss Kruger, UTM. Permiten representar la superficie de la tierra sobre un plano, obteniendo como resultado la mínima deformación al pasar de una superficie curva (la tierra) a una plana, el mapa. Todos los tipos de proyección cartográfica y la elección de un sistema en particular dependerá de la características que se quieran conservar (la forma (ángulos), las áreas o alguna cualidad especial). La transformación de un espacio tridimensional en uno bidimensional es lo que se conoce como "proyección".

Por tanto al elegir un sistema de proyección resulta de interés considerar el tamaño y la dirección de mayor amplitud del territorio a representar.

El método usado para la proyección será el que en definitiva permita decidir cuáles propiedades espaciales sean conservadas y cuáles distorsionadas. Considerando la fidelidad con que se obtiene la representación de una pequeña figura de la superficie terrestre, los sistemas de proyección se pueden clasificar en:

- **Proyecciones Conformes:** conservan los ángulos del terreno.
- **Proyecciones Equivalentes:** conservan las áreas del terreno.
- **Proyecciones Afilácticas:** son aquellas que sin ser rigurosamente conformes ni equivalentes, reducen al mínimo las inevitables deformaciones.
- **Proyecciones Automecoicas:** Son las que conservan las longitudes en determinadas direcciones.

Estas características son contrapuestas: no puede haber, por ejemplo, una proyección conforme que sea equivalente al mismo tiempo.

Debido a que los mapas son planos, algunos de los sistemas de proyección más simples se hacen sobre formas geométricas que pueden aplanar, sin estirar, sus superficies. El primer paso para proyectar de una superficie a otra es crear uno o más puntos de contacto. Cada uno de estos puntos se denomina *punto de tangencia*. Según la superficie de proyección, se distinguen tres tipos de proyecciones básicas:

- **Proyección cilíndrica:** se proyecta el globo terrestre sobre una superficie cilíndrica. La proyección de Mercator es una de las proyecciones cilíndricas más comunes.
- **Proyección cónica:** se obtiene proyectando los elementos de la superficie esférica terrestre sobre una superficie cónica.
- **Proyección azimutal o polar:** se consigue proyectando una porción de la Tierra, sobre un plano tangente a la esfera en un punto seleccionado.

A su vez, dependiendo de cuál sea el punto que se considere como centro del mapa, se distinguen tres orientaciones principales:

- **Proyecciones Normales:** Cuando el eje de la superficie de proyección es normal (perpendicular) al plano del ecuador. En el caso de los planos, se toma como eje una recta perpendicular al mismo.

- **Proyecciones Transversas (o transversales):** En este caso el eje de la superficie de proyección es paralelo al plano del ecuador.
- **Proyecciones Oblicuas:** Cuando no se cumplen ninguno de los dos criterios anteriores.

Por lo tanto, si se combina la proyección según el tipo el tipo de superficie y su orientación, tenemos 9 combinaciones posibles (Fig. 2.8).

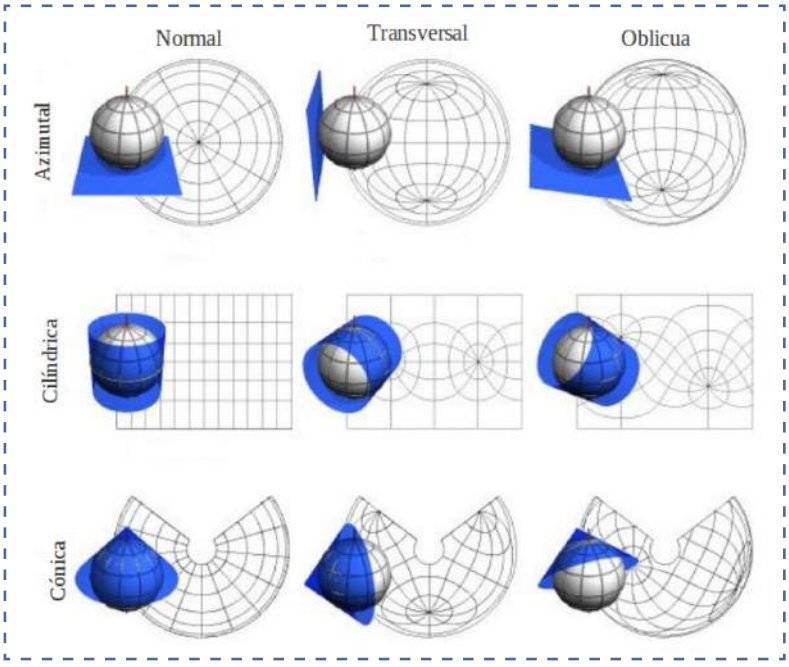


Figura 2.8. Proyecciones básicas según el tipo el tipo de superficie y su orientación..

Sistema de Proyección Cartográfico Argentino

En Argentina, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) adoptó el sistema de proyección Gauss-Krüger para la elaboración de cartografía.

Esta proyección utiliza un cilindro tangente a un meridiano como superficie auxiliar, se trata de una proyección geodésica (asemeja la Tierra a un elipsoide), conforme y transversa. Las deformaciones aumentan al alejarse del meridiano de tangencia, por eso es apropiado para regiones que se desarrollan en el sentido meridional, pero no es conveniente para aquellos que se extienden en el sentido de los paralelos.

Para reducir las deformaciones, en Argentina, se limitó el ancho del cilindro dividiendo al país en siete fajas de 3° de longitud.

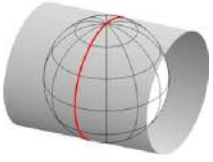
Los meridianos centrales de cada faja coinciden con los meridianos -72°, -69°, -66°, -63°, -60°, -57° y -54°. Este sistema es ortogonal e independiente para cada faja.

El eje de las X es vertical y tiene su origen de coordenadas en el polo sur, en nuestro caso (latitud -90°). El mismo constituye el eje de partida a partir del cual se define la posición vertical de un punto, midiendo la distancia en metros.

El eje de las Y, es horizontal y tiene su origen en el meridiano de tangencia. Dicho eje constituye el eje a partir del cual se define la posición horizontal de un punto, pero este no es igual a cero, sino que se le asignó el número de faja como unidad de millón más 500.000 metros. Esto hace que no existan coordenadas con valores negativos. (Fig. 2.9)

Sistema de Proyección Oficial
de la República Argentina

Gauss - Krüger



Proyección cilíndrica transversa

Proyección conforme

Se utiliza en países con mayor desarrollo en el sentido norte - sur

Esferoide de referencia: WGS 84
DATUM : WGS 84

7 fajas de 3° de ancho

Unidad: metro

Origen de coordenadas:
Y: Polo Sur
Valor es 0 (cero)
X: Meridiano central de faja

Valor : valor de la faja x
1.000.000 + 500.000
(para faja 3 el valor es de 3.500.000)

Faja	1	2	3	4	5	6	7
Latitud meridiano central	72°	69°	66°	63°	60°	57°	54°

Figura 2.9. Características generales del sistema de proyección cartográfica Argentino.

2.6 Sistemas de Posicionamiento Global

2.6.1 Conceptos básicos

El Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por sus siglas en inglés GPS (*Global Positioning System*), aunque su nombre más correcto es **NAVSTAR GPS**, es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros, usando GPS diferencial, aunque lo más habitual sea una precisión de unos pocos metros. Este sistema fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo) que orbitan sobre la Tierra a una altura aproximada de 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo.

Cuando se desea determinar la posición de un objeto, el receptor utilizado por el usuario, localiza automáticamente tres satélites de la red, como mínimo, de los que recibe las señales que indican la posición y la hora del reloj (reloj atómico) de cada uno de ellos. En base a estas señales, el aparato compara con la hora del reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, y con ello la distancia al satélite (si espacio = velocidad * tiempo, y la velocidad de la señal es la misma que la de la luz, 300000km/s, junto con el tiempo que le llevó llegar a la señal hasta el receptor, se tendrá la información necesaria para la estimación de la distancia y por ende la posición de cada satélite. Así, mediante este procedimiento, denominado trilateración, se calcula la posición en la que se encuentra determinado objeto.

Características del Sistema GPS

El sistema presenta las siguientes características generales:

- Dan información de posicionamiento instantáneo (una vez que se recibe señal de al menos 3 satélites).
- Son funcionales en cualquier clima y lugar (aunque su eficacia dependerá de la captación de la red de satélites).
- Existen receptores con distintas precisiones, que van de algunos metros a centímetros.

Componentes de los Sistemas de Posicionamiento Global

El sistema de GPS está compuesto por tres componentes esenciales para su funcionamiento:

- El sistema o segmento de control terrestre: está constituido por un conjunto de estaciones permanentes con coordenadas bien conocidas en un sistema terrestre de referencia internacionalmente aceptado (WGS84). Su misión es la de rastrear a todos los satélites para calcular las órbitas (efemérides) y controlar sus relojes.
- El sistema o segmento espacial: está constituido por la constelación de satélites (nominalmente 24 activos). Cada satélite lleva a bordo varios relojes atómicos (5) para asegurar la exactitud de las marcas de tiempo y la estabilidad de la frecuencia de la señal emitida.
- El segmento de los usuarios: equipados con receptores de las señales satelitales, reciben simultáneamente las componentes de la señal provenientes de los satélites, que sirven para medir la distancia receptor-satélite, y el mensaje de navegación constituido principalmente por las efemérides (calendario de pasadas y características de la órbita, entre otra información), que permiten calcular las coordenadas de los satélites.

2.6.2 Aplicaciones

Los usos y aplicaciones de los GPS han ido variando con el tiempo, volviéndose más versátiles y accesibles, tanto a nivel económico como en su manejo.

En sus orígenes tuvo aplicación exclusivamente militar en apoyo a la navegación terrestre, área y marítima, en el lanzamiento de misiles y proyectiles, en misiones de búsqueda y rescate y en reconocimiento de terreno, entre otros usos.

Más adelante en el tiempo, surgieron otras funcionalidades de tipo civil, como por ejemplo:

- Navegación terrestre, marítima y aérea, tanto comercial, como particular
- Accesorio en la telefonía móvil
- Topografía y geodesia
- Construcción (edificios, obras de ingeniería, rutas, etc.)
- Localización agrícola (agricultura de precisión)
- Seguimiento de fauna
- Salvamento y rescate
- Deporte
- Aplicaciones científicas

2.6.3 Particularidades en el campo de la Salud

- Los sistemas GPS constituyen actualmente una herramienta muy útil en el ámbito de la Salud, especialmente en el área Epidemiológica. Los SIG permiten ordenar y analizar la información espacial y el GPS, en este contexto, es el instrumento que permita adquirir la información espacial que luego será integrada al sistema.
- El uso del GPS no requiere que el usuario tenga conocimientos específicos en geografía o computación, solo con manejar algunos conceptos básicos, más el uso específico del receptor GPS, es suficiente para que esta herramienta pueda ser incorporada a su rutina laboral.

- El GPS puede usarse no solo para identificar la posición de un objeto, que en este ámbito será el domicilio de un paciente, la ubicación de un foco infeccioso, etc., sino que además, se puede definir de antemano una ruta o camino a ser seguida por el operario o bien, se puede ir registrando qué recorrido hace éste, hasta llegar a su punto de interés.

Capítulo 3

Las imágenes satelitales y los SIG aplicados a la Salud y Epidemiología en instituciones públicas de Argentina

Contenidos generales

Luego de ver los conceptos de Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, Cartografía y GPS; a continuación se muestran ejemplos del uso de datos espaciales en salud realizados en instituciones públicas de Argentina.

Los gráficos de esta sección mantienen el formato de los autores, para representar de manera realista el grado y tipo de uso que se le da a esta herramienta.

3.1 Representaciones y notificaciones univariadas (una capa de información)

Los siguientes gráficos se han hecho con el objetivo principal de las salas de situación, involucrando a todos los sectores de la salud para el análisis de los datos y asegurando la devolución sistemática, oportuna y confiable de la información.

Entre los tipos de datos que se pueden representar y combinar espacialmente se mencionan: Demográficos, Socio-económicos, Mortalidad, Morbilidad y factores de riesgo; recursos, servicios y cobertura, entre otros. Es remarcable que la simple representación en un mapa es de utilidad, pero el mayor potencial consiste en utilizar un SIG para encontrar o describir relaciones entre las diferentes capas que lo integran (relaciones espaciales).

Diarreas en la provincia de La Pampa

El primer ejemplo muestra el potencial de visualización de datos epidemiológicos. En este caso la representación de Diarreas en la provincia de La Pampa, utilizando cuantiles de la cantidad de casos para la representación en la escala de colores (Fig.3.1).

De manera similar pueden utilizarse "cuartiles", que dividen al total de datos en 4 porciones exactamente iguales, o medidas como la media y uno o dos desvíos estándar, siguiendo de esta forma el concepto de corredor endémico. Si los umbrales de corte (para la visualización gráfica) son siempre los mismos, la representación gráfica permite seguir, por ejemplo un análisis temporal, por semana epidemiológica.

La estructura del programa permite generar Proyectos (archivos con extensión .gvp), que guardan toda la información que se haya abierto o generado en una determinada sesión de trabajo, conteniendo una o varias Vistas distintas, y permiten su recuperación total, conservando sus características de estructura y visualización.

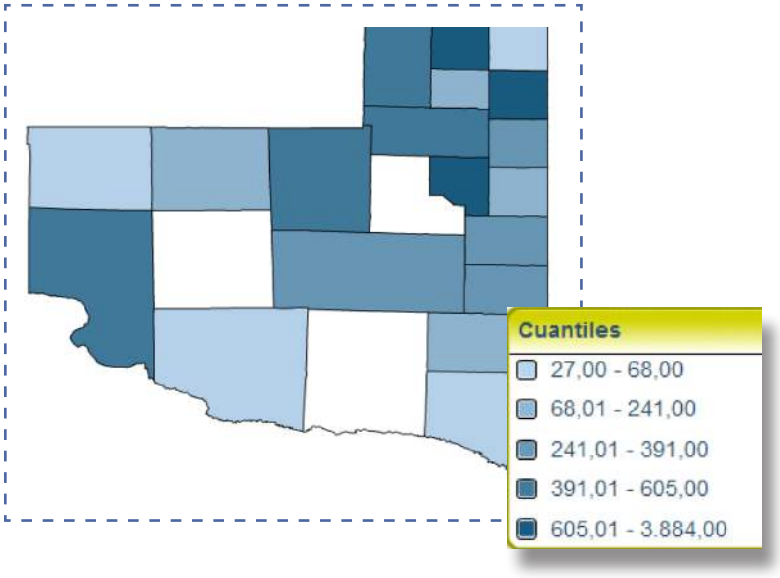


Figura 3.1. Casos de Diarreas en la Provincia de la Pampa, notificados hasta la semana epidemiológica 43/2011, por departamento. Representación gráfica utilizando Sistemas de Información Geográfica.

Enfermedad de Tipo Influenza (ETI) de la provincia de Santa Fe

A continuación se grafican diferentes tipos de notificación de ETIs (Enfermedad de Tipo Influenza) de la provincia de Santa Fe. Los datos se agregan en la unidad administrativa de departamentos, muestran en primer lugar la notificación de número de casos y en segundo lugar las tasas de notificación cada 1000 habitantes (Figuras 3.2 a y b). Se observa que los tonos de cada departamento pueden variar ligeramente según la representación usada (casos o tasas), por ello es **indispensable** la utilización de leyendas, además, deberían completarse los dos ejemplos con las escalas gráficas y la ubicación contextual (localizador) o una grilla de coordenadas.

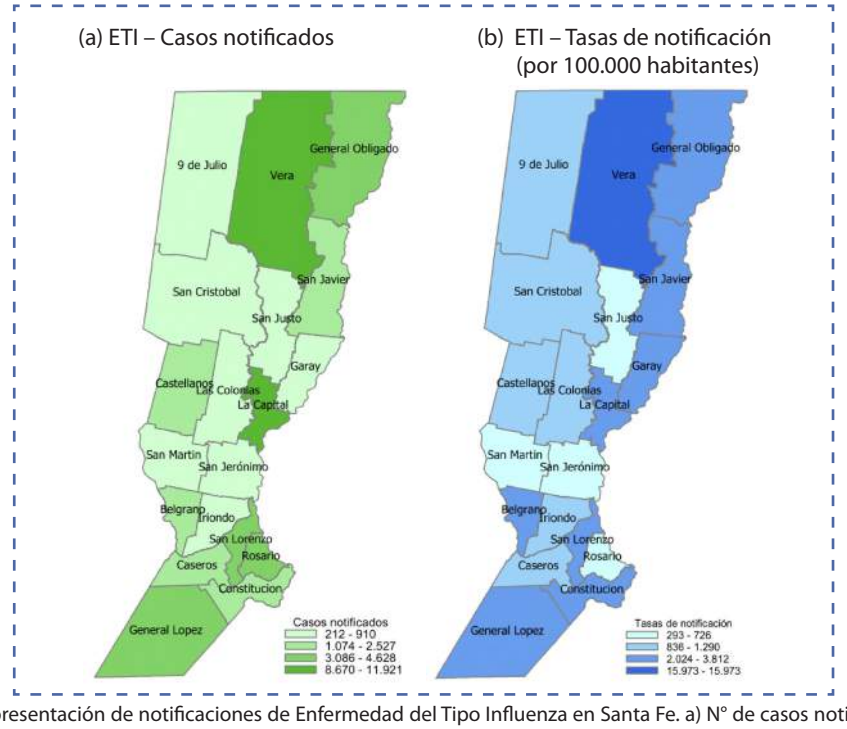


Figura. 3.2. Representación de notificaciones de Enfermedad del Tipo Influenza en Santa Fe. a) N° de casos notificados, b) Tasas cada 100.000 habitantes. No se indica el período de análisis en este caso.

Accidentología y Emergencia Sanitaria en Santa Fe

Otra aplicación de gran relevancia en la administración de los sistemas de salud tiene que ver con el mapeo de los recursos del ministerio, de la provincia, etc. En el caso de Santa Fe, la Dirección Provincial de Accidentología y Emergencia Sanitaria (DIAPES) del Ministerio de Salud de Santa Fe, confeccionó mapas de Nodos Regionales y Efectores utilizando el software libre gvSIG (Fig. 3.3). Los mismos se elaboraron en el marco de discusiones colectivas tendientes al afianzamiento de regionalización, que tiende a descentralizar el Estado provincial y fortalecer autonomías locales.

Figura. 3.3. Ubicación y características de los centros de atención de salud del nodo de Rosario

3.2 Co-ocurrencia de variables: Representación de posibles factores de riesgo

Además de analizar notificaciones de enfermedades o siniestros, como los accidentes, es de gran interés indagar sobre el mapeo de algunos factores de riesgo que estén claramente relacionados con alguna dolencia, e incluso "indagar" si existe una asociación a nivel espacial entre un posible factor de riesgo y una determinada enfermedad.

En general los factores de riesgo desde el punto de vista médico se asocian a cuestiones sociales o de comportamiento, aunque también pueden ser factores de riesgo (para algunas dolencias) ciertas características ambientales.

Factores de riesgo desde el punto de vista médico en El Carmen, Jujuy

Un ejemplo de información gráfica que combina la situación de la población, en cuanto a su edad, su situación laboral, etc., se muestra en el siguiente ejemplo de la localidad El Carmen de la provincia de Jujuy, donde se presenta la población total, y luego gráficos de proporciones de población según clases de ocupación, edad (Fig. 3.4). Puede observarse que el grado de agregación de la información es por barrios, por lo cual es posible ver la variación de estos indicadores espacialmente dentro de la ciudad.

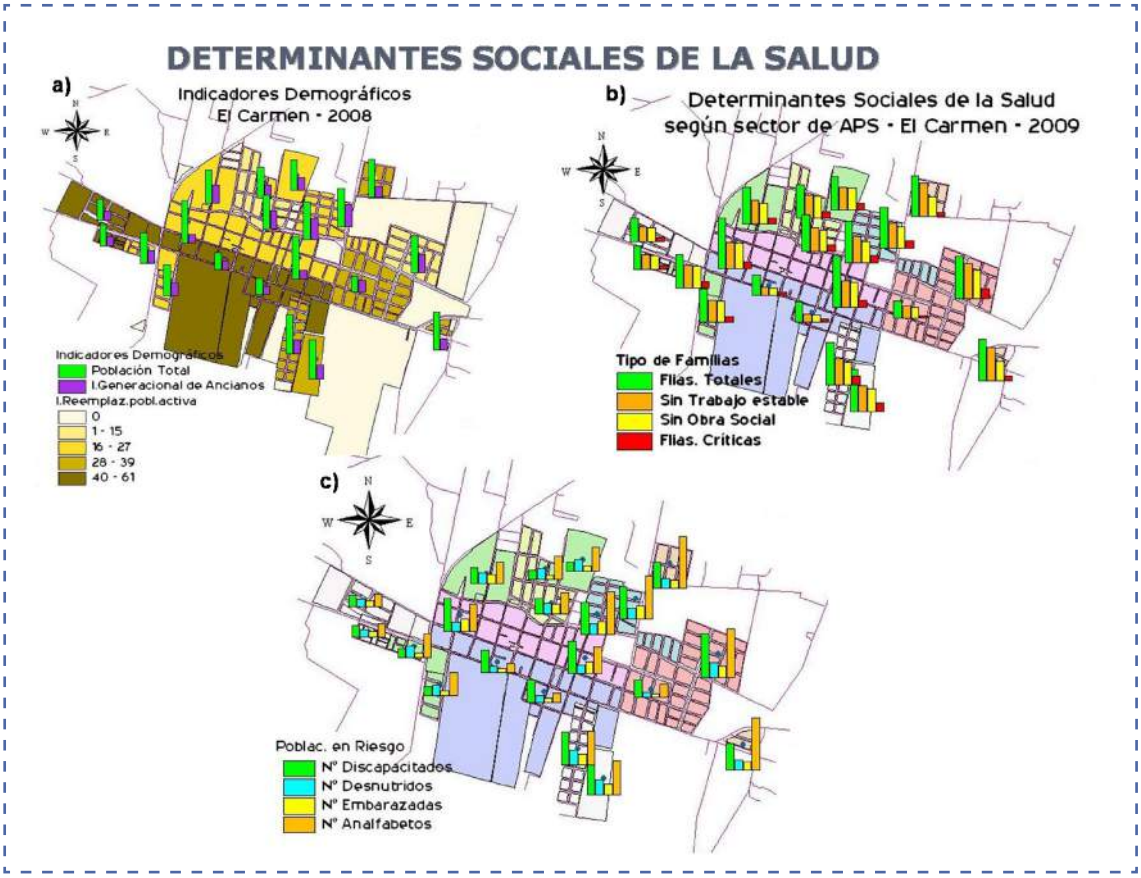


Figura. 3.4. Representación de determinantes sociales de la salud para la localidad "El Carmen" en Jujuy. Datos aportados por agentes de APS. Unidad de análisis: Barrio. Fuente: Geol. S. Chalabe. Facultad Ing. de Jujuy- APS.

3.3 Opciones de obtención y manipulación de datos geo-referenciados

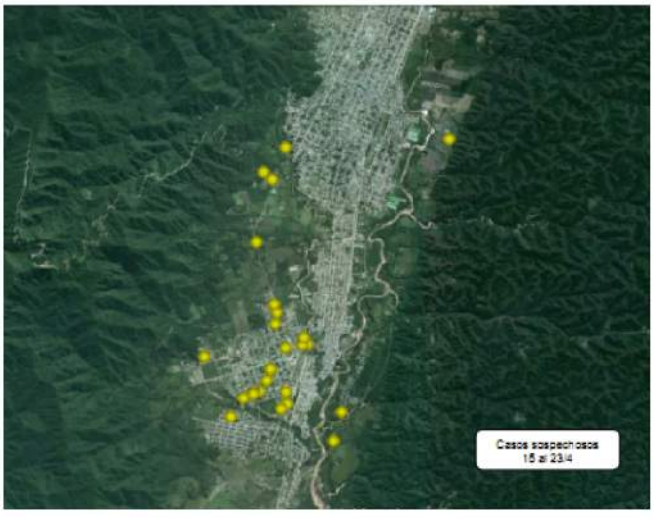
Un ejemplo interesante de mantener operativa la vigilancia de alguna enfermedad en el tiempo se da cuando se incorpora el Google Earth como herramienta rápida de geo-localización y generación de nuevas capas de información, esto es especialmente útil cuando el tiempo (por tratarse de un brote o situación de emergencia) o los recursos (como la disposición de GPS y transporte) obstaculizan la adquisición de la información. Los archivos de Google Earth pueden transformase e incorporarse de manera sencilla a un SIG, además, la información puede visualizarla cualquier usuario que posea conexión a Internet, sin necesidad de un software específico de SIG. Solo se necesita generar un tipo de archivo (.kml) que se comparte entre todos los usuarios.

Uso de Google Earth para la notificación de casos de Dengue en Salta

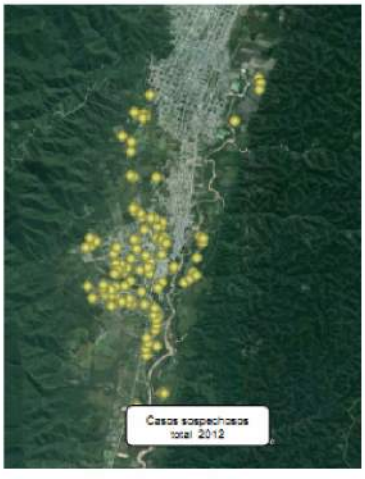
La metodología detallada en el apartado anterior, fue utilizada en la provincia de Salta para la notificación de eventos de brotes de Dengue, graficando casos sospechosos y confirmados.

Además de actualizar el análisis por semana epidemiológica, o con la frecuencia que se requiera, se pueden crear tantas capas de información en Google Earth como sean necesarias. Por ejemplo en la Fig. 3.5 A, se grafican los casos sospechosos de dengue de una semana epidemiológica en particular (Mapa 1), mientras que en la Fig.3.5 B y C se grafican los casos sospechosos y luego los confirmados para un mismo periodo de tiempo.

Mapa N°1: Ubicación geográfica de casos sospechosos de dengue del 15/04 al 23/04/2012. Prof. Salvador Mazza. N=29.



Mapa N°2: Ubicación geográfica de casos sospechosos de dengue del 1/04 al 23/04/2012. Prof. Salvador Mazza. N=215.
Mapa N° 3: Ubicación geográfica de casos confirmados de dengue del 01/04 al 23/04/2012. Prof. Salvador Mazza. N=60.



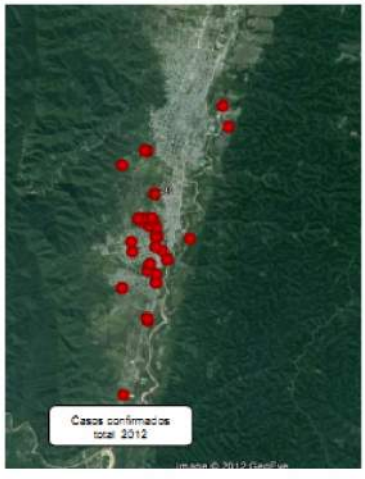


Figura. 3.5. Uso de la herramienta Google Earth, para georeferenciar puntos, sustituto del uso de GPS cuando la demanda de la localización es apremiante. En este caso en un brote de Dengue

Mapas de riesgo vectorial de Chagas en San Luis

El programa de Chagas de San Luis capacita a sus operadores en tecnologías asociadas al SIG, como son la carga sistematizada de datos a través de encuestas pre-definidas, el uso de otros software libres disponibles en epidemiología como el EPI_info, y geo-localización por GPS de sus viviendas rurales. Los datos se combinan en bases de datos geográficos y forman parte de una la posterior generación de mapas de interés. Dentro del programa se remarca la interfaz amigable de la caga de datos y de la visualización (así lo muestran sus propios efectores en la reuniones). Algunos de los mapas resultantes de este programa se muestran en la Fig.3.6.

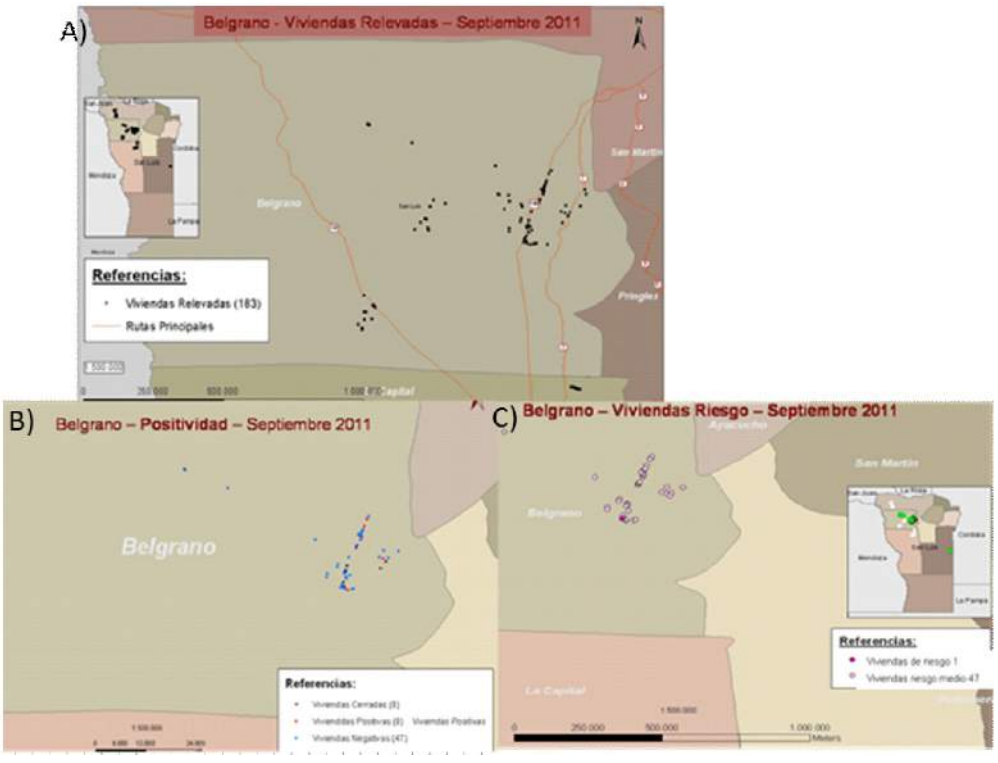


Figura. 3.6. Geo-referencia de viviendas en áreas rurales de San Luis. A) Ubicación espacial de los puntos en SIG a través de dispositivos GPS, B) Caracterización del dato (vivienda) categórica? en relación al control vectorial. C) indicador de riesgo en función de presencia de T. infestans (por presencia o por densidad del vector)

En zonas rurales donde la información catastral y geográfica es escasa, es necesario en primer lugar geo-localizar el objeto de interés, como las viviendas rurales, y a partir de ello visualizar otros atributos asociados a cada vivienda como el estado en que se encontró (cerrada, positiva o negativa para la presencia de *T. infestans* en este caso). Si además se consignan diferentes variables sobre cada unidad, puede visualizarse un nivel de riesgo asociado a cada punto y así identificar las zonas prioritarias de análisis.

3.4 El concepto de integración espacial por capas y el análisis multifactorial en epidemiología

Análisis de Encefalitis de San Luis en la provincia de San Juan

En este caso el análisis de Encefalitis de la ciudad de San Luis en la provincia de San Juan desde un abordaje "multicapa" eco-epidemiológico en el cual algunos de los pasos se realizan con datos de Google Earth.

Cada capa del SIG enfoca en diferentes aspectos del ciclo de transmisión: por ejemplo se estudian condiciones climáticas del año en curso para la región y se analizan variantes urbanas a esas condiciones como la Islas de calor (Fig. 3.7 A), los sitios de cría del vector como los canales de riego (Fig. 3.7 B) y se intenta identificar las condiciones ambientales del hospedador (aves migratorias).

Los datos de control vectorial de criaderos se agregan al mapa de la ciudad según la densidad de criaderos encontrados en un tiempo T determinado (por ejemplo durante una campaña de recolección de inservibles), o identificando a través del tiempo los criaderos permanentes o más importantes por su densidad. Por último el monitoreo en tiempo real de los casos puede incorporarse del Google Earth (Fig. 3.8 A y B).

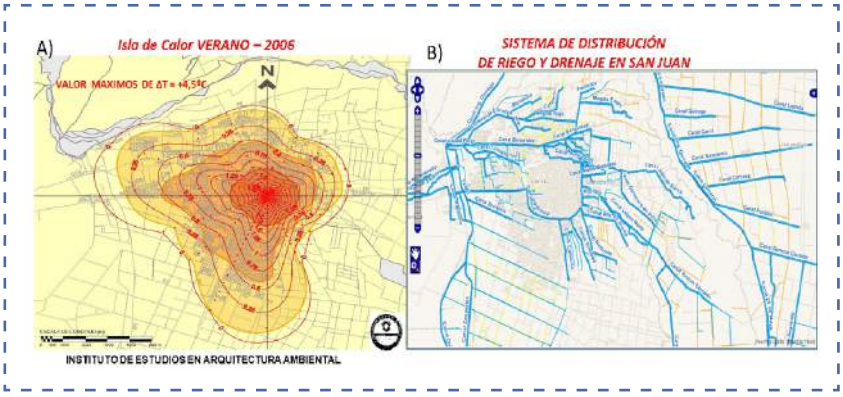


Figura. 3.7. Diferentes factores relacionados a la transmisión de Encefalitis de San Luis en la Provincia de San Juan. A) Mediciones de la variación de la temperatura dentro de la ciudad en un verano promedio observando el efecto de Isla de Calor causado por las estructuras urbanas, B) El sistema de riego favorece el desarrollo de las poblaciones del vector *Culex pipens*, aun en regiones áridas como esta.

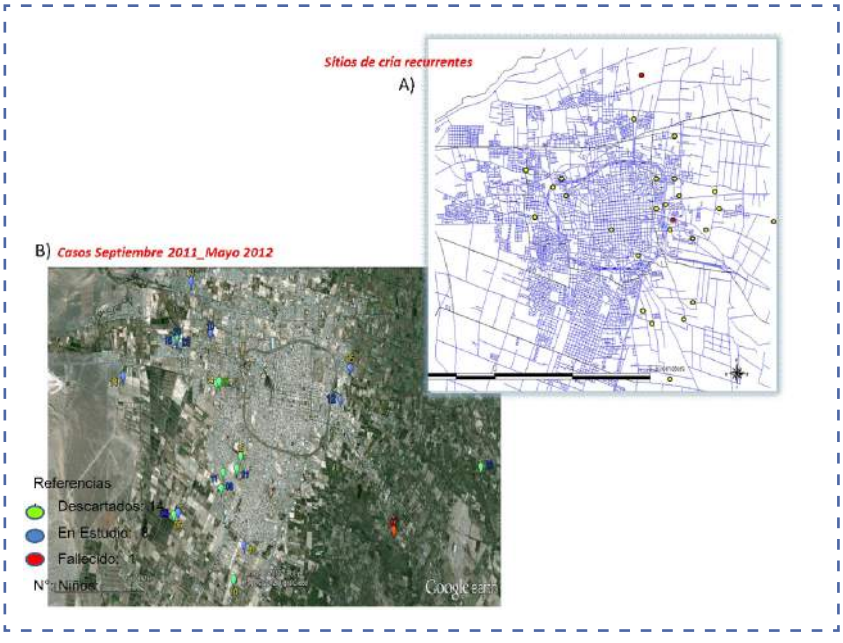


Figura 3.8. Capas geográficas relacionadas a la circulación viral de un brote de Encefalitis de San Luis, A) Sitios de criaderos del vector, y B) Casos notificados para un periodo de tiempo, tomando como referencia Google Earth

Control y vigilancia de Dengue en Jujuy

También con el objetivo de identificar alguna región de interés como prioritaria, se puede citar el ejemplo de El Carmen en la provincia de Jujuy, que durante una campaña contra el Dengue se visualizaron diferentes variables para crear las área prioritarias, aplicando herramientas de análisis simples, como las del área de influencia o buffer de distancia.

En este ejemplo, como sucede en general con la vigilancia de dengue, no se visitan todas las viviendas durante el control, pero la proporción de viviendas visitadas, sobre el total que se muestran en los gráficos de barras para cada barrio, da una idea de la cobertura del monitoreo.

Además, se apoya la toma de decisión, identificando las manzanas o barrios prioritarios de acción. Esto se logró mediante la geo-referencia de casos positivos de dengue y la generación de anillos con-

céntricos, en torno a cada caso positivo, con el fin de delimitar dos niveles de área de influencia (con 200m y 400m de radio).

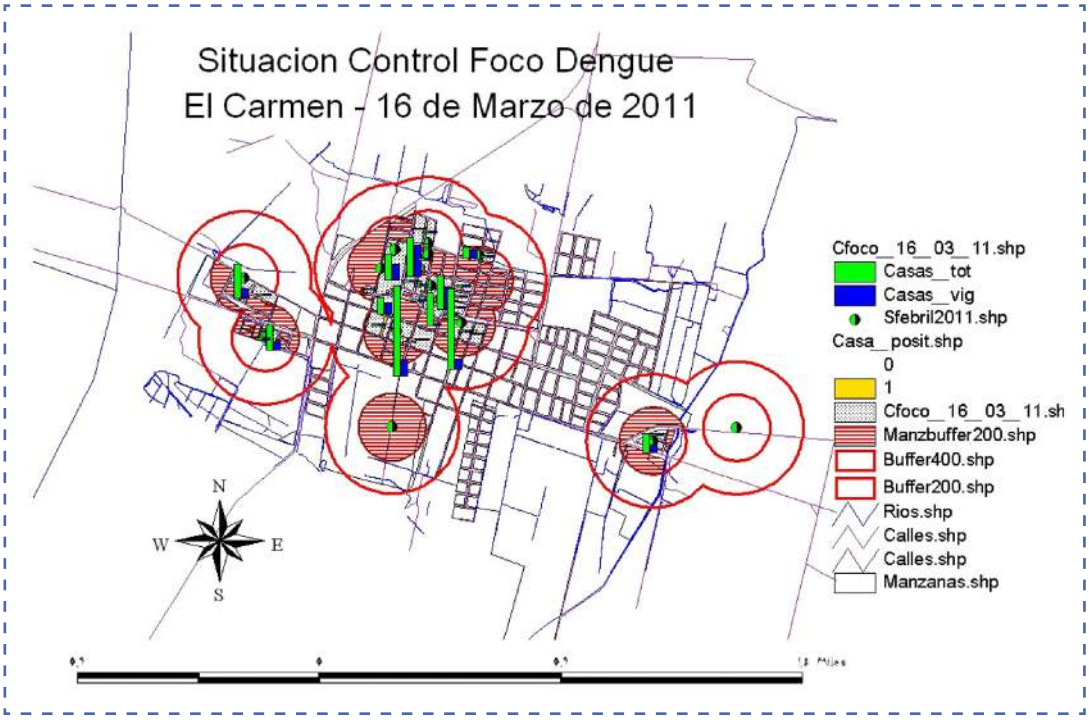


Figura 3.9. Integración de porcentaje de cobertura de control vectorial con localización (por domicilio) de casos de Dengue confirmados

La capacidad de combinar, analizar y compartir información que tienen los Sistemas de Información Geográfica, desafía a realizar modelos cada vez más complejos para simular o dar respuesta a situaciones epidemiológicas. Hasta aquí, predominaron los ejemplos creados a partir de datos puntuales de tipo vectorial, y con un enfoque estático, o de avance por cuadros en el tiempo.

3.5. Los SIG en entorno WEB, sistemas operativos con interacción multiusuarios

El último ejemplo, fue desarrollado en CONAE y tiene al menos tres particularidades:

- Es un SIG disponible vía Web, por estar montado en un "servidor de mapas", que permite gran versatilidad en la visualización, desde la escala urbana a la escala nacional.
- Los usuarios visualizan y activan (o desactivan) diferentes capas de su interés, pero también son responsables de los datos de entrada de los mapas que se obtienen
- Usa además de la información vectorial, información en formato "raster" (imágenes satelitales) con una actualización temporal muy dinámica.

En la evaluación del riesgo de Dengue a escala Nacional se trata a cada localidad o ciudad como un único dato, para caracterizar su situación dentro del país, evaluando características que permiten estandarizar y comparar la situación de cada ciudad. El riesgo se calcula conjugando cuatro factores: circulación viral, actividades de control, situación entomológica y caracterización ambiental. Los usuarios del Ministerio de Salud ingresan datos en los primeros tres factores mencionados, mediante planillas de Excel. Cada uno de estos factores puede visualizarse de manera independiente, como capas de un SIG, así como la asignación del riesgo final elaborada por el sistema.

Además, el servidor de mapas tiene otras capas que ayudan a contextualizar la información, como rutas, imágenes satelitales, recursos hídricos, etc. (Fig. 3.10).

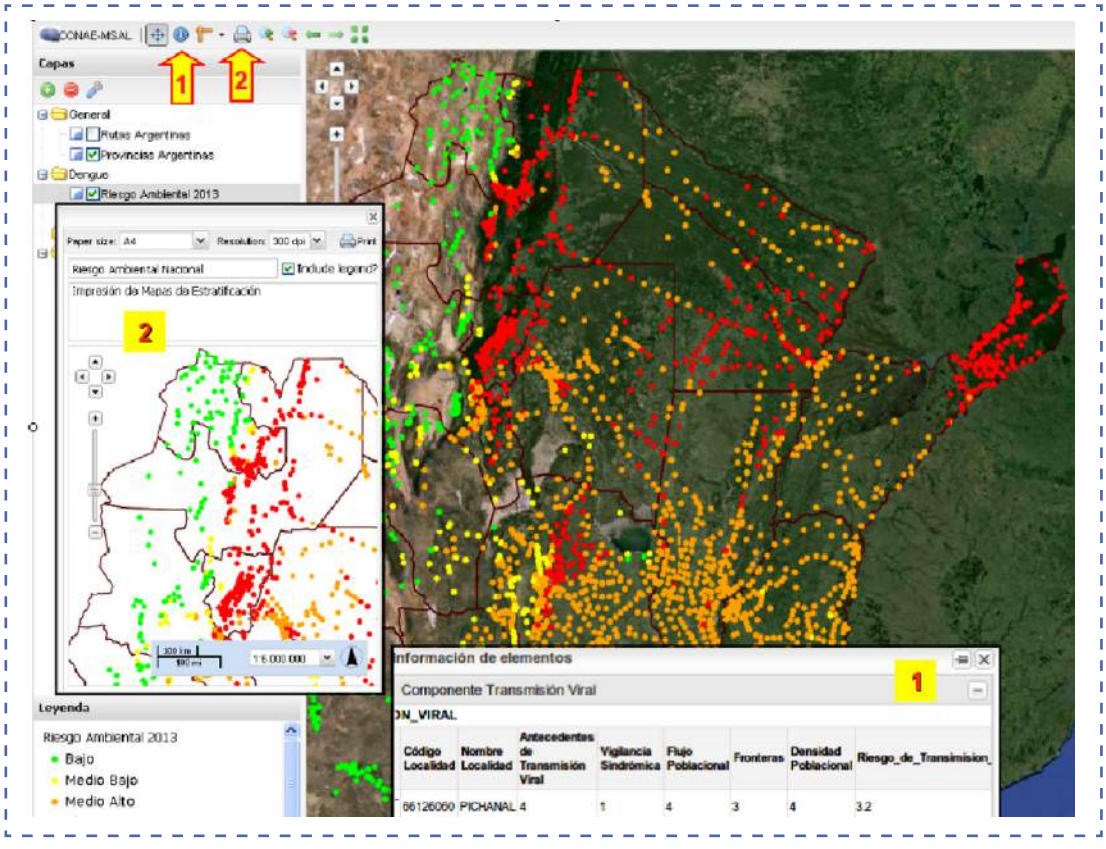


Figura 3.10. Sistema de Riesgo de Dengue a nivel Nacional *on line*. En la tabla de contenidos de la izquierda se observan diferentes capas del SIG cargadas (por ej. los factores de riesgo ingresados por el usuario). Se observan diferentes herramientas básicas del SIG en la Barra de tareas superior como medición de distancias, información de cada punto (1), impresión (2). La tabla representa el estado de cada localidad para los cuatro factores y el riesgo final de circulación viral según la escala de colores (esquina inferior izquierda).

Uno de los objetivos de este sistema es almacenar información del status de riesgo cada seis meses, y evaluar en un futuro, el cambio del riesgo asignado en el tiempoEste SIG on line, también permite hacer consultas sobre un objeto en particular, hacer acercamientos (zoom), mediciones, etc. (Fig. 3.10).

La segunda escala espacial para la evaluación del riesgo es urbana, con una resolución espacial de entre 15m y 100m. En este nivel de análisis intervienen un gran número de capas de información (aunque, no siempre se disponen de todas ellas, el modelo funciona idealmente cuando esto sucede). La Fig.3.11 muestra las capas de entrada y las posibles capas que se pueden visualizar y superponer a la salida, a los que denominamos "productos", por ser el resultado de alguna operación o aplicación de funcionalidades SIG.

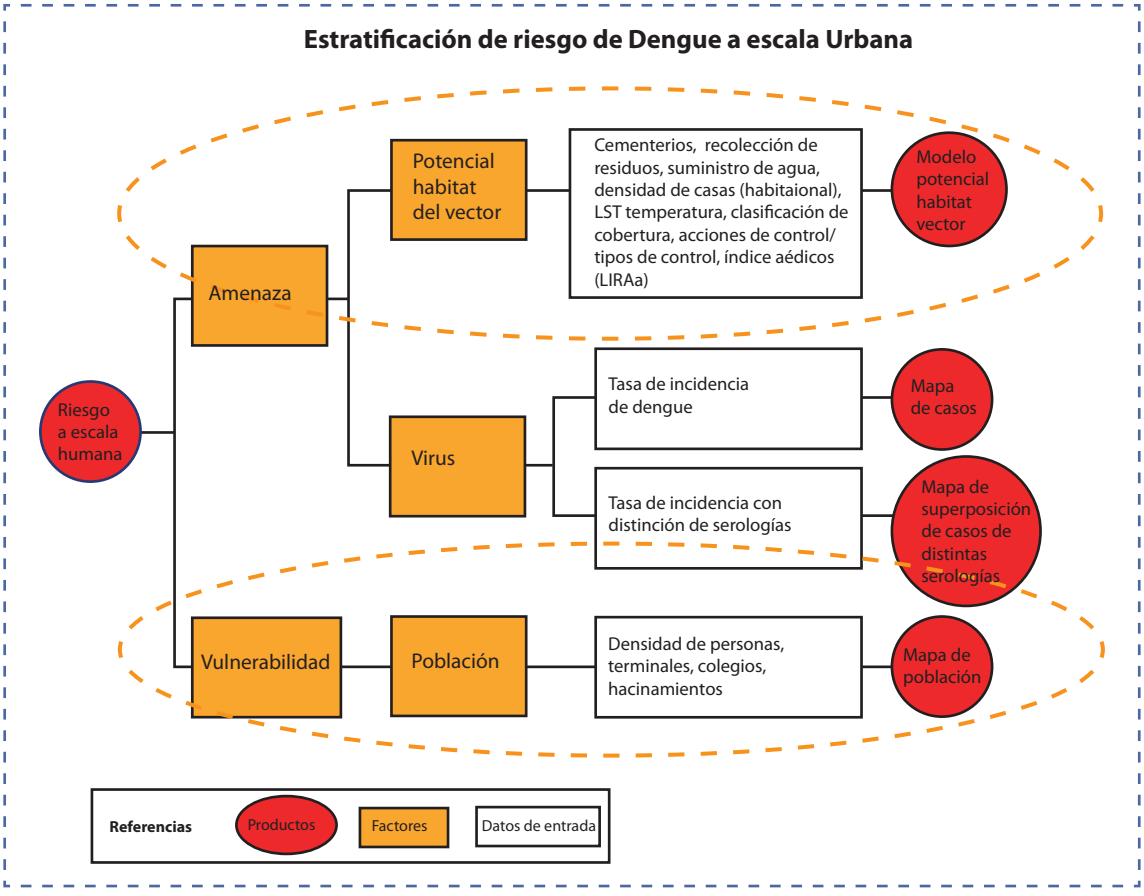


Figura 3.11. Esquema de interacción de capas de información, para evaluación de riesgo de dengue a nivel Urbano

Entre las capas de entrada hay algunas de formato vectorial y otras raster, derivadas de imágenes satelitales o generadas a partir de capas de puntos (de áreas de influencia), un ejemplo de los productos obtenidos se muestra en la Fig.3.12.

Figura. 3.12. Asignación del riesgo vectorial (presencia de Aedes aegypti) derivado de las texturas y cobertura de suelo mediante Árboles de Decisión No Jerárquico, resultado de la interacción de capas para obtener una salida tipo Raster.

Capítulo 4

Herramientas Geoespaciales Aplicadas al Ambiente y la Salud: Tutorial de aplicación

Resumen

En el siguiente tutorial, se describe la estructura básica del programa gvSIG y las herramientas que permiten ejecutar procesos básicos como selección de preferencias, visualización/localización de información, simbología, navegación, manejo de tablas, capas vectoriales y raster, hipervínculos, geoprocesos y generación de mapas para su publicación.

Se divide en 4 apartados,

- **APARTADO I:** Herramientas y procedimientos básicos en gvSIG
- **APARTADO II:** Creación y edición de capas en gvSIG
- **APARTADO III:** Geoprocesos
- **APARTADO IV:** Generación de mapas
- **APARTADO V:** Aplicaciones de Google Earth y GPS en Salud

APARTADO I: Herramientas y procedimientos básicos en gvSIG

El siguiente apartado describe la estructura del programa **gvSIG** y las herramientas que permiten ejecutar los procesos básicos de selección de preferencias, visualización de información, simbología, navegación, localización de la información y manejo de tablas e hipervínculos.

Procedimiento de inicio en gvSIG

Al iniciar una sesión en gvSIG el programa despliega una ventana llamada Gestor de Proyectos desde la cual se administran los siguientes tres tipos de entornos o documentos: (Fig. 4.1)

- **Vista:** Permite visualizar las capas añadidas. Están constituidas por 3 zonas: la zona de la derecha denominada *Vista geográfica*, que es la zona de visualización propiamente dicha, la zona superior izquierda denominada *TOC (Table of Contents)* donde aparecerá la lista de las capas añadidas y la zona inferior izquierda llamada *Localizador,* que permite desplegar un capa o imagen que servirá de referencia geográfica al mapa desplegado en la Vista geográfica.
- **Tabla:** incluye las bases de datos asociados a las capas vectoriales (formato .dbf) y a su vez tablas alfanuméricas autónomas.
- **Mapa:** son composiciones gráficas donde es posible combinar varias vistas y otros elementos como leyendas, nortes, escalas, gráficos, anotaciones, etc., generalmente creados para ser impresos.

Figura 4.1. Gestor de proyectos

La estructura del programa permite generar **Proyectos** (archivos con extensión **.gvp**), que guardan toda la información que se haya abierto o generado en una determinada sesión de trabajo, conteniendo una o varias Vistas distintas, y permiten su recuperación total, conservando sus características de estructura y visualización.

Configuración general de gvSIG Desktop 1.11

Configuración de Preferencias

Es posible modificar la configuración de nuestro proyecto desde la herramienta **Preferencias**, o desde el menú *Ventana/Preferencias*. Desde aquí se pueden seleccionar la apariencia de nuestra interfaz, las carpetas donde se encuentran los proyectos, datos y plantillas, seleccionar el idioma, configurar colores de vistas, edición, etc. y a su vez, seleccionar el sistema de referencia que deseamos se cargue por defecto en las vistas.

Al desplegar las Preferencias aparecerá el siguiente esquema con un listado, en el lado izquierdo de los ítems, cuyas propiedades pueden ser modificadas. Hay que tener presente que las modificaciones que se realicen no afectarán una vista que ya esté abierta, y si las vistas nuevas.

Configuración de la Edición

Las preferencias de **Edición**, nos permiten modificar, por ejemplo, los colores de edición para selección, modificación y dibujo de los distintos elementos, además de diferenciar entre "Relleno", "Borde" y "Transparencia" (Fig. 4.2).

Los cambios que se efectúan sobre esta ventana afectarán a las modificaciones que hagamos sobre una capa *en edición*, es decir que no influyen en las características propias de la capa o la vista, sino que destacan y cambian el color de los elementos (puntos, líneas o polígonos) sobre los que en ese momento, se esté modificando su forma.

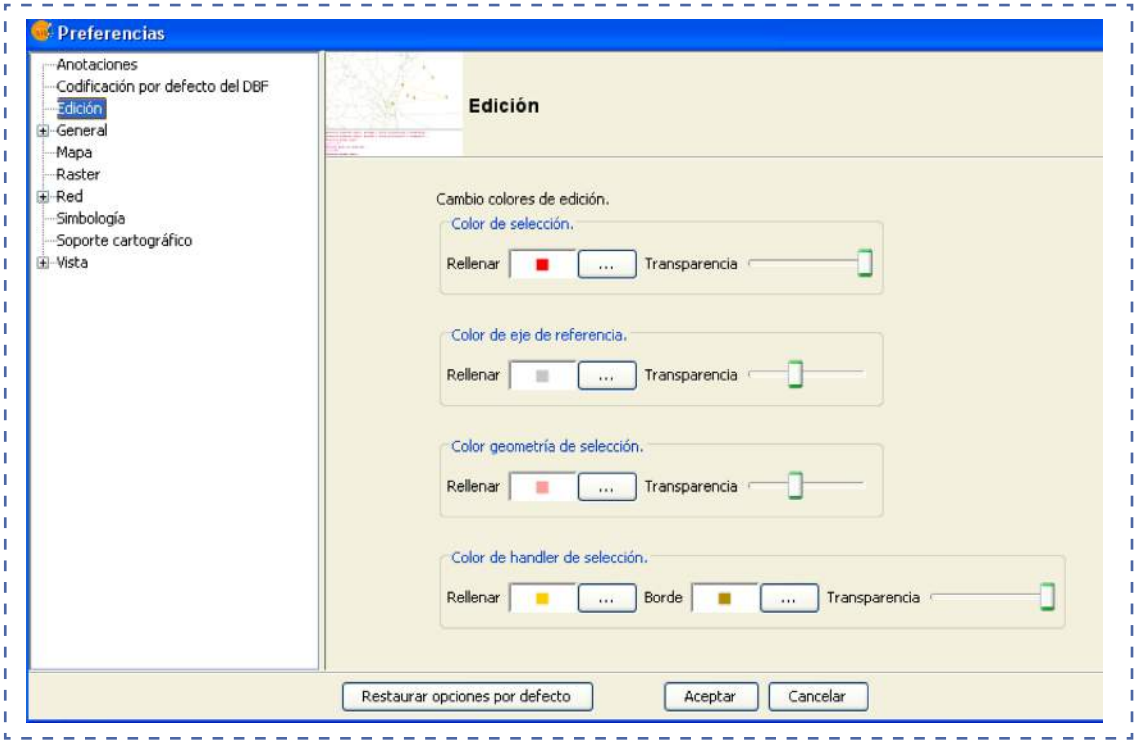


Figura 4.2. Configuración de las preferencias

Configuración de las Vistas

Se pueden establecer valores referentes a los zooms o a los colores de fondo de las vistas. Además, desde esta ventana es posible cambiar la proyección (ver Capítulo 2) de la vista, ya que nos permite escoger el sistema de referencia de las mismas. Éste será independiente del sistema de referencia utilizado por las capas. Si cambiamos aquí el sistema de referencia, a partir de entonces, cada vista nueva que abramos se creará con el sistema de referencia que hayamos escogido (Fig. 4.3).

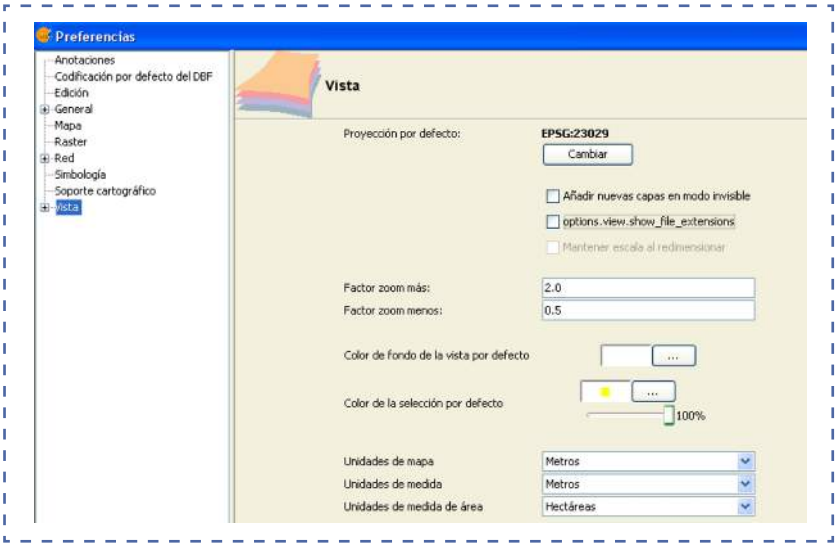


Figura 4.3. Configuración de las preferencias.

Visualización de la información del proyecto

Si la ventana de **Gestor de proyectos** no es visible, la misma se puede reestablecer al hacer clic en *Ver/Gestor de proyectos*. Para guardar las actividades como un proyecto, hacer clic en *Archivo/Guardar como/*.gvp*.

Para generar una vista se debe seleccionar el tipo de entorno **Vistas**, en el *Gestor de proyectos*, y luego hacer clic en **Nuevo**. Seleccionar la nueva vista y hacer clic en **Propiedades** para poder cambiar el nombre que tiene por defecto la vista (renombrarlo como *VISTA_1*), agregar información sobre el propietario, configurar las unidades de mapa, medida y área, agregar comentarios, cambiar el color de fondo y seleccionar la proyección con la que se desea trabajar.

Al hacer clic sobre **Proyección actual** aparece una ventana, desde la que es posible seleccionar el sistema deseado (Fig. 4.4). Al desplegar la pestaña **Tipo** aparecerá un listado que corresponde a distintas bases de datos de proyecciones. En el caso de la EPSG (European Petroleum Survey Group), es una base creada por un grupo de especialistas en geodesia y cartografía aplicado a la explotación del petróleo y se caracteriza por haber hecho una codificación de la mayor parte de las proyecciones utilizadas a nivel global. Si el código no es conocido por el usuario, gvSIG permite, a su vez, buscarlo por nombre de la proyección o del Dátum y por el área de trabajo. También es posible desplegar listados generados por ESRI, o por la Unión Astronómica Internacional (IAU2000).

En este caso en particular, se trabajará con Coordenadas Esféricas o Geográficas, no proyectadas, por lo que debe seleccionarse el código **EPSG 4326** (coordenadas geográficas, Dátum WGS 84). Este Sistema es elegido, entre otras razones, porque es compatible con la mayoría de los datos obtenidos por navegadores o dispositivos de GPS, y es el sistema natural de ingreso de coordenadas para generar capas de puntos georeferenciados en los SIGs tradicionales.

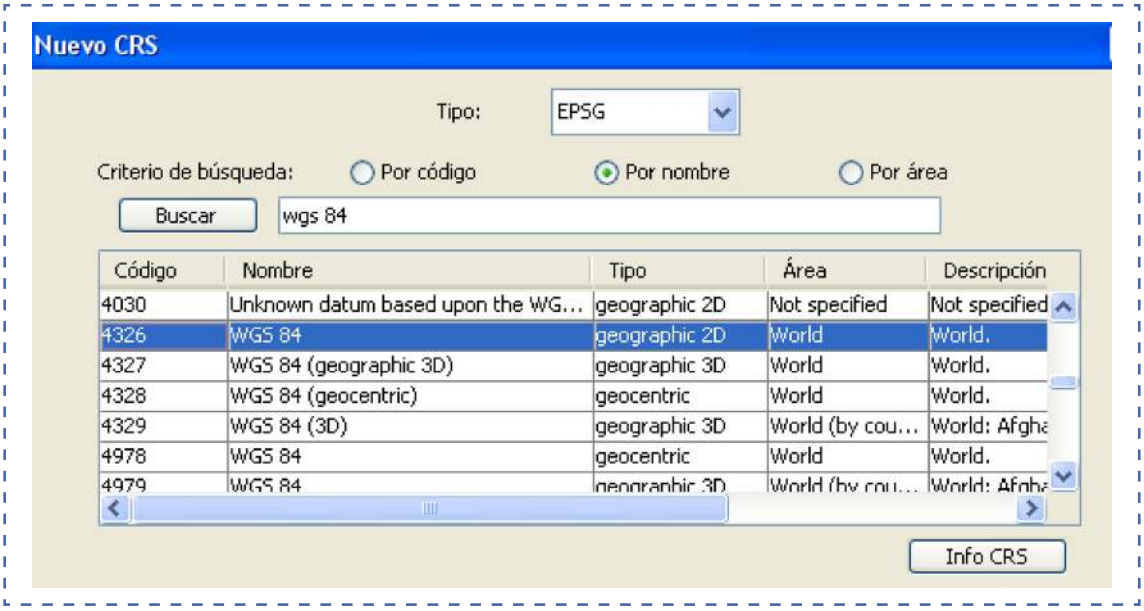


Figura 4.4. Elección del sistema de proyección

Añadir capas de información geográfica

Hacer clic en **Abrir** para que se despliegue la vista o doble clic sobre su nombre. La vista se abrirá mostrando las 3 zonas **Vista geográfica, TOC (Table of Contents) y Localizador** (Figs. 4.5 y 4.6)

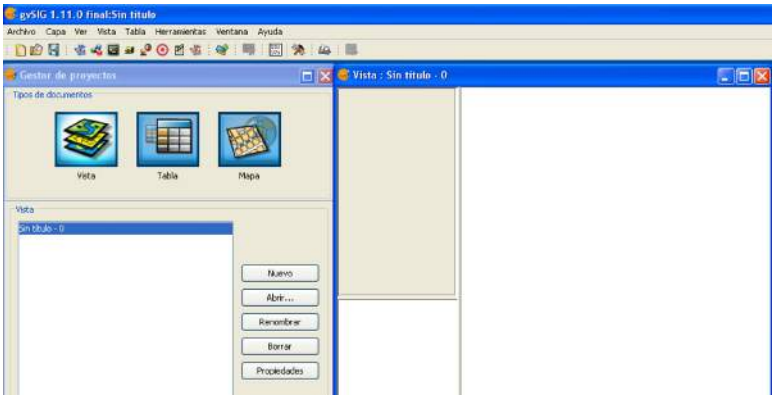


Figura 4.5. TOC y localizador **Figura 4.6.** Vista geográfica

Para incorporar información geográfica a la **Vista** debe usarse la herramienta **Añadir capa**, que se encuentra en la barra de herramientas o en la ruta *Vista/Añadir capa*. Al hacer clic se abrirá la ventana y la pestaña **Archivo** y luego en **Añadir** para abrir el explorador de archivos.

Teniendo seleccionado en **Archivos de tipo**, la extensión correspondiente a ***gvSIG.shp***, será posible seleccionar la capa de provincias de la República Argentina, *provincias_latlong.shp* * (ver archivos en CD, INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON). Este es un archivo **vectorial** (ver Capítulo 2), del tipo polígono, con coordenadas geográficas generado por el Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud (Fig. 4.7).

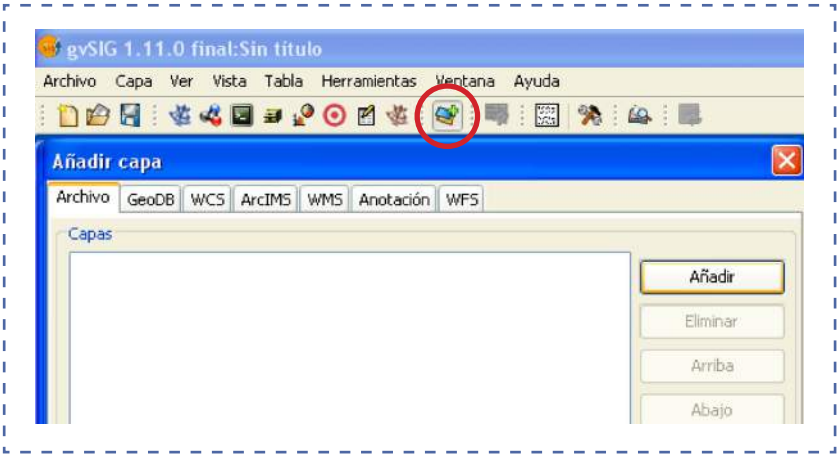


Figura 4.7. Ventana para *Añadir una capa* y el círculo rojo al Botón correspondiente

Simbología

Para editar la visualización de la capa (colores, grosores de líneas, etc.) primero se debe activar la capa. Para esto hay que hacer clic sobre el nombre de la capa en la TOC. De esta manera se define sobre qué capa se realiza la edición de la simbología. Al hacer clic con el botón derecho sobre el nombre de la capa se desplegará un menú contextual (Fig. 4.8)

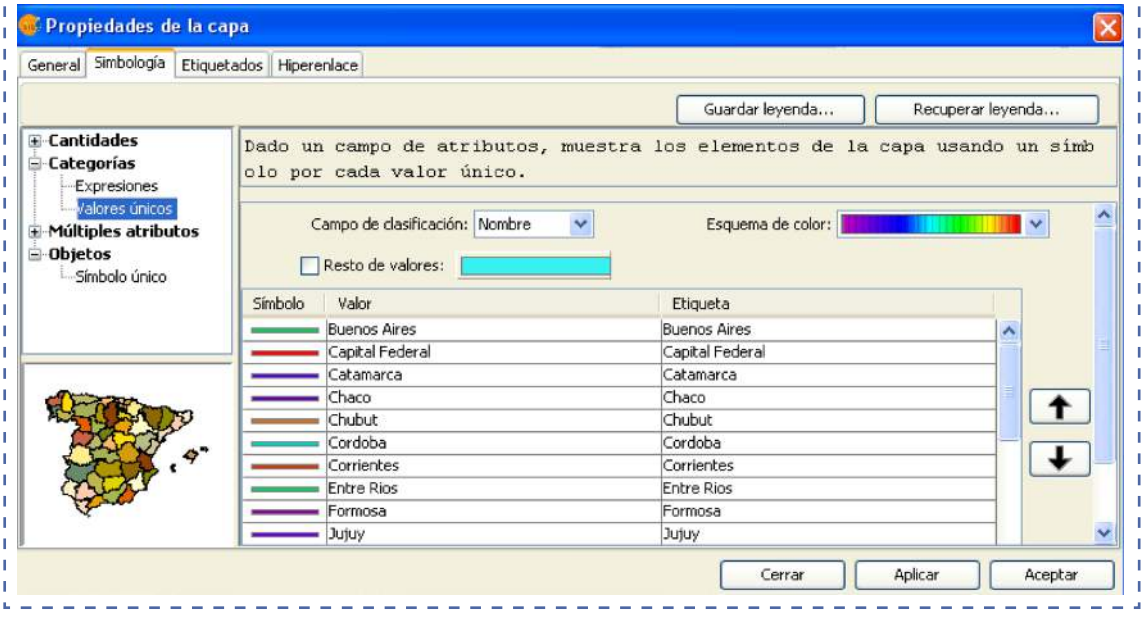


Figura 4.8. Edición de la simbología

Hacer clic sobre **Propiedades/Simbología/Categorías** y la seleccionar la opción **Valores únicos**. Seleccionamos NOMBRE en la **lista Campo de clasificación** y seguidamente clic en **Añadir todos / Aplicar/Aceptar**. Podemos cambiar el conjunto de colores en Esquema de color, o cada color particular haciendo doble clic en cada casillero de la columna **Símbolo**.

Nuevamente hacer clic en **Propiedades / Etiquetados**, seleccionar la opción de **Habilitar etiquetado**. En el **Campo a etiquetar** seleccionar NOMBRE en **Tamaño fijo** de *8* y en **Unidades** pixeles, en el mundo. Clic sobre **Aceptar** (Fig. 4.9).

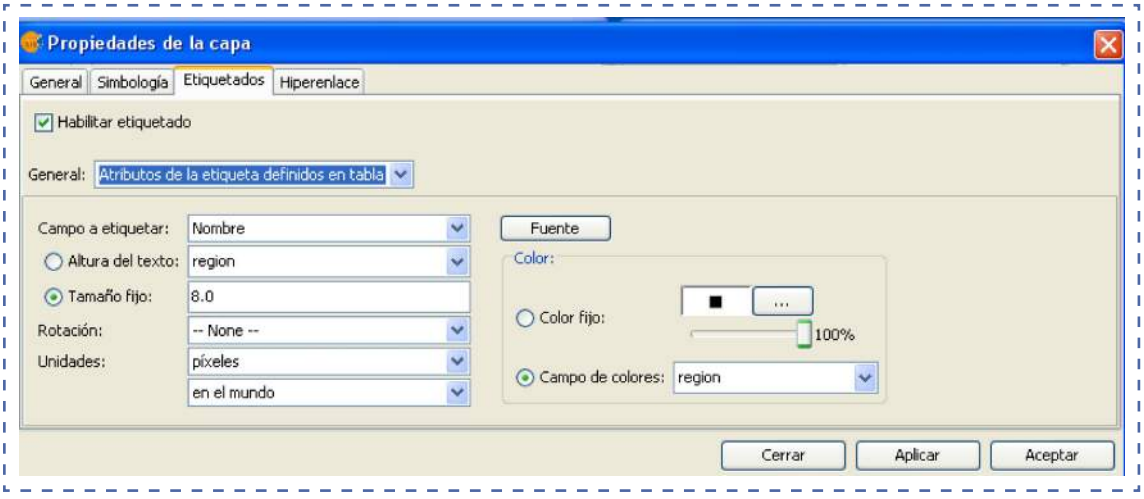


Figura 4.9. Etiquetado.

NOTA IMPORTANTE: en este caso, la capa provincias.shp posee coordenadas geográficas, por lo cual si se eligiese como opción **Altura fija del texto: En metros**, en realidad estará utilizando como unidad de altura, la definida por las unidades en grados de este sistema.

Leyenda Predefinida

Cualquier simbología creada por el usuario puede ser guardada como un archivo nuevo con extensión **.gvl** (propia de gvSIG), permitiendo que esta **leyenda predefinida** sea restaurada automáticamente. Seleccionar **Propiedades**, la pestaña **Simbología**, definir una simbología y hacer clic en la opción **Guardar leyenda**.

A continuación utilizar una leyenda ya predefinida y guardada como archivo .gvl. Para visualizarla hacer clic con el botón derecho sobre **Propiedades/Simbología** y en **Recuperar leyenda** (Fig. 4.10).

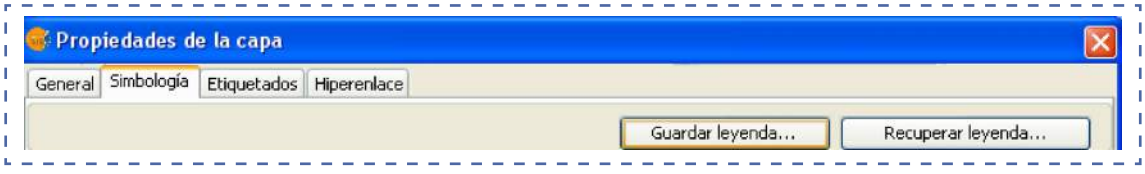


Figura 4.10. Propiedades de la simbología.

Se despliega un explorador en el que buscaremos el archivo ***regiones.gvl*** en la siguiente ruta ***INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON***.

Al **Aceptar** se reestablece la clasificación según la región a la que pertenece y la etiqueta del nombre de la provincia correspondiente (Fig. 4.11). A su vez, hacer doble clic sobre la capa Provincias en la TOC, y editar desde **Simbología** en la columna **Etiqueta** los valores de cada Región, reemplazándolos por los correspondientes Nombres de las Regiones: 1 = Centro, 2 = Cuyo, 3 = NEA, 4 = NOA y 5 = Sur. De esta forma en el TOC se visualizarán los nombres de las Regiones. Guardar las modificaciones realizadas sobre la simbología y/o etiquetas de la misma, como un nuevo archivo **.gvl**, desde **Guardar leyenda** en la pestaña Propiedades.

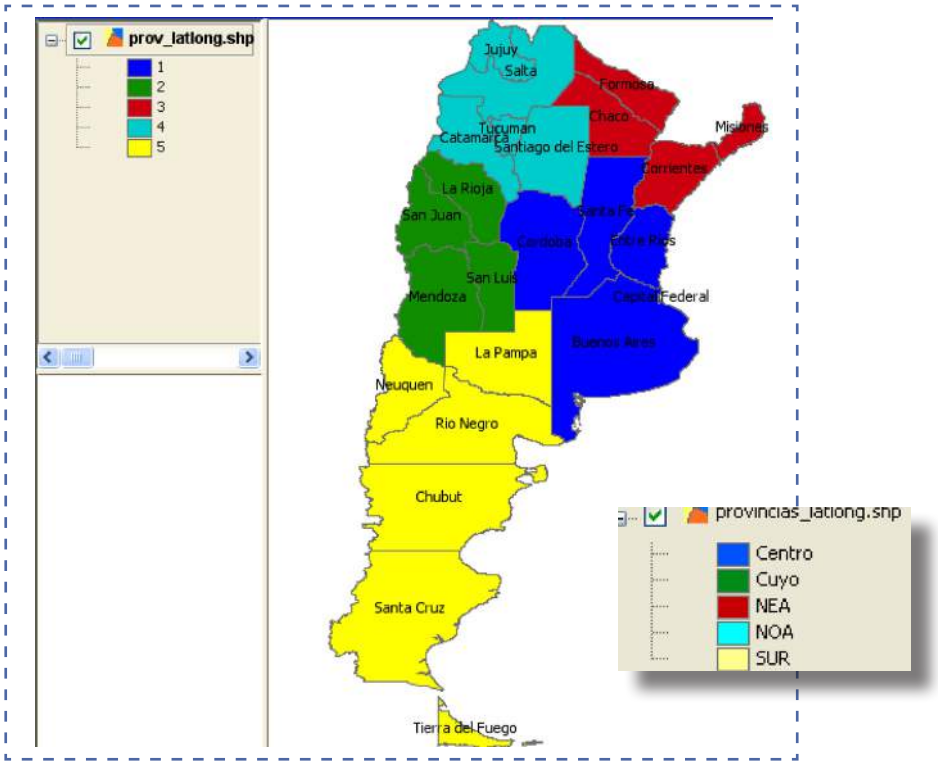


Figura 4.11. Propiedades de la simbología. Derecha: Edición de Etiquetas del TOC.

Otra opción de etiquetado es la de **Leyenda por intervalos** (Fig. 4.12). Teniendo la capa *prov-latlong.shp* activa, seleccionar con el botón derecho la opción **Propiedades** y la pestaña **Simbología**. Seleccionar **Cantidades** y luego **Intervalos**. En el **Campo de Clasificación** seleccionar T_ETI_S1_9 (Tasas de Enfermedades Tipo Influenza, semana epidemiológica 1 del año 2009), en **Tipo de Intervalo** seleccionamos *Intervaloscuantiles*, en **Número de Intervalos**, seleccionamos *5,* en **Color de Inicio**, blanco y en **Color final**, *azul*. Luego hacer clic en **Calcular intervalos** y **Aceptar**. Para q los colores sean mas representativos, se puede editar la **Rampa de color invirtiendo los colores**. Azul para tasas más bajas y rojo para las más altas. A su vez, es posible editar manualmente los colores, haciendo doble clic sobre los colores de la columna símbolo.

Figura 4.12. Propiedades de la simbología (Cont.).

Navegación

Configurar el **Localizador**. Para ello ir a *Vista/Configurar Localizador* (Fig. 4.13), hacer clic en **Añadir capa** y seleccionar el archivo *provincias-latlong.shp* (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON). La capa de provincias de la Argentina aparecerá en el **Localizador**, y a partir del rectángulo generado en la misma, se puede desplazar y definir el área de la vista geográfica.

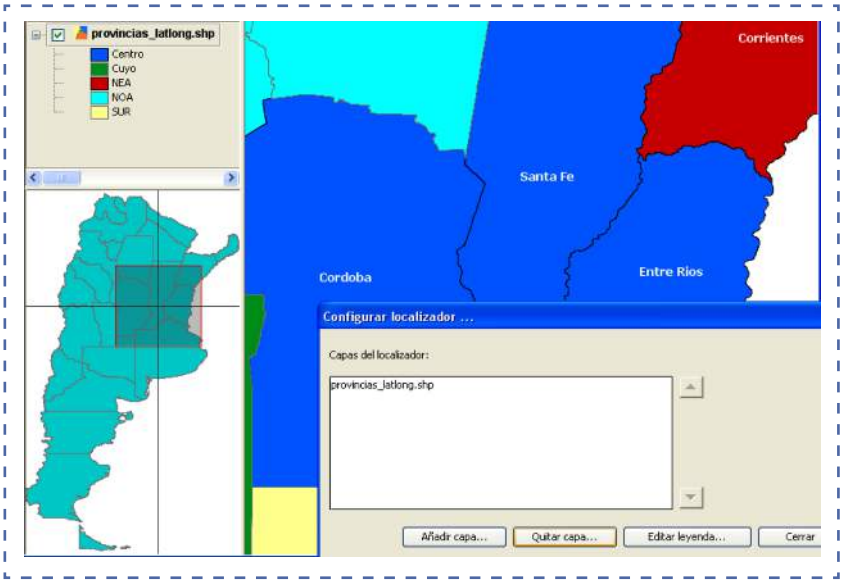


Figura 4.13. Configuración del localizador.

A su vez, desde la ventana **Configurar Localizador**, es posible editar la visualización del las capas utilizadas en el localizador, al hacer clic en el botón **Editar Leyenda**.

En el menú de herramientas se presentan las herramientas de **Zoom** que se utilizan para navegar por la vista (Fig. 4.14) y la herramienta de **Paneo** para desplazarse por la vista, sin alterar el nivel del zoom.

Figura 4.14. Botones del menú de herramientas. 1 = Zoom previo, 2 = Zoom más, 3 = Zoom menos, 4 = Zoom completo, 5 = Acercar, 6 = Alejar, 7 = Gestión de Encuadres (guarda zoom determinados).

Medición de áreas y distancias

Estas herramientas permiten medir **Distancias** y **Áreas** .

Puede accederse también a las herramientas desde el menú "Vista/Consulta/Medir distancias". En primer lugar hay que asegurarse de que se han establecido correctamente las unidades de medida desde el "Gestor de proyectos", en las propiedades de la vista, o trabajando sobre una vista, desde la barra de menú "Vista/Propiedades". Para medir basta con hacer clic en el punto de origen y desplazarse hasta el destino. Pueden realizarse tantas medidas como se quiera, haciendo doble clic para finalizar la acción. En la parte inferior de la ventana de la vista aparece el cálculo de la distancia o área medida. En distan-

cias se pueden ver tanto las distancias parciales de los tramos de rutas, que se dibujan, como la distancia total acumulada. En el caso de áreas se obtienen el área y el perímetro del polígono que se dibuja sobre la vista. Intente medir, por ejemplo, la distancia máxima Norte-Sur y Este-Oeste de su provincia, y/o la distancia desde algún punto de la costa argentina hasta el límite con Chile.

Localización de registros

Para poder identificar una zona específica de la vista se pueden utilizar herramientas como el Localizador por atributo, Seleccionar desde la tabla de atributos o Seleccionar desde la vista.

Localizador por atributo

Opción accesible en *Vista/Localizador por atributo* . Se debe poner activa la capa de interés y elegir el atributo por el cual se desea localizar. Para esto abrir la capa *departamentos_latlong.shp (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON)*. (Con el botón y repitiendo los pasos realizados de la Pág. 57). Una vez abierta la capa, es posible localizar un departamento cualquiera de su provincia (en el ejemplo se muestra el departamento de *Aluminé* en la provincia de Neuquén). Para ello, seleccionar el campo MIN_NOMDEP, que contiene el nombre de los departamentos y buscar el nombre de interés (Fig. 4.15).

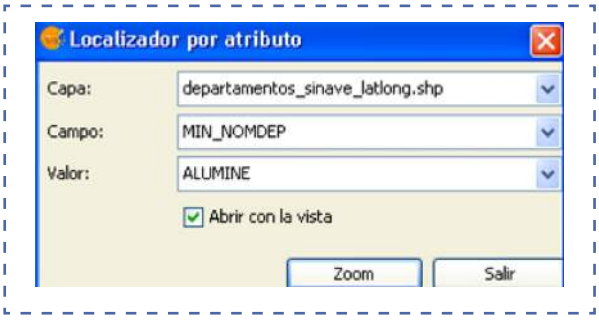


Figura 4.15. Localizador por atributos

Seleccionar directamente desde la tabla de atributos

En primer lugar se debe abrir la tabla asociada a la capa de interés a través del ícono o en *Capa/Ver Tabla de Atributos*. Una forma de hacerlo es hacer clic sobre los elementos (registros) deseados. En la tabla cada fila representa un registro, que se corresponde con un elemento gráfico en la vista. Los registros seleccionados (en este caso, elementos polígonos) se visualizan en amarillo tanto en la tabla como en la vista.

Seleccionar con filtros desde la tabla de atributos

Otro método consiste en aplicar la herramienta **Filtro** (*Tabla/Filtro*). Se selecciona en **Campo** el atributo por el cual se buscará el registro, se selecciona el signo **"igual" (=)** y en **Valores** conocidos se selecciona el nombre del registro. Seleccionar por este método todos los departamentos de su provincia. Active la capa *departamentos_sinave-Latlong.shp* (haciendo clic sobre ella), y elija el campo MIN_PROV para seleccionar el código (MIN_PROV) correspondiente a su provincia (Ejemplo para Misiones: Fig. 4.16). Si no conoce el código de su provincia será necesario primero identificarlo a través del botón de información .

Presione dicho botón y haga clic sobre algún lugar de su provincia, se desplegara la información correspondiente a ese punto (Fig. 4.17).

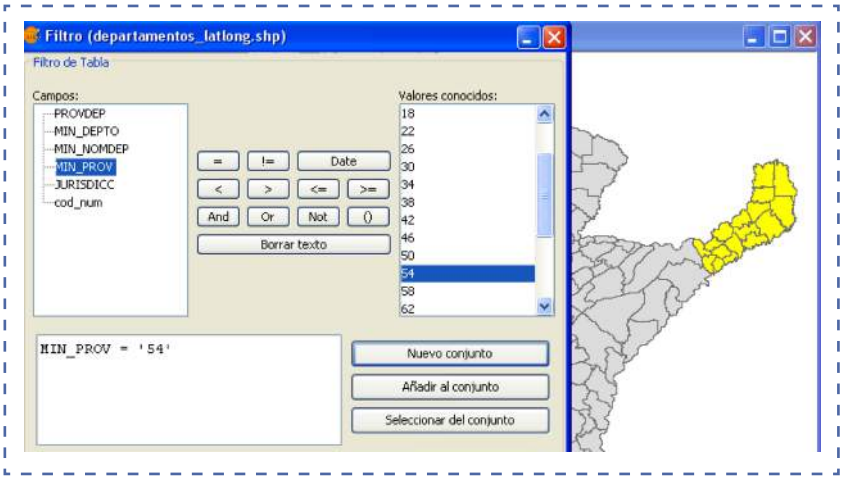


Figura 4.16. Selección por filtro.

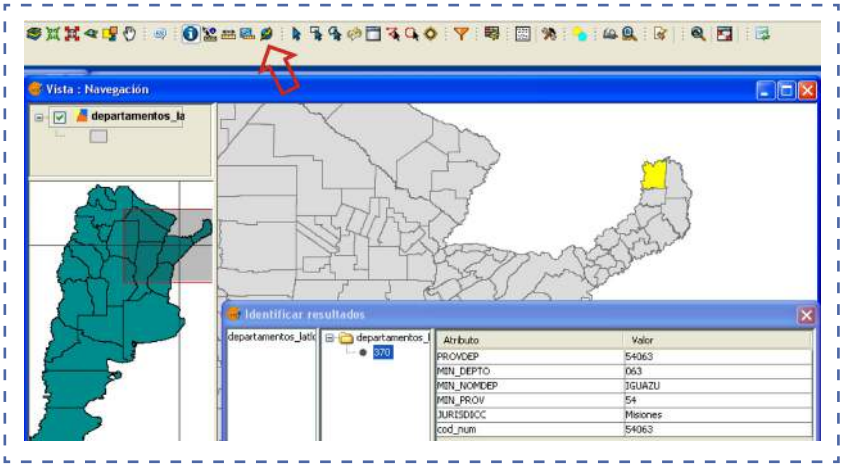


Figura 4.17. Uso de la herramienta de información.

Seleccionar desde la vista

Desde la vista activa se pueden seleccionar una o más entidades con alguna de estas herramientas (Fig. 4.18).

Figura 4.18. **1:** Seleccionar por punto,
2: Seleccionar por rectángulo
3: Seleccionar por polígono

Al igual que en los pasos anteriores, se visualiza la información correspondiente al atributo de la tabla. Además, cuando en la capa activa hay un registro seleccionado, se activa la opción de **Zoom a lo seleccionado**, tanto en la vista como en la tabla.

Cuando existen elementos seleccionados de una capa, es posible **invertir la selección** mediante el icono .

A su vez, es posible **deseleccionar** todos los elementos utilizando el icono

Notar que en todo momento es posible controlar la escala de la vista a partir del control de escala de la barra de estado (en la parte inferior de la pantalla), ya sea por selección de una de las escalas predefinidas o al tipear la escala deseada.

Añadir capas de información geográfica desde Servidores de Mapas Web.

Un servidor de mapas (en inglés IMS: Internet Map Server), es una aplicación que provee mapas y cartografía a través de Internet. Permiten publicar datos geográficos, tanto en modo vectorial como con raster (imágenes), interactuando con ellos de forma dinámica por medio de un navegador web. Dentro de este contexto, CONAE ha implementado servidores de mapas, basados principalmente en el programa geoserver, openlayers y postgreSQL/postGIS, con el fin de publicar y poner a disposición de los usuarios de cartografía web, productos relativos a Riesgo de enfermedades vectoriales como Dengue (ver Capítulo 3.5) y mal de Chagas y riesgo de Incendios. En el caso de focos de calor (estimadores de focos incendios) CONAE brinda servicios WMS y WFS de los focos de calor sensados en las últimas 24 horas por los sensores MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua (http://catalogos.conae.gov.ar/focos/).

El Servicio de Mapas Web WMS (Web Map Service) permite visualizar información geográfica georreferenciada a través de la web en formato de imagen (.gif, png, tiff, entre otros). La información, que puede ser del tipo vectorial o raster, se presenta en forma de capas de información. Permite generar mapas y superponer supeditados a la conectividad a internet. Por otro lado, el servicio WFS (Web Feature Service), ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, permitiendo hacer consultas y recuperación de elementos geográficos mediante, por ejemplo, su exportación a formatos shapefile (.shp). A diferencia de los protocolos WMS, el WFS permite guardar las capas en distintos formatos, y haciéndolas disponibles sin necesidad de estar conectado a internet (offline).

Para visualizar estos productos en un programa de SIG gratuito, como gvSIG, es necesario copiar el URL del protocolo WMS o WFS de la página de CONAE, como se indica a continuación. Copiar la ruta del enlace WMS o WFS según corresponda. En este caso, se seleccionará el WFS para poder exportar las capas al disco de la PC.

En el programa gvSIG, incorpore la información geográfica a la **Vista** con la herramienta **Añadir capa**, que se encuentra en la barra de herramientas o en la ruta *Vista/Añadir capa*. Teniendo seleccionado en **Archivos de tipo**, selecciona la extensión correspondiente a ***WFS***.

Figura 4.19. Ventana para *Añadir una capa* WFS.

Pegue la ruta del enlace en la pestaña **SERVIDOR**, haga clic en **CONECTAR** y luego seleccione las capas de interés.

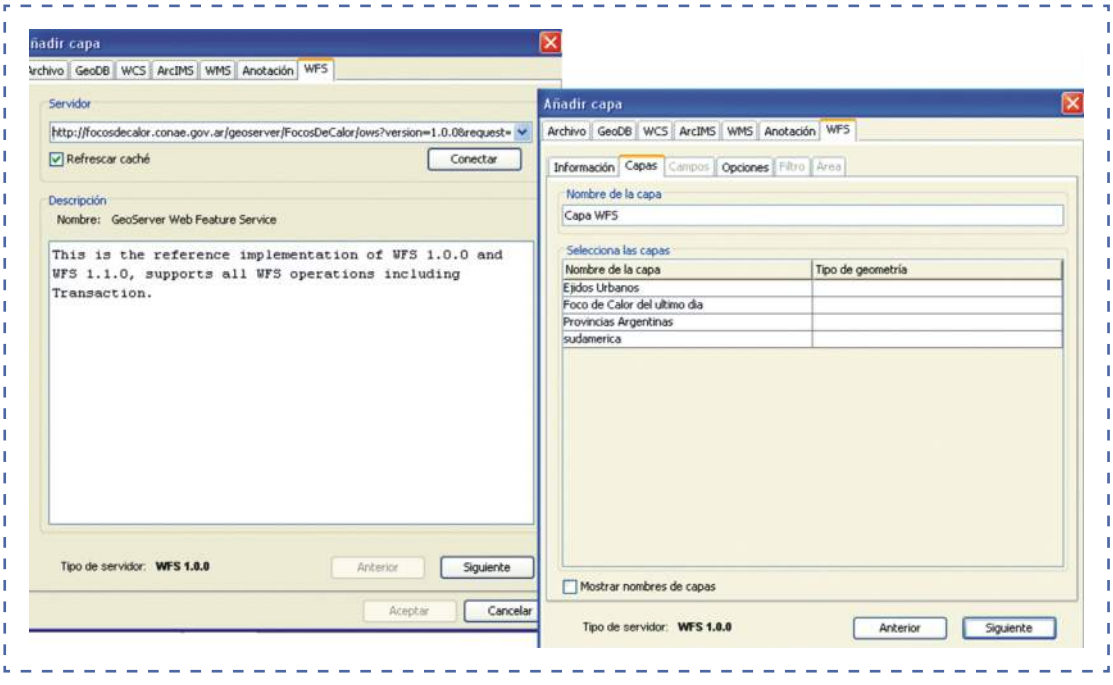
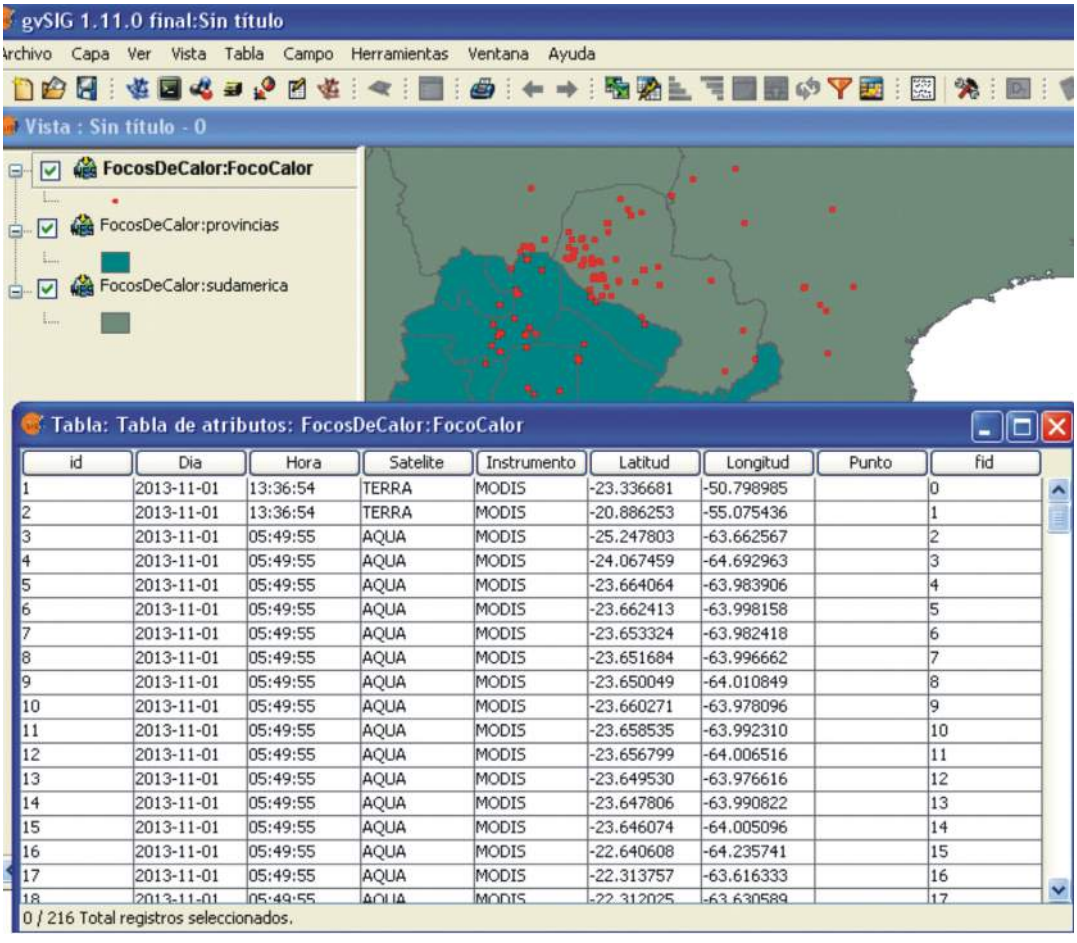


Figura 4.20. Pasos a seguir para la importación de capas WFS desde un servidor de mapas web y selección de capas a visualizar.

A continuación seleccione los **Campos de la capa** que requiera, haga clic en siguiente y aceptar. Podrá visualizar las capas seleccionadas y exportarlas con todos sus atributos a formatos disponibles fuera de línea (offline) como shapefile o .kml.



id	Dia	Hora	Satelite	Instrumento	Latitud	Longitud	Punto	fid
1	2013-11-01	13:36:54	TERRA	MODIS	-23.336681	-50.798985		0
2	2013-11-01	13:36:54	TERRA	MODIS	-20.886253	-55.075436		1
3	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-25.247803	-63.662567		2
4	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-24.067459	-64.692963		3
5	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.664064	-63.983906		4
6	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.662413	-63.998158		5
7	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.653324	-63.982418		6
8	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.651684	-63.996662		7
9	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.650049	-64.010849		8
10	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.660271	-63.978096		9
11	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.658535	-63.992310		10
12	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.656799	-64.006516		11
13	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.649530	-63.976616		12
14	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.647806	-63.990822		13
15	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-23.646074	-64.005096		14
16	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-22.640608	-64.235741		15
17	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-22.313757	-63.616333		16
18	2013-11-01	05:49:55	AQUA	MODIS	-22.312025	-63.630589		17

Figura 4.21. Visualización de las capas importadas del servidor WFS de CONAE de focos de calor del sensor MODIS, y los atributos de la capa seleccionada.

Guardar elementos seleccionados como nuevas capas

Selección desde Tabla

Una vez que se seleccionaron datos, por cualquiera de los métodos descriptos, estos pueden ser guardados de manera independiente en una nueva capa (.shp). De la capa departamentos_latlon.shp (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON), seleccionar los departamentos correspondientes a su provincia (Ej: MIN_PROV=30, para Entre Ríos) y guardar como una nueva capa shape al hacer clic en **Capa**, **Exportar**, seleccionando la opción SHP. Como nombre de salida elija el nombre correspondiente a su provincia más _depto.shp. Así, por ejemplo, el archivo guardado resultante es: Entre Rios_depto.shp. Acepte la pregunta de añadir esta capa a la vista actual y la misma aparecerá sobre las que Ud. abrió con anterioridad.

Cargar la capa localidades_latlon.shp (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON), seleccionar las localidades correspondientes a su provincia y guardarlas en una nueva capa con nombre: *nombre-provincia_loc.shp*.

Bases de datos (tablas de datos alfanuméricas)

Unir tablas a partir de Selección por atributos

La unión de tablas permite enriquecer la base de datos de forma automática, en base a la relación que existe entre una tabla de origen y una tabla destino. Para conseguir dicha unión, ambas tablas deben contener un campo común o campo de enlace. Dicho campo aparece en ambas tablas a unir y permite relacionar o unir, aquellos registros que tengan para dicho campo el mismo valor en ambas tablas, sean relacionados. La unión solamente permite relaciones del tipo "uno a uno" de los campos.

Para añadir al proyecto una nueva tabla en formato *.dbf (archivo de base de datos) o *.csv (valores separados por coma), se debe abrir el Gestor de proyectos (Ver/Gestor de proyectos) y seleccionar Tablas como tipo de documento. Hacer clic en **Nuevo** y luego en **Añadir**, seleccionando la tabla *ETI_S1aS52_2009.dbf* (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON). Esta tabla posee las notificaciones del SNVS, sobre Enfermedad Tipo Influenza (ETI), Casos y Tasas Semanales por 100000 habitantes, desde la semana 1º a 3º semana epidemiológica para el año 2009.

> Para proceder a la unión de las tablas es indispensable que las mismas compartan un identificador único para cada elemento.
> Por ejemplo en una tabla podemos tener un campo llamado: CODIGO y en la otra un campo llamado LOCALIDADES, pero si la información contenida en cada registro es idéntica, se pueden unir las tablas sin ningún inconveniente. En cambio si los nombres de los campos son iguales (CODIGO, CODIGO), pero sus contenidos son diferentes, la unión no podrá ser posible.

Teniendo activa la tabla de la capa provincias, seleccionar la herramienta **Unir** desde la barra de herramientas o desde (*Tabla/Unir*), con lo que aparecerá la ventana para selección de tablas y campos, **Opciones de la tabla de origen**, a completarse según la figura 4.22.

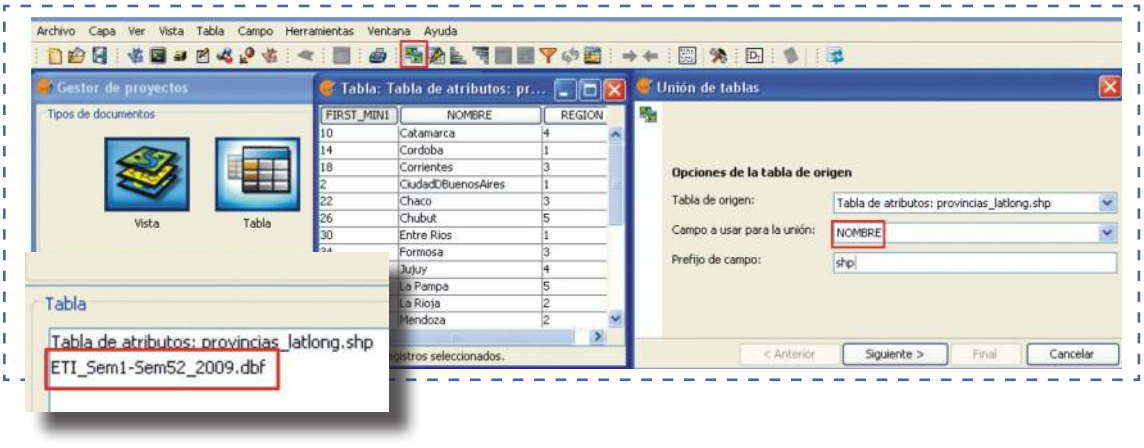


Figura 4.22. Unión de tablas.

Hacer clic en **Siguiente** y aparecerá la pantalla Opciones de la tabla de destino. Completarla según la Fig. 4.23:

Figura 4.23. Unión de tablas (continuación).

Al hacer clic en **Final**, como resultado se observa que a la tabla de atributos del shape *prov_latlong* se le han añadido los campos de información presentes en la tabla *ETI_S1aS52_2009.dbf*.

Para deshacer esta unión se debe ir a **Tabla/Quitar Uniones** y la tabla volverá a contener solamente la información original. Para que esta unión sea permanente, es necesario **Guardar** el shape como un nuevo shape (Capa/ Exportar/SHP).

Enlace de Tablas

Esta es una herramienta muy similar a la de UNIR tablas, pero en este caso los campos de ambas tablas son enlazados virtualmente. De este modo, las alteraciones que se produzcan en una de ellas se manifestarán también en la otra. Este enlace es virtual y tiene relación uno a muchos.

Se realiza desde el ícono **Enlace de tablas** o en *Tabla/Enlace*, siguiendo el mismo procedimiento que en Unión por Selección de Atributos.

Importar Campos

Esta herramienta permite importar campos a una tabla desde otra tabla con la ventaja, respecto a las herramientas anteriores, que el usuario puede seleccionar los campos a importar y que la importación es PERMANENTE y en el mismo archivo .shp de base.

Con la capa *provincias_latlong.shp* activa, desplegar su tabla asociada. Ir a la opción **Tabla/Importar Campos**, aparecerá una ventana en la que deberemos indicar la tabla a la que se importarán los campos, el campo en común y la tabla de la que se importarán los campos: En este caso *ETI_S1aS52_2009.dbf* desde la ruta INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON. Al hacer clic en **Siguiente**, aparece la ventana en la que se deben seleccionar los campos que se desean importar por último por el campo que se unen ambas tablas (Fig.4.24).

Figura 4.24. Importar campos.

Exportar tablas

Esta herramienta nos permite exportar tablas completas a formato excel o dbf. Para esto, debe estar activa la capa, y abierta la tabla que queremos exportar (*prov_latlong.shp*). Pulsar **Tabla/Exportar**, seleccionar el formato de exportación y guardar en el directorio deseado (Fig. 3.21).

Figura 4.25. Exportar tablas.

Agregar un hipervínculo (Edición)

La herramienta de **Hiperenlace** permite tener acceso a información al asociar archivos de texto, de imágenes, html, htm o .pdf a entidades de las capas vectoriales.

Cargar la capa *provincias_latlong.shp* (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON) y comenzar su **Edición**. Para ello hay que poner la capa activa, hacer clic sobre esta con el botón derecho y seleccionar **Comenzar edición**. Abrir la tabla de atributos, y acceder a **Tabla / Modificar estructura de tabla**. A continuación se deben crear tres campos haciendo clic en el botón **Nuevo campo**, a los que se llamará:

- *Enlace_imagen*
- *Enlace_pdf*
- *Enlace_html*

Seleccionar el **Tipo** *String*, **Tamaño**: elegir un número de caracteres alto, como máximo 254 (ya que si el número de caracteres del archivo es superior al valor elegido, no podremos ingresarlo) y luego presionar **Aceptar** (Fig. 4.26).

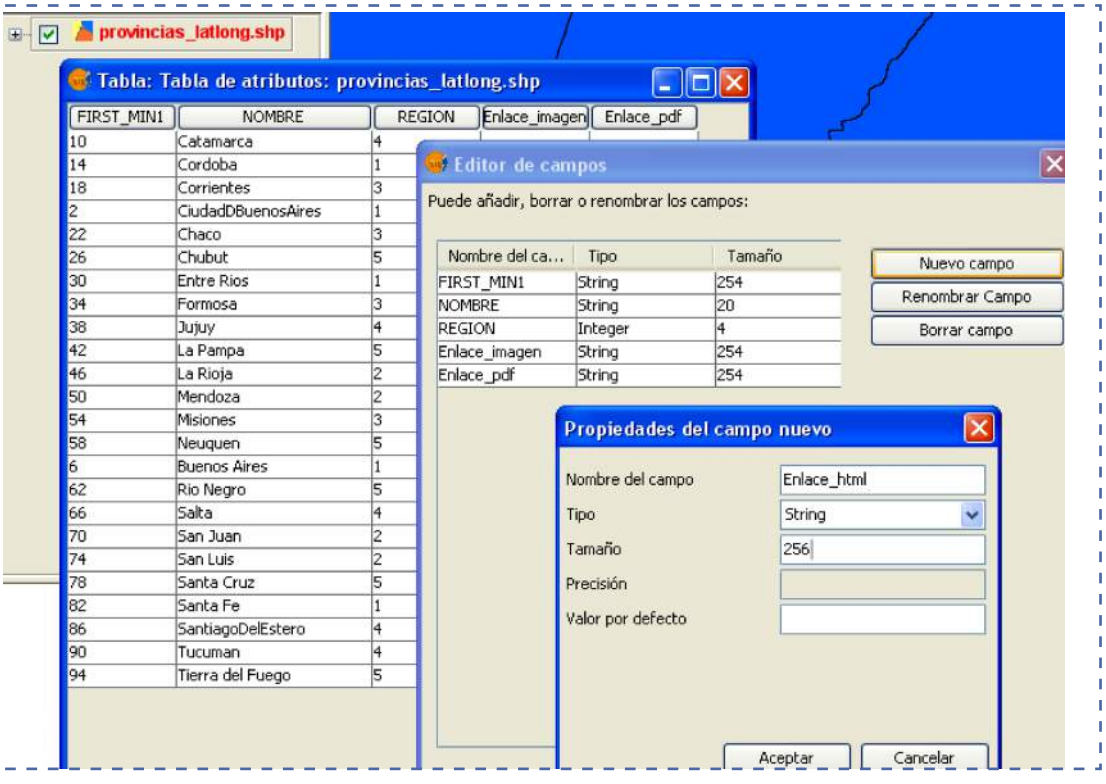


Figura 4.26. Creación de hipervínculo en tabla de atributos.

Buscar en la tabla el nombre de su provincia y dirigirse al campo recientemente creado: ***Enlace_imagen***. Allí escribir la ruta completa de acceso a alguna imagen de su interés, incluido el nombre del archivo y la extensión correspondiente (ejemplo de ruta de acceso: C:\INFORMACION PARA LA PRACTICA\Extra\ *Bandera_SantaFe.jpg*).

NOTA IMPORTANTE:

- La ruta de acceso la puede conocer desde el explorador de archivos de Windows.
- En general es mejor utilizar el teclado para copiar la ruta de acceso:
  - Teclas Ctrl C para copiar la ruta y Teclas Ctrl V para pegar la ruta en la tabla
  - Puede ocurrir que parte de la ruta (nombre del archivo) deba tipearlo, en ese caso es importante respetar los espacios, mayúsculas y puntos, de manera que sean iguales.

En el TOC, hacer clic con el botón derecho sobre la capa, seleccionar *Terminar Edición* y, nuevamente a través del botón derecho, seleccionar *Propiedades* para configurar la función del **Hiperenlace**. En la ventana que se despliega seleccionar la pestaña **Hiperenlace** y completar según se muestra a continuación. Finalmente **Aceptar.**

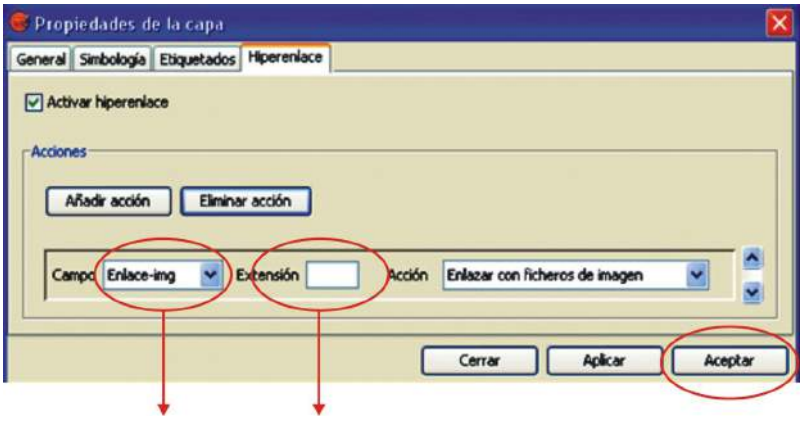


Figura 4.27. Hipervínculo de imagen

Ahora es posible utilizar la herramienta Hiperenlace avanzado (Capa/Hiperenlace Avanzado). Activar la herramienta desde el ícono o desde el menú y hacer clic sobre el polígono de Santa Fe, allí aparecerá la imagen deseada.

Para agregar en el campo Enlace_pdf, un archivo .pdf que se corresponda al atributo **La Capital**. El archivo se denomina: *Santa Fe Ciudad Capital.pdf* (debemos incluir en el nombre del archivo la extensión correspondiente). Al abrir las Propiedades de la capa hacer clic en **Añadir acción** y completar la ventana según la siguiente figura, luego **Aceptar** y tomar nuevamente la **herramienta Hipervínculo** avanzado para desplegar el archivo (Fig.4.28).

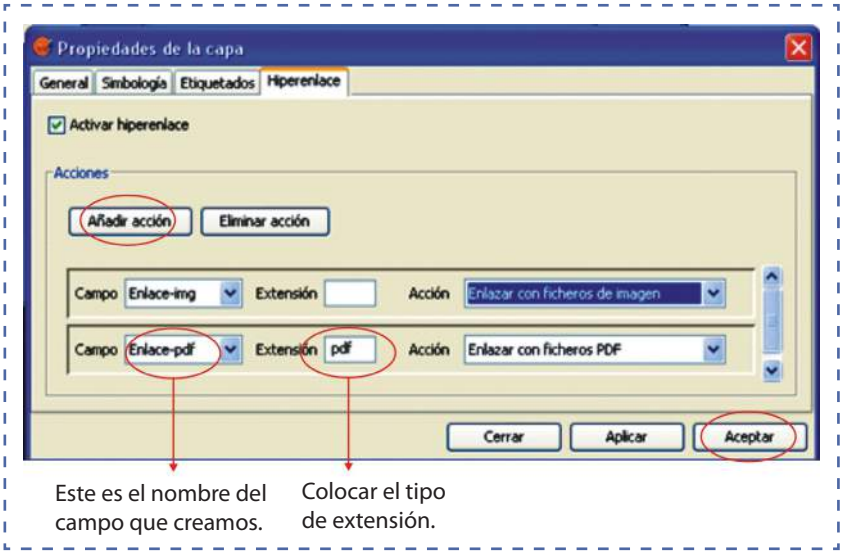


Figura 4.28. Hipervínculo de archivo .pdf

Para agregar un archivo .htm o .html primero se debe guardar la página web a vincular en formato .htm o .html, cuidando que el nombre que le asignemos no tenga espacios vacíos, y no supere el número de caracteres elegido al crear el campo (si tuviéramos que modificar ese número, se debe repetir la operación **Tabla / Modificar estructura de tabla**, seleccionar y borrar ese campo y crear uno nuevo). Luego se repite el mismo procedimiento que en las opciones 1) y 2) copiar en el campo correspondiente la ruta al archivo (sin olvidar de agregar el tipo de extensión), se activa el **Hipervínculo** (como se muestra en la figura siguiente) y se toma la herramienta **Hipervínculo avanzado** (Fig. 4.29).

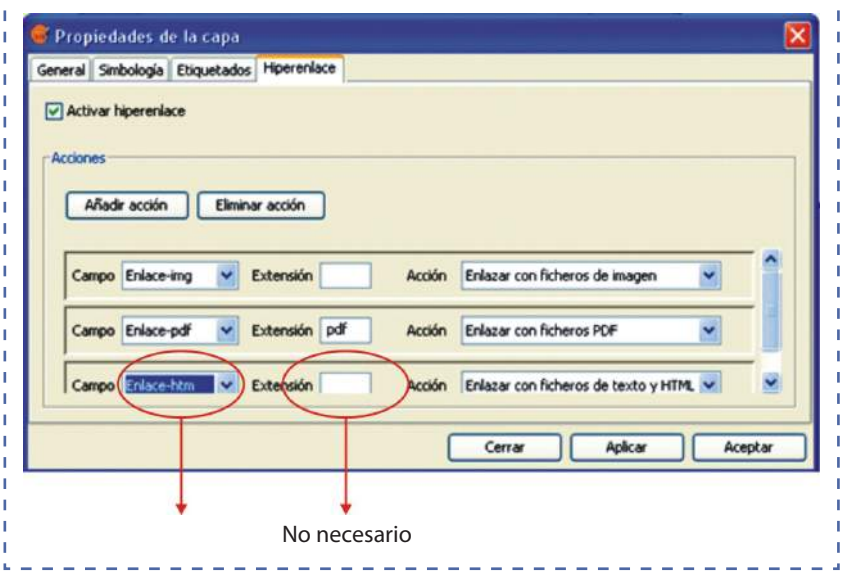


Figura 4.29. Hipervínculo a un archivo .html

APARTADO II. Creación y edición de capas en gvSIG

En este apartado se describen la estructura del programa gvSIG y las herramientas que permiten ejecutar los procesos básicos de visualización de información Raster (imágenes digitales), así también como la creación y edición de capas vectoriales.

Visualizar una capa Raster
(Imagen de satélite, fotografía aérea, imagen digital, etc.)

Abrir una **Vista Nueva**, seleccionar la proyección **EPSG 4326** (Coordenadas Geográficas, No proyectadas). Para añadir la imagen hacer clic en **Añadir Capa/Añadir/Archivos de Tipo = gvSIG Raster Driver** o desde el ícono señalado en rojo (Fig. 3.26). Desde la carpeta INFORMACION PARA LA PRACTICA\Raster\Imagenes_Alta_Resolucion_Espacial, abrir *El_Carmen_Jujuy_1SPOTMaps_ARG_SPOTMosaic_CONAE_ARG_0_08_R1C1.tif* .

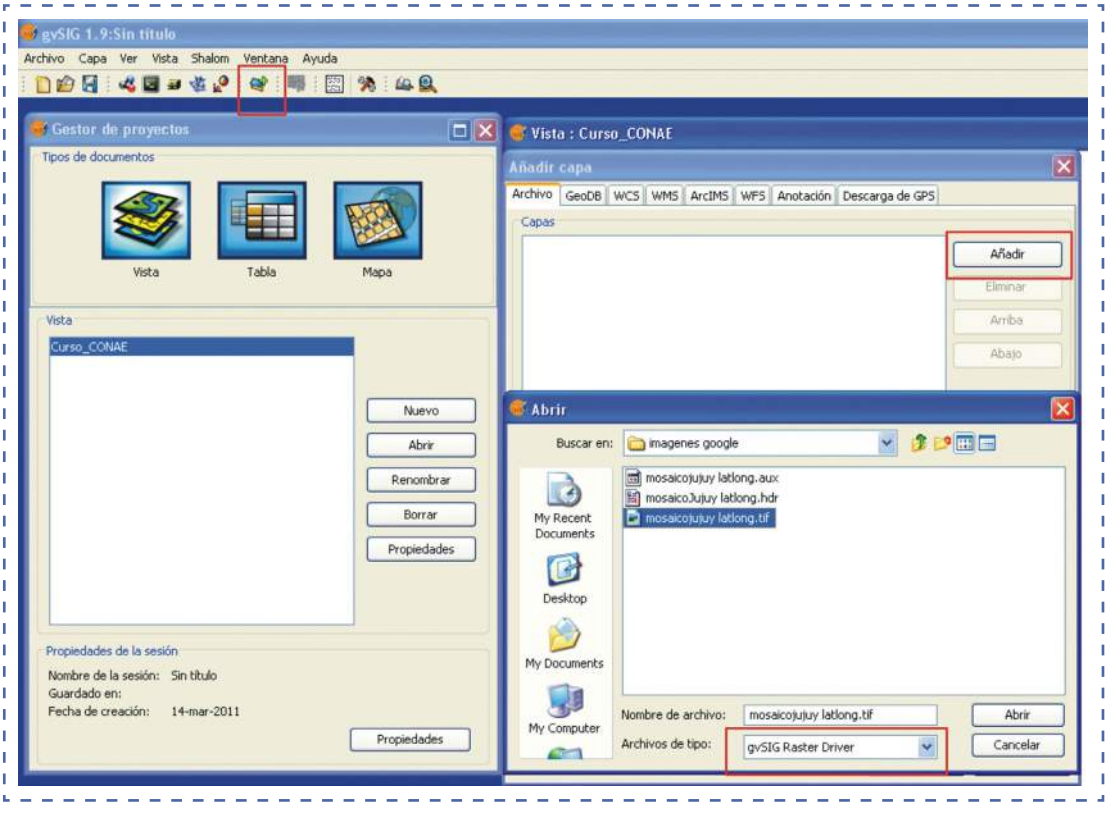


Figura 4.30. Añadir un archivo raster.

- Una vez desplegada, explorar las **Propiedades del Raster** haciendo clic con el botón derecho del mouse. Se desplegará la ventana que se muestra continuación, conteniendo las pestañas **Información, Bandas, Transparencia, Realce y General**.
- En **Bandas** seleccionar la combinación más adecuada dependiendo del sensor y tipo de imagen, y en Realce modificar el brillo y contraste (Fig. 4.31). En este caso, en el que la imagen cargada fue creada como un archivo .tif en RGB, la combinación más conveniente es RGB: 1, 2, 3 que significa que en el cañón del rojo (R) se despliega la banda 1, en el cañón del verde (G) se despliega la banda 2 y en el cañón del azul (B) se despliega la banda 3. Luego podemos hacer un realce de la imagen activando la opción desde la solapa **realce**.

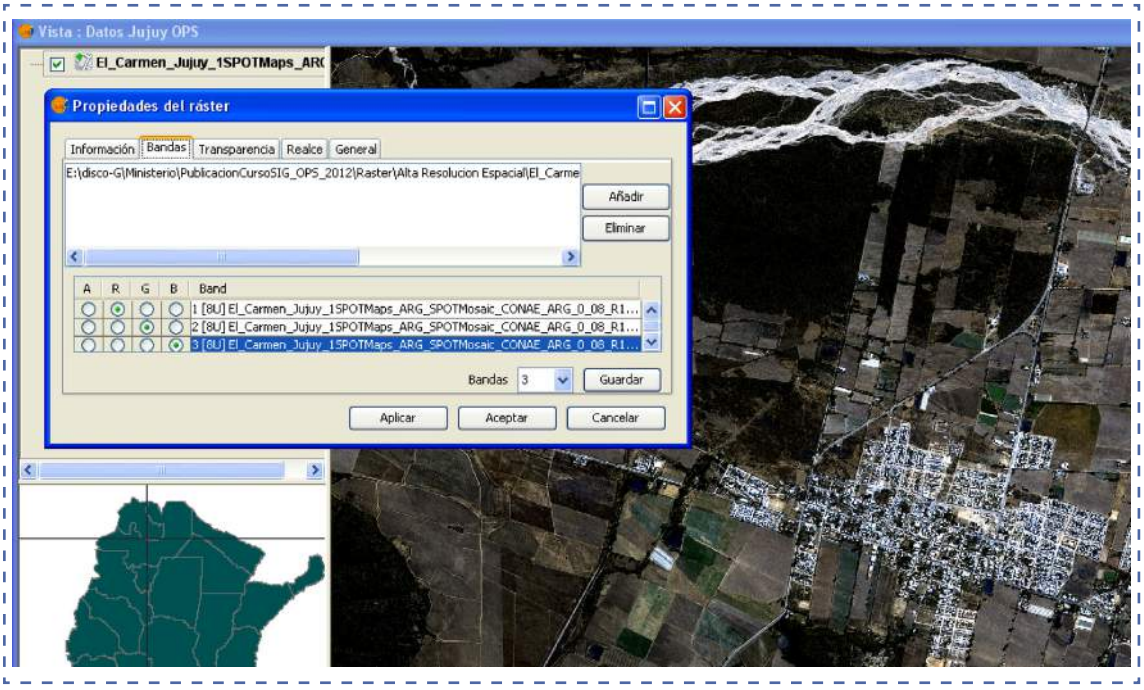


Figura 4.31. Selección de Bandas y Realce de imágenes

Crear una nueva Capa Vectorial

Para crear una nueva capa, utilizar la **Vista** del ejercicio anterior.

A) Con las herramientas de **Paneo** y **Zoom** seleccionar un lugar a elección.

B) Crear una nueva capa: **Menú principal/Vista/Nueva capa/Nuevo SHP.** Los tipos de Geometría que podemos crear y símbolo asociado en gvSig se aprecian en la Tabla 4.1.

Ícono	Tipo de geometría
	El atributo es propio de geometrías de tipo punto
	El atributo es propio de geometrías de tipo multipunto
	El atributo es propio de geometrías de tipo línea
	El atributo es propio de geometrías de tipo polígono

Tabla 4.1. El atributo geométrico, está asociado a un tipo de geometría, y se identifica en gvSIG con los conos de la izquierda de la Tabla.

En la pantalla que se despliega asignar un nombre a la capa creada por ej.: Manzanas_El Carmen. En **Tipo de geometría**: Seleccionar Polígono y hacer clic en **Siguiente** (Fig. 4.32).

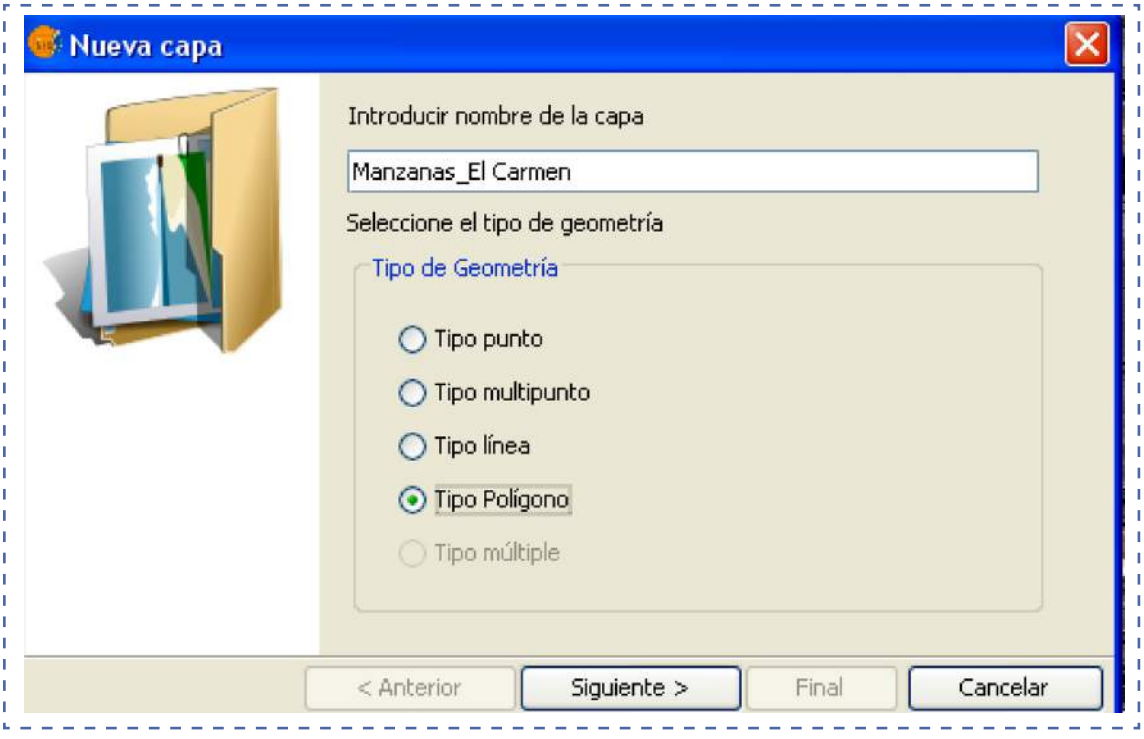


Tabla 4.32. Selección de tipo de geometría

- Hacer clic en la pestaña **Añadir campo** y añadir un campo al que llamaremos **NroMzna** (Nº de Manzana), seleccionar **Tipo**: Integer (Nro. Entero), y seleccionar el Número de dígitos necesarios para codificar el manzanero de la ciudad). Añadir otro campo con el nombre **Uso**, seleccionar el **Tipo**: String (permite incorporar letras) y un tamaño de 200 caracteres (Fig.3.29).

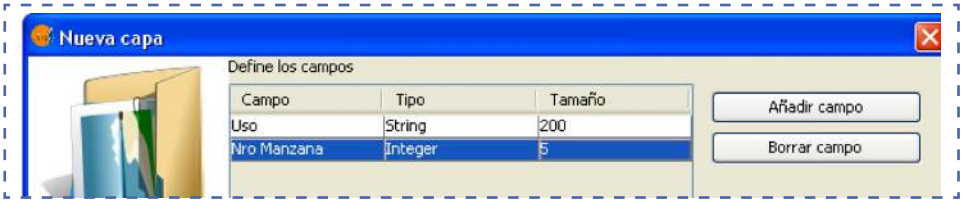


Figura 4.33. Definición de campos Alfabético (string) y Numérico (Integer)

- Clic en **Siguiente**. Seleccionamos la ruta donde se guardará
- Clic en **Final**

La nueva capa aparecerá en el TOC, con su nombre resaltado en rojo, indicando que está en estado de **Edición** y en la parte inferior de la **Vista** se formará un recuadro en el que aparecen las operaciones de edición que se realizan.

Editar de una Capa Vectorial

- Activamos la nueva capa **Manzanas** con el icono
- Seleccionamos la herramienta Polilínea
- Hacemos clic sobre la posición del primer punto del elemento a dibujar (por ejemplo, una parcela).
- Después vamos seleccionando los nuevos vértices de la polilínea. Para cerrar el polígono, podemos hacer un doble clic sobre el punto final o con el botón derecho, en el nombre de la capa, seleccionar la opción: **Terminar** (Fig. 4.34)

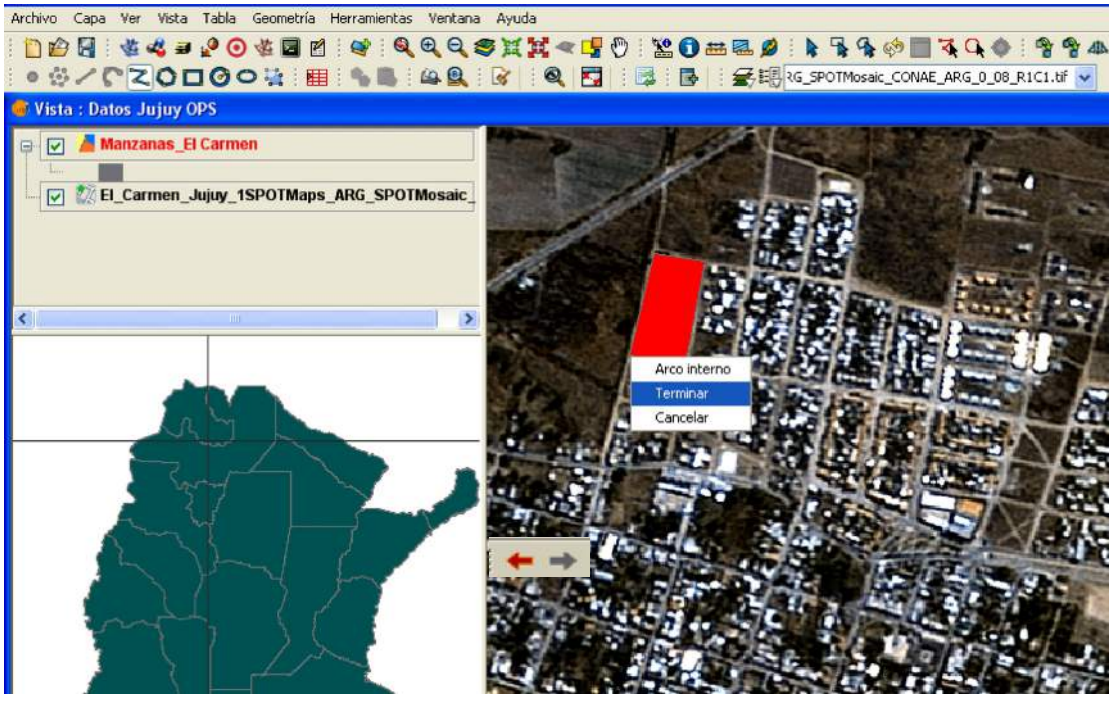


Figura. 4.34. Terminar la edición.

- Una vez cerrado, el nuevo polígono se ilumina con el color de selección determinado en **Preferencias.**
- Si queremos cambiar la posición de algunos vértices, utilizaremos la herramienta .
- Seleccionamos el vértice que deseamos y luego arrastramos el mouse hasta la nueva posición.
- Si hubiera algún error, podemos utilizar la herramienta *Deshacer/Rehacer* .

Asignar atributos a las entidades creadas

- Seleccionar la capa *Manzanas_El Carmen* en el TOC y con el botón derecho **Capa/Comenzar Edición**.
- Seleccionar **Capa/ Ver Tabla de Atributos**. Para cambiar el valor de un campo, hacer clic en la celda de la tabla, introducir el nuevo valor y presionar la tecla **Enter** (de lo contrario no se introduce el cambio). El polígono cuyos atributos se están editando será seleccionado cuando se pulse sobre la tabla y viceversa.

Crear una capa de Puntos

Para el uso optimizado de esta herramienta, es importante establecer la diferencia entre capa de Punto y capa Multipunto:

1. Multipunto: con esta herramienta se crea una capa formada por **grupos de puntos**, en los que cada grupo funciona como una única entidad. Este tipo de capa es útil, por ejemplo, en los casos que deben registrarse gran número de eventos, pero de los que no se necesita utilizar la información individual, más allá de la localización de los mismos. Por ejemplo, durante un brote de Dengue ya declarado, es muy útil para notificar espacialmente todos los casos sospechosos registrados por día. En este caso, los *atributos alfanuméricos* harán referencia o describirán lo que sucede con el conjunto de casos diarios, como por ejemplo edad promedio de los pacientes, o número de casos sospechosos/confirmados de ese día, o cualquier otra característica grupal de interés.

2. Punto: esta opción crea una capa en la cual cada punto individual representa una única entidad y por ende, los atributos alfanuméricos describen a cada punto, de la capa, individualmente. En este caso, se puede describir a cada caso notificado por su edad, fecha de inicio de síntomas, registros de viajes al exterior, síntomas, domicilio, etc.

Crear una capa de multipuntos

Para crear una capa de multipuntos hacer clic en **Vista/Nueva capa/Nuevo SHP**

- Seleccionar como **Tipo de Geometría**: Multipunto y como nombre de la capa asignarle *CasosDengue El Carmen_2012*. Clic sobre **Siguiente** (Fig. 4.35)
- Añadir un campo con el nombre **SemEpid**, asignarle el **Tipo**: Integer, **Tamaño**: 2 (con 2 dígitos pueden crearse hasta 99 semanas) y guardar la capa en el disco.
- Se visualiza una nueva capa en el TOC, resaltada en rojo (indica el estado de en edición), y la consola de comandos en la parte inferior de la vista.
- Seleccionar la herramienta **MultiPunto**, única habilitada de la barra de herramientas de dibujo (Fig.4.35)
    - El objetivo del ejercicio es que cada caso/notificación de Dengue, esté asociado a un Día/Semana Epidemiológico. Así podremos saber cuántos casos por día se notificaron y la distribución de los mismos en el espacio.

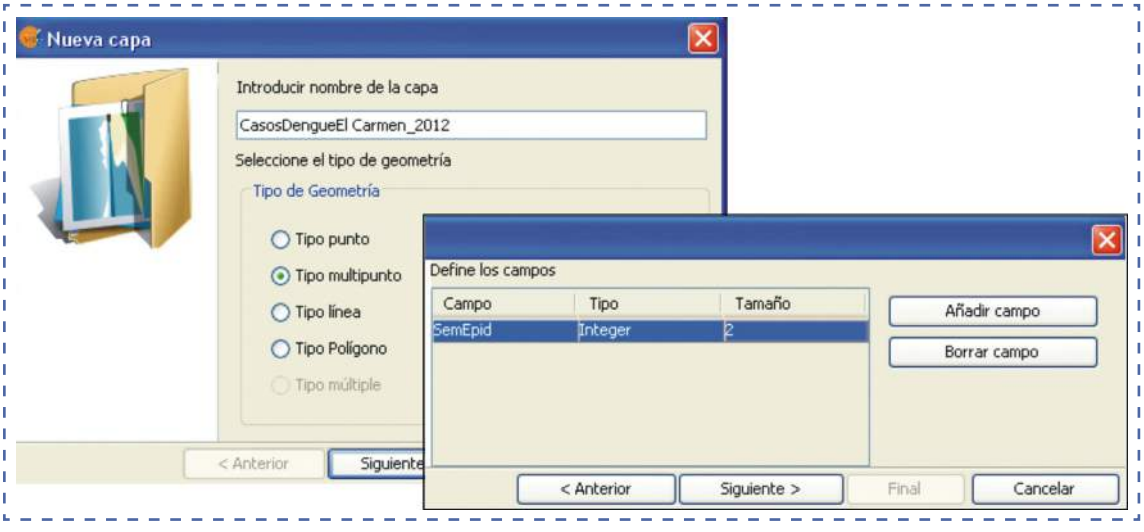


Figura. 4.35. Selección y configuración del Tipo de Geometría Multipunto.

Una vez que se han generado todos los casos de dengue (puntos) correspondientes a la Primer Semana Epidemiológica, hacer clic con el botón derecho del mouse y seleccionar **Terminar**. Repetir la operación con las semanas subsiguientes.

Figura 4.36. Generación y edición de multipuntos.

- Durante la edición o una vez finalizada la generación de todos los casos de dengue (puntos), abrir la tabla de atributos de la capa y completar el campo **SemEpid** de la base de datos, con sus datos correspondientes. Cabe destacar que los puntos correspondientes al campo de atributo escogido a editar desde la Tabla de atributos, se resaltarán según el color seleccionado en preferencias (Fig. 4.37).

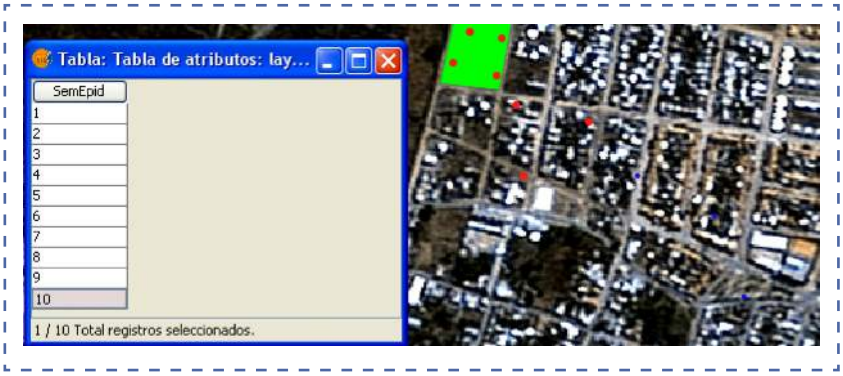


Figura 4.37. Edición de tabla de atributos.

- Una vez terminada la edición de los atributos, volver a la vista, hacer clic con el botón derecho del mouse sobre la capa creada, y clic en Terminar edición.

Crear una capa de puntos

Es posible crear capas de puntos a partir de una imagen o capa georeferenciada de base (Caso A) o a partir de una base de datos alfa-numérica que contenga columnas de atributos de coordenadas de Latitud y Longitud, expresadas en grados decimales (Caso B).

Caso A: Basado en una imagen georeferenciada. Hacer clic en **Vista/Nueva capa/Nuevo SHP**

- En la ventana, seleccionar como **Tipo de Geometría**: Punto y asignarle el nombre *Sitios_Interes*. Clic sobre **Siguiente**.
- Añadir un campo como **Nombre, Tipo**: String, **Tamaño: 254** (para que se añada se debe apretar **Enter**) y guardar la capa en el disco.
- Aparecerá una nueva capa añadida en la Tabla de Contenidos (TOC) resaltada en rojo y además, se verá la consola abierta en la parte inferior de la vista.
- Seleccionar la herramienta Punto, única habilitada de la barra de herramientas de dibujo y dibujar un Punto por cada uno de los sitios de interés especificados en la Tabla 3.2.

Sitio de Interés	Latitud	Longitud
Hospital	-24.391254	-65.262209
Iglesia	-24.389014	-65.261103
Escuela	-24.389242	-65.260580

Tabla 4.2. Localizacion geográfica de hospital, iglesia y escuela

Utilizando la herramienta **Vista/Centrar la vista sobre un punto**, es posible ubicar las coordenadas de sitios de interés eco-epidemiológico de la localidad El Carmen.

- Cada vez que registre un punto, seleccionar **Terminar** con el botón derecho del mouse.
- A medida que se crea cada punto, abrir la tabla de atributos de la capa y completar el campo **Nombre** con los datos correspondientes.
- Al terminar la edición, volver a la vista y con el botón derecho del mouse sobre la capa en edición hacer clic en **Terminar edición**.

Caso B: A partir de una base de datos que contenga atributos de Latitud y Longitud.

Desde el Gestor de Proyectos, añadir al proyecto la tabla *Dengue_ElCarmen-2009.dbf*. Desde el Gestor de proyectos seleccionar **Tablas** como tipo de documento. Hacer clic en Nuevo y luego en Añadir

para poder seleccionar la tabla desde: INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON (Archivo tipo: **.dbf**). Ver Fig. 4.38.

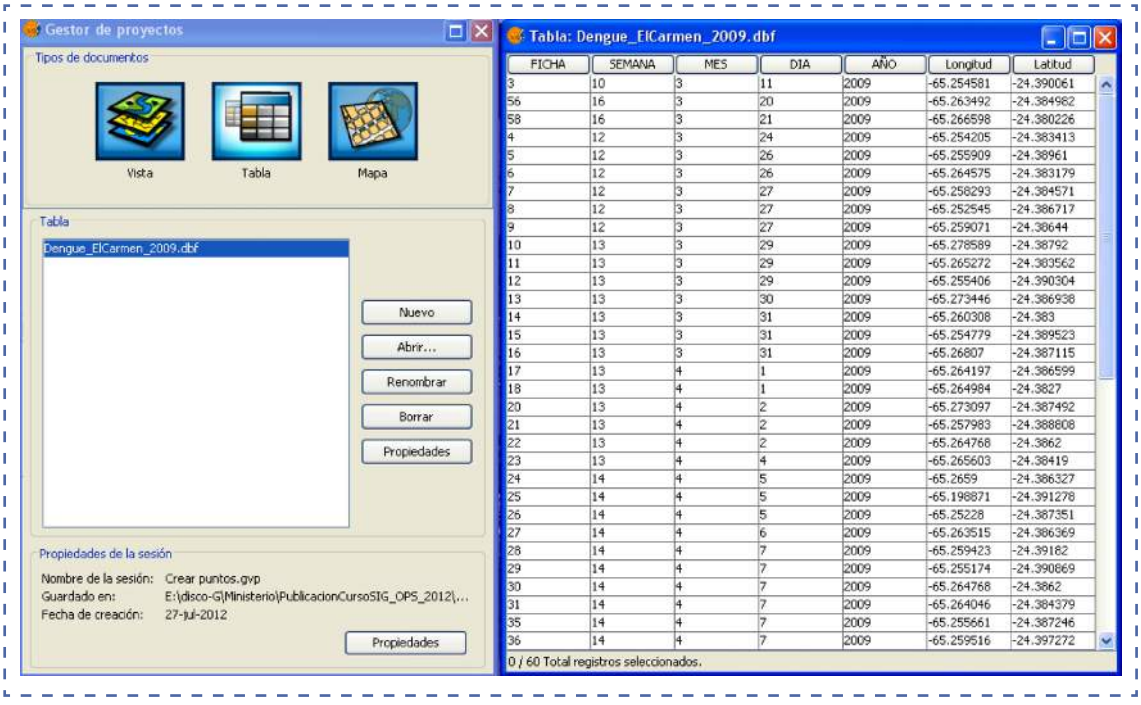


Figura 4.38. Agregar Tabla

Hacer clic sobre la Vista, y luego sobre **Vista/Añadir Capa de Eventos**. Se desplegará una ventana, dónde indicar el nombre de la Base de datos o tabla alfa numérica a leer, y los campos indicadores de las Coordenadas a incorporar. Luego **Aceptar** (Fig. 4.39).

Figura 4.39. Selección de campos y tabla, durante el proceso de Añadir Capa de Eventos.

A continuación se visualizará en la Vista una nueva capa de puntos, correspondientes a las Coordenadas especificadas. Para que los mismos sean generados como un archivo del tipo *shapefile*, el mismo deber ser guardado como tal.

Hacer clic sobre **Capa/Exportar/** seleccione el formato **SHP**. Se aconseja nombrar el archivo con el nombre de la patología, lugar del evento y período de extensión del brote. Así, por ejemplo, el archivo del brote de Dengue 2009 de El Carmen, se llamará *Dengue_ElCarmen_Sem10a16_2009.shp.*

Acepte la pregunta de añadir esta capa a la vista actual y aparecerá sobre las que abrió con anterioridad. Visualice sobre la capa Raster de El Carmen, agregada anteriormente (Fig. 3.36). Nótese que a pesar de que la localización de los pacientes ha sido notificada durante el brote a nivel de domicilio, para esta actividad los mismos han sido asignados al centro de la mazana correspondiente o a distancias intermedias entre los vecinos mas cercanos, con el fin de resguardar el secreto estadístico de los datos personales.

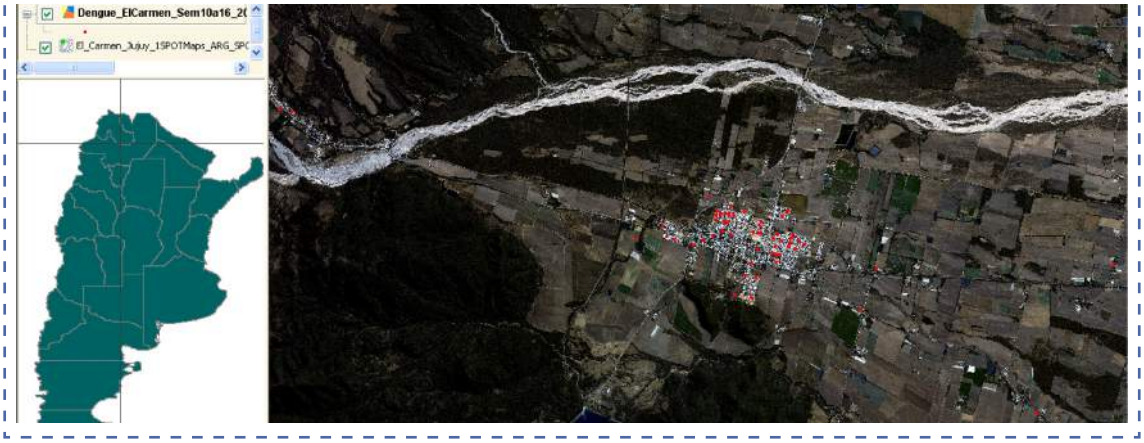


Figura 4.40. Localización de los puntos creados a partir de una base de datos .dbf de notificación de casos de Dengue, en El Carmen (Jujuy) - año 2009.

APARTADO III: Geoprocesos

Se describe la estructura del soft **gvSIG** y las herramientas que permiten realizar Geoprocesos disponibles.

Geoprocesamiento

La extensión de geoprocesamiento de gvSIG permite aplicar una serie de procesos estándar sobre las capas de información vectorial cargadas en una vista de gvSIG, dando como resultado nuevas capas de información vectorial que aportarán una nueva información, adicional a las capas originales.

En la extensión de Geoprocesamiento se han implementado los siguientes geoprocesos:

- Recortar (clip).*
- Área de influencia (buffer).*
- Disolver (agrupar por adyacencia y criterios alfanuméricos).*
- Juntar (merge).
- Intersección*
- Unión.
- Enlace espacial (Spatial Join).
- Convex Hull (mínimo polígono convexo).
- Diferencia.
- Traslación 2D (transformación).
- Reproyectar (permite el cambio de proyección).
- LineClean (topología de líneas).
- Construir polígonos a partir de líneas.

* estos geoprocesos serán desarrollados a modo de ejemplo.

Para poder acceder a los Geoprocesos se debe necesariamente abrir una Vista y desplegar una capa vectorial. Acceder al menu: **Vista/Gestor de Geoprocesos** o pulsamos el ícono .

Reproyectar una capa

Introducción: Este geoproceso permite **CAMBIAR** la proyección geográfica de una capa, especificando la nueva Proyección deseada. El mismo es de gran utilidad en caso que se reciba, por ejemplo,

información que esté en una proyección diferente a la configurada para su proyecto y sus capas habituales, y para hacerla espacialmente coherente para su visualización y tratamiento.

Práctico: Crear un nuevo proyecto con dos vistas:

1. **Vista 1:** configurada con Proyección actual EPSG 4326 (**Coordenadas geográficas** o esféricas, No proyectadas, en grados), a la que se llamará: **Lat-Long**
2. **Vista 2:** Configurada en **coordenadas planas** (proyectadas sobre el plano, en metros), a la que llamaremos: **PosgarF3**.

> **NOTA:** Para ver diferencias entre coordenadas geográficas y planas, se sugiere revisar Capítulo 2.

- En la Vista **Lat-Long** (vista 1), mantener el sistema de coordenadas geográficas wgs84 (código EPSG: 4326). En caso que la vista no abra por defecto en ese sistema, cambiarlo (ver apartado **Visualización de la información**).
- Cargar la capa vectorial: *departamentos_latlong.shp*, desde: INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON
- Abrir el **Gestor de Geoprocesos** mediante el ícono , o desde el menú Vista. Acceder a las herramientas de Conversión de Datos y a la herramienta **Reproyectar** (Fig. 3.37).
- Ingresar o seleccionar:
  - los datos de capa de entrada (Ej.: *departamentos_latlong.shp*).
  - definir la proyección (de destino) que tendrá la capa de salida. En este caso **EPSG 22183** (que corresponde a POSGAR 94 ARGENTINA 3).
  - la capa de salida (capa de resultados). Seleccionar **Abrir** y guardar el nuevo archivo .shp a crear, que se denominará *departamentos__GKf3.shp*.

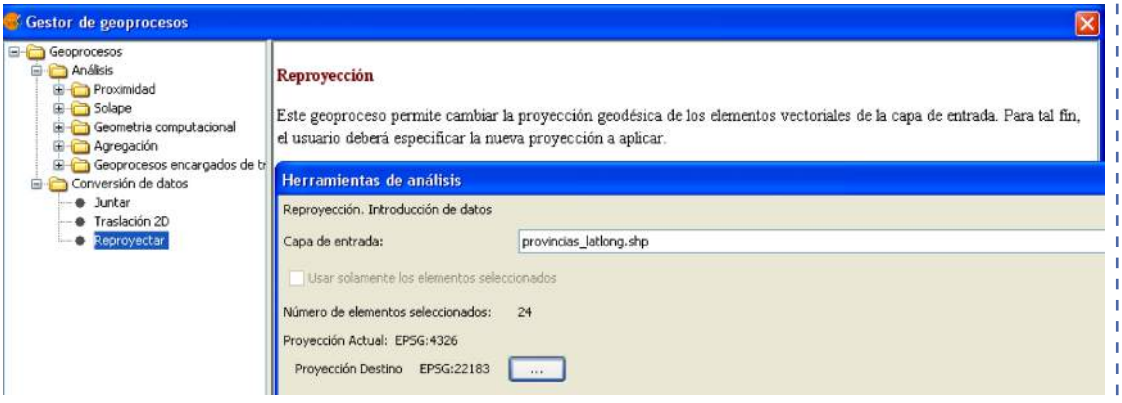


Figura. 4.41. Geoproceso: Reproyectar

> **NOTA:** Recuerde que la especificidad en la nomenclatura de los archivos (patología, lugar, fecha, etc.) y el orden en la ubicación de los mismos, facilitará el acceso a la información, sobre todo luego de transcurrido cierto tiempo sin utilizarla.

- Luego, al seleccionar **Aceptar**, se creará una capa nueva reproyectada a coordenadas planas.
- Por defecto, la nueva capa creada (*departamentos_GKf3.shp*.) se agregará en la vista actual (**Lat-Long**) donde esta cargada la capa original (*departamentos_latlong.shp*).

En base a los resultados responda las siguientes preguntas:

- ¿Es posible ver ambas capas superpuestas? ¿Por qué?
- Observe en la parte inferior derecha de la vista, los datos de X y Y de cada una de las capas. ¿Qué diferencias tienen? ¿Cuáles son los datos correctos?

Repetir el procedimiento de reproyección con la capa *rutas_arg-latlong.shp* y nombre a la nueva capa: *rutas_arg-GKf3.shp*

Incorporar las nuevas capas creadas en la Vista 2 (**PosgarF3**). Antes de incorporarlas defina el sistema de proyección de la vista. Desde el *Gestor de Proyectos/Ventana/Preferencias/Vista*, hacer clic en **Proyección actual** y seleccionar **EPSGS: 22183**. Luego, agregar las nuevas capas: *departamentos_GKf3.shp* y *rutas_arg-GKf3.shp.*

Ubicarse y desplazarse dentro de la vista, utilizando las siguientes herramientas:

- **Zoom a la capa**. Es posible hacer un zoom a toda la extensión de una capa en particular, utilizando la herramienta desde el menú contextual. Hacer clic con el botón derecho sobre el nombre de la capa, a la que previamente hay que seleccionar como **capa activa**.
- **Gestión de encuadres**. Hacer un zoom a la capa y guardarlo en el proyecto a través esta herramienta , a la que también se accede desde **Vista/Navegación/Encuadre**. Se debe seleccionar un nombre identificador y luego guardar. Para recuperar el encuadre, hacer clic en el ícono y seleccionar el encuadre deseado.
- **Centrar la vista en un punto** (Fig. 3.38). Asegurarse de que la capa este activa y escribir en el recuadro que se despliega las coordenadas **X** e **Y** deseadas.

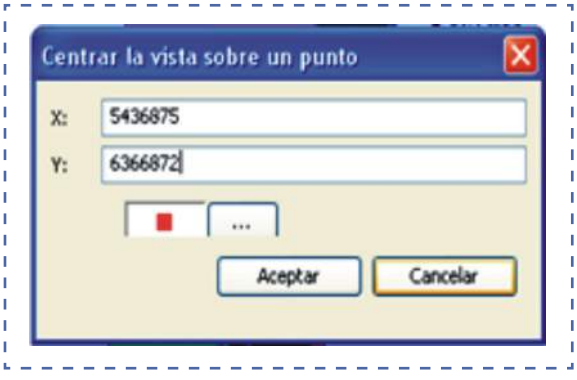


Figura 4.42. Centrar la vista sobre un punto.

Como resultado se genera un cuadro con la información asociada al punto seleccionado y aparece en la vista la ubicación de ese lugar con un punto de color rojo (asignado por defecto).

Recortar (Clip)

Este Geoproceso es de utilidad para extraer de una capa vectorial un subconjunto de elementos, que se encuentren dentro de una región determinada (denominada capa de recorte).

Si se necesita trabajar sólo con las rutas de un determinado departamento, y se posee la capa de rutas de toda a Argentina y a su vez la capa de departamentos, se debe proceder de la siguiente forma:

- Abrir una nueva vista y determinar su Proyección en coordenadas planas **EPSG 22183**.
- Abrir los dos archivos generados durante la práctica de Reproyectar una capa: *departamentos_GKf3.shp y rutas_arg-GKf3.shp*

- Seleccionar la capa de departamentos, abrir la tabla asociada y seleccionar un departamento en particular (quedará destacada en color amarillo tanto la fila de la tabla, como el polígono en el mapa). Para enfocarse en el área hacer clic en el icono **Zoom a lo seleccionado** (Fig. 4.43).
- Abrir el Gestor de Geoprocesos, seleccionamos **Recortar** (Geoprocesos/Solape/Recortar) e ingresar los datos correspondientes en la ventana emergente (Fig. 4.43).

Capa de Entrada: *rutas_arg-GKf3.shp*
Capa de Recorte: *departamentos_GKf3.shp* (los departamentos de su provincia).

- **Tildar la opción:** "usar solamente los elementos seleccionados" (entonces el recorte solo se aplicará en el departamento que se seleccionó en la vista y resaltado en color).
- **Definir una ruta y un nombre al archivo de salida** (por ej: *rutas_deptoSanJusto_GKf3*, desde capa de resultados y Abrir).

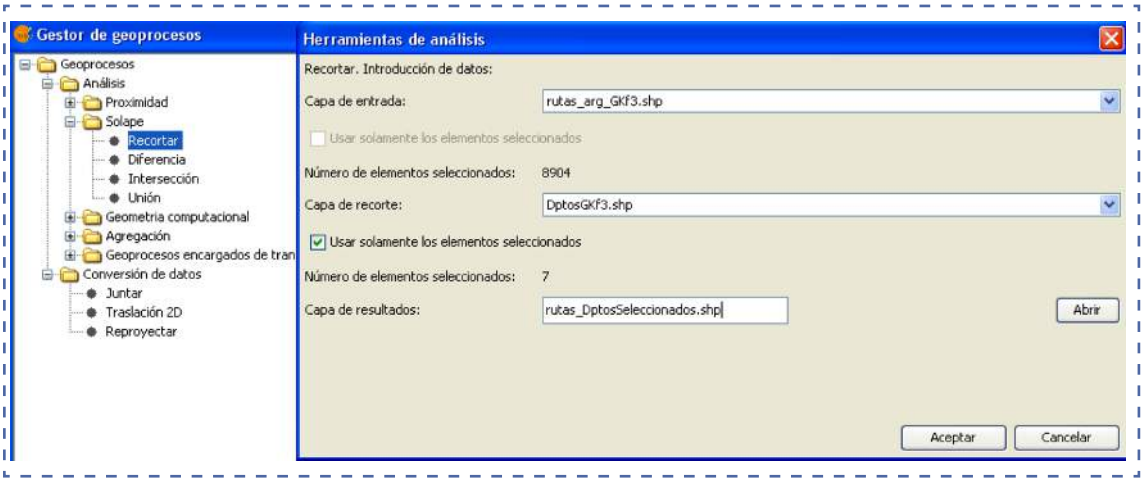


Figura 4.43. Recorte. Ingreso de datos.

Se obtendrá entonces una nueva capa que incluirá solamente las rutas del departamento que eligió (Fig. 4.44).

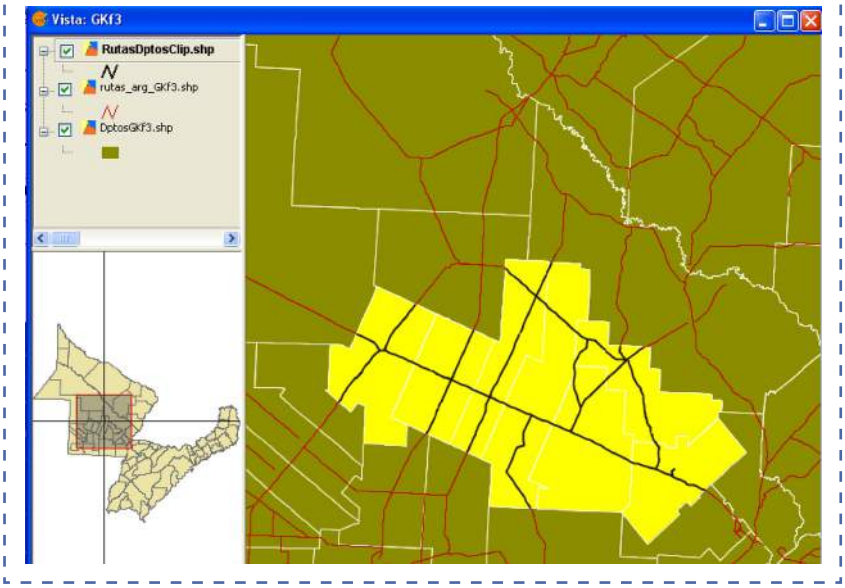


Figura. 4.44 Recorte. Ejemplo utilizando departamentos de la provincia de Chaco. Elementos seleccionados para el recorte (en amarillo) y la nueva capa de rutas luego del geoproceso (negro)

Área de influencia (Buffer)

Este geoproceso actúa sobre una capa vectorial de puntos, líneas o polígonos, **generando una nueva capa de polígonos** resultante de aplicar un área de influencia sobre todos los elementos o sobre una selección de los mismos, de la capa de entrada.

(a) Sobre la vista anterior, generar un área de influencia sobre algunos de los rutas de la capa *rutas_depto_GK_f3.shp* (generada en el punto anterior). Elegir algun/nos camino/s de interes eco-epidemiológico (rutas fronterizas, o de alta flujo de tránsito de larga distancia, o de transporte de elementos peligrosos) y seleccionarlo/s (se resalta con el color por defecto o escogido para selección).

(b) Desplegar la ventana de Geoprocesos (con el ícono o desde el menú) y seleccionar: **Análisis/ Próximidad/Area de influencia** (Fig. 4.45). Notese, que en la parte derecha de la ventana se describe el proceso seleccionado.

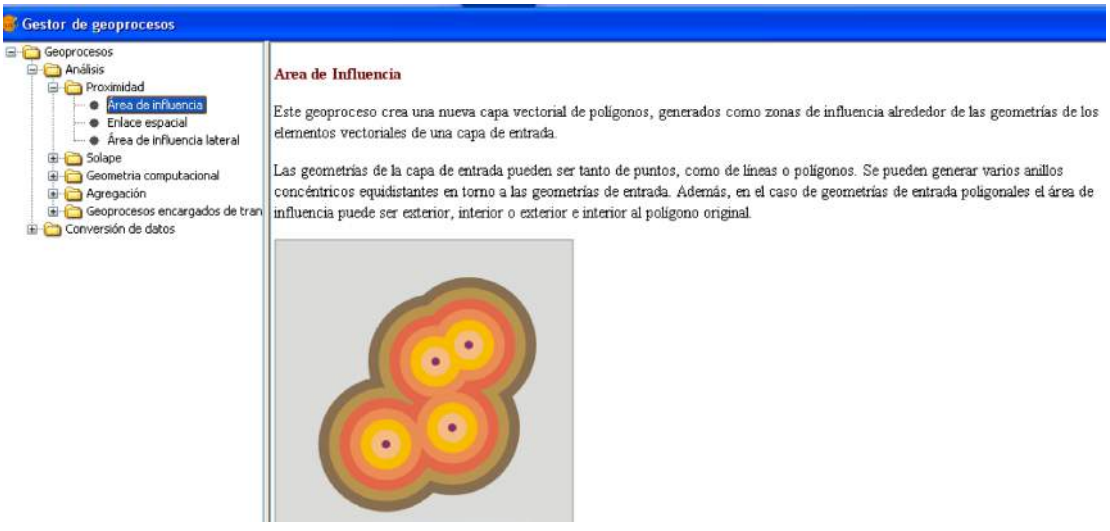


Figura 4.45. Área de influencia.

(c) **Abrir Geoproceso** (clic) y completar los datos solicitados en la ventana emergente:

- **Capa de entrada** *rutas_deptoX_GKf3.shp*
- **Area de influencia definida por una distancia:** 500 (la unidad del área de influencia esta relacionada con las unidades que este utilizando en la vista. En este caso como la vista posee una proyección con unidades en metros (Posgar 94 - Argentina Faja 3), esas serán las unidades del área. Si trabajaramos con coordenadas geográficas las unidades de distancia son grados.
- **Disolver areas de influencia:** Al tildar esta opción, una vez generada el área de influencia, aquellos polígonos de igual distancia que se toquen, se fusionarán.
- **Número de anillos concéntricos:** si se selecciona más de 1, se generan nuevos anillos (o áreas) de la misma distancia, a partir del borde del anillo anterior.
- **Crear área de influencia:** fuera del polígono
- **Capa de resultados:** nombrar como (*AI500m_rutasDptoX_GKf3.shp*) y seleccionar la ruta del nuevo archivo shape de resultados.

Al seleccionar elementos de una capa, se activará la leyenda: **"Usar solamente los elementos seleccionados"**, la cual se debe tildar. Sino se seleccinó un rasgo en particular, entonces el área de influencia se aplicará en toda la capa y la leyenda anterior no se habilitará.

Hacer clic en la opción **Aceptar** y una vez que el geoproceso termina la nueva capa se desplegará en la ToC (Fig. 4.46).

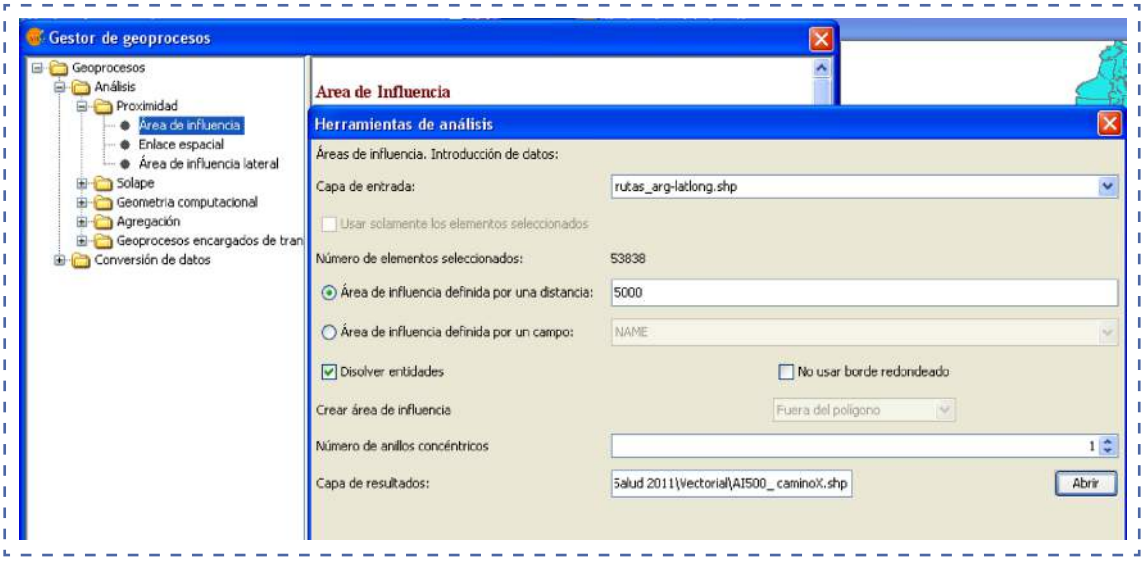


Figura 4.46. Área de influencia

El resultado es una nueva capa: *AI500_ruta_x_GKf3.shp* con geometría de polígonos que constituye un área de influencia o interés de 500 metros a ambos lados del camino seleccionado.

Intersección

Esta herramienta permite generar a partir de una capa vectorial (.shp), una nueva capa vectorial que adquiere todos los atributos alfanuméricos de otra capa vectorial, para las áreas de solape, o superposición espacial, con esta otra capa vectorial.

a) Abrir capa de departamentos y de rutas de la Argentina

b) Abrir el asistente de Geoprocesamiento y seleccionar la operación de **Intersección** (*Análisis/Solape/Intersección*) y seleccionar:

- **Capa de Entrada:** *rutas_arg-GKf3.shp*
- **Capa de Recorte:** *departamentos_GKf3.shp* (departamentos de su provincia)
- Si se seleccionó algún/nos departamento/s, se activará la leyenda **"Usar solamente los elementos seleccionados"**, la cual se debe tildar. Sino se seleccinó una entidad en particular, entonces el geoproceso de intersección se aplicará en toda la capa de departamentos y la leyenda anterior no se habilitará.
- Definir una ruta y un nombre al archivo de salida (por ej: *rutas_GralDonovan_GKf3*), desde capa de resultados y **Abrir**).

c) Hacer clic en la opción **Aceptar**. Una vez que el geoproceso termina la nueva capa se desplegará en la TOC, conteniendo los rutas que se encuentran dentro de el/los departamento/s seleccionado/s (Fig. 4.47).

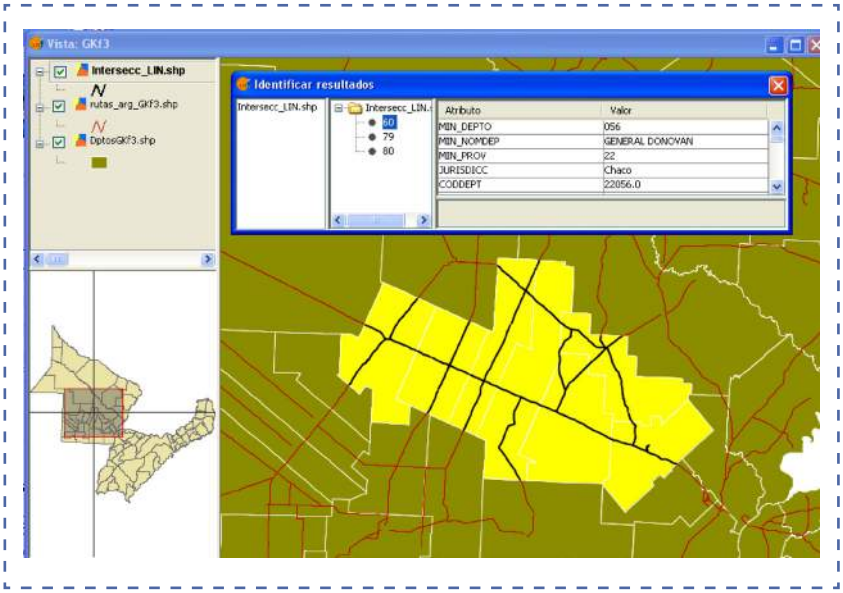


Figura. 4.47 Resultado de aplicar el geoproceso de Intersección. Las rutas espacialmente superpuestas (líneas negras) a los departamentos seleccionados (polígonos amarillos), adquieren los atributos alfanuméricos de estos departamentos, como el código, nombre del departamento y provincia, etc.

Disolver (Dissolve)

Este Geoproceso actúa sobre una sola capa de entrada, cuyo tipo de geometría es forzosamente de **Polígonos**. El proceso analiza cada polígono de la capa de entrada, de tal forma que fusiona en un solo polígono, aquellos polígonos que tomen idéntico valor o nombre para un campo a especificar.

Además, permite introducir el criterio espacial en la decisión de fusionar varios polígonos. De esta forma, es posible seleccionar que para que dos polígonos sean fusionados, además de poseer idéntico valor en el atributo especificado, deben ser adyacentes espacialmente.

En el siguiente ejemplo, se convierte una capa que posee múltiples polígonos, correspondientes a los departamentos de la Argentina, en la capa de polígonos provincias de la Argentina.

a) Ejecutar el Gestor de Geoprocesos y seleccionar **Análisis/Agregación/Disolver**. (Fig. 4.48)

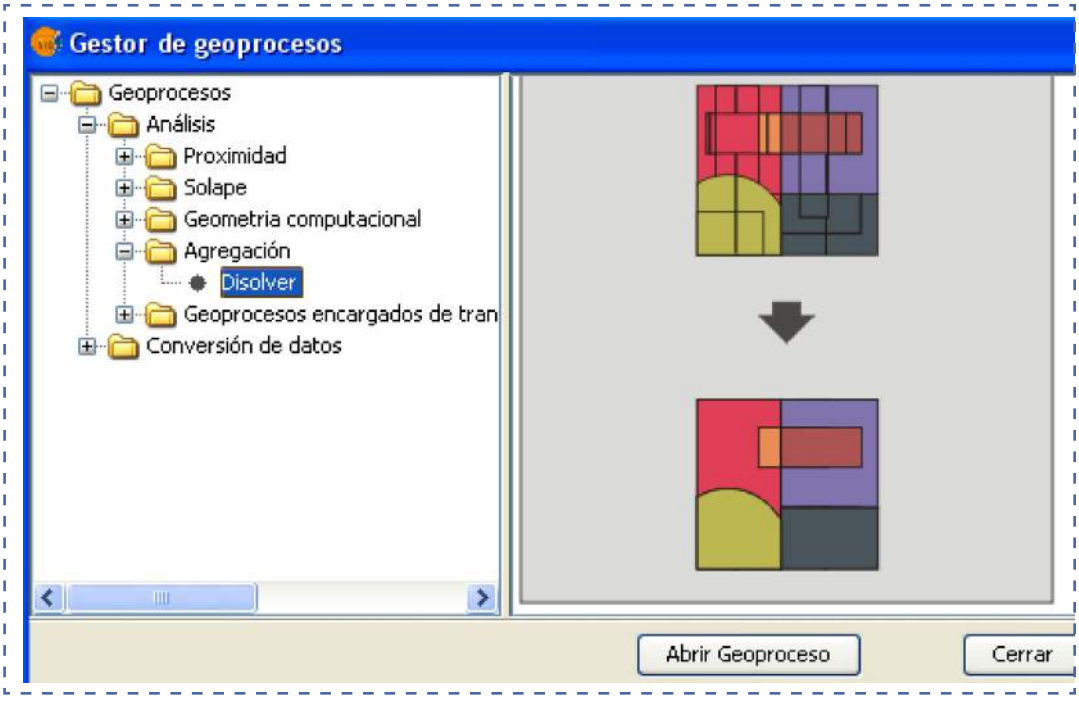


Figura 4.48. Interface del geoproceso *Disolver*

b) Abrir **geoproceso** y seleccionar lo siguiente:

Capa de entrada: *ETI_Dep-NEA_2009_S1a52.shp* (la capa que deseamos disolver).

Campo para disolver: "MIN_PROV", que es el atributo que se va a emplear como criterio para fusionar polígonos y que indica el nombre de las provincias de Argentina.

Sólo disolver adyacentes: al tildar esta opción, sólo se disolverán los polígonos que tengan un segmento o lado en común. Para este ejemplo, esta opción es redundante, ya que todos los polígonos pertenecientes a una provincia son adyacentes a, al menos, otro polígono de departamento de la esa provincia.

El módulo de geoprocesamiento de gvSIG permite, a su vez, conservar un resumen de los atributos de los polígonos de la capa de entrada una vez fusionados. Para ello, se introduce el concepto de ***Función de agrupamientos*** (Fig. 3.45). Como cada polígono nuevo es el resultado de la unión de los polígonos que lo componen, es posible aplicar una función de agrupamiento, también llamada función resumen, sobre los atributos numéricos de los polígonos fusionados. Debe seleccionarse en el cuadro de **Atributos numéricos**, el campo sobre el que se quiera calcular la función y luego, hay que seleccionar en el cuadro **Función de agrupamiento** el número que coincide con el del campo y hacer clic en el botón central.

En el cuadro que se despliega, tildar las opciones de agrupamiento deseadas: **Máximo**, **Mínimo, Media** y/o **Sumatoria**. Al hacer clic en **Aceptar**, aparecerán en el cuadro de Función de Agrupamiento las funciones que se calculará sobre cada atributo. Una vez concluido el geoproceso, se incluirá un nuevo campo en la tabla de la capa de resultados, correspondiente a los atributos seleccionados para alguna función (Fig.4.49).

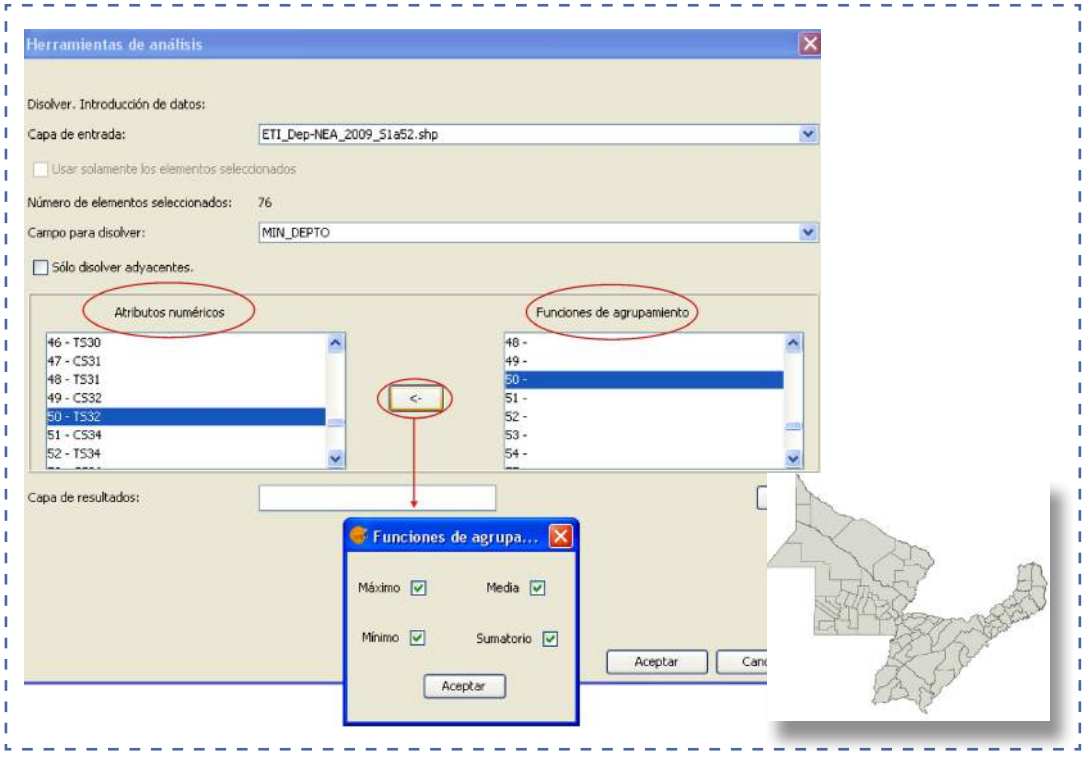


Figura 4.49. Opciones de la Herramienta Disolver. Selección de Funciones de agrupamiento (izquierda) ejecutadas sobre la capa de ETI del año 2009, departamentos del NEA Argentina (derecha)

Finalmente seleccionar la ruta y el nombre de la capa resultante y **Aceptar.** La capa resultante se desplegará en la TOCc (Fig.4.50). Al Abrir su tabla asociada es posible observar que aparecen los campos de las dos funciones de agrupamiento que seleccionamos para este ejemplo: Tasas Máxima, Mínima, Sumatoria y Promedio de ETI, correspondientes a la semana 32 de 2009 para las provincias del Noreste de Argentina.

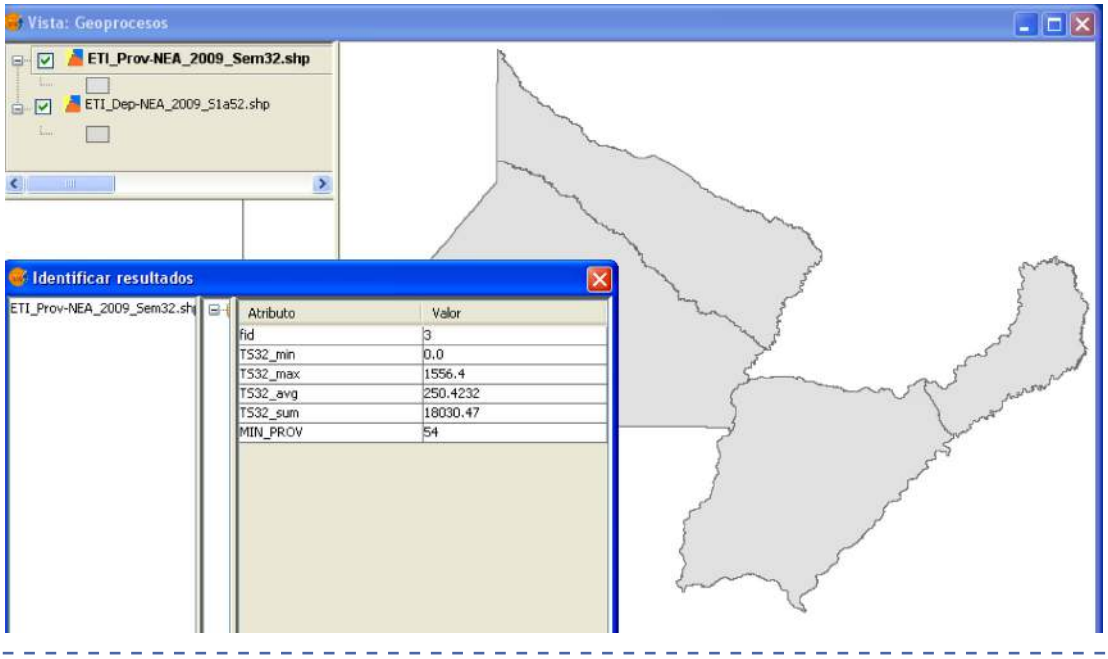


Figura.4.50. Salida de la Función de agrupamientos de la herramienta Disolver. Descriptores estadísticos de ETI por provincia del NEA, generados a partir de datos desagrupados por departamentos del SNVS.

APARTADO IV. Generación de mapas

La creación de mapas que muestren información precisa y significativa es una de las funcionalidades clave de cualquier SIG profesional. Por este motivo, en este apartado se describe la estructura del programa **gvSIG** y las herramientas básicas que permiten la edición y generación de mapas cartográficamente correctos y explícitos.

Generación de mapas en un proyecto

- Desde la ventana de *Gestor de proyectos*, seleccionar el tipo de documento **Mapa** y hacer clic en **Nuevo**. Asignar el nombre **Mapa de Argentina**.
- Hacer doble clic sobre el nombre del mapa o utilizar el botón de **Abrir.** Comprobar que esté disponible el menú de herramientas de Mapa.

Añadir vistas al mapa

- Sobre la plantilla es posible insertar elementos.
- Hacer clic en **Mapa/Insertar/Vista** y dibujar un rectángulo sobre el recuadro principal del mapa. Aparecerá una ventana de diálogo para seleccionar una de las vistas del proyecto. Seleccionar la vista que se desea transformar en mapa. Aceptar, y la vista seleccionada aparecerá en el rectángulo del mapa. Es posible repetir el mismo proceso con otras Vistas activas (Fig. 4.51)

Figura. 4.51. Añadir vistas al mapa.

- Si en la ventana anterior se activa la casilla **Mostrar cuadrícula**, es posible poner una cuadrícula al mapa, y designar cada cuanto queremos se dibuje la malla, si se prefiere que la represente como puntos o líneas y a su vez, se podrán elegir los atributos de la fuente para las coordenadas a mostrar. Seleccionar la opción **Configurar** (Fig. 4.52).

NOTA IMPORTANTE: para configurar la cuadrícula del mapa, es importante tener presente las unidades de las coordenadas en que se esta trabajando (metros o grados), en función de eso se debe completar el intervalo de la cuadrícula. Por ejemplo, si se trabaja en coor denadas geográficas y se fija el valor de 1 en X y de 1 en Y, indica que el intervalo será de una grado en cada uno de los ejes (aunque en el programa, en esa opción, pueda aparecer la palabra metros, debido a un error del programa).

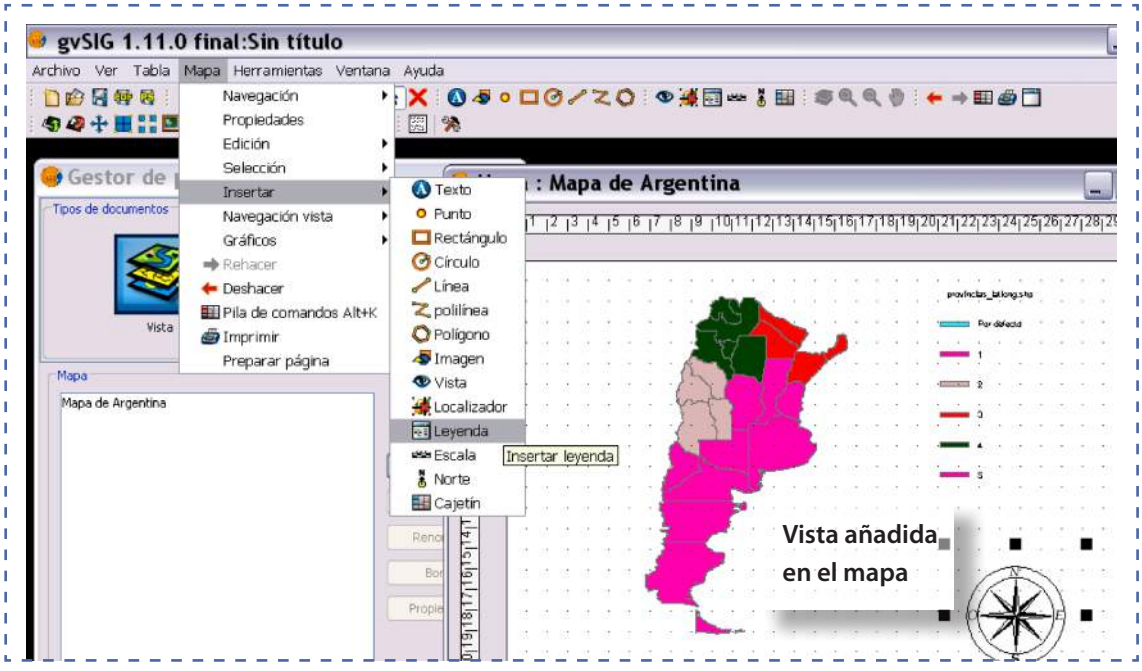


Figura.4.52. Añadir otros elementos de cartografía al mapa

- Es posible navegar por el mapa utilizando las herramientas.

- También Es posible cambiar la extensión de la vista dentro del documento de mapa, utilizando las herramientas de Zoom sobre la Vista (asegúrese que la Vista está seleccionada): e Navegación del mapa:

- Además, Es posible **Rotar** una vista en el mapa. Seleccionar y acceder a las Propiedades desde el menú contextual (botón derecho del ratón). En la esquina inferior derecha es posible especificar y previsualizar el ángulo de rotación del mapa.

Añadir leyendas al mapa

- Generalmente se añade una leyenda para mostrar que símbolos son aplicados a las capas en una vista. Utilizar la herramienta de Añadir Leyenda y dibujar un rectángulo sobre el recuadro correspondiente. La ventana siguiente aparecerá para seleccionar la vista y las capas (Fig. 4.53).

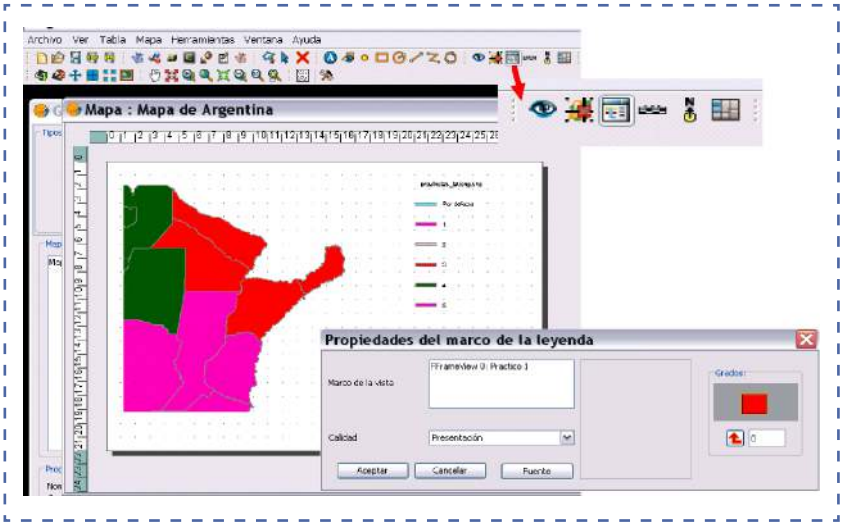


Figura. 4.53. Añadir leyenda al mapa.

- Una vez fijada la leyenda, es posible afinar su diseño trabajando con sus elementos individualmente. Para ello, seleccionar la leyenda y utilizar la herramienta **Mapa/Gráficos/Simplificar Leyenda.**

Otros elementos del mapa

Un elemento común en un mapa es la Escala asociada a una vista. Para añadir la escala al mapa hacer clic sobre la herramienta de Escala y dibujar un rectángulo sobre el mapa. En el diálogo siguiente se podrá escoger algunas propiedades para la visualización de escala (Fig.4.54).

Figura. 4.54. Añadir escala al mapa

- Otro elemento a añadir es el norte geográfico, mediante el icono Insertar Norte. Al rotar la vista, es posible apreciar como rota también su norte asociado.

- También es posible insertar un mapa de localización de la zona visualizada. Para ello seleccionar la herramienta Insertar Localizador , y dibujar un rectángulo para la localización del mismo.
- Además Es posible añadir al mapa elementos gráficos como texto, rectángulos, líneas, etc. utilizando las correspondientes herramientas. También se pueden insertar archivos de imagen.
- Los elementos del mapa pueden ser agrupados o movidos y cambiados de orden de visualización, utilizando las correspondientes herramientas.
- Las propiedades de algunos elementos del mapa, como el color de un elemento gráfico, pueden ser modificadas seleccionando y utilizando la opción de Propiedades, desde el menú contextual.
- La Fig. 4.55 muestra un ejemplo de combinación de los elementos de mapa más comunes.

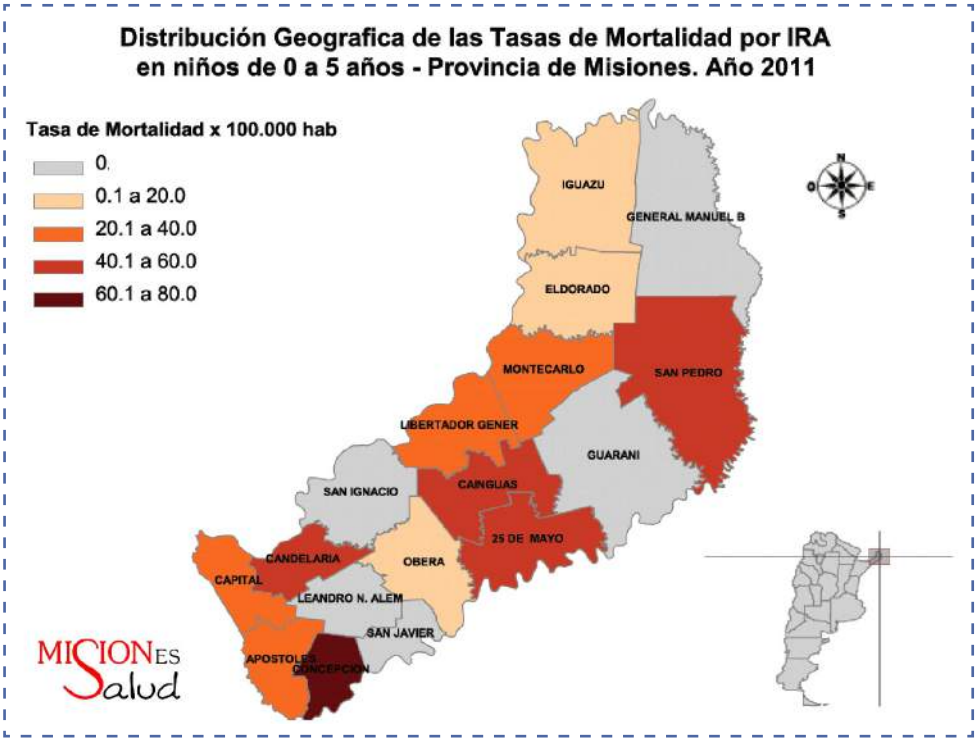


Figura. 4.55. Mapa para imprimir. Fuente: Sala de Situación. Ministerio de Salud Pública. Provincia de Misiones. Argentina.

Publicar e imprimir

- El mapa puede ser exportado a PDF y PostScript utilizando las opciones del menú Archivo.
- Es posible también imprimir desde el menú Mapa/Imprimir.

Generar una plantilla de un mapa

Si el modelo de mapa que se ha creado (con estilo de escala, leyenda, norte, logo, etc.) será utilizado con frecuencia, puede crearse, a partir de este, una plantilla. Estos ficheros tienen extensión del tipo .gvt en el programa gvSIG. Hacer clic en **Archivo/Guardar como plantilla**. Seleccionar la ruta y nombre del archivo de la nueva plantilla. Para re-utilizarla, hacer clic en **Abrir plantilla** e ir al directorio donde se guardó.

Impresión rápida

La funcionalidad Impresión rápida se emplea para obtener un mapa automáticamente con solo asignarle unos pocos parámetros.

- Crear una nueva vista que la que se le dará el nombre "Argentina" (en ella añadir la capa *provincias_latlong.shp* (INFORMACION PARA LA PRACTICA\Vectorial\LAT-LON). Seleccionar la capa e ir a **Propiedades/Simbología** y elegir como método Categorías/Valores únicos/Nombre u otro campo que desee como ETI por semana epidemiológica (Ver apartado 1).
- Para imprimir el mapa, emplear la herramienta **Vista/Impresión rápida**, seleccionar en el apartado de Impresora, formato de hoja (Ej.: A4) y la orientación (horizontal – vertical). En **Opciones** elegir **Mostrar leyenda** y **Mostrar cuadrícula cada 2.5 grados** (recuerde que su vista tiene unidades de grados al ser coordenadas geográficas) y forzar la escala a 1:2.0. Por último en Imagen Seleccionar, `por defecto, y hacer clic sobre **Vista Previa** (Fig.4.56).

Figura. 4.56. Configuración de impresión.

El nuevo mapa que se ha generado automáticamente, se desplegará, y por último para obtener en formato de archivo *.pdf, hacer clic en **Archivo/Exportar pdf.**

APARTADO V. Aplicaciones de Google Earth y GPS en Salud

Características Generales del Software

Google Earth es un programa informático que consiste en un Sistema de Información Geográfica (SIG), y permite navegar hacia cualquier lugar del mundo a través de un globo terráqueo virtual, ver imágenes satelitales, mapas, imágenes del relieve, edificios 3D, galaxias lejanas o las profundidades del océano.

Permite realizar búsquedas de ubicaciones, introduciendo el nombre de una empresa, un hotel, colegio o calle y obtener la dirección exacta, un plano o vista del lugar, pudiéndose visualizar imágenes satelitales de cualquier sitio de la tierra.

Google Earth, ofrece además, características 3D como dar volumen a valles y montañas, y en algunas ciudades incluso se han modelado los edificios. Es posible compartir con otros usuarios enlaces, medir distancias geográficas, ver la altura de las montañas, ver fallas o volcanes y cambiar la vista tanto en horizontal como en vertical. ***Google Earth*** también dispone de conexión con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y permite compartir los datos de recorridos y puntos marcados con otros usuarios. También tiene un simulador de vuelo con el que se puede sobrevolar cualquier lugar del planeta. Con ***Google Street View*** se pueden observar fotos esféricas a pie de calle de varias ciudades del mundo.

El menú de las principales herramientas es el siguiente:

Su interfaz es amigable e intuitiva en su uso, donde se pueden observar las siguientes secciones (Fig.4.57):

1. **Panel de búsqueda:** este panel permite buscar sitios e indicaciones, así como administrar los resultados de búsqueda.
2. **Visor 3D:** esta ventana permite ver el planeta y su relieve.
3. **Controles de navegación:** estos controles permiten acercar o alejar la imagen, así como observarla y desplazarse por ella.
4. **Panel "Capas":** este panel permite mostrar puntos de interés.
5. **Panel "Lugares":** este panel permite localizar, guardar, organizar y volver a visitar marcas de posición.
6. **Barra de estado:** en ella se ven las coordenadas, la elevación, la fecha de las imágenes y su estado de carga.
7. **Vista general del mapa:** este mapa permite obtener otra perspectiva de la Tierra.

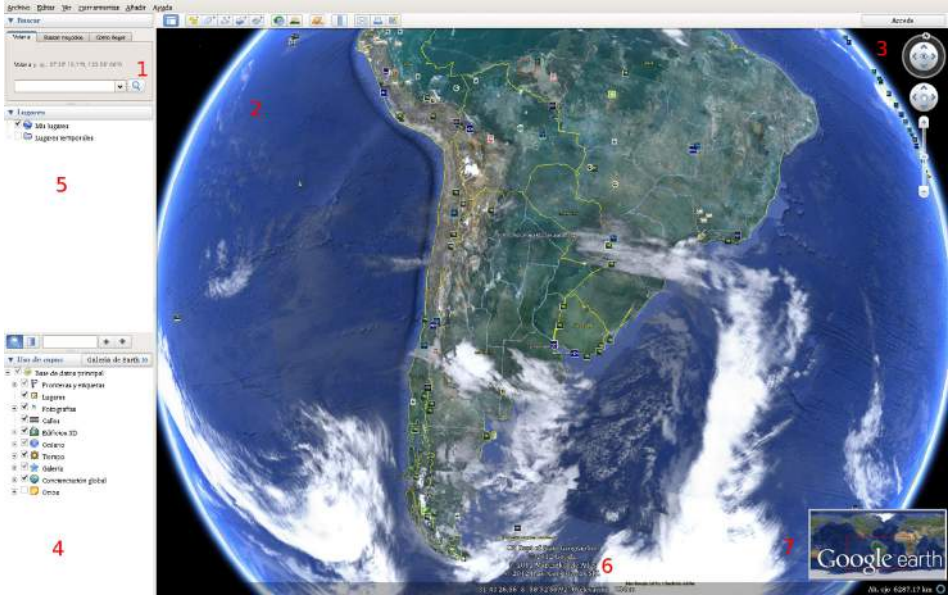


Figura 4.57. Principales secciones de la interface de Google Earth.

Funcionalidades del software

El programa cuenta con una serie de funcionalidades detalladas a continuación.

Búsqueda de direcciones y ubicaciones

Se pueden buscar ubicaciones mediante la opción ***"Volar a"***, del Panel de búsqueda (Fig. 5.2). Para esto, se introduce la ubicación en el cuadro de entrada y se hace clic en el botón **Buscar**. ***Google Earth*** reconoce los siguientes tipos de términos de búsqueda, que se pueden introducir con comas o sin ellas.

Formato	Ejemplo
Ciudad, estado/provincia	Búfalo, NY
Ciudad País	Londres Inglaterra
Número Calle Ciudad Estado/ provincia	Paseo de la Castellana, 30
Código postal	90210
Latitud, longitud en formato decimal	37,7, -122,2. Las coordenadas deben aparecer en este orden: latitud, longitud.
Latitud, longitud en formato DMS	37 25' 19,07" N, 122 05' 06,24" O o bien 37 25 19,07 N, 122 05 06,24 O. Tales coordenadas deben aparecer en este orden: latitud, longitud. (El formato 37º 25' 19,07" N, 122º 05' 06,24" O no funciona con Google Earth).

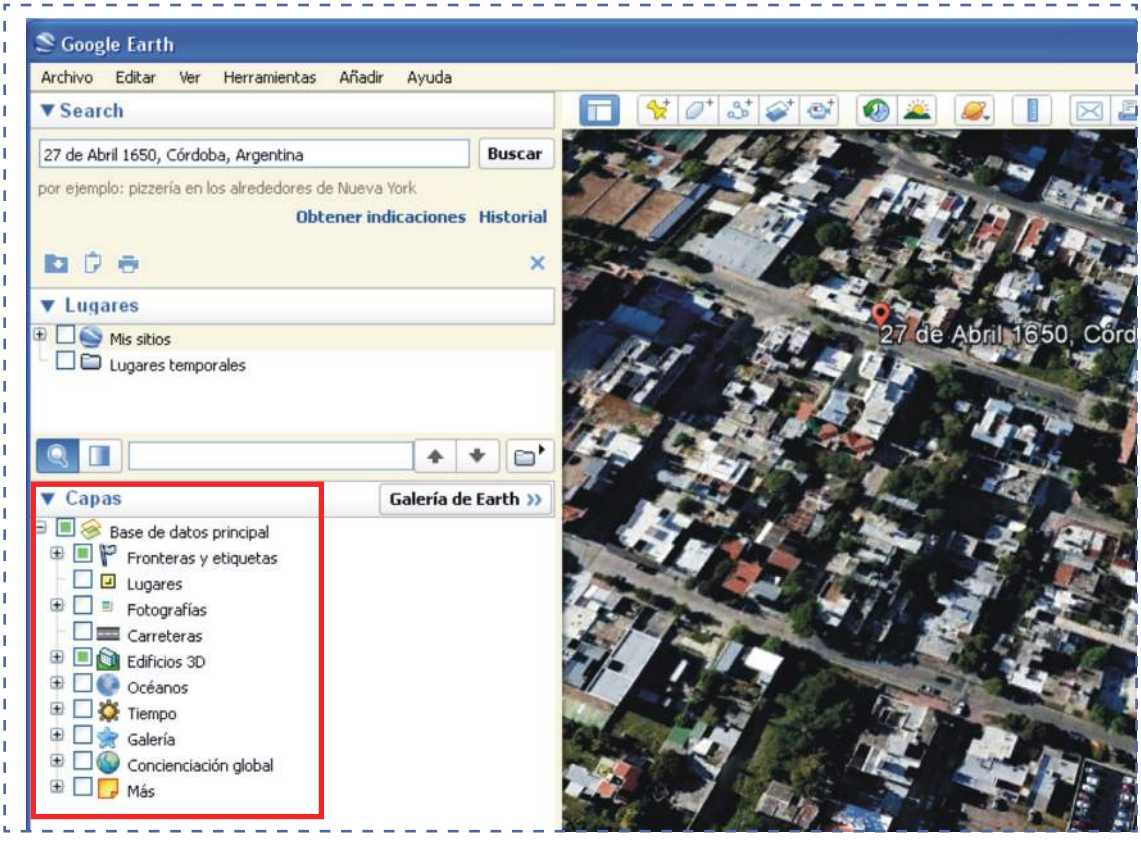


Figura 4.58. Localización del panel de búsqueda en Google Earth.

Presentación y ocultación de lugares de interés

El panel ***"Capas"*** (recuadro rojo en Fig. 4.58) contiene una lista extensa de lugares de interés que se pueden activar para que aparezcan en el visor 3D desde cualquier ubicación. La lista incluye: negocios, como bancos, restaurantes y gasolineras, restaurantes de distintos tipos, parques y zonas recreativas, aeropuertos, hospitales y escuelas, límites postales, urbanos y escolares.

Marcas de Posición en Google Earth: Creación y edición de puntos geográficos

Con Google Earth es posible crear y almacenar funciones geográficas como puntos, líneas, imágenes, y polígonos, en un formato de archivo llamado KML (del acrónimo en inglés Keyhole Markup Language).

Se puede utilizar KML para compartir lugares e información con otros usuarios de estas aplicaciones. Google Earth actúa como un navegador de archivos KML.

Al hacer clic en el botón de marca de posición de la barra de herramientas aparecerá el cuadro de diálogo para añadir una nueva marca de posición y el icono de la marca se mostrará en el centro exacto del visor 3D (Fig. 4.59).

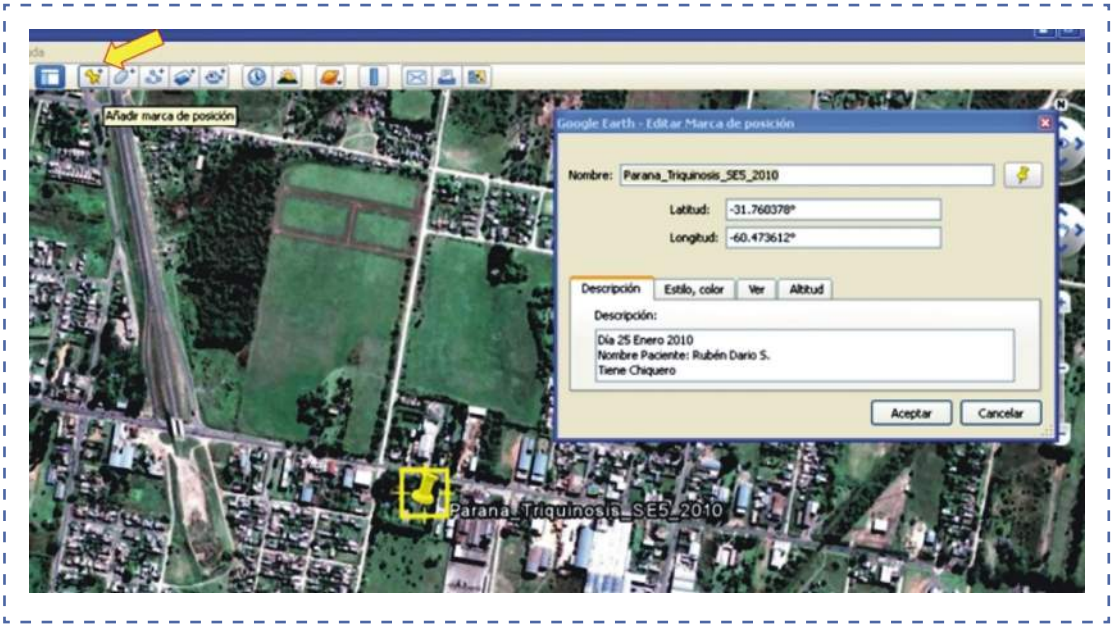


Figura 4.59. Localización de una marca de posición en sitio de interés

Es posible mover la marca de posición, haciendo clic en ella y arrastrándola.

Se puede introducir información en el cuadro de diálogo.

Al hacer clic en Aceptar, Google Earth mostrará la marca de posición en el visor 3D y en la parte superior de la carpeta Mis lugares del panel "Lugares".

Para ver la marca de posición en cualquier momento, se hace doble clic en la marca de posición, en el panel "Lugares". Para que solo aparezca la descripción de la marca de posición, se hace clic una vez en ella en el visor 3D o en el panel "Lugares".

Edición de la marca de posición

Se puede editar, mover o eliminar cualquier marca de posición guardada en la carpeta ***"Mis lugares"*** mediante los pasos:

1. En el visor 3D o en el panel ***"Lugares"***, haz clic con el botón derecho en la marca de posición.
2. Seleccionar **Propiedades**. Se abrirá el cuadro de diálogo ***"Editar marca de posición".***
3. Se hace clic en el icono de la marca de posición y se podrá arrastrar.
4. Al hacer clic en **Aceptar**, ***Google Earth*** guardará la nueva posición y el lugar de la marca de posición. Cuando se edita una marca de posición, alrededor del icono aparece un cuadrado amarillo que indica que se puede mover. También se puede mover mediante la introducción de coordenadas.
5. Se hace clic en la pestaña **"Ver"** y se indican las coordenadas para re-localizar el punto geográfico de la marca. Es posible indicar los valores de latitud y longitud con las siguientes notaciones:

   Grados decimales (GGG): en esta notación, la precisión decimal se establece en grados. Por ejemplo, 49,11675953666N.

   Grados, minutos y segundos (GMS): en esta notación, la precisión decimal se establece en segundos. Por ejemplo, 49º7'20,06"N. Grados y minutos con segundos decimales (GMM): en esta notación, la precisión decimal se establece en minutos. Por ejemplo, 49°7,0055722"N.

Almacenamiento de marcas de posición

Se pueden guardar marcas de posición individuales, formas o carpetas completas haciendo clic con el botón derecho y seleccionando Guardar como en el menú emergente (Fig. 4.60). También se puede utilizar el cuadro de diálogo "Archivo" para guardar la marca de posición o la carpeta en el equipo. Se indica el nombre del nuevo archivo y se hace clic en Guardar en el cuadro de diálogo. La marca de posición o la carpeta se guardará en esa ubicación con la extensión '.kmz' o .kml. A partir de estos datos guardados, se puede compartir la información con otros usuarios de Google Earth mediante correo electrónico o mediante su publicación en el sitio.

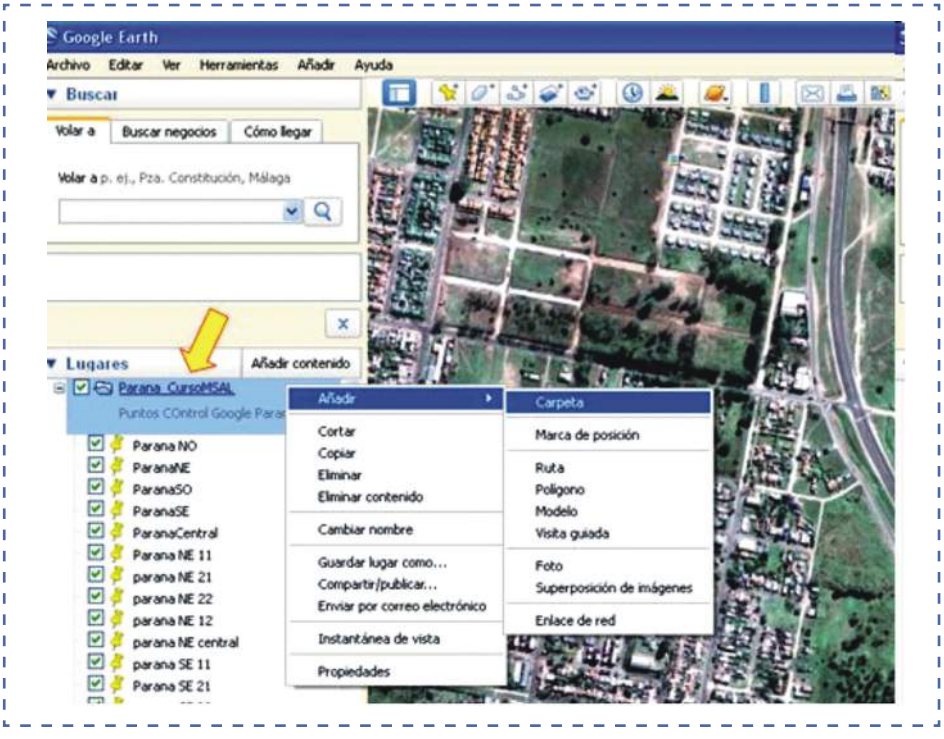


Figura 4.60. Almacenamiento de marcas de posición individuales, formas o carpetas completas

Creación de carpetas

Se pueden crear carpetas y mover otras carpetas, marcas de posición o formas dentro de ellas. Para crear una carpeta:

1. Se hace clic con el botón derecho en una carpeta del panel ***"Lugares".***
2. Seleccionar ***Añadir > Carpeta*** en el menú emergente. La carpeta en la que ha hecho clic con el botón derecho se define automáticamente como el contenedor de la carpeta nueva.
3. Una vez que aparezca el cuadro de diálogo ***Nueva carpeta***, se podrá definir los siguientes campos: nombre, Descripción, Estilo/Color, Ver.

Importación de archivos kml desde Google Earth y exportación a archivos shapefile

La mayoría de los software o programas libres actuales permiten cargar y visualizar archivos con formato .kml (de Google earth) provenientes de sus sitios de interés, que hayan sido anteriormente almacenados en algún directorio específico. A su vez, estos permiten exportar este tipo de archivos a formato *.shp (shapefile de ESRI), cuyo formato es reconocido y utilizable por la mayoría de los SIG gratuitos y pagos.

Para incorporar una capa .kml a la **Vista**, en el programa **gvSIG**, solo basta con agregar la información geográfica de puntos, líneas o polígonos .kml, desde el directorio dónde se guardó (Fig.4.61). Usando la herramienta **Añadir capa**, (ruta *Vista/Añadir capa*). Al hacer clic se abrirá la ventana y la pestaña **Archivo** y luego en **Añadir** para abrir el explorador de archivos. Teniendo seleccionado en **Archivos de tipo**, la extensión correspondiente a ***gvSIG kml memmory driver***, será posible seleccionar la capa deseada.

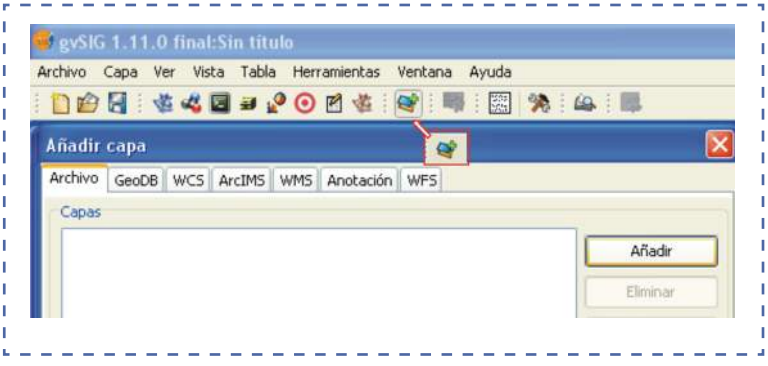


Figura. 4.61. Ventana para Añadir una capa y zoom al Botón correspondiente

Una vez cargada y visualizada la capa .kml, al hacer clic derecho sobre el nombre de la capa de interés, haciendo clic sobre sobre Capa – Exportar a SHP, la misma se puede exportar a formato *.shp. **ArcView Shapefile**, en Sistema de Coordenadas Geográficas (datum WGS84) o EPSG 4326.

Superposición de imágenes

Se pueden insertar imágenes a la vista de ***Google Earth*** mediante: ***Añadir > Superposición de imágenes***. Una vez insertada la imagen, es posible ajustar la transparencia de dicha superposición (Fig. 4.62). Dichas imágenes deberán tener información geográfica asociada para ser localizadas.

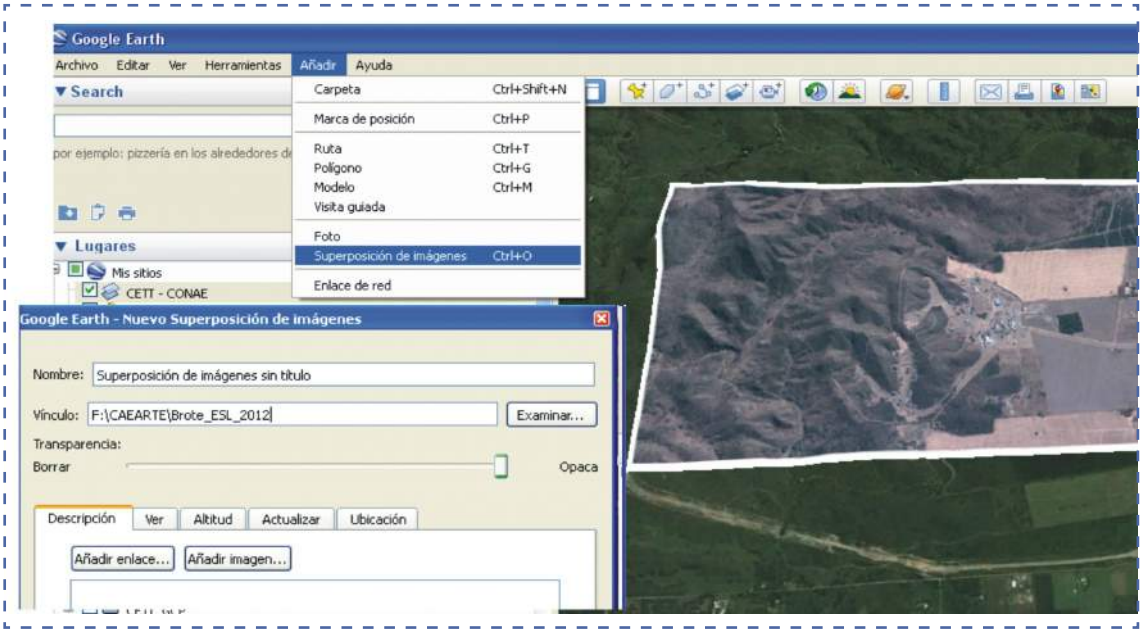


Figura 4.62. Interfase para la superposición de imágenes con referencia geográfica.

Es posible consultar imágenes históricas de cada ubicación en el globo. En el menú Visor 3D, se selecciona el botón en forma de reloj para habilitar las Imágenes históricas (Fig.4.63).

Figura 4.63. Localización del icono de Imágenes Históricas en la barra del menú principal.

Medición de distancias y áreas

Google Earth ofrece herramientas para medición de la longitud en el suelo con una línea o ruta (Fig. 4.64).

Figura 4.64. Localización del icono en la barra del menú principal y medición de distancias sobre la imagen. La línea amarilla indica la distancia medida entre una cantera y una vivienda.

Dibujo de rutas y polígonos

Es posible trazar rutas y polígonos sin una forma prefijada en el visor 3D y guardarlos en la carpeta ***Mis lugares.*** Para esto,
1) en la barra de herramientas superior, al hacer clic en ***Añade una ruta*** o ***Añade un polígono***, se abrirá el cuadro de diálogo ***"Nueva ruta"*** o ***"Nuevo polígono"*** y la forma del cursor cambiará a una herramienta de dibujo cuadrada (Fig. 4.65).

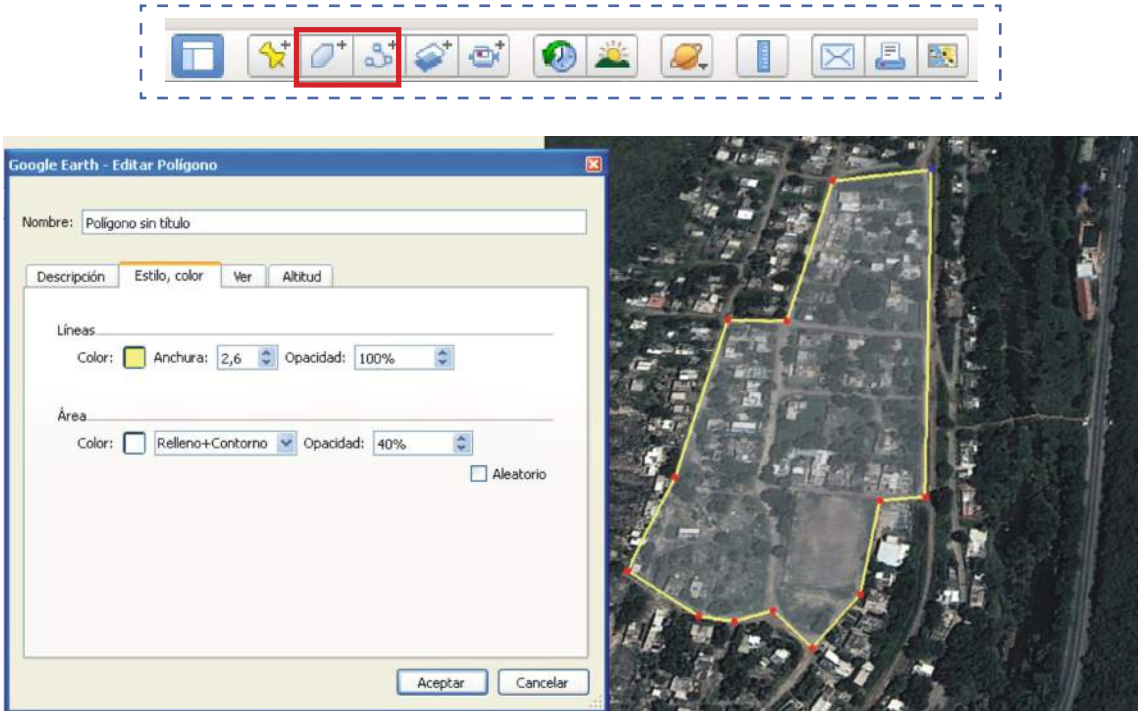


Figura 4.65. Localización del icono en la barra del menú principal y generación de polígonos representando Barrios, sobre la imagen de un poblado.

NOTA. Hay dos modos generales de trazar las formas:

- **a) Forma no prefijada**: se hace clic una vez y se arrastra el ratón. La forma del cursor cambiará a una flecha apuntando hacia arriba para indicar que no se está utilizando una forma prefijada. El contorno de la forma se trazará a medida que el cursor se desplace por el visor 3D.
- **b) Forma regular:** se hace clic y se suelta el botón; luego se mueve el ratón hasta el nuevo punto y se hace clic para añadir puntos adicionales.

4.11 Importación de datos de dispositivos GPS

Si se cuenta con un dispositivo GPS (Sistema de Posicionamiento Global, ver Capítulo 2), el mismo puede conectarse al equipo para importar los puntos y los datos de seguimientos en **Google Earth**.

Google Earth admite la mayoría de los dispositivos GPS de *Garmin* y *Magellan*, además de *Wintec WBT – 201*. Si se utiliza un dispositivo no admitido, se puede probar a importar los datos GPS al equipo

desde el dispositivo como archivo .gpx o .loc y, a continuación, abrirlo en **Google Earth**. Al importar los datos GPS a Google Earth, aparecerá un cuadro de diálogo en el que se deberá indicar que importar: seguimientos, hitos, rutas o todo.

Los seguimientos (o tracks) son puntos que el dispositivo GPS registra automáticamente durante el desplazamiento. Los hitos (o waypoints) son puntos introducidos por el usuario. Los hitos suelen estar marcados con un nombre, como "casa" o "punto de embarque". Las rutas son creadas a partir de la unión de un punto registrado a otro.

Para la importación de datos de GPS, directamente desde el dispositivo, se accede a **Archivo>Abrir**, seleccione el archivo de datos que quiera importar y, a continuación, pulse **"Abrir".** En caso de importarlos directamente desde el GPS mediante Google Earth, acceda a **Herramientas>GPS**.

Interacción práctica entre SIGs y datos tomados por dispositivos GPS

Para poder bajar los datos que quedan almacenados en los dispositivos GPS y luego incorporarlos a un SIG, se puede utilizar el programa DNR – Garmin/ArcMap. Este es un programa gratuito generado por el Departamento de Recursos Naturales del Estado de Minnesota (USA). La extensión permite transferir "waypoints" (puntos) y "tracks" (caminos) a puntos, líneas y polígonos en diferentes formatos. En los siguientes links se pueden encontrar las herramientas mencionadas:

http://www.dnr.state.mn.us/mis/gis/tools/arcview/extensions/DNRGarmin/DNRGarmin.html
http://thoreau.dnr.state.mn.us/mis/gis/tools/arcview/Training/WebHelp/Training.htm#DNRExt/dnrgarmin43/GPSIntro.htm

A su vez éste programa permite guardar los datos del GPS en varios formatos además de **.shp**, como ser **.kml**, que es el formato original del Google Earth, o GPS Exchange, formato de intercambio de datos para utilizar en programas tales como el MapSource entre otros programas relacionados. De esta manera, el DNR Garmin, se convierte en una interfaz práctica que permite convertir formatos desde una aplicación a otra, vinculando el uso de SIG, Google Earth y GPS (Fig. 4.66).

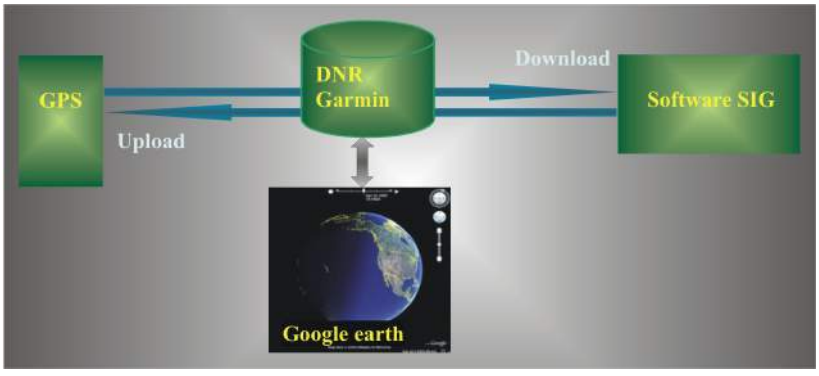


Figura 4.66. Conectividad de la interfase de DNR con GPS, Google Earth y SIG.

Antes de la instalación del programa hay que asegurarse que el símbolo para los decimales sea el punto "." en la computadora a emplear. Para verificar la *configuración de Windows*, hay que dirigirse a la ventana de "Configuración Regional": Inicio, configuración, panel de control: seleccione configuración regional.

La primera vez que se utiliza el programa, éste preguntará que si desea utilizar la proyección UTM

Zona 15, NAD83; ante esto hay que responder NO y proceder a seleccionar Proyecciones Mundiales, Geográfica (WGS 84).

Para ello debe seguir la siguiente ruta, FILE/SET PROJECTION/ y en DNR GARMIN Properties, en la solapa Projection, elegir en la casilla POSC Code, el código 4326 y dar Ok. De esta forma, DNR Garmin quedará configurado para trabajar con coordenadas geográficas en latitud y longitud. Recuerde que este procedimiento solo debe hacerlo por UNICA vez al empezar a usar la interfaz, quedando listo para posteriores usos (Fig. 4.67).

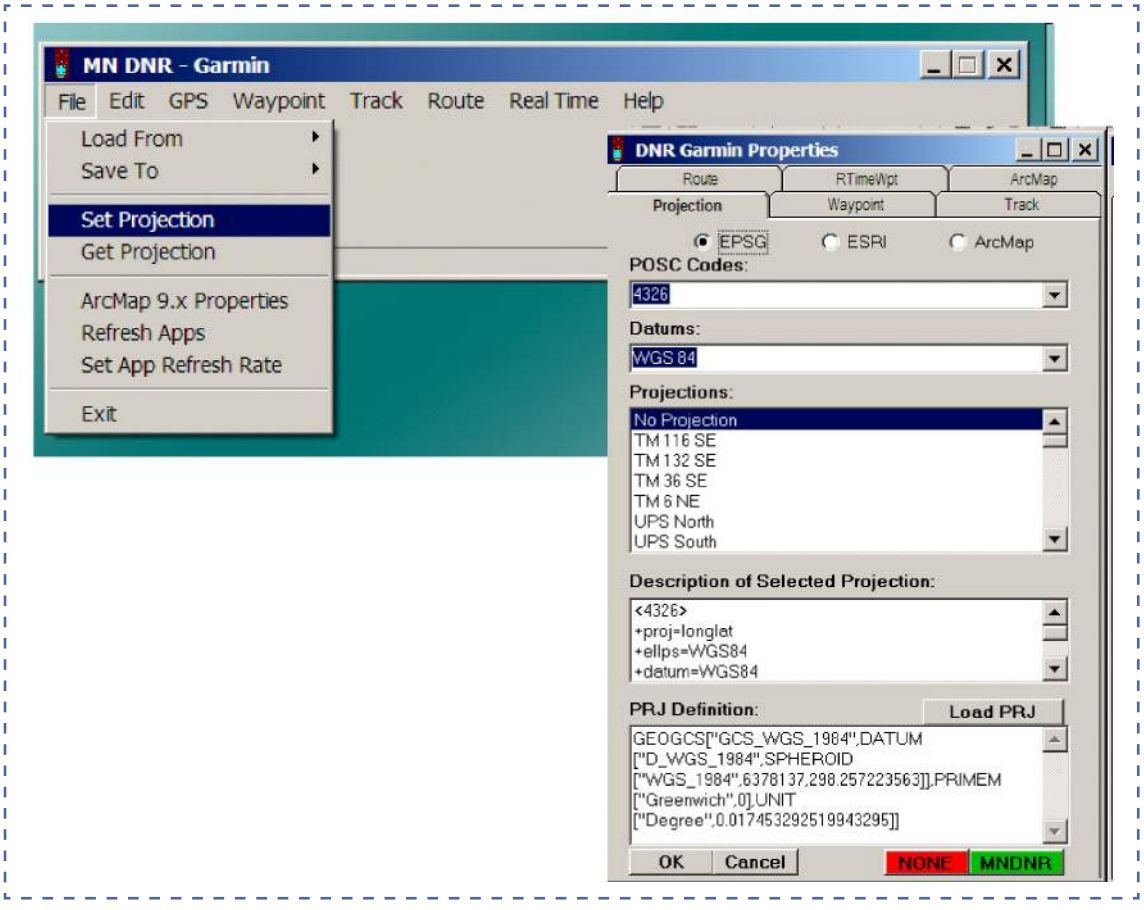


Figura 4.67. Configuración inicial de DNR Garmin – Proyección – Sistemas Coordenadas

Éste sistema es válido para la ubicación de la información, pero no es recomendable su utilización a la hora de mapear, y realizar análisis espaciales (ver coordenadas planas en Capítulo 2).

Una vez que el GPS se conecta a la computadora y se abre el programa correspondiente, se pueden desplegar algunas de las funciones básicas:

- **File:** Esta opción es la que permite tanto subir datos al GPS, como guardarlo en diferentes formatos.
- **Load from:** se puede leer los puntos o segmentos de rutas desde diversos formatos de Archivos, ASCII, TXT, KML, entre otros.
- **Save to:** permite guardar los datos en diversos formatos.
- **Waypoint:** esta opción del menú permite cargar y descargar puntos de destino desde y hacia el receptor GPS que esté conectado al procesador.
- **Tracks (segmentos de ruta):** ésta opción del menú permite cargar y descargar segmentos de rutas desde y hacia el receptor.

Una vez que la información capturada por el GPS ha sido puesta a disposición en el SIG, el usuario está en condiciones de ordenar, analizar y mapear esa información junto con todos los otros datos que se hayan podido tomar de diversas fuentes.

Bibliografía utilizada y lecturas recomendadas

1. Alazraqui M, Mota E, Spinelli H, Guevel C. Desigualdades en salud y desigualdades sociales: un abordaje epidemiológico en un municipio urbano de Argentina. Rev Panam Salud Pública. 21(1):1–10. (2007).
2. Arboleda S., D.E. Gorla, X. Porcasi, A. Saldaña, J. Calzada, N. Jaramillo-O (2009). Development of a geographical distribution model of Rhodnius pallescens Barber, 1932 using environmental data recorded by remote sensing. Infection, Genetics and Evolution 9 (2009) 441–448.
3. Barcellos C, Chagastelles Sabroza P., Peiter P, Iñiguez Rojas L., Organización espacial, Saúde e Qualidade de Vida: Análise Espacial e Uso de Indicadores na Avaliação de Situações de Saúde. Informe Epidemiológico do SUS; 11(3): 129 – 138 (2002).
4. Barcellos C., Bastos IF. Geoprocesamiento, ambiente y salud: una unión posible? Cuadernos de Salud Pública, Río de Janeiro, 12(3); 389-397, jul-set. (1996)
5. Barredo, J. I. (1996) Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio. Madrid, RA-MA Editorial.
6. Cerda Lorda J , Valdivia G. John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. Revista Chilena de Infectología 2007; 24 (4): 331-334
7. Chuvieco E,. (2002). Teledetección ambiental. Ariel Ciencia. Barcelona, España.
8. Compagnucci, M.V. (2012). "Utilización de tecnología espacial asociada a floraciones algales y presencia de vibrios". Tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales para Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias, Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gulich", UNC-CONAE.
9. De Moraes Correia V et al. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 20(4):891-904, jul-ago, 2004.
10. De Pietri DE, García S, Rico O. Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud. Rev Panam Salud Publica. 2008;23(6):394–402.
11. Desarrollo del Índice de Condiciones Saludables Usando Sistemas de Información Geográfica en Salud. Boletín Epidemiológico / OPS, Vol. 23, No. 4 (2002)
12. F. Javier Moldes Teo. (1995). Libro: Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, Madrid, España.
13. Ford T, Colwell RR, Rose JB, Morse SS, Rogers DJ, Yates TL Using Satellite Images of Environmental Changes to Predict Infectious Disease Outbreaks. Emerging Infectious Diseases • www.cdc.gov/eid • Vol. 15, No. 9, September 2009. DOI: 10.3201/eid1509.081334
14. García Ortega MG, et al. Sistema de Información para el análisis espacial de los riesgos en la red nacional de carreteras. Disponible en: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal9/Nuevastecnologias/Sig/12.pdf
15. HinoP, Scatena Villa TC, Midori Sassaki C, de Almeida Nogueira J, dos Santos CB. Geoprocesamiento aplicado al área de salud. Revista Latinoamericana Enfermagem , novembro-dezembro; 14(6) (2006)

16. Información geográfica. Revista de Investigaciones y Ensayos Geográficos de la Carrera de Geografía de la UNF. Año IV-Nº14 (53-64), 2010

17. Iñiguez Rojas L, Barcellos C. Geografía y Salud en América Latina: evolución y tendencias. Revista Cubana de Salud Pública; 29(4):330-43. (2003)

18. Iñiguez Rojas L. Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina. Cuadernos de Salud Pública , Rio de Janeiro, 14(4):701-711, out-dez, (1998)

19. Iñiguez Rojas Luisa. Territorio y contextos en la salud de la población. Rev. cub. salud pública [serial on the Internet]. 2008 Mar [cited 2013 June 03] ; 34(1): Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-46620080001000006&lng=en.

20. Lost Pavarini SC, Mediondo EM, Montaño M, Fernandes Almeida DM, Zazzetta de Mediondo MS, Barham EJ, Silva Pedrazzani E. Sistema de Información Geográfica para la Gestión de Programas Municipales de cuidado a ancianos. Texto & Contexto Enfermagem, enero-marzo, vol 17, N°1, pp 17-25. Universidad de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (2008)

21. Juan Peña Llopis (2006), "Sistema de información geográfica aplicados a la gestión del territorio" Editorial Club Universitario., Alicante. España.

22. Loyola E, Castillo Salgado C et al. Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud. Revista Panamericana de Salud Pública 12 (6), 2002.

23. Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Valentín Criado, A. C.; Martín Ramos, B.; Martín Fernández, L. (2008) LibroSIG: Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Madrid, España.

24. Mapping a northern land: the survey of Canada, 1947-1994 edited by Gerald McGrath and Louis M. Sebert. Chapter: *"GIS and LIS in Canada" by Roger F. Tomlinson and Michael A.G. Toomey. (McGill-Queen's University Press, 1999)*.

25. Miraglia, M., A. P. Flores, M. Rivarola y Benitez, M. D´Liberis, L. Galván, D. Natale, M. Rodríguez. (2010). Manual de Cartografía, Teleobservación y Sistemas de Información Geográfica. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de Sarmiento. Disponible en: https://2mp.conae.gov.ar/index.php/materialeseducativos/publicaciones/663-manual-de-cartografia-teleobservacion-y-sistemas-de-informacion-geografica

26. Monjeau J. A., C. H. Rotela, M. Lamfri, J. Márquez, C. M. Scavuzzo, M. Stanulescu, M. J. Nabtee, E. Gonzalez Rial.(2011). Estimating habitat suitability for potential hantavirus reservoirs in north-western Patagonia using satellite imagery: Searching for the best predictive Tools. Mammalian Biology 76 (2011) 409–416.

27. Moraes CorreiaVR, Sá CarvalhoM, Chagastelles Sabroza P, Vasconcelos CH. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 20(4):891-904, jul-ago, 2004.

28. NASA-CONAE-UNESCO. Disponible en: https://2mp.conae.gov.ar/descargas/Materiales%20/Ciencia%20de%20la%20Tierra%20desde%20el%20Espacio%20del%20Comit%e9%20de%20Sat%e9lites%20para%20la%20Observaci%f3n%20de%20la%20Tierra%20%28CEOS%29%20-%20Edu%20Flow.pdf

29. Nascimento CostaMC, Lima Cruz Teixeira MG. A concepção de "espaço" na investigação epidemiológica. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 15(2):271-279, abr-jun, 1999.

30. Olaya.V., (2011). Sistemas de Información Geográfica. http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG

31. Ostfeld R, Glass G, Keesing F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. TRENDS in Ecology and Evolution Vol.20 No.6 June 2005.

32. Paquetes de Programas de Mapeo y Análisis Espacial en Epidemiología y Salud Pública. Boletín Epidemiológico. Vol.25, N°4. Diciembre. Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2004).

33. Pérez Romero LA, Suárez Meaney T. Geomarketing y geoepidemiología para formular estrategias en salud pública y privada. Salud Uninorte, Vol. 25, Núm. 2, diciembre, 2009, pp. 293-318. Universidad del Norte. Colombia.

34. Pons, D. H. (2011) "Estudio de la Asociación entre Desastres Naturales por Inundación y Eventos Epidémicos". Tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales para Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias, Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gulich", UNC-CONAE.

35. Porcasi, X., C. H. Rotela, M. V. Introini, N. Frutos, S. Lanfri,G. Peralta, E. A. De Elia, M. A. Lanfri, C. M. Scavuzzo. (2012). An operative dengue risk stratification system in Argentina based on geospatial technology. Geospatial Health 6(3), 2012, pp. S31-S42.

36. Ramsay M. John Snow, MD(2006). anaesthesist to the Queen of England and pioneer epidemiologist. Proc (Bayl Univ Med Cent) 2006; 19: 24-8.

37. Rodríguez- Morales AJ. Ecoepidemiología y Epidemiología satelital: herramientas en el manejo de problemas en salud pública. Revista Peru Med Exp Salud Publica 22(1), 2005

38. Rodríguez Pascual, A. (1993). "Proposición de una definición profunda de SIG". Los Sistemas de Información Geográfica en el umbral del siglo XXI. II Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica. Madrid., España.

39. Rodríguez-Morales AJ. Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública.

40. Rotela C, et al. Space–time analysis of the dengue spreading dynamics in the 2004 Tartagal outbreak, Northern Argentina. Acta Tropica 103 (2007) 1–13.

41. Sá Carvalho M., Souza-Santos R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. Cuadernos de Salud Pública, Rio de Janeiro, 21(2):361-378, mar-abr (2005).

42. Sistema de Información Geográfica http://http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Información_Geográfica [consultado en Julio de 2012]

43. Skaba DA et al. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 20(6):1753-1756, nov-dez, 2004

44. Snow J.M.D., 1855. On the Mode of Communication of Cholera. London: John Churchill, New Burlington Street, England, 1855.

45. Tobón Correa O., Factores ambientales determinantes en la valoración comunitaria: mapas temáticos. Disponible en http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=236&Itemid=235

46. Uso de los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología (Sig-Epi). Boletín Epidemiológico Vol 17, N°1. Marzo. Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1996).

47. Whitton R., R. Bradley, G. Colberg & Y. Colón (2010). Ciencia de la Tierra Desde el Espacio. Una introducción a las aplicaciones de la observación de la Tierra desde el espacio en Sudamérica.

Páginas web de interés

Agencias y organismos espaciales

http://www.conae.gov.ar/principal.html

https://2mp.conae.gov.ar/

http://www.inpe.br/

http://www.nasa.gov/

http://www.eoportal.org/

https://directory.eoportal.org/web/eoportal/images

http://www.asc-csa.gc.ca/eng/default.asp

Empresas del sector espacial

http://www.digitalglobe.com/

http://www.geoeye.com/CorpSite/

http://www.rapideye.com/

Misiones

http://landsat.gsfc.nasa.gov/

http://modis.gsfc.nasa.gov/

http://asterweb.jpl.nasa.gov/

http://www.astrium-geo.com/es/

http://www.noaa.gov/satellites.html

Navegadores y Catálogos de Imagenes

http://earthexplorer.usgs.gov/

http://glovis.usgs.gov/

http://glcf.umiacs.umd.edu/

Articulos de interes en salud

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/medicina_experimental/v15_n1-2/nece_traba.htm

http://easpgps.wordpress.com/

http://epi.minsal.cl/SigEpi/doc/usosig.htm

http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/

http://www.ops.org.bo/multimedia/cd/2008/SRI_5_2008/recursos/documentos/1_SITUACION_DERABIA_EN_LATINOAMERICA_2004.pdf

http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/pluginfile.php/512/mod_page/content/37/Pons.pdf

http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/pluginfile.php/512/mod_page/content/37/Arboleda_etal_2009.pdf

http://aulavirtual.ig.conae.gov.ar/moodle/pluginfile.php/512/mod_page/content/37/Rotela_Selper_Vol30-Jun10.pdf

Epidemiología Panorámica - Introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la Salud Pública

CONAE
Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios
Presidencia de la Nación
Ministerio de Salud
Presidencia de la Nación