



SOFTWARE DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



MANUAL DE USUARIO

SoPI v3.0

Software de Procesamiento de Imágenes

Software de Procesamiento de Imágenes (SoPI)

Versión 3.0



© CONAE 2009-2016 - Todos los derechos reservados.
Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) de la República Argentina.

sopi.conae.gov.ar

Desarrollado por SUR Emprendimientos Tecnológicos S. R. L.
utilizando la biblioteca de software geoespacial SuriLib.

www.suremptec.com

Manual redactado por Pablo M. Amieva.
Buenos Aires, marzo de 2016.

ACERCA DE ESTE MANUAL

El presente Manual de usuario del Software de Procesamiento de Imágenes (SoPI) de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) de la República Argentina tiene por objeto proporcionar al usuario final la información técnica indispensable para un uso correcto de SoPI versión 3.0. Este documento se encuentra dividido en seis secciones principales.

1 Introducción

Donde se informan generalidades de SoPI, sus características técnicas básicas, proceso de instalación, y el acceso a la configuración, la ayuda y enlaces de interés.

2 Interfaz de usuario

Que describe la interfaz gráfica de usuario, desde donde se accede a las funciones de SoPI y a sus parámetros de control, y a través de la cual se incorporan datos, se los visualiza en distintos entornos (2D/3D) y modos (Imagen/SIG) y se los trata.

3 Gestión de datos

Donde se indica cómo proyectos, imágenes, coberturas vectoriales y otros tipos de datos son agregados, desplegados/ocultados, importados/exportados, ordenados y eliminados de la aplicación.

4 Herramientas

Que explica las diferentes operaciones de tratamiento ráster y vectorial en SoPI, así como las herramientas que interactúan con la vista.

5 Procesamiento

Donde se detallan las funciones de procesamiento digital de imágenes en la aplicación: procesos espaciales, espectrales y clasificaciones.

6 Pre/Pos-procesamiento

Que se detiene en operaciones de pre-procesamiento, como transformaciones geométricas, y en otras de pos-procesamiento, como mejoras ráster y funciones pos-clasificación.

Al final del manual se ofrece una lista de referencias bibliográficas. Además, posee tabla de contenidos e índice.



A lo largo de este manual, los avisos, consejos o recomendaciones relevantes a la función u opción considerada se inician con el símbolo de alerta.



En el caso de que la respectiva operación o elección posea alguna restricción o limitación no evidente, la misma se expresa a continuación del signo de prohibido.

TABLA DE CONTENIDOS

ACERCA DE ESTE MANUAL.....	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 GENERALIDADES.....	6
1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	6
1.3 FUNCIONALIDAD DESTACADA	6
1.4 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS.....	7
1.4.1 <i>Requerimientos de hardware</i>	8
1.4.2 <i>Requerimientos de software</i>	8
1.5 INSTALACIÓN	8
1.6 CONFIGURACIÓN	8
1.7 AYUDA.....	9
1.8 ENLACES	9
2 INTERFAZ DE USUARIO	11
2.1 MENÚ PRINCIPAL.....	11
2.2 BARRA DE HERRAMIENTAS	16
2.2.1 <i>Herramientas generales</i>	16
2.2.2 <i>Herramientas específicas</i>	17
2.3 ÁRBOL DE CAPAS	18
2.3.1 <i>Selección de capas</i>	19
2.3.2 <i>Despliegue y ocultamiento de capas</i>	19
2.3.3 <i>Menús contextuales</i>	19
2.4 ÁREA DE VISUALIZACIÓN	20
2.4.1 <i>Visualizador activo</i>	21
2.4.2 <i>Entornos de visualización</i>	21
2.4.3 <i>Modos de visualización</i>	23
2.4.4 <i>Cantidad y disposición de visualizadores</i>	24
2.4.5 <i>Sincronizar visualizadores</i>	25
2.5 BARRA DE ESTADO	26
2.6 VENTANAS DE CONTROL	26
3 GESTIÓN DE DATOS	27
3.1 PROYECTOS SOPi.....	27
3.1.1 <i>Exportación de proyectos</i>	27
3.1.2 <i>Importación de proyectos</i>	28
3.2 CAPAS TEMÁTICAS	28
3.2.1 <i>Capas ráster</i>	28
3.2.2 <i>Capas vectoriales</i>	40
3.2.3 <i>Capas remotas</i>	46
3.2.4 <i>Grupos de capas</i>	47
3.2.5 <i>Exportación de capas</i>	47
3.2.6 <i>Importación de capas</i>	48
3.3 BIBLIOTECAS.....	50
3.3.1 <i>Bibliotecas de fuentes de datos</i>	50
3.3.2 <i>Bibliotecas de aspecto</i>	50
3.3.3 <i>Bibliotecas de procesos</i>	51
3.3.4 <i>Biblioteca de parámetros geodésicos</i>	51

4	HERRAMIENTAS	54
4.1	HERRAMIENTAS INTERACTIVAS	54
4.1.1	Arrastrar / Magnificar / Acercar / Alejar / Ajustar vista	54
4.1.2	Brillo/contraste de imagen	55
4.1.3	Animación de imágenes	55
4.1.4	Consulta de píxel	56
4.1.5	Navegar	56
4.1.6	Medición rápida	56
4.1.7	Creación de mapas	57
4.1.8	Capturar vista	57
4.2	TRATAMIENTO RÁSTER	58
4.2.1	Apilar bandas	58
4.2.2	Recorte/Máscara	59
4.2.3	Escalado espacial	60
4.2.4	Calcular estadísticas globales	60
4.3	TRATAMIENTO VECTORIAL	61
4.3.1	Edición vectorial	61
4.3.2	Operaciones topológicas	66
4.3.3	Fusión	67
4.3.4	Búfer	67
5	PROCESAMIENTO	69
5.1	PROCESOS ESPACIALES	69
5.1.1	Filtros de convolución	70
5.1.2	Filtros básicos	71
5.2	PROCESOS ESPECTRALES	73
5.2.1	Álgebra de bandas	74
5.2.2	Índices estandarizados	75
5.2.3	Transformación tasseled cap	78
5.2.4	Análisis de componentes principales	83
5.3	CLASIFICACIONES	84
5.3.1	Clasificación directa	85
5.3.2	Clasificación supervisada	88
5.3.3	Clasificación no supervisada	91
6	PRE/POS-PROCESAMIENTO	93
6.1	TRANSFORMACIONES GEOGRÁFICAS (PRE-PROCESAMIENTO)	93
6.1.1	Reproyectar ráster	94
6.1.2	Reproyectar vector	95
6.1.3	Georreferenciar con GCPs	95
6.1.4	Corregistrar	98
6.2	MEJORAS RÁSTER (POS-PROCESAMIENTO)	103
6.2.1	Balace de histograma	103
6.2.2	Mosaico	104
6.2.3	Fusión de resoluciones	104
6.3	POS-CLASIFICACIÓN	106
6.3.1	Fusionar clases	106
6.3.2	Análisis por mayoría/minoría	107
6.3.3	Matriz de confusión	108
	BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA	109
	ÍNDICE	111

1 INTRODUCCIÓN

El Software de Procesamiento de Imágenes (SoPI) de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) de la República Argentina ofrece al usuario un entorno de trabajo tipo Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el procesamiento de datos provenientes de sensores remotos.

1.1 Generalidades

SoPI es una aplicación de software geoespacial con herramientas típicas para la visualización, la gestión, el tratamiento y el análisis de imágenes de sensores remotos. SoPI se adapta a las necesidades de los usuarios y a las características de las misiones satelitales de observación de la Tierra de nuestra región.

1.2 Características técnicas

Se trata de un software de escritorio para el procesamiento digital de imágenes de sensores remotos, complementado con herramientas para trabajar con datos vectoriales. El contexto de trabajo es similar al de cualquier aplicación SIG, en dos y tres dimensiones, orientado al manejo de proyectos y con un flujo de tareas sencillo y escalable, que permite soportar un espectro de usuarios que incluye desde alumnos de nivel secundario hasta profesionales especializados. Su interfaz gráfica está íntegramente en español y es fácil de traducir a otros idiomas.

SoPI posee bajos requerimientos de hardware y software. Es multiplataforma, ya que cuenta con versiones compatibles con entornos Microsoft Windows y GNU/Linux, tanto en 32 como en 64 bits. Actualmente, soporta Windows desde la versión 2003, y Ubuntu 14.04 LTS.

1.3 Funcionalidad destacada

- Manejo y análisis visual de imágenes de sensores remotos, coberturas vectoriales y modelos digitales, y acceso a capas remotas WMS, según estándares OGC.
- Herramientas interactivas: magnificación, brillo/contraste de imagen, animación de imágenes, consulta de píxel, navegación por coordenadas, medición rápida, creación de mapas, captura de vista.
- Soporte de lectura para más de cien formatos de archivos ráster, entre otros: CEOS, CEOS SAR, ENVI Hdr, EOSAT Fast, ERDAS ER Mapper, ERDAS Imagine, ESRI ArcInfo, ESRI Hdr, GDAL Virtual, GeoPDF, GeoTIFF, Golden Software, GRASS, HDF5, ILWIS, Integraph, JAXA PALSAR, JPL ISCE, JPL ROI_PAC, LandSat MTL, Magellan BLX, MapTech BSB, NASA ELAS, NASA PDS, NIMA DTED, NITF, NLAPS NDF, NOAA AVHRR, NSDIC SnoDAS, OziExplorer Map, PCI Geomatics Aux, PCI Geomatics EASI/PACE, RADARSAT-2 XML, SAGA, Sentinel-1 SAFE, SPOT DiMap, SRTM, Terragen, TerraSAR-X, USGS DEM, USGS DOQ, USGS ISIS, USGS SDTS, VICAR, WMO GRIB y Z-MAP, y posibilidad de importar binarios genéricos, además de lectura de los archivos gráficos más comunes (sin modelo geográfico): BMP, GIF, JPEG, PNG y TIFF.
- Soporte de lectura para los formatos vectoriales más comunes: ESRI Shapefile, GPX y KML, y posibilidad de importar puntos desde tablas ASCII.

- Entornos de visualización 3D y 2D, con hasta cuatro visualizadores sincronizados. Dos modos de visualización 2D: Imagen, de alto rendimiento, y SIG, con reproyección automática y en el acto (*on-the-fly*).
- Despliegue ráster: monobanda o combinaciones RGB, realce de histograma seleccionable por función sobre estadísticas de la vista o escena completa, o interactivamente sobre valores del diagrama de frecuencias; uso de tablas cromáticas.
- Despliegue vectorial: varios estilos simples o temáticos según valores de atributos; etiquetas.
- Herramientas de apilado de bandas, recorte/máscara, escalado espacial y cálculo de estadísticas.
- Edición vectorial sobre geometrías y tablas de atributos, operaciones topológicas (unión, intersección, recorte, fusión y búfer); consulta avanzada de tablas.
- Procesos sobre el dominio espacial: filtros de convolución (con matriz editable) y básicos (pasa-bajos, pasa-altos, detección de bordes).
- Procesos sobre el dominio espectral: álgebra de bandas, cálculo de índices estandarizados (NDVI, RVI, NDWI, NDMI), transformación *tasseled cap* (TCT) y análisis de componentes principales (PCA).
- Clasificaciones: multi-nivel, por ángulo espectral, supervisadas (algoritmos por paralelepípedo, distancia Euclidiana mínima, máxima verosimilitud y distancia de Mahalanobis mínima) y no supervisadas (por K-medias).
- Transformaciones geográficas (pre-procesamiento): reproyección ráster y vectorial, georreferenciación con GCPs y correregistro imagen-a-imagen.
- Mejoras ráster (pos-procesamiento): balance de histograma, mosaico de imágenes y fusión de bandas multiespectrales con pancromática; funciones pos-clasificación (fusión de clases, análisis por mayoría/minoría, matriz de confusión).
- Bibliotecas de fuentes de datos (servidores WMS y firmas espectrales), de aspecto (tablas cromáticas y estilos vectoriales), de procesos (matrices de convolución y ecuaciones) y de parámetros geodésicos (sistema de referencia geodésico, elipsoide y datum).
- Ayuda de usuario y opciones de configuración.

1.4 Requerimientos mínimos

SoPI posee limitados requerimientos tanto hardware como de software. Los requerimientos mínimos se especifican a continuación.

1.4.1 Requerimientos de hardware

- Procesador: 1 GHz.
- Memoria RAM: 256 MB.
- Espacio en disco: 50 MB (no incluye espacio para datos).
- Video: Monitor color y placa gráfica de 24 bits.

Requerimientos adicionales para soporte de 3D

- Video: Placa gráfica con aceleración OpenGL v1.2.


1.4.2 Requerimientos de software

Versión para Microsoft Windows

- Windows 2003 / Vista / 7 / 8 / 8.1 / 10, de 32 o 64 bits.


Versión para GNU/Linux


- Ubuntu 14.04 LTS, de 32 o 64 bits.
- Para otras distribuciones: kernel v2.6, libc v2.3 y gtk+ v2.4.

 SoPI puede instalarse bajo Windows 2000 / Me / XP, aunque podría no funcionar de manera completamente correcta o estable en estos sistemas operativos que ya no disponen de soporte Microsoft.

1.5 Instalación

Tanto en sistemas basados en Microsoft Windows como en GNU/Linux, la instalación de SoPI es de trámite sencillo. Simplemente abra el archivo instalador (extensión .exe o .deb, respectivamente) y siga las instrucciones en pantalla. El proceso de instalación se ocupa de desinstalar cualquier versión de la aplicación instalada previamente en el sistema.

 Durante la instalación en Linux, resulta conveniente poseer conexión a internet para que el instalador descargue e instale cualquier biblioteca faltante en el sistema.

 Es preciso disponer de los permisos adecuados para realizar correctamente la instalación/desinstalación de SoPI. Si por alguna razón esta desinstalación fallara, el proceso no puede continuar y podría entonces ser necesario realizar la desinstalación de la aplicación en forma manual antes de intentar una nueva instalación.

1.6 Configuración

Varias herramientas de SoPI poseen parámetros configurables. Las opciones de **Configuración** pueden accederse desde el menú principal de la aplicación, en el apartado Ayuda (ver sección **2 INTERFAZ DE USUARIO** en el Manual de usuario de SoPI).

1.7 Ayuda



Es posible ingresar a la **Ayuda de usuario** de SoPI a través del correspondiente botón, ubicado en todas las ventanas de la aplicación y también en la barra de herramientas (ver sección **2 INTERFAZ DE USUARIO**). Además, puede accederse a la misma desde el menú principal, en el apartado Ayuda.


1.8 Enlaces

Para descargar instaladores y manuales de diferentes versiones de la aplicación de software, proyectos SoPI y guías de actividades con casos de estudio, tutoriales y material de difusión o para acceder a noticias, agenda de eventos, propuestas de formación y foro de usuarios, diríjase al sitio web propio:

 sopi.conae.gov.ar



Figura 1.1. Sitio web de SoPI.

 Es preciso registrarse como usuario en el sitio para poder realizar la descarga de SoPI y participar en el foro.

Para conocer las últimas novedades sobre actividades orientadas hacia la comunidad de usuarios, contacte las redes sociales.

 Facebook: facebook.com/ComunidadSoPI

 Twitter: twitter.com/ComunidadSoPI

Para mirar videotutoriales y otros videos explicativos.

 YouTube: youtube.com/ComunidadSoPI

2 INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz gráfica de usuario (GUI, de *graphical user interface*) de SoPI se compone de varios elementos diferenciados: el menú principal, la barra de herramientas, el árbol de capas, el área de visualización, la barra de estado y las ventanas de control.

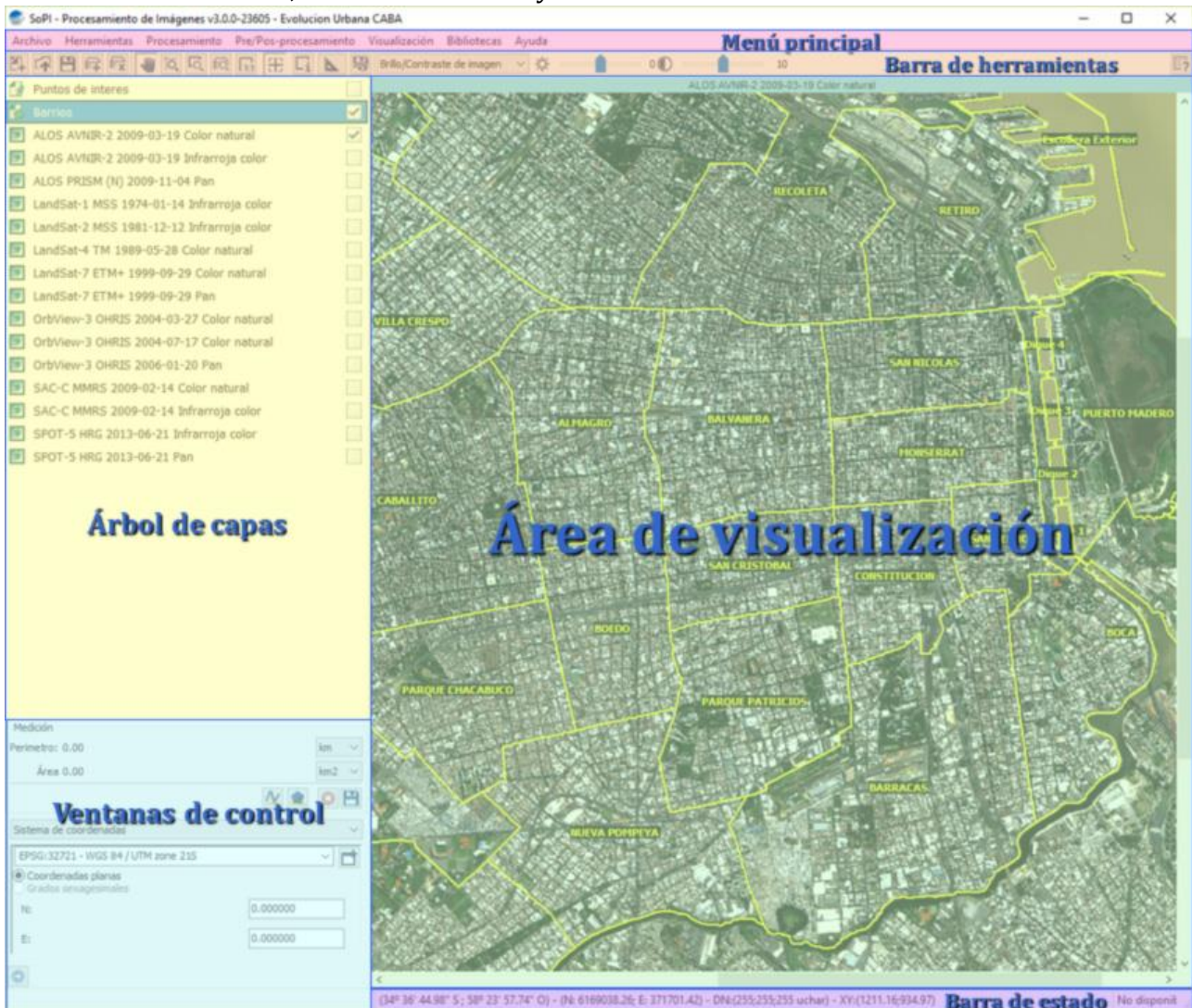


Figura 2.1. Interfaz gráfica de usuario en SoPI.

2.1 Menú principal

El menú principal de SoPI contiene la mayoría de las funciones de visualización, gestión, tratamiento y análisis de datos, agrupadas en diferentes menús de acuerdo a su clase o incumbencia.

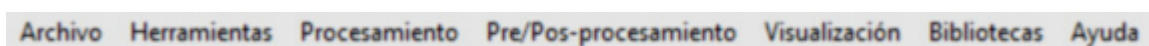


Figura 2.2. Menú principal de SoPI.

Menú de archivo

Incluye básicamente las funciones de gestión de datos, tanto de un proyecto como de las capas temáticas dentro del mismo (ver sección **3 GESTIÓN DE DATOS** en el Manual de usuario de SoPI).

Nuevo proyecto - Genera un nuevo archivo de proyecto SoPI (.suri).

Abrir proyecto - Abre un archivo existente de proyecto SoPI (.suri).

Cerrar proyecto - Cierra el proyecto SoPI actual.

Guardar proyecto - Guarda el proyecto SoPI actual.

Guardar proyecto como... - Guarda el proyecto SoPI actual en otro archivo de proyecto (.suri).

Exportar proyecto - Exporta el proyecto SoPI actual a una carpeta, incluyendo los archivos correspondientes a todas sus capas temáticas (ráster y vectoriales).

Importar PAT - Importa un Producto Autocontenido Temático (PAT) del Software 2Mp de CONAE (.pat).

Agregar capa - Agrega una capa temática (ráster o vectorial) al árbol de capas del proyecto SoPI actual.

Crear grupo - Genera en el árbol de capas del proyecto SoPI actual un nuevo grupo donde incorporar capas temáticas (ráster o vectoriales).

Acceder a capa remota - Accede a una capa temática remota WMS (según estándares OGC) y la consigna en el árbol de capas del proyecto SoPI actual.

Eliminar elemento - Elimina la capa temática (ráster o vectorial) o el grupo del árbol de capas del proyecto SoPI actual.

Exportar ráster - Exporta la imagen seleccionada.

Exportar vector - Exporta la cobertura vectorial seleccionada.

Importar ráster genérico - Importa una imagen genérica a partir de los parámetros de su modelo ráster.

Importar tabla X/Y - Importa una base de datos con pares de coordenadas X/Y como cobertura vectorial de puntos con su respectiva tabla de atributos.

Salir - Sale de la aplicación SoPI.

Menú de herramientas

Comprende algunas herramientas interactivas sobre la vista, así como otras de tratamiento ráster y vectorial (ver sección **4 HERRAMIENTAS** en el Manual de usuario de SoPI).

Acercar - Acerca la vista.

Alejar - Aleja la vista.

Consulta de píxel - Consulta coordenadas del píxel en la vista e información sobre las capas temáticas desplegadas sobre éste.

Navegar - Se dirige a la ubicación solicitada. Esta herramienta abre una ventana de control en el extremo inferior izquierdo de la pantalla.

Medición rápida - Permite medir distancias y superficies sobre la vista. Esta herramienta abre una ventana de control en el extremo inferior izquierdo de la pantalla.

Creación de mapas - Genera mapas con información de referencia, escala, indicador de norte geográfico y grilla de coordenadas.

Capturar vista - Captura la vista actual del visualizador activo en un archivo ráster.

Apilar bandas - Permite apilar bandas individuales de dos o más imágenes con concordancia espacial/geométrica y radiométrica en un archivo multibanda.

Recorte/Máscara - Aplica un recorte y/o una máscara sobre una capa ráster.

Escalado espacial - Escala espacialmente la imagen seleccionada.

Calcular estadísticas globales - Calcula las estadísticas globales de la imagen seleccionada.

Edición vectorial - Permite editar capas vectoriales, tanto geometrías como tablas de atributos.

Operaciones vectoriales - Realiza unión, intersección o recorte entre las coberturas vectoriales elegidas.

Fusión vectorial - Combina dos capas vectoriales en una sola.

Búfer vectorial - Calcula un área de búfer sobre una capa vectorial.

Menú de procesamiento

Nuclea las funciones de procesamiento digital de imágenes (ver sección 5 PROCESAMIENTO en el Manual de usuario de SoPI).

Filtros de convolución - Permite aplicar filtros espaciales con matrices de convolución editables sobre la imagen seleccionada.

Filtros básicos - Aplica filtros espaciales (pasa-bajos, pasa-altos, detección de bordes) sobre la capa ráster seleccionada.

Álgebra de bandas - Permite calcular expresiones matemáticas sobre el dominio espectral de la imagen seleccionada.

Índices estandarizados - Calcula índices espectrales estandarizados sobre bandas del ráster seleccionado.

Transformación tasseled cap - Calcula las transformaciones lineales correspondientes de acuerdo a parámetros tabulados.

Análisis de componentes principales - Realiza una rotación hacia componentes principales a partir de una matriz de correlación o covarianza.

Clasificación multi-nivel - Agrupa píxeles de acuerdo a valores mínimos y máximos por banda.

Clasificación por ángulo espectral - Agrupa píxeles de acuerdo al ángulo entre el vector-píxel y el vector-firma.

Clasificación supervisada - Permite realizar clasificaciones supervisadas sobre la imagen seleccionada. Debe definirse previamente al menos un área de entrenamiento.

Asignar a áreas de entrenamiento - Asigna como áreas de entrenamiento para realizar clasificaciones supervisadas a las capas vectoriales poligonales consideradas.

Calcular estadísticas en áreas de clasificación - Calcula las estadísticas de la imagen seleccionada dentro de las áreas previamente definidas.

Clasificación no supervisada - Realiza clasificaciones no supervisadas sobre la capa ráster seleccionada.

Menú de pre/pos-procesamiento

Incluye las funciones de pre-procesamiento y pos-procesamiento (ver sección 6 **PRE/POS-PROCESAMIENTO** en el Manual de usuario de SoPI).

Reproyectar ráster - Reproyecta la imagen seleccionada.

Reproyectar vector - Reproyecta la cobertura vectorial seleccionada.

Georreferenciar con GCPs - Georreferencia una imagen con puntos de control en terreno.

Corregistrar - Registra espacialmente una imagen con respecto a otra (y la georreferencia con puntos de control imagen-a-imagen).

Editar puntos de control:

- **En terreno** - Permite editar GCPs. Se debe desplegar previamente la imagen de referencia.

- **Imagen-a-imagen** - Permite editar puntos de control imagen-a-imagen. Se deben desplegar previamente ambas imágenes en dos visualizadores distintos.

Balance de histograma - Permite realizar un realce de histograma sobre un ráster ajustándolo con respecto al de otro.

Mosaico - Compone un mosaico entre dos o más imágenes.

Fusión de resoluciones - Combina los datos de un conjunto de bandas con otra de mejor resolución espacial.

Pos-clasificación:

- **Fusionar clases** - Fusiona clases de una imagen clasificada.

- **Análisis por mayoría/minoría** - Realiza un análisis por mayoría/minoría sobre una imagen clasificada.

- **Matriz de confusión** - Calcula la matriz de confusión en una imagen clasificada. Debe definirse previamente al menos un área de prueba.

- **Asignar a áreas de prueba** - Asigna como áreas de prueba para calcular la matriz de confusión a las capas vectoriales poligonales consideradas.

Menú de visualización

Comprende la configuración de visualización (ver **2.4 Área de visualización**), con parámetros como estilo de visualización, propiedades de visualizadores y disposición de despliegue, y algunas herramientas relacionadas.

Visualizador activo:

- **Visualizador #1** - Selecciona como activo al primer visualizador.
- **Visualizador #2** - Selecciona como activo al segundo visualizador.
- **Visualizador #3** - Selecciona como activo al tercer visualizador.
- **Visualizador #4** - Selecciona como activo al cuarto visualizador.

Propiedades - Consulta y edita las propiedades del visualizador activo.

Disposición:

- **1 único** - Selecciona un único visualizador que ocupa toda el área de visualización.
- **2 horizontal** - Selecciona dos visualizadores que se disponen de manera horizontal.
- **2 vertical** - Selecciona dos visualizadores que se disponen de manera vertical.
- **2x1 horizontal** - Selecciona tres visualizadores que se disponen uno ocupando media área de visualización y los otros dos de manera horizontal en el espacio restante.
- **2x1 vertical** - Selecciona tres visualizadores que se disponen uno ocupando media área de visualización y los otros dos de manera vertical en el espacio restante.
- **3 horizontal** - Selecciona tres visualizadores que se disponen de manera horizontal.
- **3 vertical** - Selecciona tres visualizadores que se disponen de manera vertical.
- **2x2 cuadrícula** - Selecciona cuatro visualizadores que se disponen en una cuadrícula de dos visualizadores por dos visualizadores.

Sincronizar visualizadores - Permite sincronizar hasta cuatro visualizadores.

Menú de bibliotecas

Contiene el acceso a las bibliotecas de datos de SoPI, para su consulta y edición (ver sección **3.3 Bibliotecas**).

Servidores WMS - Accede a la biblioteca de servidores WMS (OGC) para capas remotas.

Firmas espectrales - Accede a la biblioteca espectral.

Tablas cromáticas - Accede a la biblioteca de tablas cromáticas para aspecto ráster.

Estilos vectoriales - Accede a la biblioteca de estilos para aspecto vectorial.

Matrices de convolución - Accede a la biblioteca de matrices para filtros espaciales.

Ecuaciones - Accede a la biblioteca de expresiones para álgebra de bandas.

Sistema de referencia - Accede a la biblioteca de sistemas de referencia geodésicos.

Datum - Accede a la biblioteca de data.

Elipsoide - Accede a la biblioteca de elipsoides.

Menú de ayuda

Contiene el acceso a la ayuda, configuración e información sobre SoPI (ver sección **1 INTRODUCCIÓN** en el Manual de usuario de SoPI).

Ayuda de usuario - Ingresa a la ayuda de usuario de la aplicación.

Configuración - Accede a las opciones de configuración de la aplicación.

Acerca de... - Muestra la información general sobre SoPI.

2.2 Barra de herramientas

La barra de herramientas de la aplicación contiene botones que realizan diferentes acciones (ya sea directamente o abriendo herramientas). Se divide en herramientas generales y en herramientas específicas.

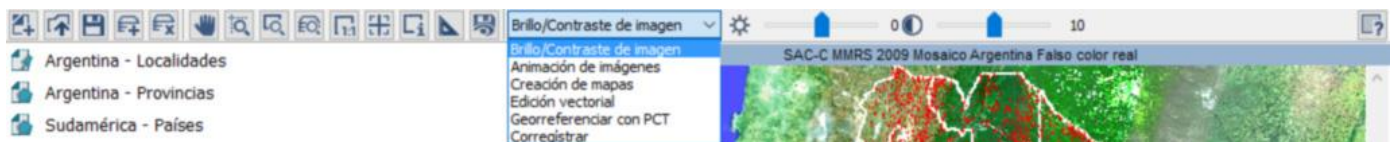


Figura 2.3. Barra de herramientas en SoPI.

2.2.1 Herramientas generales


Se compone de quince botones con las acciones realizadas más frecuentemente. Se encuentran agrupados en dos secciones, una de funciones de archivo con cinco botones y otra de herramientas interactivas con nueve botones, y un botón para la ayuda de usuario.


Herramientas de archivo

 **Nuevo proyecto** - Genera un nuevo archivo de proyecto SoPI (.suri).










 **Abrir proyecto** - Abre un archivo existente de proyecto SoPI (.suri).

 **Guardar proyecto** - Guarda el proyecto SoPI actual.

 **Agregar capa** - Agrega una capa temática (ráster o vectorial) al árbol de capas del proyecto SoPI actual.


 **Eliminar elemento** - Elimina la capa temática (ráster o vectorial) o el grupo del árbol de capas del proyecto SoPI actual.

Herramientas interactivas

-  **Arrastrar** - Permite desplazar la vista en todas las direcciones presionando el botón izquierdo del puntero.
-  **Magnificar** - Permite acercar la vista presionando el botón izquierdo del puntero y alejarla con el botón derecho del mismo.
-  **Ajustar vista a proyecto** - Ajusta la vista a la extensión de las capas desplegadas en el proyecto SoPI.
-  **Ajustar vista a capa** - Ajusta la vista a la capa temática seleccionada.
-  **Ajustar vista a relación 1:1 con imagen** - Ajusta la vista a la resolución real de la imagen desplegada.
-  **Consulta de píxel** - Consulta coordenadas del píxel en la vista e información sobre las capas temáticas desplegadas sobre éste.
-  **Navegar** - Se dirige a la ubicación solicitada en el visualizador activo. Abre una ventana de control en el extremo inferior izquierdo de la pantalla.
-  **Medición rápida** - Permite realizar mediciones sobre el visualizador activo. Abre una ventana de control en el extremo inferior izquierdo de la pantalla.
-  **Capturar vista** - Captura la vista actual del visualizador activo en un archivo ráster.

Botón de ayuda

Aislado a la derecha sobre la misma barra de herramientas se encuentra el botón de ayuda.

-  **Ayuda de usuario** - Ingresa a la ayuda de usuario de la aplicación.

Adicionalmente, este botón está replicado en las ventanas de todas las funciones.

2.2.2 Herramientas específicas

Esta barra posee un selector desplegable con diferentes opciones de tareas. Cada una de estas tareas implica un conjunto diferente de controles específicos, que se despliegan a la derecha del selector y de acuerdo a la elección realizada.

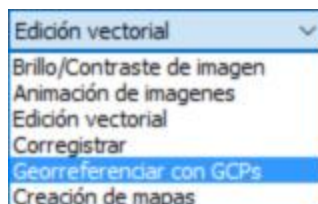


Figura 2.4. Selección de tareas en SoPI.

Selector de tareas

SoPI incluye seis tareas que pueden elegirse desde el selector.

Tarea Brillo/Contraste de imagen

Permite ajustar brillo y contraste de manera de lograr una visualización adecuada (ver **4.1.2 Brillo/Contraste de imagen**).

Tarea Animación de imágenes

Permite animar una secuencia de capas ráster (ver **4.1.3 Animación de imágenes**).

Tarea Creación de mapas

Agrupar las herramientas que permiten generar mapas (ver **4.1.7 Creación de mapas**).

Tarea Edición vectorial

Agrupar las herramientas que permite editar capas vectoriales y tablas de atributos (ver **4.3.1 Edición vectorial**).

Tarea Georreferenciar con GCPs

Agrupar las funciones que permiten georreferenciar capas ráster con puntos de control en terreno (ver **6.1.3 Georreferenciar con GCPs**).

Tarea Corregistrar

Agrupar las funciones que permiten realizar corrección entre imágenes (ver **6.1.4 Corregistrar**).

2.3 Árbol de capas

El árbol de capas es la zona de la interfaz gráfica de usuario donde se organiza toda la información incluida en el proyecto, sean imágenes o coberturas vectoriales, respectivamente en forma de capas temáticas ráster o vectoriales. Cada capa temática o grupo aparece identificado por su nombre en el árbol de capas.

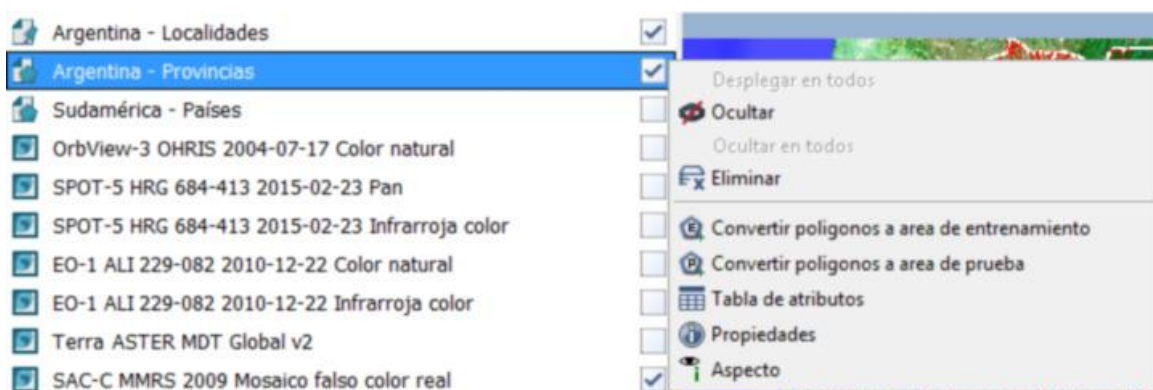




Figura 2.5. Árbol de capas de SoPI y menú contextual de la capa vectorial seleccionada.

 La posición de una capa o grupo en el árbol de capas indica la prioridad para su visualización durante despliegue, siendo ésta mayor cuanto más arriba se ubique al elemento en el árbol.

2.3.1 Selección de capas

Para seleccionar una capa temática debe hacerse clic izquierdo con el puntero sobre ésta en el árbol de capas. Para seleccionar más de una capa, debe mantenerse presionada la tecla *Control*, mientras se seleccionan las restantes. Pueden seleccionarse capas contiguas en el árbol si se mantiene presionada la tecla *Mayúsculas (Shift)*. Las capas seleccionadas se muestran resaltadas en color.

 La mayoría de las funciones de SoPI requieren previamente la selección de una o varias capas temáticas antes de ser llamadas. Las herramientas o procesos operan sobre las capas seleccionadas.

2.3.2 Despliegue y ocultamiento de capas








Cada capa temática posee un casillero a la derecha que indica si está desplegada en el visualizador activo. Para desplegar/ocultar una capa del visualizador activo basta con tildar/destildar ese casillero; alternatively puede hacerse desde el menú contextual de la capa en el árbol.

2.3.3 Menús contextuales

Haciendo clic derecho sobre cualquiera de las capas temáticas puede accederse a su correspondiente menú contextual.


Menú común ráster/vectorial


El menú es similar para capas ráster y vectoriales.


-  **Desplegar** - Despliega la capa temática en el visualizador activo.
-  **Ocultar** - Oculta la capa temática en el visualizador activo.
-  **Desplegar en todos** - Despliega la capa en todos los visualizadores.
-  **Ocultar en todos** - Oculta la capa en todos los visualizadores.
-  **Eliminar** - Elimina la capa temática del proyecto SoPI actual.
-
-  **Propiedades** - Muestra las propiedades de la capa temática.
-  **Aspecto** - Permite consultar y modificar el aspecto visual de la capa.


Menú vectorial

Las capas temáticas vectoriales poseen además funciones exclusivas.

 **Tabla de atributos** - Permite consultar y editar los atributos en la tabla de la capa vectorial.

 **Asignar a áreas de entrenamiento** - Asigna como áreas de entrenamiento para realizar clasificaciones supervisadas a las capas vectoriales poligonales consideradas.

 **Asignar a áreas de prueba** - Asigna como áreas de prueba para calcular la matriz de confusión a las capas vectoriales poligonales consideradas.

 Las capas vectoriales a ser asignadas como áreas de entrenamiento o prueba deben ser de tipo poligonal.

2.4 Área de visualización

El área de visualización es la superficie de la aplicación donde se despliegan tanto las ventanas de visualización con las capas temáticas del proyecto como las tablas correspondientes, y constituye la superficie de interacción con éstas.



Figura 2.6. Área de visualización en SoPI con cuatro visualizadores sincronizados en una cuadrícula de 2x2.

SoPI admite hasta cuatro ventanas de visualización simultáneas. Cada visualizador actualiza su vista independientemente, de acuerdo al aspecto de las capas temáticas desplegadas configurado en el árbol de capas correspondiente a éste.

2.4.1 Visualizador activo

El visualizador activo es aquel con el que se interactúa. Puede seleccionarse desde el menú **Visualización** en el menú principal, o en el caso de tener desplegado más de un visualizador, haciendo clic directamente con el puntero sobre la ventana del mismo. Sólo puede haber un único visualizador activo.

Propiedades de visualizador

Las propiedades del visualizador activo pueden consultarse y modificarse desde la función **Propiedades** dentro del menú **Visualización** en el menú principal. Para entender las opciones de configuración es necesario familiarizarse previamente con los entornos y modos de visualización.

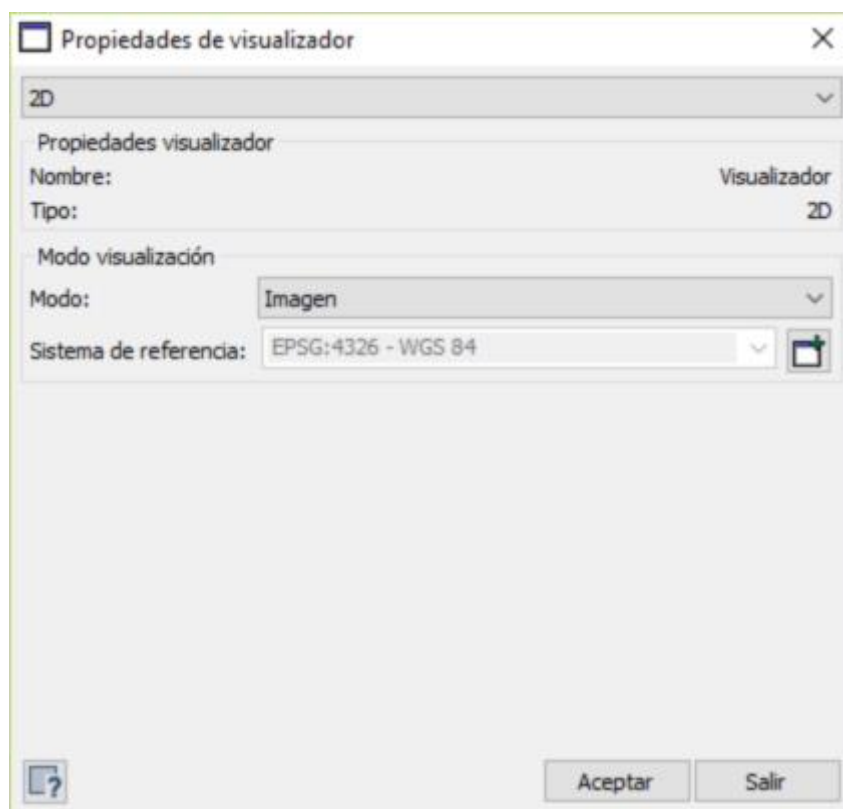



Figura 2.7. Propiedades del visualizador activo 2D.

2.4.2 Entornos de visualización

Hay dos entornos de visualización: bidimensional (2D) y tridimensional (3D). El usuario puede seleccionarlos desde el menú principal, en el menú **Visualización**. El entorno por defecto es el bidimensional.

 En el caso de seleccionar el entorno 3D para un visualizador, es indispensable contar con al menos un modelo digital de elevación (MDE) en el proyecto SoPI para asociarlo al visualizador 3D.

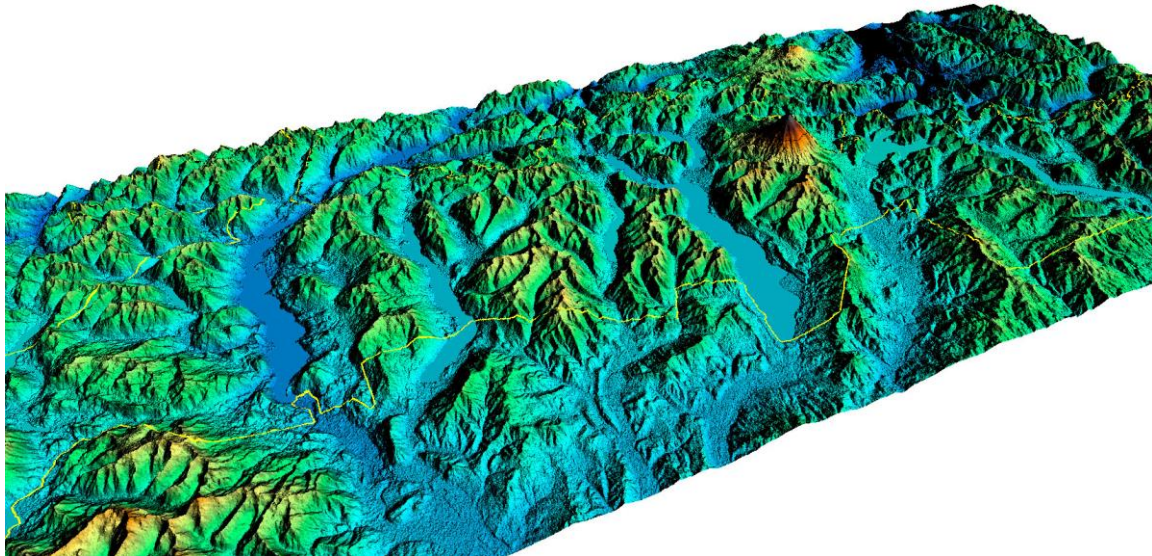


Figura 2.8. Visualizador en entorno 3D.

Entorno 2D

El entorno de visualización bidimensional es el utilizado comúnmente en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Un visualizador 2D admite dos modos de visualización diferentes.

Entorno 3D

El entorno tridimensional permite recorrer el proyecto en tres dimensiones, desplegando las diferentes capas temáticas como texturas sobre una base topográfica. Para rotar la vista en este entorno debe moverse el puntero mientras se mantiene presionado su botón izquierdo. Asimismo, para magnificar la vista debe moverse el mismo con su botón derecho presionado. El modelo digital de elevación (MDE o DEM, de *digital elevation model*) a asociarse al visualizador 3D puede elegirse a través del selector desplegable que indica todas las capas ráster monobanda disponibles en el proyecto.

Las opciones de configuración comprenden la selección de un color de fondo y de valores (entre 1 y 20) para la exageración vertical, la calidad visual de las texturas y la velocidad de la cámara, todos editables mediante sendos deslizadores. Debe considerarse que cuanto mayores sean los valores en cualquiera de estas últimas dos opciones, menor será el rendimiento de la visualización. Además puede seleccionarse el tipo de cámara a utilizarse en la vista: una sobre el terreno que rota en un eje perpendicular a éste o una de desplazamiento esférico alrededor del mismo.

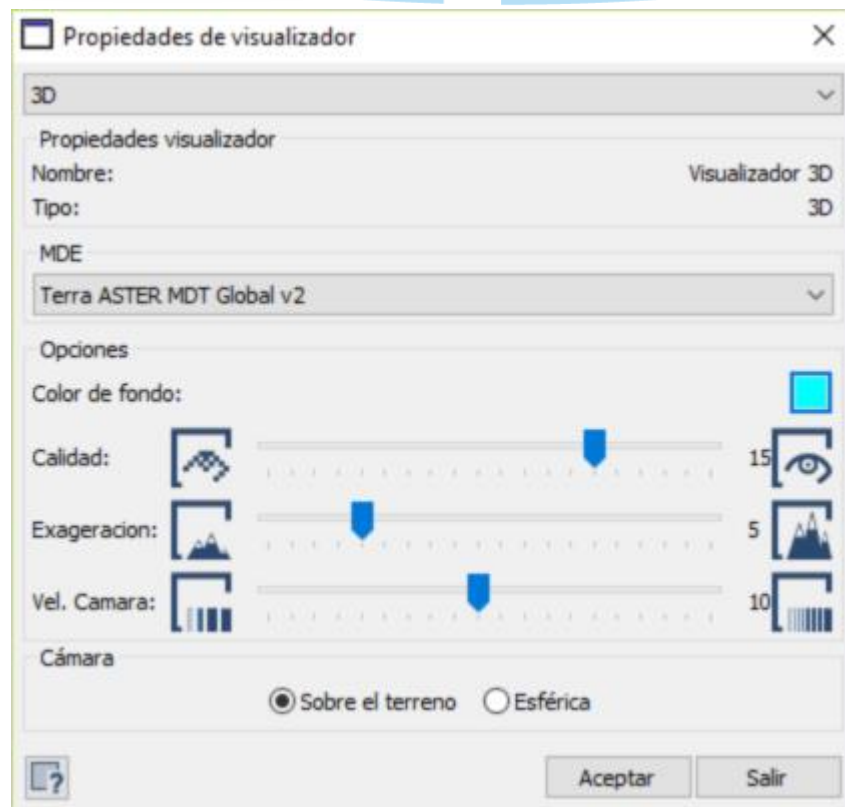



Figura 2.9. Propiedades de visualizador activo 3D.


2.4.3 Modos de visualización

Hay dos tipos de visualización bidimensional, con alcances diferentes: modo Imagen y modo SIG (tipo Sistemas de Información Geográfica).

Modo Imagen

Este modo permite desplegar en el visualizador una única capa ráster, que define automáticamente el sistema de referencia geodésico a adoptarse en éste, y las coberturas vectoriales son automáticamente reproyectadas en el acto (*on-the-fly*) a ese sistema. Es el modo de visualización con mayor rendimiento, y viene configurado por defecto en SoPI.

 Por su rendimiento superior, se recomienda fuertemente seleccionar el modo Imagen para realizar procesamiento digital de imágenes o utilizar herramientas de tratamiento de datos.


 Debido a que el sistema de referencia queda definido por el ráster a la vista, no es posible visualizar capas vectoriales dentro de un visualizador en modo Imagen si previamente no se despliega en éste una imagen con un sistema de referencia válido.

Modo SIG

En el modo Sistemas de Información Geográfica (SIG) debe definirse manualmente un sistema de referencia geodésico. Todas las capas temáticas desplegadas, ya sean ráster o vectoriales, son automáticamente reproyectadas en el acto (*on-the-fly*) al sistema seleccionado. Por lo tanto, este modo permite desplegar más de una capa ráster simultáneamente, inclusive si poseen sistemas de referencia diferentes, pero en este caso se reduce considerablemente el rendimiento de la visualización.



Figura 2.10. Visualizador en modo SIG con cuatro capas ráster desplegadas simultáneamente.

 El orden de las capas ráster desplegadas dentro del árbol de capas puede definir cuáles se visualizan efectivamente. No se aconseja realizar procesamiento de imágenes ni utilizar herramientas de tratamiento de datos sobre un visualizador en modo SIG.

2.4.4 Cantidad y disposición de visualizadores

La cantidad de ventanas de visualización a utilizarse en el proyecto y la disposición espacial de las mismas pueden seleccionarse en todo momento entre las opciones incluidas en **Disposición** dentro del menú **Visualización** en el menú principal.

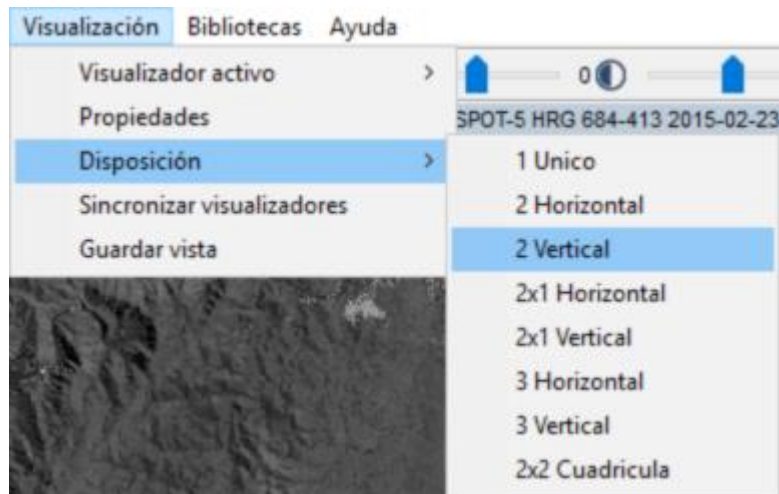


Figura 2.11. Selección de cantidad y disposición de visualizadores.

2.4.5 Sincronizar visualizadores

SoPI admite la sincronización de hasta cuatro ventanas de visualización, independientemente de los entornos y modos de visualización de cada una. La selección de los visualizadores a sincronizar debe realizarse mediante la función **Sincronizar visualizadores** dentro del menú **Visualización** en el menú principal.

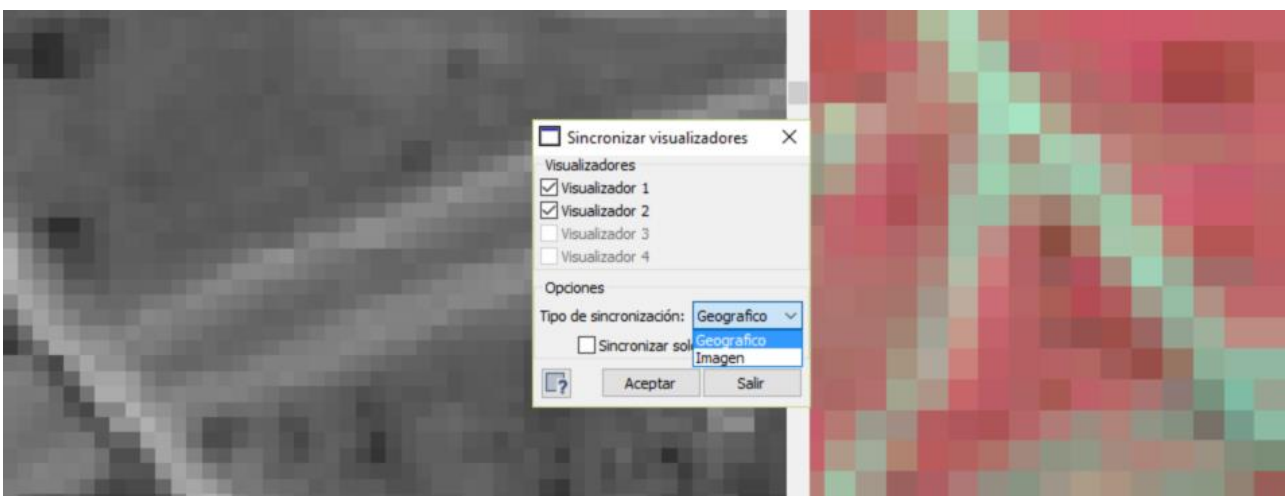


Figura 2.12. Sincronización de visualizadores.

Hay dos tipos diferentes de sincronización: según las coordenadas relativas (línea/píxel) del modelo ráster de las imágenes o según las coordenadas absolutas de sus modelos geográficos. En ambos casos puede optarse por sincronizar sólo el centro de la vista, en lugar de la totalidad de su extensión.

2.5 Barra de estado

La barra de estado de SoPI muestra información sobre la ubicación del puntero en el visualizador activo: coordenadas geográficas sexagesimales, coordenadas planas o geográficas decimales originales, valores de número digital (DN, de *digital number*) en la banda o bandas desplegadas y tipo de dato de éstos, y coordenadas línea/píxel de la imagen, y también sobre el estado de la acción que se esté realizando sobre el mismo.

(31° 16' 8.79" S ; 64° 15' 41.91" O) - (6539887.13 N; 379891.01 E) - DN:(9611;7893;7596 ushort) - XY:(572.06;829.60)	No disponible.
--	----------------

Figura 2.13. Barra de estado en SoPI.

2.6 Ventanas de control

Las herramientas interactivas **Navegar** y **Medición rápida** generan ventanas de control debajo del árbol de capas, que permiten respectivamente ingresar las coordenadas de navegación o seleccionar los parámetros de la medición.

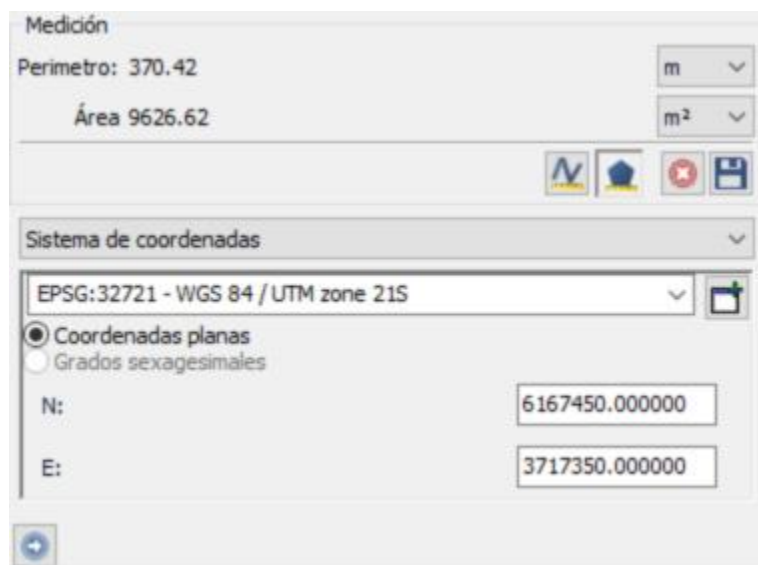


Figura 2.14. Ventanas de control en SoPI.

3 GESTIÓN DE DATOS

La gestión de datos en SoPI se realiza desde el menú **Archivo** en el menú principal, desde la barra de herramientas generales y desde el árbol de capas.

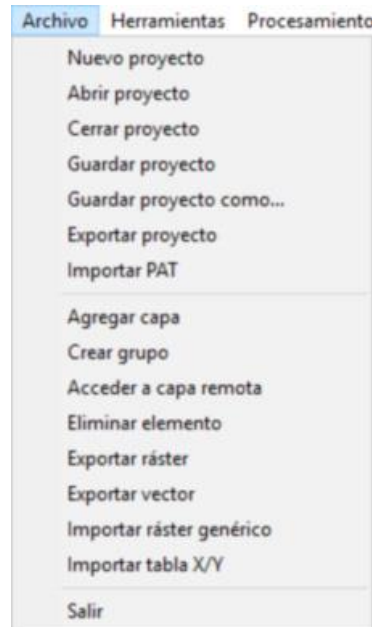



Figura 3.1. Menú de archivo en SoPI.

3.1 Proyectos SoPI

SoPI es una aplicación orientada a proyectos. Un proyecto SoPI contiene la información del árbol de capas, de las capas temáticas ráster o vectoriales vinculadas al mismo, y la de sus respectivos aspectos visuales. El formato de archivo nativo para un proyecto es .suri.

Los proyectos SoPI pueden generarse, abrirse, cerrarse y guardarse desde el menú **Archivo** en el menú principal o también desde la barra de herramientas generales. Para guardar la información del proyecto existente en un nuevo archivo .suri, debe utilizarse la función **Guardar como...** desde el mismo menú. Esta función no copia los archivos correspondientes a las capas temáticas del proyecto.

 Es posible que proyectos guardados por versiones anteriores de SoPI no funcionen del todo correctamente en SoPI v3.0. Para optimizar la compatibilidad de un proyecto antiguo se recomienda abrirlo y exportarlo hacia uno nuevo.

3.1.1 Exportación de proyectos

La aplicación soporta la exportación de proyectos SoPI.

Exportar proyecto

SoPI permite la exportación integral de un proyecto hacia una nueva ubicación. Para esto, debe utilizarse la función **Exportar proyecto** dentro del menú **Archivo** en el menú principal. En la carpeta de salida se generará un nuevo archivo .suri, y se copiarán todos los archivos correspondientes a las capas temáticas del proyecto existente.

3.1.2 Importación de proyectos

SoPI admite la importación de módulos del Software 2Mp.

Importar PAT

SoPI permite la importación de un Producto Autocontenido Temático (PAT) del Software 2Mp de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), utilizando la función **Importar PAT** desde el mismo menú **Archivo**.

 Los contextos exclusivos del Software 2Mp no pueden ser visualizados desde SoPI.

3.2 Capas temáticas

Cada proyecto SoPI contiene una o varias capas temáticas, que pueden ser imágenes ráster o coberturas vectoriales. Las capas temáticas pueden agregarse al árbol de capas o eliminarse del mismo desde el menú **Archivo** en el menú principal o desde la barra de herramientas generales, y además pueden eliminarse desde el menú contextual en el mismo árbol. Cada capa temática aparece identificada por su nombre en el árbol de capas y posee un casillero a la derecha que indica si está desplegada en el visualizador activo (ver **2.3.2 Despliegue y ocultamiento de capas**). Las capas seleccionadas se muestran resaltadas en color (ver **2.3.1 Selección de capas**).



Figura 3.2. Capas temáticas en el árbol.

3.2.1 Capas ráster

Las capas temáticas ráster son aquellas conformadas por una o varias matrices de píxeles. SoPI soporta imágenes monobanda y multibanda, con datos de diverso tipo, orden, esquema y formato.


Tipo de dato

SoPI admite capas rásters en distintos tipos de dato. El rango de valores para el número digital (DN, de *digital number*) contenido en éstas varía de acuerdo a la profundidad de bits (*bit depth*).

Tipo de dato	Declaración de variable	Profundidad de bits	Rango dinámico	
			Valor mínimo	Valor máximo
Caracter no signado (byte)	<i>uchar</i>	8	0	255
Entero pequeño no signado	<i>ushort</i>	16	0	65535
Entero pequeño signado	<i>short</i>	16	-32768	32767
Entero no signado	<i>uint</i>	32	0	4294967295
Entero signado	<i>int</i>	32	-2147483647	2147483647
Real: coma flotante de precision simple	<i>float</i>	32	$\sim 1,17549 \times 10^{-38}$	$\sim 3,40282 \times 10^{38}$
Real: coma flotante de precision doble	<i>double</i>	64	$\sim 2,22507 \times 10^{-308}$	$\sim 1,79769 \times 10^{308}$

Tabla 3.1. Tipos de dato numérico admitidos en SoPI.

En el caso de los datos en coma flotante (*floating point*), la aplicación sigue el correspondiente estándar del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)¹. Los números reales mínimo y máximo se expresan como los valores finitos más próximos y más lejanos a 0. La precisión simple para los valores de coma flotante es aproximadamente de siete dígitos decimales significativos, mientras que la precisión doble alcanza unos 15 decimales significativos. Además, existen valores excepcionales para representar infinitos positivos, infinitos negativos y resultados inválidos o indeterminados (NaN, de *not a number*) en el conjunto real.

 Para ambos tipos de coma flotante, la precisión absoluta de los números reales contenidos en las celdas aumenta en las cifras próximas a 0 y disminuye en las más lejanas.

Orden de almacenamiento

Refiere al orden con el que se almacenan los datos mayores a un byte en un archivo. SoPI soporta los dos criterios de extremidad (*endianness*) adoptados en la industria: *little-endian* (Intel) y *big-endian* (Motorola).

Esquema de intercalado

SoPI puede interpretar archivos ráster con sus datos secuenciados de acuerdo a los esquemas de intercalado para codificación en escritura y decodificación en lectura más comunes: secuencial por banda (BSQ, de *Band SeQuential*), banda intercalada por línea (BIL, de *Band Interleaved by Line*) y banda intercalada por píxel (BIP, de *Band Interleaved by Pixel*).

¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 2008.

IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic.

IEEE Standard 754-2008: 70 pp.; August 2008.

standards.ieee.org/findstds/standard/754-2008.html

Formatos de datos ráster

SoPI soporta totalmente o parcialmente la lectura de múltiples formatos de archivo ráster.

Formato de archivo	Código	Extensión	Limitaciones
ACE2 Dataset	ACE2	-	-
Adobe Geospatial Portable Document Format (GeoPDF)	PDF	.pdf	-
AIRSAR Polarimetric Dataset	AIRSAR	.airsar, .dat	Modelo geográfico: no soportado
ARC Digitized Raster Graphic	ADRG	.gen, .thf, .img	-
ASCII-Gridded XYZ	XYZ	.xyz, .asc, .txt	-
Committee on Earth Observing Satellites (CEOS) Image	CEOS	.img	Modelo geográfico: no soportado
Committee on Earth Observing Satellites (CEOS) SAR Image	SAR_CEOS	.001	-
Consolidated Vultee Aircraft (Convair) Polarimetric Generalized Airborne SAR Processor (PolGASP) Data	CPG	.img	-
Daylon Graphics Leveller Heightfield	Leveller	-	Tamaño: 2 GB máximo
Defence Geospatial Information Working Group (DGIWG) Standard Raster Product (ASRP/USRP)	SRP	.gen, .img, .sou, .qal	Tamaño: 2 GB máximo
Defence Research and Development Canada (DRDC) Configurable Airborne SAR Processor (COASP) Raster	COASP	.hdr	Modelo geográfico: no soportado
Earth Observation Satellite Company (EOSat) Fast Format revision C	FAST	.fst	-
Earth Resources Laboratory Applications Software (ELAS)/DATASTAR Image Processing Exploitation (DIPEX)	DIPEX	-	-
EarthWatch/DigitalGlobe Tile Map	TIL	.til	Modelo geográfico: no soportado
ENVI Hdr-Labelled Raster	ENVI	.hdr, .asc, .bil, .bin, .bip, .bsq, .dem, .grd, .img, .raw, .ter	-
EnviSat Data Product	ESAT	.n1	Modelo geográfico: no soportado
ERDAS ER Mapper	ERS	.ers	-
ERDAS Imagine	HFA	.img	-
ERDAS Imagine Raw	EIR	.raw	-
ERDAS version 7.x LAN/GIS	LAN	.lan, .gis	Tamaño: 2 GB máximo

Tabla 3.2. Formatos de datos ráster leídos por SoPI (continúa en página siguiente).

Formato de archivo	Código	Extensión	Limitaciones
ESRI ArcInfo ASCII Grid	AAIGrid	.asc, .txt, .prj	Tamaño: 2 GB máximo
ESRI ArcInfo Binary Grid	AIG	.adf, .prj, .clr	-
ESRI ArcInfo Workstation Interchange (E00) Grid	E00GRID	.e00	-
ESRI Hdr-labelled/BIL Raster	EHdr	.hdr, .bil, .prj, .clr	-
Fire Area Simulator (FARSiTe) version 4 Landscape (Lcp)	LCP	.lcp	-
Flexible and Interoperable data Transfer (FIT)	FIT	.fit	Modelo geográfico: no soportado
Fuji Photo Film Bio-imaging Analyzer Scanner (BAS)	FujiBAS	.bas	Modelo geográfico: no soportado
Generic Binary	GENBIN	.hdr, .bin	Modelo geográfico: no soportado
Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) ASCII Grid	GRASSASCIIGrid	.txt	-
Geosoft Grid eXchange File	GXF	.gxf	Tamaño: 4 GB máximo
Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) Virtual Dataset	VRT	.vrt	-
Geospatial Information Authority (GSI) of Japan DEM	JDEM	.mem	-
GeoTrellis Azavea Raster Grid	ARG	.arg, .json	-
Golden Software ASCII Grid	GSAG	.asc, .txt	-
Golden Software Binary Grid	GSBG	.grd	Tamaño: 4 GB máximo
Golden Software Surfer version 7 Binary Grid	GS7BG	.grd	Tamaño: 4 GB máximo
Graphics Interchange Format (GIF)	GIF	.gif	Modelo geográfico: no soportado, tamaño: 2 GB máximo
GSC Geogrid	GSC	.grd	Modelo geográfico: no soportado
Hierarchical Data Format (HDF) release 5	HDF5	.h5	Tamaño: 2 GB máximo
Image Display and Analysis (WinDisp)	IDA	-	Tamaño: 2 GB máximo
In-Memory Raster	MEM	-	-
Integrated Land and Water Information System (ILWIS) Raster Map	ILWIS	.mpr, .mpl	-
Intergraph Raster	INGR	.cit, .cmp, .cot, .crl, .ctb, .ctc, .g3, .g4, .grd, .ingr, .lsr, .rgb, .rgba, .rle, .tg4, .tpe	Tamaño: 2 GB máximo

Tabla 3.2. Formatos de datos ráster leídos por SoPI (viene de página anterior y continúa en siguiente).

Formato de archivo	Código	Extensión	Limitaciones
Japanese Aerospace eXploration Agency (JAXA) Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) Level 1.1/1.5 Product	JAXAPALSAR	.1?a, .5?ua, .5?ud	-
Jet Propulsion Laboratory (JPL) InSAR Scientific Computing Environment (ISCE) Raster	ISCE	-	Modelo geográfico: no soportado
Jet Propulsion Laboratory (JPL) Repeat Orbit Interferometry PACKage Raster (ROI_PAC)	ROI_PAC	-	-
Joint Photographic Experts Group (JPEG) File Interchange Format (JFIF)	JPEG	.jpg, .jpeg, .jgw	Tamaño: 4 GB máximo
Landsat Level 1 (L1) Data - GeoTIFF Products Metadata	MTL	MTL.txt	Productos generados antes del 17 de marzo de 2015: no soportados
Lantmäteriet Swedish Grid Maps version 1/2/3	RIK	.rik	Tamaño: 4 GB máximo
Large 3D Terrain (L3DT) Generator HF2/HFZ Compressed HeightField	HF2	-	-
Magellan BLX Topo	BLX	.blx, .xlb	-
MapTech BSB Nautical Chart	BSB	.kap, .bsb, .nos, .cap, .geo	-
Meta Raster Format (MRF)	MRF	-	-
MeteoSat 2 nd Generation (MSG) Native (MSGN) Archive	MSGN	.nat	-
Microsoft Windows Device-Independent BitMap (BMP)	BMP	.bmp, .bpw, .bmpw, .wld, .dib, .ico	Tamaño: 4 GB máximo
National Aeronautics and Space Administration (NASA) Earth Resources Laboratory Applications Software (ELAS)	ELAS	-	-
National Aeronautics and Space Administration (NASA) Planetary Data System (PDS)	PDS	.img, .lbl	Modelo geográfico: parcialmente soportado
National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Digital Terrain Elevation Data (DTED)	DTED	.dt0, .dt1, .dt2	-
National Imagery Transmission Format (NITF)	NITF	.ntf, .nitf, .nsf, .gn?, .hr?, .ja?, .jg?, .jn?, .lf?, .on?, .tl?, .tp?	Tamaño: 10 GB máximo
National Imagery Transmission Format (NITF) Enhanced Compressed Raster Graphic (ECRG) Table Of Contents	ECRGTOC	.xml	-
National LandSat Archive Production System (NLAPS) Data Format (NDF)	NDF	.h1, .h2, .hd	-

Tabla 3.2. Formatos de datos ráster leídos por SoPI (viene de página anterior y continúa en siguiente).

Formato de archivo	Código	Extensión	Limitaciones
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) NGS Geoid Height Grid	NGSGEOID	.bin	-
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Polar Orbiter Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Level 1B Data Set	L1B	.11b, .sv, .wi	-
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Vertical Datum Shift	GTX	.gtx	-
National Snow & Ice Data Center (NSIDC) Snow Data Assimilation System (SnoDAS)	SNODAS	.hdr	-
National Transformation version 2 (NTv2) Datum Grid Shift Binary	NTv2	.gsb	-
Netpbm Portable aNyMap (PNM): Portable PixMap (PPM)/Portable GrayMap (PGM)/Portable BitMap (PBM)	PNM	.ppm, .pgm, .pbm	Modelo geográfico: no soportado
North American Datum Conversion (NADCon) Longitude Shift (LoS)/Latitude Shift (LaS) Grid	LOSLAS	.los, .las	-
Northwood Geoscience VerticalMapper Classified Grid	NWT_GRC	.grc, .tab	-
Northwood Geoscience VerticalMapper Numeric Grid	NWT_GRD	.grd, .tab	-
OGC OpenGIS Web Map Service (WMS) eXtensible Markup Language (XML)	WMS	wms.xml	-
OziExplorer Map Data	MAP	.map	-
PCI Geomatics Aux-labelled Raw	PAux	.aux	Modelo geográfico: no soportado
PCI Geomatics EASI/PACE Database	PCIDSK	.pix	-
PCRaster Data	PCRaster	.csf	-
Portable Network Graphics (PNG)	PNG	.png	Modelo geográfico: no soportado
R Object Data Store	R	-	Modelo geográfico: no soportado
RADARSAT-2 (RS2) eXtensible Markup Language (XML)	RS2	.xml	Tamaño: 4 GB máximo
Raster Matrix Format (RMF)	RMF	.rsw, .mtw	Tamaño: 4 GB máximo
Raster Product Format (CADRG, CIB) Table Of Contents (TOC)	RPFTOC	.toc	-
Sandia National Laboratories Ground-based SAR Applications Testbed (GSAT) File Format (GFF)	GFF	.gff	Modelo geográfico: no soportado
Satellite Pour l'Observation de la Terre (SPOT) Digital Image Map (DIMap)	DIMAP	.dim, .tif	SPOT-6/7: no soportado
Sentinel-1 SAR Standard Archive Format for Europe (SAFE)	SAFE	manifest.safe	-
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): SRTM3/SRTM1 version 2 Height Data	SRTMHGT	-	-
Silicon Graphics Image (SGI)	SGI	.sgi	-
System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) Binary Grid	SAGA	.sdat	-

Tabla 3.2. Formatos de datos ráster leídos por SoPI (viene de página anterior y continúa en siguiente).

Formato de archivo	Código	Extensión	Limitaciones
Tagged Image File Format (TIFF)/Big-TIFF/Geospatial-TIFF (GeoTIFF)	GTIFF	.tif, .tiff, .tfw, .prj	Tamaño: 4 GB máximo (para TIFF clásico)
Terragen Terrain	TERRAGEN	.ter	Modelo geográfico: no soportado
TerraSAR-X Complex SAR (CoSAR) Data Product	COSAR	-	Modelo geográfico: no soportado
TerraSAR-X Product	TSX	-	Modelo geográfico: no soportado
TerrSet/Idrisi Raster	RST	.rst, .rdc, .smp, .ref	-
United States Geological Survey (USGS) 1 st Generation Digital Ortho Quad	DOQ1	.doq	-
United States Geological Survey (USGS) ASCII DEM/Canada Digital Elevation Data (CDED)	USGSDEM	.dem	-
United States Geological Survey (USGS) Astrogeology Integrated Software for Imagers and Spectrometers (ISIS) version 2 Cube	ISIS2	.cub	-
United States Geological Survey (USGS) Astrogeology Integrated Software for Imagers and Spectrometers (ISIS) version 3 Cube	ISIS3	.cub	-
United States Geological Survey (USGS) Land Use and Land Cover (LULC) Character Composite Theme Grid (CTG)	CTG	-	-
United States Geological Survey (USGS) New-Labelled Digital Ortho Quad (DOQ)	DOQ2	.doq	-
United States Geological Survey (USGS) Spatial Data Transfer Standard (SDTS) DEM	SDTS	catd.ddf	-
Vaisala Sigmat Interactive Radar Information System (IRIS) Weather Data	IRIS	.cappi, .ppi	-
Vexcel Multi-File Format (MFF)	MFF	.hdr	-
Vexcel Multi-File Format (MFF) version 2 (Hierarchical Key-Value)	MFF2 (HKV)	attrib, image_data	-
Video Image Communication And Retrieval (VICAR)	VICAR	-	-
Virtual Terrain Project (VTP) Binary Terrain Format	BT	.bt, .prj	-
World Meteorological Organization (WMO) GRIBed Binary (GRIB) edition 1/General Regularly-distributed Information in Binary form (GRIB) edition 2	GRIB	.grb	Tamaño: 2 GB máximo
X Window System (X11) PixMap (XPM) Image	XPM	.xpm	Modelo geográfico: no soportado
Z-MAP Plus Grid	ZMap	-	-

Tabla 3.2. Formatos de datos ráster leídos por SoPI (viene de página anterior).

Para agregar capas ráster en cualquier formato (sin que importe la extensión de archivo), debe elegirse *Todos los archivos (*.*)* en el selector desplegable de la ventana exploradora en SoPI.



Es posible que archivos pertenecientes a formatos con limitaciones de lectura se abran incompletamente o incorrectamente en la aplicación, o directamente no lo hagan.

El formato nativo de SoPI para escritura es GeoTIFF (GTIFF, extensión .tif)², y permite guardar separadamente metadatos en archivos eXtensible Markup Language (XML, extensión .xml)³.

Propiedades de ráster

Las propiedades de las capas temáticas ráster pueden consultarse o modificarse desde el menú contextual en el árbol de capas, seleccionando **Propiedades** y navegando las diferentes pestañas.

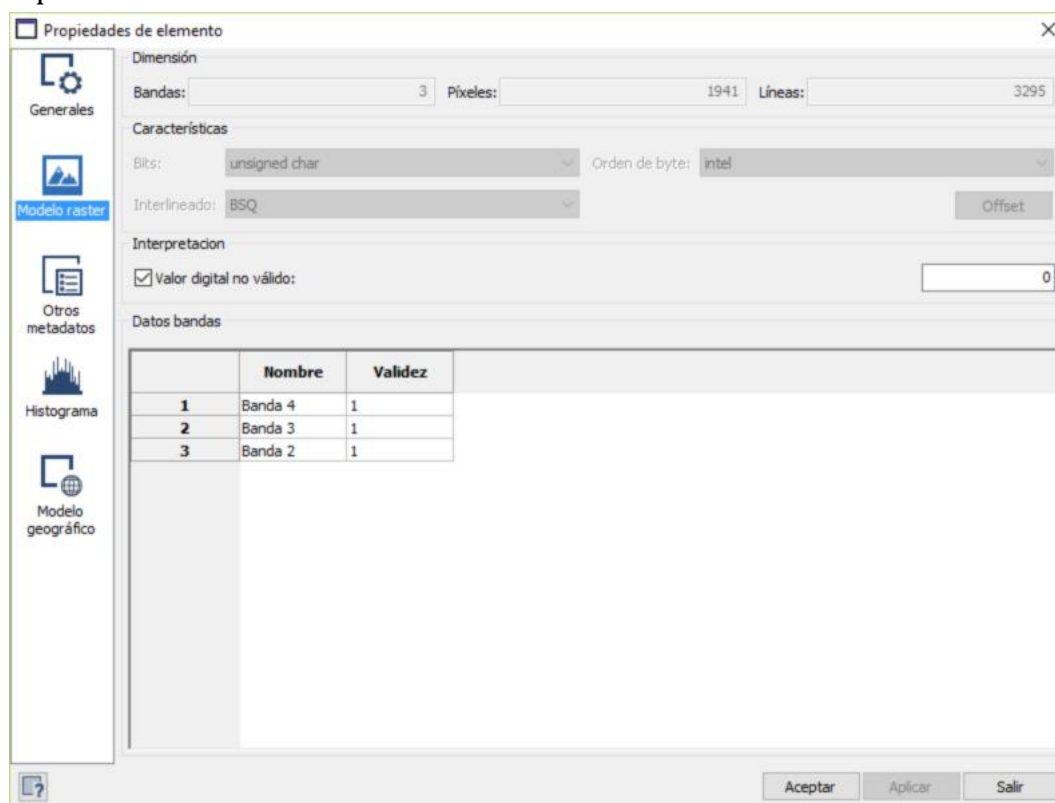


Figura 3.3. Propiedades de capa ráster.

² **Ritter, Niles & Ruth, Mike. 2000.**
GeoTIFF Format Specification version 1.8.2 - GeoTIFF revision 1.0.1.
 GeoTIFF Working Group: 144 pp.; December 2000.
www.remotesensing.org/geotiff/spec/contents.html

³ **World Wide Web Consortium (W3C). 2008.**
Extensible Markup Language (XML) 1.0 (5th Edition).
 W3C Recommendation; November 2008.
www.w3.org/TR/xml

Generales

Esta pestaña contiene datos generales de la capa ráster como su nombre, datos de propiedad intelectual (*copyright*) y descripción de la misma, todos editables. También se puede asociar una imagen a la capa para distinguirla con una miniatura en el árbol de capas; los formatos gráficos aceptados son: BMP, GIF, JPEG, PNG y TIFF/GeoTIFF. Además se indica la ubicación del correspondiente archivo original, su formato y tamaño (en megabytes).

Modelo ráster

La segunda pestaña incluye los parámetros propios de la imagen como sus dimensiones (cantidad de bandas, líneas, píxeles y tipo de dato), el orden de almacenamiento y el esquema de intercalado, y las expresiones para cada corrimiento (*offset*): encabezados y colas totales, por banda y por línea. Además, puede definirse un valor inválido para el píxel, calificar la validez de las bandas y asignar un nombre a cada una.



La definición de un valor inválido de píxel implica que si éste posee tal valor en cualquiera de las bandas, entonces el píxel no será considerado para ningún proceso ni tratamiento ráster, incluyendo el cálculo de estadísticas.

Histograma

En esta pestaña se muestra el diagrama de frecuencias para los valores digitales de los píxeles en cada banda, con sus respectivos mínimo y máximo. La banda correspondiente puede elegirse con el selector desplegable.

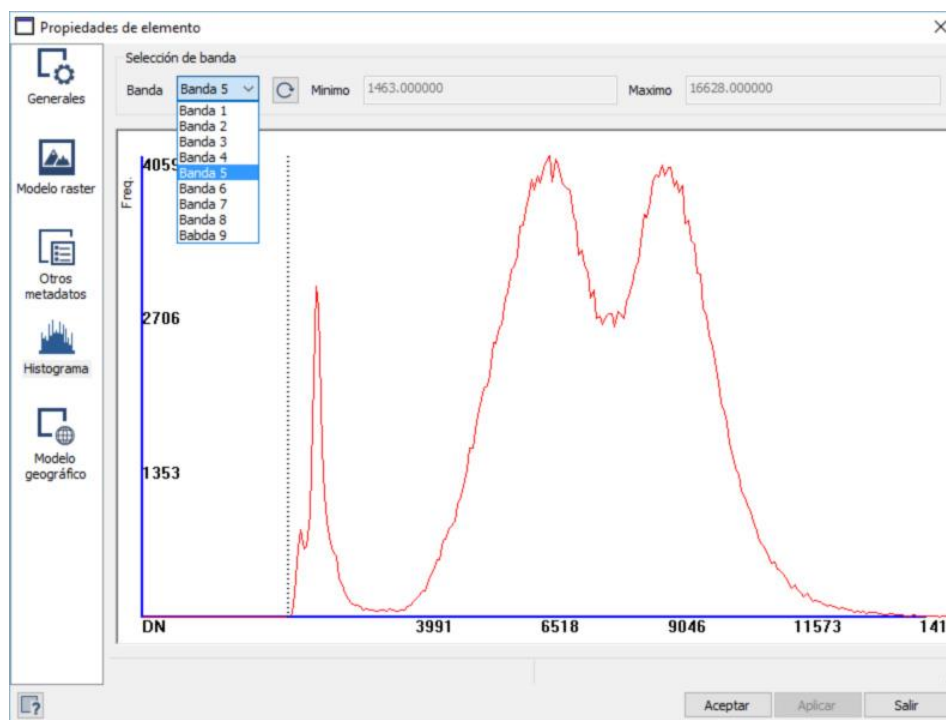


Figura 3.4. Histograma de valores para una banda.

! Es importante recalcar que las estadísticas de entrada para construir el histograma se calculan en base a las estadísticas globales.

Modelo geográfico

Esta pestaña informa las características del sistema de referencia geodésico nativo de la capa ráster. También se expresa el tamaño de celda (en la unidad de medida correspondiente), el acimut (el ángulo con respecto al norte, en grandos), así como también el punto de ligadura (píxel/línea de la imagen y el respectivo par de coordenadas absolutas, de acuerdo al sistema de referencia).

Otros metadatos

En esta pestaña se vuelcan los datos extraídos del encabezado de la capa ráster que no hayan sido interpretados e incluidos de manera debidamente ordenada en las pestañas anteriores. Estos metadatos pueden guardarse en un archivo de texto en formato ASCII (extensión .txt).

Historial de procesamiento

En esta pestaña queda registrada la bitácora (*log*) de funciones que generaron en SoPI la capa ráster, junto a los parámetros necesarios para reproducirlas. El historial aporta trazabilidad a los procesos realizados sobre las imágenes.

Aspecto ráster

El aspecto de las capas temáticas ráster en el visualizador activo puede consultarse o modificarse desde el menú contextual en el árbol de capas respectivo, seleccionando **Aspecto** y navegando las diferentes pestañas.

! A diferencia de las propiedades ráster, el aspecto es propio de cada visualizador.

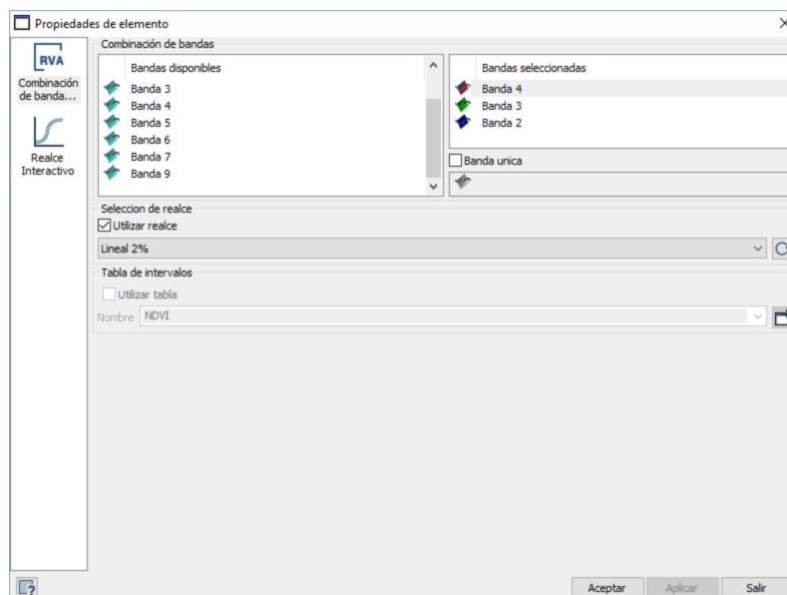


Figura 3.5. Aspecto de capa ráster.

Combinación de bandas, realce y tabla cromática

Esta pestaña contiene la lista de bandas disponibles, e indica las seleccionadas para un despliegue multibanda o monobanda, y permite asignar bandas a los componentes rojo, verde y azul de una composición de bandas RGB (de *red-green-blue*), o al componente monocromático en el caso de la visualización de una banda única. Además, permite escoger una función para realce de histograma en el selector desplegable. Alternativamente, para el caso de un despliegue monobanda, puede optarse por el empleo de una tabla cromática.

Realce interactivo

En esta pestaña se muestra el diagrama de frecuencias para los valores digitales de los píxeles en cada una de las bandas seleccionadas para el despliegue, con sus respectivos mínimo y máximo. Se permite escoger una función para realce de histograma en el selector desplegable. Es posible definir interactivamente sobre el histograma de cada banda los mínimos y máximos entre los que aplica la función de realce, o alternativamente editar los valores; también se puede invertirlos.

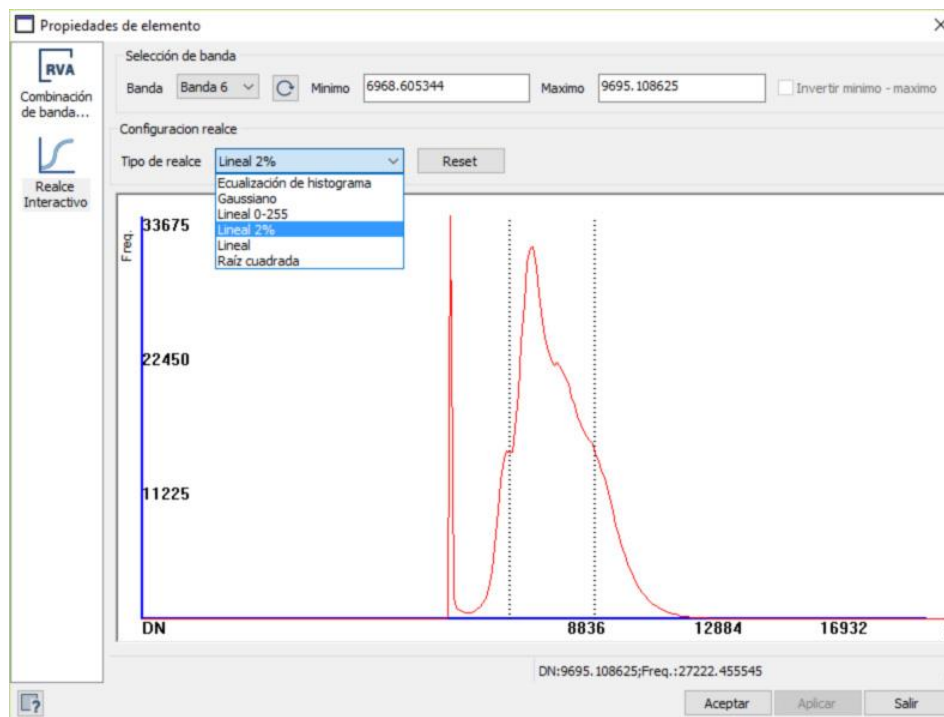


Figura 3.6. Realce interactivo de histograma.

Realces de histograma

Hay seis funciones de realce definidas en SoPI.



Es importante recalcar que las estadísticas de entrada para construir el histograma se calculan en base a la vista. Para aplicar realces calculados en base a estadísticas globales, debe desplegarse toda la imagen o bien aplicarlos con la capa ráster oculta.

Lineal

Se aplica un ajuste de carácter lineal considerando un nivel de 0 para el valor mínimo en la imagen de entrada y uno de 255 para el máximo.

Lineal 2%

Se aplica un realce de carácter lineal entre un nivel de 0 para todos los valores correspondientes a una frecuencia acumulada porcentual inferior o igual al 2% y uno de 255 para los valores correspondientes a una frecuencia acumulada porcentual superior o igual al 98%.

Raíz cuadrada

Se calcula la raíz cuadrada del histograma original y se aplica un ajuste lineal sobre el resultante.

Ecualizado

Se redistribuyen los valores de entrada de manera tal que la frecuencia de cada nivel sea aproximadamente la misma en el histograma de salida.

Gaussiano

Se aplica un realce de manera tal que el histograma de salida aproxima una distribución normal estándar con media igual al nivel 127 y desvío estándar igual a $255/6$.

Directo 0-255

La escala de grises de salida corresponde a la parte entera del número digital de entrada en el rango 0-255. Los valores fuera del rango se ajustan al extremo más cercano (a 0 los valores negativos y a 255 los superiores a 255).

Tablas cromáticas

Para la visualización de capas ráster monobanda, SoPI ofrece la posibilidad de utilizar tablas cromáticas, que asignan colores a diferentes intervalos de valores. La cantidad de intervalos, sus límites inferior y superior, y los colores para cada intervalo pueden definirse a voluntad.



	Nombre	Limite inferior	Limite superior	Color
1	Sin vegetacion	-inf	0	
2	Vegetacion dispersa	0	0.2	
3	Vegetacion escasa	0.2	0.3	
4	Vegetacion moderada	0.3	0.4	
5	Vegetacion abundante	0.4	0.5	
6	Vegetacion muy abundante	0.5	0.6	
7	Vegetacion tupida	0.6	0.7	
8	Selva		inf	

Figura 3.7. Tabla cromática para NDVI.

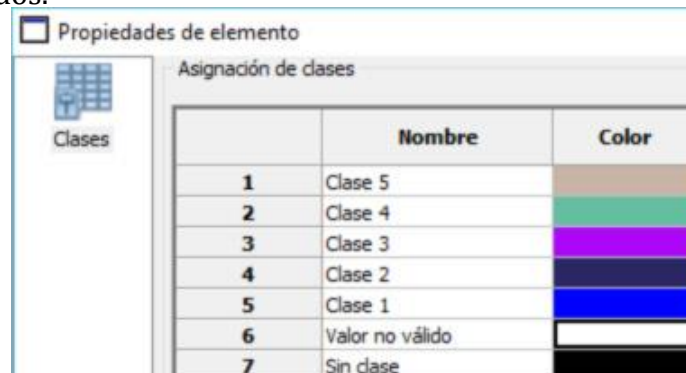
Cada tabla generada y guardada queda disponible en la biblioteca de tablas cromáticas (ver **3.3.2 Bibliotecas de aspecto**). Por defecto, SoPI posee cargadas como favoritas tablas de colores estándares para los índices NDVI, RVI y NDMI (ver **5.2.1 Índices estandarizados**).

Aspecto de clasificaciones

El aspecto de las capas temáticas ráster clasificadas en el visualizador activo puede consultarse o modificarse desde el menú contextual en el árbol de capas respectivo, seleccionando **Aspecto**.

Clases

Desde esta pestaña se puede acceder a la lista de clases, con sus nombres y colores asignados.



	Nombre	Color
1	Clase 5	
2	Clase 4	
3	Clase 3	
4	Clase 2	
5	Clase 1	
6	Valor no válido	
7	Sin clase	

Figura 3.8. Aspecto de imagen clasificada.

3.2.2 Capas vectoriales

Las capas temáticas vectoriales son aquellas conformadas por geometrías vectoriales (construidas por nodos) y asociadas a una tabla de atributos (base de datos).

Geometrías vectoriales

De acuerdo a la vinculación entre sus nodos, las coberturas vectoriales pueden poseer geometrías de tipo punto (*point*), polilínea (*polyline*) o polígono (*polygon*). SoPI admite los tres tipos de geometrías vectoriales.


 La aplicación no incluye soporte para geometrías tridimensionales (*pointZ*, *polylineZ*, *polygonZ*), ni para polígonos con huecos.

Tabla de atributos


La tabla de atributos corresponde a la base de datos asociada a las geometrías vectoriales. Existe un registro por cada elemento, sea un punto, una polilínea o un polígono. Los campos pueden ser de tipo numérico, entero o real, o textual.

Campos numéricos enteros

Los valores contenidos en un campo entero deben ser números enteros comprendidos entre -2147483648 y 2147483647.


Campos numéricos reales

Los valores en un campo real deben ser números reales, positivos o negativos, preservados como datos en coma flotante (*floating point*) según el correspondiente estándar del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)⁴. Los valores finitos más próximos y más lejanos a 0 que pueden representarse son respectivamente 1×10^{-8} y $1,79769 \times 10^{308}$. La precisión doble empleada en este tipo de dato alcanza unos 15 decimales significativos.

 La precisión absoluta de los números reales contenidos en las celdas aumenta en las cifras próximas a 0 y disminuye en las más lejanas.

Campos textuales

Las cadenas de texto contenidas pueden poseer hasta 6183 caracteres alfanuméricos. SoPI admite números arábigos, letras minúsculas y mayúsculas (incluyendo letras con tildes y diéresis, ñ, Ñ, ç y Ç, por ejemplo), espacios y signos de puntuación, letras del alfabeto griego, símbolos matemáticos y demás caracteres especiales ASCII. Los nombres de los campos sólo pueden poseer hasta 10 caracteres, e incluir números, letras minúsculas y letras mayúsculas (excepto caracteres extendidos), espacios, signos de puntuación (incluyendo @) y símbolos matemáticos.

 Al agregar o importar capas temáticas vectoriales en SoPI, se recomienda que las tablas de atributos asociadas cumplan con los requisitos enunciados arriba, tanto para los valores contenidos en los campos como para los nombres de éstos. En el caso de que los nombres de los campos posean más de 10 caracteres, SoPI trunca los excedentes. Si nombres de dos o más campos poseen idénticos primeros 10 caracteres, la aplicación trunca el nombre del primero de los campos a 10 caracteres, y para los nombres de los restantes respeta los primeros caracteres originales y agrega un sufijo compuesto por guión bajo y un número sucesivo (_1, _2, _3, etc.) de manera que la extensión final sea de 10 caracteres.

⁴ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 2008.


IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic.

IEEE Standard 754-2008: 70 pp.; August 2008.

standards.ieee.org/findstds/standard/754-2008.html

Formatos de datos vectoriales

SoPI soporta la lectura del formato de archivo vectorial ESRI Shapefile (SHP, extensiones .shp/.dbf/.shx/.prj). Además, la aplicación posee soporte limitado de los formatos GPS eXchange (GPX, extensión .gpx) y OpenGIS Keyhole Markup Language Encoding Standard (KML, .kml), del Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC).

 Es posible que algunas capas GPX o KML no se abran, o lo hagan incompletamente o incorrectamente en SoPI, tanto con respecto a geometrías como a atributos.

El formato nativo de SoPI para escritura es ESRI Shapefile (SHP, extensiones .shp/.dbf/.shx/.prj)⁵, y permite guardar separadamente metadatos en archivos eXtensible Markup Language (XML, extensión .xml)⁶.

Propiedades de vector

Las propiedades de las capas temáticas vectoriales pueden consultarse o modificarse desde el menú contextual en el árbol de capas, seleccionando **Propiedades** y navegando las diferentes pestañas.

Generales

Esta pestaña contiene datos generales de la cobertura vectorial como su nombre, datos de propiedad intelectual (*copyright*) y descripción de la misma, todos editables. También se puede asociar una imagen a la capa para distinguirla con una miniatura en el árbol de capas; los formatos gráficos aceptados son: BMP, GIF, JPEG, PNG y TIFF/GeoTIFF. Además se indica la ubicación del correspondiente archivo original, su formato y tamaño (en megabytes).

Estructura de tabla

La segunda pestaña muestra los parámetros de los campos (nombre y tipo) en la tabla de atributos asociada a la capa temática, incluyendo la definición de un campo para hipervínculo.

Modelo geográfico

Esta pestaña informa las características del sistema de referencia geodésico nativo de la capa vectorial, que corresponde a los parámetros definidos en el archivo de extensión .prj para el formato ESRI Shapefile.

⁵ **Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). 1998.**

ESRI Shapefile Technical Description.

ESRI white paper J-7855: 34 pp.; July 1998.

www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf

⁶ **World Wide Web Consortium (W3C). 2008.**

Extensible Markup Language (XML) 1.0 (5th Edition).

W3C Recommendation; November 2008.

www.w3.org/TR/xml

! En el caso de que la cobertura no posea el respectivo archivo .prj, SoPI asume que se encuentra en el sistema geográfico WGS-84 (código EPSG: 4326).

Historial de procesamiento

En esta pestaña queda registrada la bitácora (*log*) de funciones que generaron en SoPI la capa vectorial, junto a los parámetros necesarios para reproducirlas. El historial aporta trazabilidad a las operaciones realizadas sobre las coberturas.

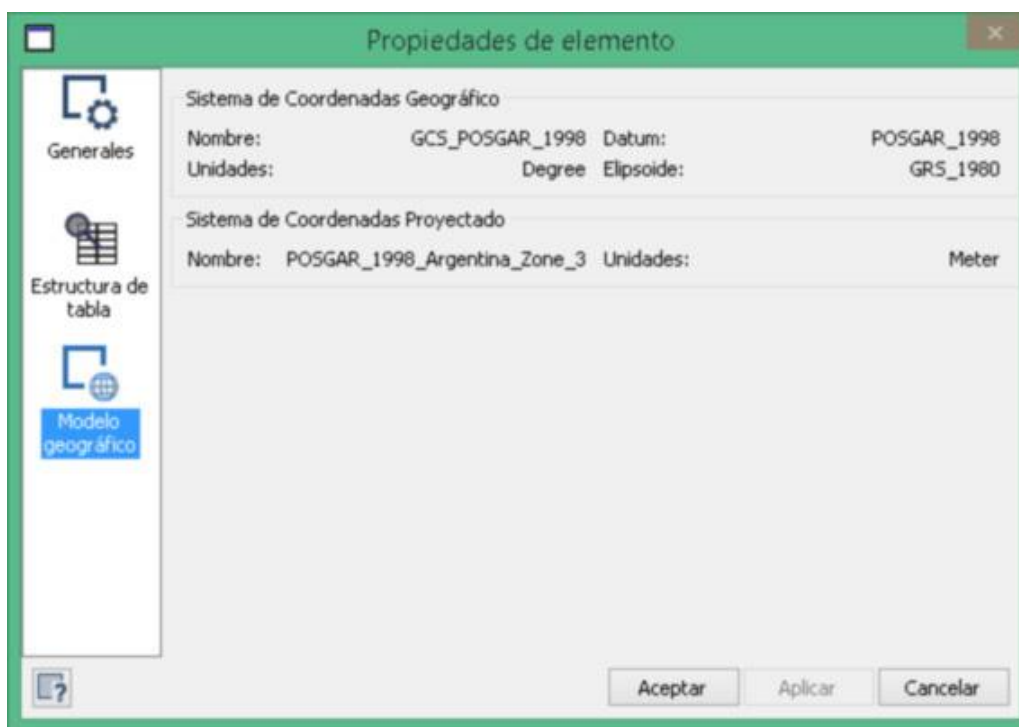


Figura 3.9. Propiedades de capa vectorial.

Aspecto vectorial

El aspecto de las capas temáticas vectoriales en el visualizador activo puede consultarse o modificarse desde el menú contextual en el árbol de capas respectivo, seleccionando **Aspecto** y navegando las diferentes pestañas.

! A diferencia de las propiedades vectoriales, el aspecto es propio de cada visualizador.

Estilo

Esta pestaña abarca la configuración de visualización para los símbolos (correspondientes a las coberturas vectoriales puntuales), líneas (para las coberturas lineales y poligonales) y relleno (para las poligonales). Para cada uno de estos elementos puede elegirse tipo, con un selector desplegable, y color. Además, en los casos de símbolo y línea pueden seleccionarse respectivamente tamaño y ancho.

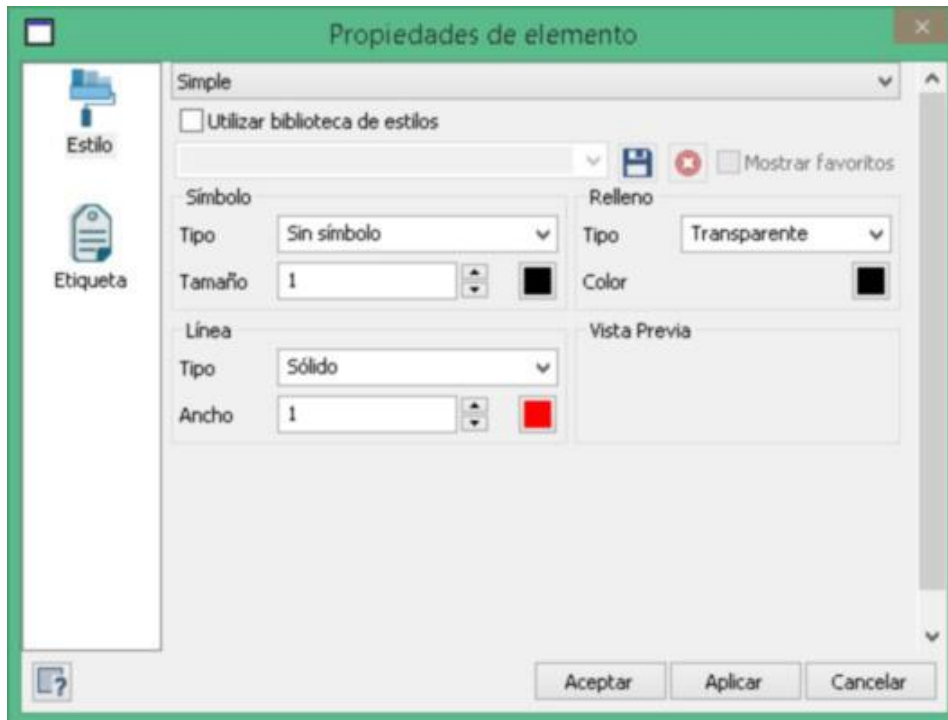


Figura 3.10. Opciones de estilo simple para el aspecto vectorial.

Existen dos opciones de estilo: simple y temático. Cada estilo simple generado y guardado queda disponible en la biblioteca de estilos vectoriales (ver **3.3.2 Bibliotecas de aspecto**).

Etiqueta

La segunda y última pestaña incluye las opciones de etiquetado de la capa temática en la vista, y permite elegir el campo en la tabla de atributos asociada que sirve de rótulo mediante un selector desplegable. Además pueden seleccionarse la fuente tipográfica, el tamaño de ésta, los efectos aplicables, su color, un color para el fondo de la etiqueta y una estrategia de posicionamiento para la misma con respecto al elemento rotulado.

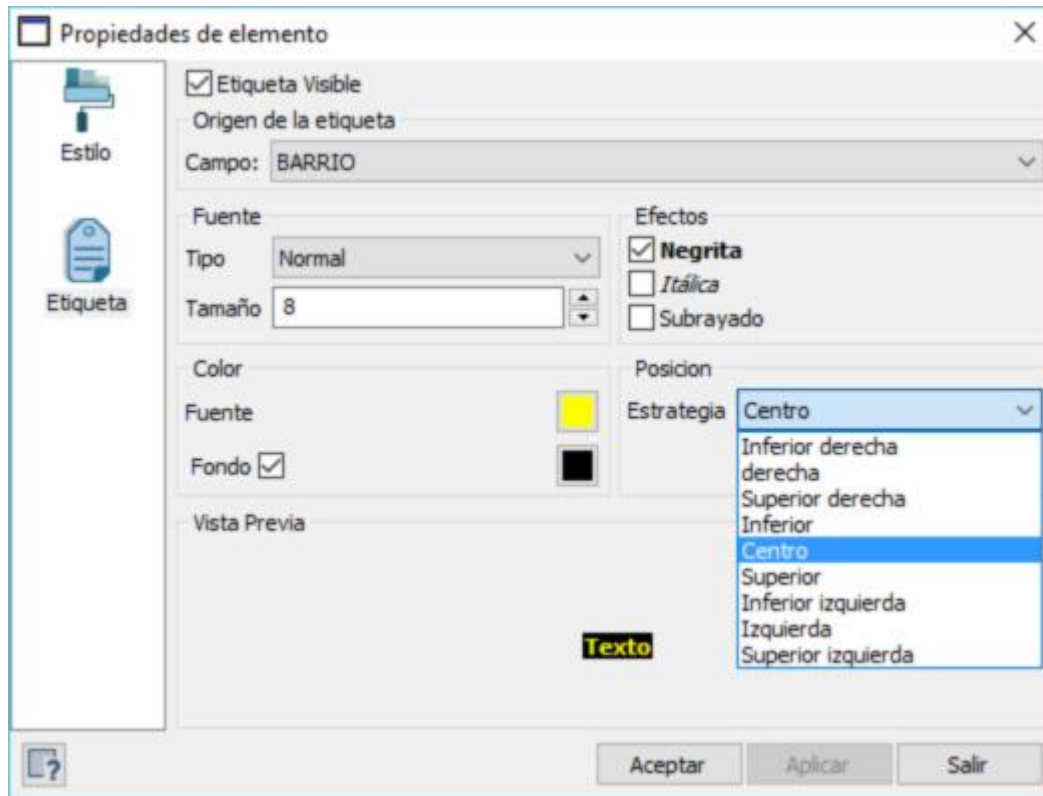


Figura 3.11. Opciones de etiqueta para el aspecto vectorial.

Estilos temáticos

El estilo temático permite asignar diferentes colores o simbologías a cada una de las geometrías de una cobertura vectorial, de acuerdo a la información contenida en determinado campo de la tabla de atributos asociada. Hay dos tipos de estilo temático.

Rango numérico

Este tipo de estilo temático permite asignar diferentes estilos a cada una de las geometrías de una cobertura vectorial, según rangos en determinado campo numérico (entero o real) de su tabla de atributos.

Valores únicos

El estilo temático por valores únicos permite asignar diferentes estilos vectoriales en una capa, de acuerdo a valores contenidos en algún campo (numérico o de texto) de su tabla de atributos.

3.2.3 Capas remotas

SoPI funciona como cliente pesado de servicios compatibles con estándares definidos por el Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). La aplicación soporta el acceso remoto a capas temáticas ráster y vectoriales compatibles con OpenGIS Web Map Service (WMS)⁷. Se accede a éstas desde la función **Acceder a capa remota** dentro del menú **Archivo** en el menú principal.

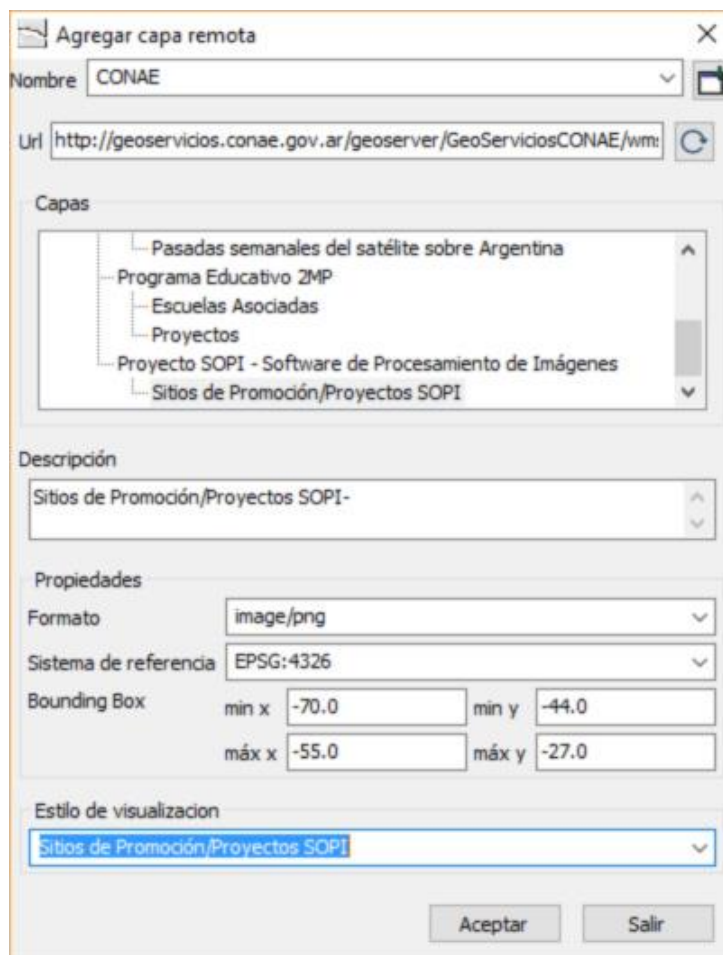


Figura 3.12. Parámetros de acceso a capa remota.

Los parámetros de cada servicio accedido pueden guardarse y éste queda disponible en la biblioteca de servidores WSM (ver **3.3.1 Bibliotecas de fuentes de datos**). SoPI incluye por defecto algunos servicios WMS de uso frecuente en la República Argentina, en América Latina y en el mundo.



Es posible que SoPI no acceda a algunas capas remotas, o que éstas se abran incompletamente o incorrectamente en la aplicación. En ese caso, se recomienda revisar la documentación de los servicios para verificar que se encuentren activos y que la sintaxis sea adecuada y actual.

⁷ Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). 2006.

OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification, version 1.3.0.

OGC IS 06-042: 85 pp.; March 2006.

www.opengeospatial.org/standards/wms

3.2.4 Grupos de capas

Para facilitar el ordenamiento de una gran cantidad de capas temáticas, SoPI brinda la posibilidad de reunir las en grupos. Los grupos se generan desde la función **Crear grupo** dentro del menú **Archivo** en el menú principal. Para incorporar una capa ráster o vectorial a un grupo debe tomársela con un clic izquierdo del puntero sobre la misma en el árbol de capas y soltarla dentro del grupo correspondiente. Los grupos pueden contener capas temáticas ráster y vectoriales simultáneamente.

3.2.5 Exportación de capas

SoPI soporta la exportación de capas temáticas ráster y vectoriales.

Exportar ráster

La aplicación permite la exportación de una imagen hacia un nuevo archivo ráster. Para esto, debe utilizarse la función **Exportar ráster** dentro del menú **Archivo** en el menú principal. Debe definirse un archivo de salida, y opcionalmente una selección espectral y un recorte espacial, para la imagen exportada. El formato de salida es GeoTIFF (GTIFF, extensión .tif), y se pueden guardar separadamente los metadatos en un archivo eXtensible Markup Language (XML, extensión .xml).

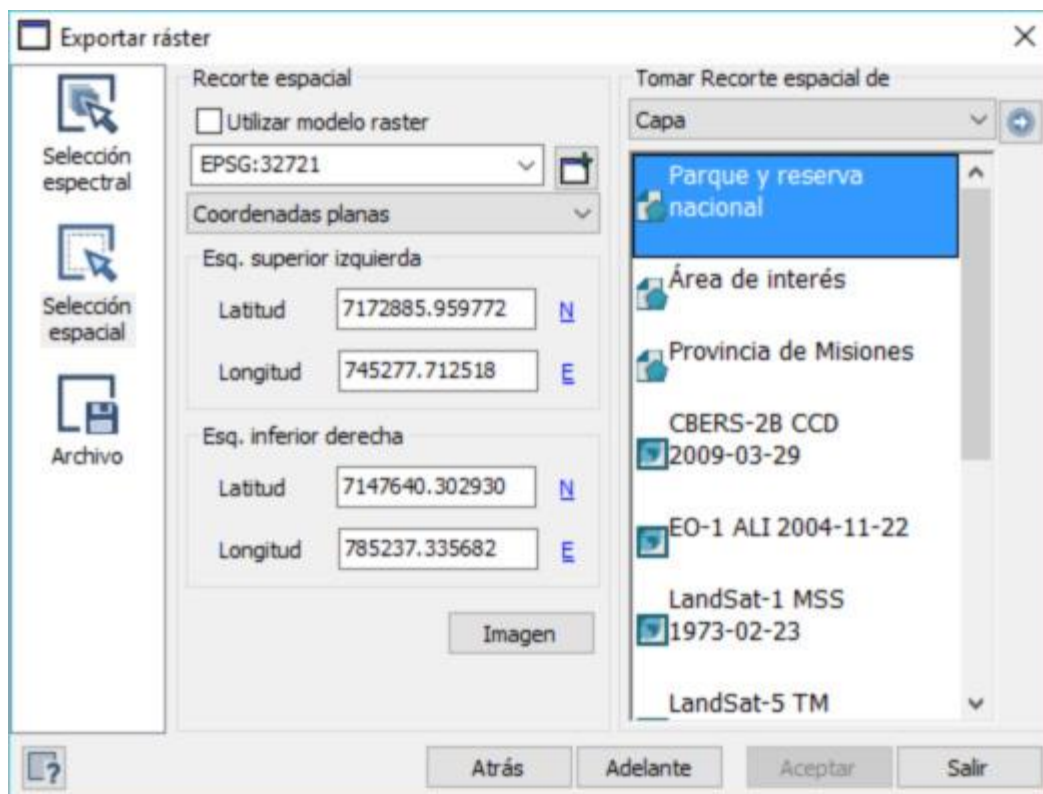


Figura 3.13. Opciones de exportación para capa ráster.

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser exportadas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).



En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen original a ser exportada.

Exportar vector

SoPI permite la exportación de una cobertura hacia un nuevo archivo vectorial. Para esto, debe emplearse la función **Exportar vector** dentro del menú **Archivo** en el menú principal. Debe definirse un archivo de salida, y existe la opción de exportar únicamente la selección (geometrías/registros seleccionados dentro de la capa vectorial a exportar). El formato de salida es ESRI Shapefile (SHP, extensiones .shp/.dbf/.shx/.prj), y se pueden guardar separadamente los metadatos en un archivo eXtensible Markup Language (XML, extensión .xml).

3.2.6 Importación de capas

SoPI admite la importación de capas temáticas ráster y vectoriales.

Importar ráster genérico

La aplicación permite importar una imagen desde un archivo genérico en formato binario. Para esto, debe utilizarse la función **Importar ráster genérico** dentro del menú **Archivo** en el menú principal.

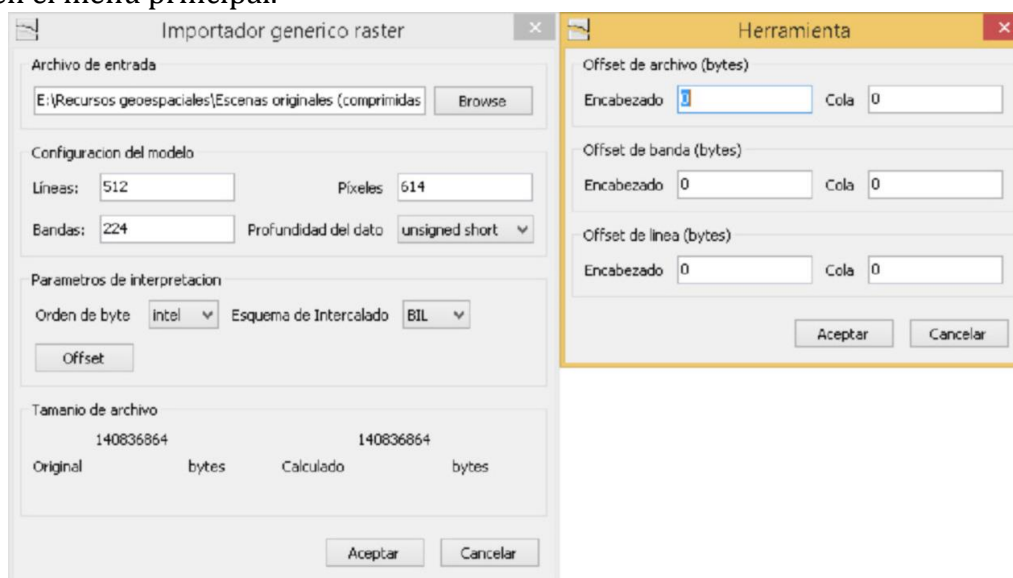



Figura 3.14. Parámetros de importación para ráster genérico.

Deben ingresarse la imagen de entrada y los parámetros propios de ésta (ver **3.2.1 Capas ráster**), como sus dimensiones (cantidad de bandas, líneas, píxeles y tipo de dato), el orden de almacenamiento y el esquema de intercalado, y las expresiones para los diferentes corrimientos (*offsets*): encabezados y colas totales, por banda y por línea. La aplicación calcula el tamaño de archivo de acuerdo a las dimensiones y corrimientos ingresados y muestra el resultado junto al tamaño del archivo original a importar.

 En el caso de que no coincidan los tamaños de archivo calculado y original, se aconseja revisar los parámetros ingresados para dimensiones y corrimientos, y revisar la documentación de formato del archivo a importar.

Importar tabla X/Y

SoPI permite generar una cobertura vectorial de tipo puntual (ver **3.2.2 Capas vectoriales**) a partir de una base de datos en un archivo de texto en formato ASCII que posea dos campos con pares de coordenadas geográficas o planas. Para esto, debe emplearse la función **Importar tabla X/Y genérico** dentro del menú **Archivo** en el menú principal.

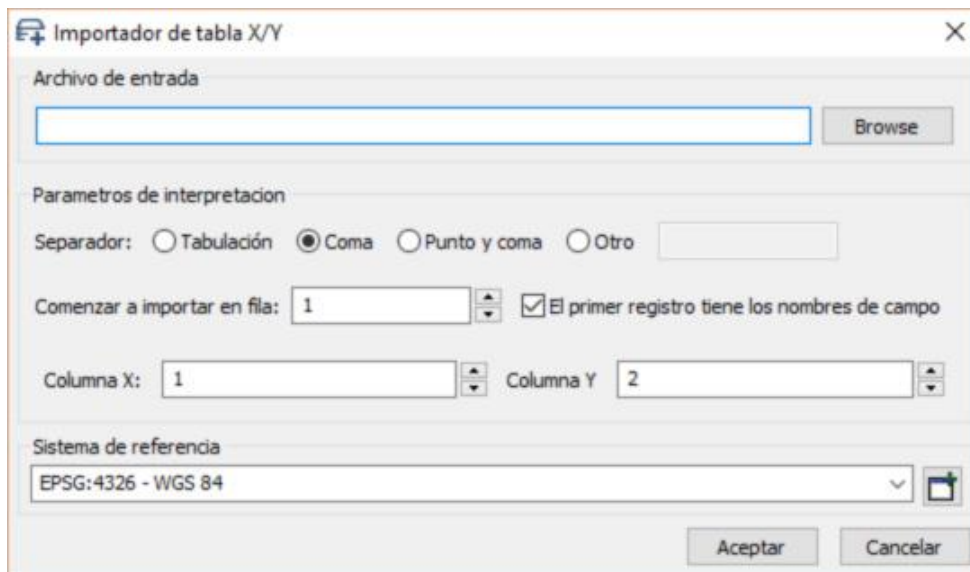



Figura 3.15. Parámetros de importación para tabla X/Y.

Deben ingresarse el archivo de entrada y definirse los parámetros para su correcta interpretación, como el separador de campos, el número de fila para el inicio de la importación, si el primer registro corresponde al nombre de los campos, los números de columna para las coordenadas X e Y, y su respectivo sistema de referencia geodésico.

 Al importar tablas X/Y, se recomienda que los atributos de éstas cumplan con los requisitos enunciados (ver **3.2.2 Capas vectoriales**), tanto para los valores contenidos en los campos como para los nombres de éstos.

3.3 Bibliotecas

Las bibliotecas de SoPI son repositorios para guardar diferentes tipos de datos que se utilizan frecuentemente en la aplicación. Hay bibliotecas de sistema, que sólo pueden consultarse, y bibliotecas de usuario, que pueden consultarse y editarse. En ambos casos, pueden marcarse como favoritos los elementos utilizados más a menudo, para que estén disponibles de manera inmediata entre los parámetros correspondientes.

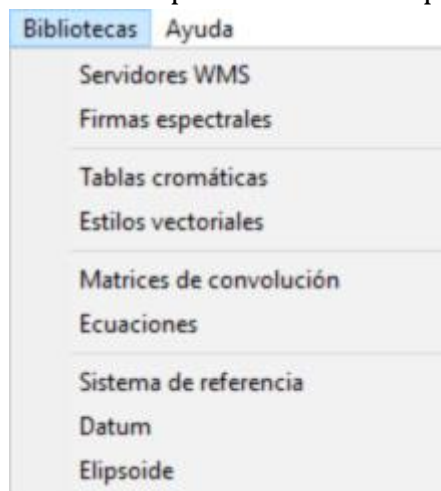


Figura 3.16. Menú de bibliotecas en SoPI.

La gestión de bibliotecas se realiza desde el menú **Bibliotecas** en el menú principal de SoPI.

3.3.1 Bibliotecas de fuentes de datos

Estas bibliotecas contienen información sobre fuentes de datos internas o externas, para ser accedidas prontamente desde la aplicación.

Biblioteca de servidores WMS

Permite consultar y modificar la biblioteca de servidores WMS (ver **3.2.3 Capas remotas**). SoPI incluye por defecto algunos servicios de uso frecuente en la República Argentina, en América Latina y en el mundo.

Biblioteca de firmas espectrales

Permite consultar y modificar la biblioteca de firmas espectrales, para su empleo en clasificaciones (ver **5.3.2 Clasificación por ángulo espectral**).

3.3.2 Bibliotecas de aspecto

Estas bibliotecas contienen información de configuración sobre el aspecto de capas temáticas ráster o vectoriales.

Biblioteca de tablas cromáticas

Permite consultar y modificar la biblioteca de tablas cromáticas (ver **3.2.1 Capas ráster**) para la visualización de capas temáticas ráster. Por defecto, SoPI posee cargadas como favoritas tablas de colores estándar para los índices NDVI, NDWI y RVI (ver **5.2.2 Índices estandarizados**).

Biblioteca de estilos vectoriales

Permite consultar y modificar la biblioteca de estilos vectoriales (ver **3.2.2 Capas vectoriales**), que pueden luego emplearse para determinar el aspecto de las capas temáticas vectoriales.

3.3.3 Bibliotecas de procesos

Estas bibliotecas contienen información operativa de procesamiento ráster en SoPI.

Biblioteca de matrices de convolución

Permite consultar y editar la biblioteca de matrices y operaciones para la aplicación de filtros en el dominio espacial (ver **5.1.1 Filtros de convolución**) sobre imágenes.

Biblioteca de ecuaciones

Permite consultar y modificar la biblioteca de ecuaciones para operaciones en el dominio espectral (ver **5.2.1 Álgebra de bandas**) de las capas ráster.

3.3.4 Biblioteca de parámetros geodésicos

Esta biblioteca integrada contiene información sobre los parámetros relacionados a los sistemas de referencia geodésicos, originalmente catalogados según el European Petroleum Survey Group (EPSG)⁸.

Sistema de referencia

Permite consultar y modificar la biblioteca de sistemas de referencia geodésicos. Por defecto, la biblioteca de sistema posee cargados como favoritos los sistemas proyectados y geográficos utilizados más frecuentemente en la República Argentina⁹. Asimismo, la aplicación agrega automáticamente a favoritos los sistemas de referencia empleados en el proyecto SoPI actual.

⁸ **International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). 2016.**

EPSG Geodetic Parameter Registry – Developer Guide, version 3.1.

IOGP Geomatics Guidance Note 373-07-3: 56 pp.; January 2016.

www.iogp.org/pubs/373-07-3.pdf

⁹ **Grupo de Trabajo en Sistemas Geodésicos de la República Argentina.**

Sistemas Geodésicos (1ª edición).

Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (CNUGGI), Subcomité de Geodesia: 51 pp.; 1999.

www.ign.gob.ar/images/cnuggi/SistemasGeodesicos.pdf

Sistemas de referencia proyectados

Sistema de referencia geodésico	Código EPSG
Campo Inchauspe / UTM Zona 19 Sur	2315
Campo Inchauspe / UTM Zona 20 Sur	2316
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 1	22171
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 2	22172
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 3	22173
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 4	22174
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 5	22175
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 6	22176
PosGAR 98 / Gauss-Krügger Argentina Franja 7	22177
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 1	22181
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 2	22182
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 3	22183
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 4	22184
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 5	22185
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 6	22186
PosGAR 94 / Gauss-Krügger Argentina Franja 7	22187
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 1	22191
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 2	22192
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 3	22193
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 4	22194
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 5	22195
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 6	22196
Campo Inchauspe / Gauss-Krügger Argentina Franja 7	22197
SiRGAs 2000 / UTM Zona 18 Norte	31972
SiRGAs 2000 / UTM Zona 19 Norte	31973
SiRGAs 2000 / UTM Zona 20 Norte	31974
SiRGAs 2000 / UTM Zona 21 Norte	31975
SiRGAs 2000 / UTM Zona 18 Sur	31978
SiRGAs 2000 / UTM Zona 19 Sur	31979
SiRGAs 2000 / UTM Zona 20 Sur	31980
SiRGAs 2000 / UTM Zona 21 Sur	31981
WGS-84 / UTM Zona 18 Norte	32618
WGS-84 / UTM Zona 19 Norte	32619
WGS-84 / UTM Zona 20 Norte	32620
WGS-84 / UTM Zona 21 Norte	32621
WGS-84 / UTM Zona 18 Sur	32718
WGS-84 / UTM Zona 19 Sur	32719
WGS-84 / UTM Zona 20 Sur	32720
WGS-84 / UTM Zona 21 Sur	32721

Tabla 3.3. Sistemas proyectados más usados en Argentina.

Sistemas de referencia geográficos

Sistema de referencia geodésico	Código EPSG
PosGAr 98	4190
Campo Inchauspe	4221
WGS-84	4326
SiRGAs 2000	4674
PosGAr 94	4694

Tabla 3.4. Sistemas geográficos más usados en Argentina.

Datum

Permite consultar y modificar la biblioteca de data geodésicos. Por defecto, la biblioteca de sistema posee cargados como favoritos los data más utilizados en la República Argentina. Asimismo, la aplicación agrega automáticamente a favoritos los data empleados en el proyecto SoPI actual.

Elipsoide

Permite consultar y modificar la biblioteca de elipsoides de revolución. Por defecto, la biblioteca de sistema posee cargados como favoritos los elipsoides más utilizados en la República Argentina. Asimismo, la aplicación agrega automáticamente a favoritos los elipsoides utilizados en el proyecto SoPI actual.

4 HERRAMIENTAS

Las herramientas de SoPI comprenden las interactivas, las de tratamiento ráster y las de tratamiento vectorial. Todas se acceden desde el menú Herramientas en el menú principal (ver **2.1 Menú principal**), o desde la barra (ver **2.2 Barra de herramientas**).

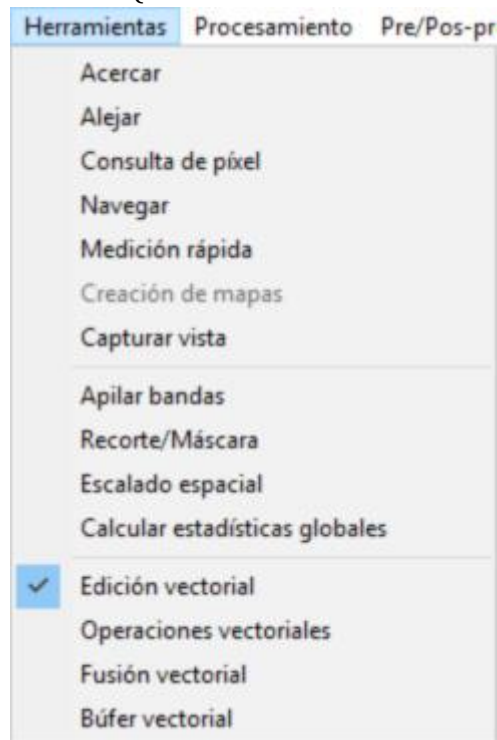



Figura 4.1. Menú de herramientas en SoPI.

La mayoría de las tareas se inicia seleccionando una o varias capas temáticas en el árbol de capas e indicando la herramienta.


 Por su rendimiento superior, se recomienda fuertemente seleccionar el modo Imagen para utilizar herramientas de tratamiento de datos.


4.1 Herramientas interactivas


Las herramientas interactivas son las que interactúan con la vista durante su empleo.

4.1.1 Arrastrar / Magnificar / Acercar / Alejar / Ajustar vista


Conjunto de herramientas para arrastrar, magnificar (acercar y alejar), y ajustar las vistas. Se compone de siete funciones.


 **Arrastrar** - Permite desplazar la vista en todas las direcciones presionando el botón izquierdo del puntero.


 **Magnificar** - Permite acercar la vista presionando el botón izquierdo del puntero y alejarla con el botón derecho del mismo.

 **Acercar** - Acerca la vista.

 **Alejar** - Aleja la vista.

 **Ajustar vista a proyecto** - Ajusta la vista a la extensión de las capas desplegadas en el proyecto SoPI.


 **Ajustar vista a capa** - Ajusta la vista a la capa temática seleccionada.

 **Ajustar vista a relación 1:1 con imagen** - Ajusta la vista a la resolución real de la imagen desplegada.

4.1.2 Brillo/contraste de imagen


La tarea de ajuste de imagen permite ajustar brillo y contraste de la capa ráster seleccionada en el visualizador activo de manera de lograr una visualización adecuada. Se compone de dos deslizadores de control.

 **Brillo** - Permite aumentar o disminuir el brillo de la imagen desplegada en el visualizador activo entre el 0 y el 100%.

 **Contraste** - Permite aumentar o disminuir el contraste de la imagen desplegada en el visualizador activo entre el 0 y el 100%.

4.1.3 Animación de imágenes

La tarea de animación de imágenes permiten animar una secuencia de capas ráster previamente seleccionadas en el árbol de capas del visualizador activo. Se compone de seis botones de control y un deslizador de velocidad.


 **Retroceder** - Retrocede una imagen dentro de la secuencia.

 **Avanzar** - Avanza una imagen dentro de la secuencia.


 **Iniciar** - Inicia la animación.

 **Detener** - Detiene la animación.

Velocidad - Permite ajustar la velocidad de la animación entre uno y cinco cuadros por segundo (cps).


 **Iniciar intercambio** - Inicia el intercambio (*swap*) de imágenes entre visualizadores.

 **Detener intercambio** - Detiene el intercambio de imágenes.

 Antes de iniciar el intercambio de imágenes es necesario desplegar al menos dos visualizadores.

4.1.4 Consulta de píxel

Esta herramienta consulta las coordenadas del píxel donde se haga clic en el visualizador activo, y brinda información sobre las capas temáticas ráster y vectoriales desplegadas sobre éste. Se compone de una sola función.

 **Consulta de píxel** - Consulta coordenadas del píxel en la vista e información sobre las capas temáticas desplegadas sobre éste.

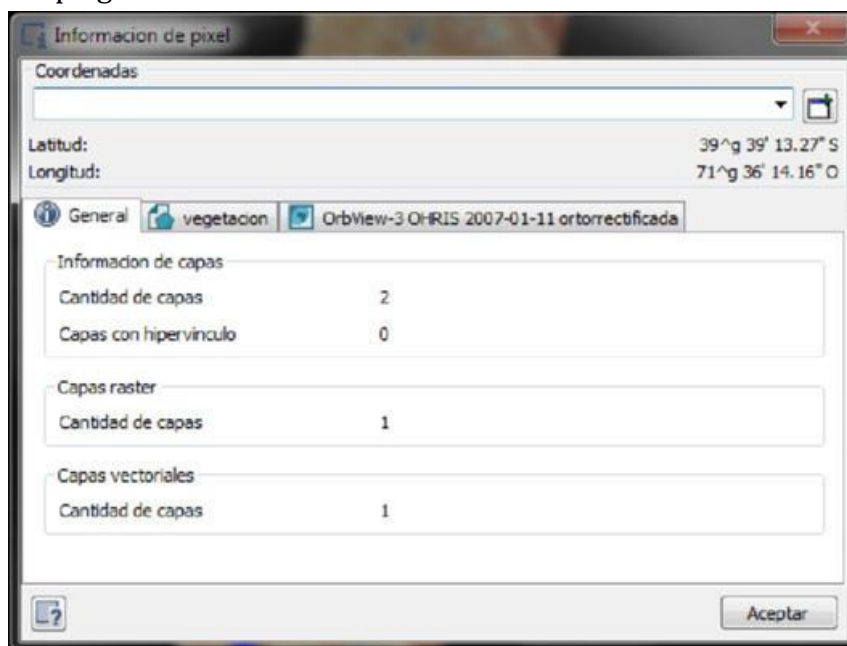




Figura 4.2. Información de píxel.

4.1.5 Navegar

Esta herramienta se dirige a la ubicación solicitada, y la muestra centrada en una cruceta central sobre el visualizador activo. Se compone de una sola función.

 **Navegar** - Se dirige a la ubicación solicitada en el visualizador activo.

La herramienta abre una ventana de control (ver **2.6 Ventanas de control**) en el extremo inferior izquierdo de la pantalla, en la que deben ingresarse los pares de coordenadas según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico elegido, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas).

 Puede utilizarse conjuntamente con otras herramientas a fin de ubicar precisamente puntos de mensura (ver **4.1.6 Medición rápida**) o nodos vectoriales (ver **4.3.1 Edición vectorial**).


4.1.6 Medición rápida

Esta herramienta permite realizar mediciones de distancias y superficies sobre el visualizador activo. Se compone de una sola función.

 **Medición rápida** - Permite medir sobre la vista.


La herramienta abre una ventana de control (ver **2.6 Ventanas de control**) en el extremo inferior izquierdo de la pantalla, en la que deben seleccionarse el tipo de medición (distancia o superficie/perímetro) y las unidades respectivas (metros, kilómetros o millas para distancia/perímetro y metros cuadrados, hectáreas o kilómetros cuadrados para áreas).


La medición se realiza interactuando con el puntero sobre la vista. Con el botón izquierdo del puntero se generan los puntos de mensura, para dibujar las líneas o polígonos de medición. El botón derecho cierra la medición. Las mediciones realizadas pueden guardarse como una nueva capa temática vectorial, en formato ESRI Shapefile (SHP, extensiones .shp/.dbf/.shx/.prj) o eliminarse.


 Puede utilizarse conjuntamente con la herramienta interactiva de navegación (ver **4.1.5 Navegar**), para ubicar los puntos de mensura precisamente a partir del ingreso de pares de coordenadas.

4.1.7 Creación de mapas

Esta tarea permite generar mapas con información de referencia, escala, indicador de norte geográfico y grilla de coordenadas, de acuerdo al visualizador activo. Se compone de tres botones de control y un selector desplegable.

 **Mostrar referencias** - Muestra información de referencia según las capas ráster o vectoriales desplegadas (incluyendo estilos vectoriales temáticos).

 **Mostrar escala** - Muestra una escala (en metros o kilómetros) de acuerdo a la extensión de la vista.

 **Mostrar norte** - Muestra un indicador del norte geográfico.

Grilla - Permite seleccionar una grilla de referencia, con diferentes opciones de espaciado (1, 2, 5, 10, 20 y 30 grados).

4.1.8 Capturar vista

Esta herramienta captura la vista actual del visualizador activo y la guarda en un archivo ráster. Se compone de una sola función.

 **Capturar vista** - Captura la vista actual del visualizador activo en un archivo ráster.

Además de la configuración de los parámetros de salida, la herramienta permite la definición de márgenes y título o subtítulo para la imagen. La salida admite archivos entre los siguientes formatos gráficos: BMP, GIF, JPEG, PNG y TIFF/GeoTIFF.

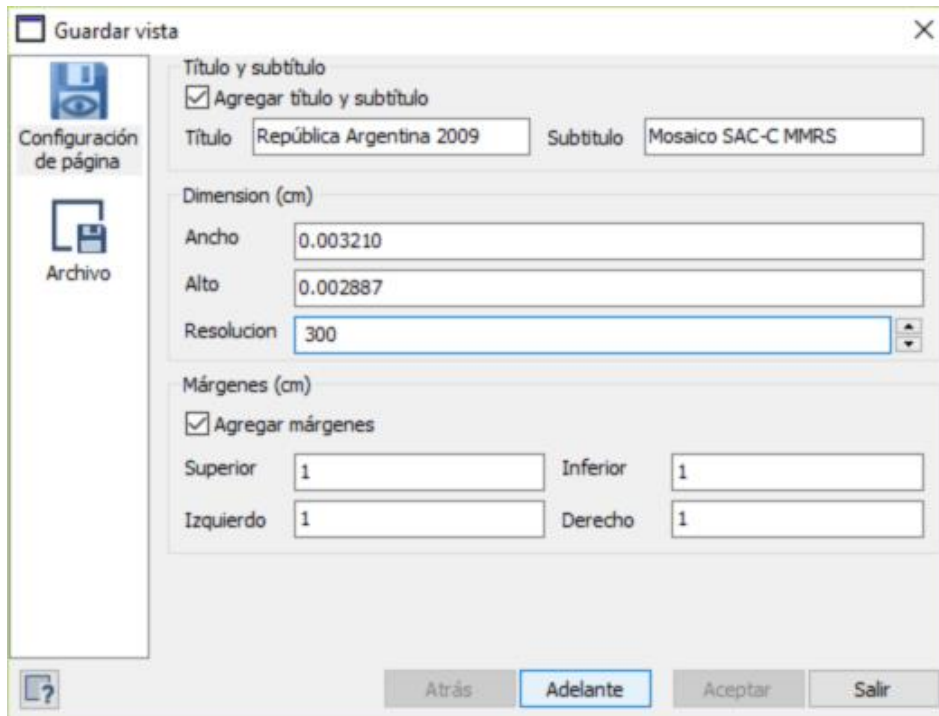



Figura 4.3. Opciones de capturar vista.

4.2 Tratamiento ráster

Agrupar las herramientas de tratamiento básico para capas temáticas ráster. La cadena de procesos típica abarca la selección de una o varias capas ráster en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso a la herramienta, la configuración de parámetros específicos de ésta, la selección espectral y el recorte espacial de la imagen de entrada, y la elección de opciones para el archivo de salida.

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

 En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

4.2.1 Apilar bandas

Permite apilar bandas concordantes entre las capas ráster seleccionadas y ordenarlas, para generar una nueva imagen multibanda. Esta herramienta posee además opciones de recorte espacial y enmascarado (ver **4.2.2 Recorte/Máscara**).

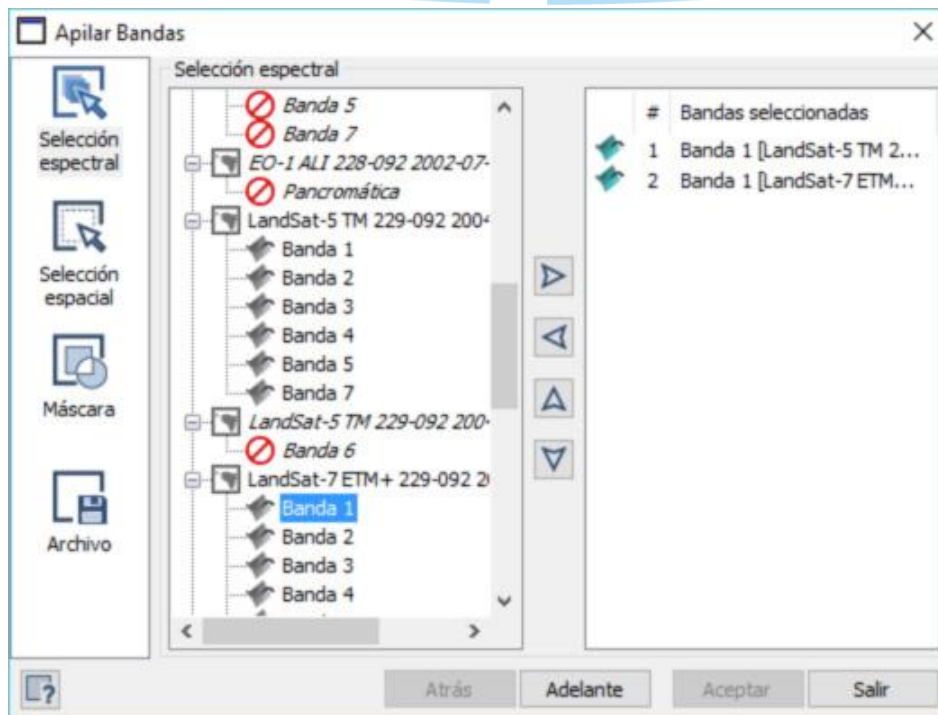


Figura 4.4. Herramienta de apilado de bandas.

⊘ Es preciso que las bandas a ser apiladas pertenezcan a imágenes que posean concordancia espacial (misma cantidad de líneas y píxeles), radiométrica (mismo tipo de dato) y geográfica (mismo sistema de referencia geodésico) entre sí.

4.2.2 Recorte/Máscara

Esta herramienta permite realizar un recorte espacial y/o aplicar una máscara sobre una capa ráster y guardar el resultado en una nueva. La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser recortadas y/o enmascaradas.

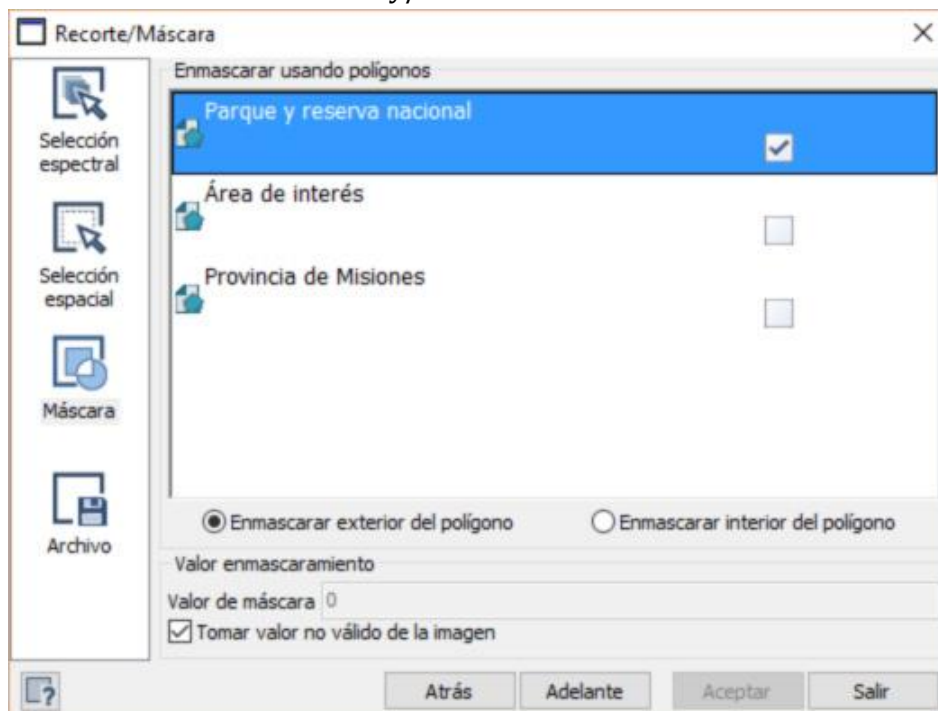




Figura 4.5. Opciones de enmascarado.

La máscara se define a partir de alguna de las coberturas vectoriales poligonales cargadas en el proyecto. Puede elegirse enmascarar la superficie interna o externa a las geometrías poligonales y el valor de enmascaramiento (con la opción de utilizar el valor no válido de la imagen original, en caso de estar especificado).

 La capa poligonal utilizada para definir la máscara debe poseer el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser enmascarada.

4.2.3 Escalado espacial

Permite generar una nueva capa ráster a partir de la modificación de los parámetros del modelo ráster de la imagen seleccionada. Esto puede hacerse mediante la definición de dimensiones del ráster de salida, sea la cantidad de píxeles y líneas, o el tamaño absoluto del píxel, o bien especificando un factor de conversión entre éste y el de entrada. Además, puede optarse por mantener la relación de aspecto entre el alto y el ancho del píxel de entrada en el de salida.

 Como método de remuestreo, SoPI utiliza interpolación por vecino más cercano (NN, de *nearest neighbor*).

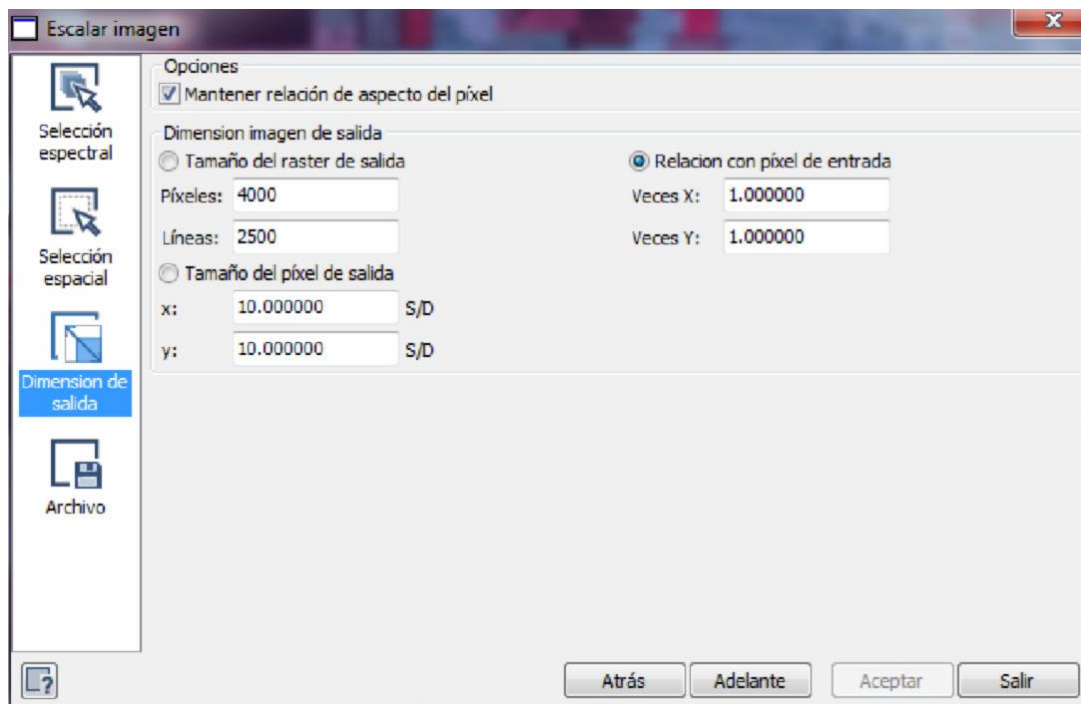


Figura 4.6. Opciones de escalado espacial.

4.2.4 Calcular estadísticas globales

Calcula las variables estadísticas definidas por el usuario sobre la imagen seleccionada. Los cálculos posibles son los parámetros básicos como el máximo, el mínimo, la media y el desvío estándar para cada banda, los parámetros de correlación entre bandas expresados como matrices de correlación y de covarianza, y el histograma por banda. Los resultados pueden expresarse en cantidad de píxeles o como superficies (de acuerdo a la unidad establecida en el modelo geográfico de la capa ráster).

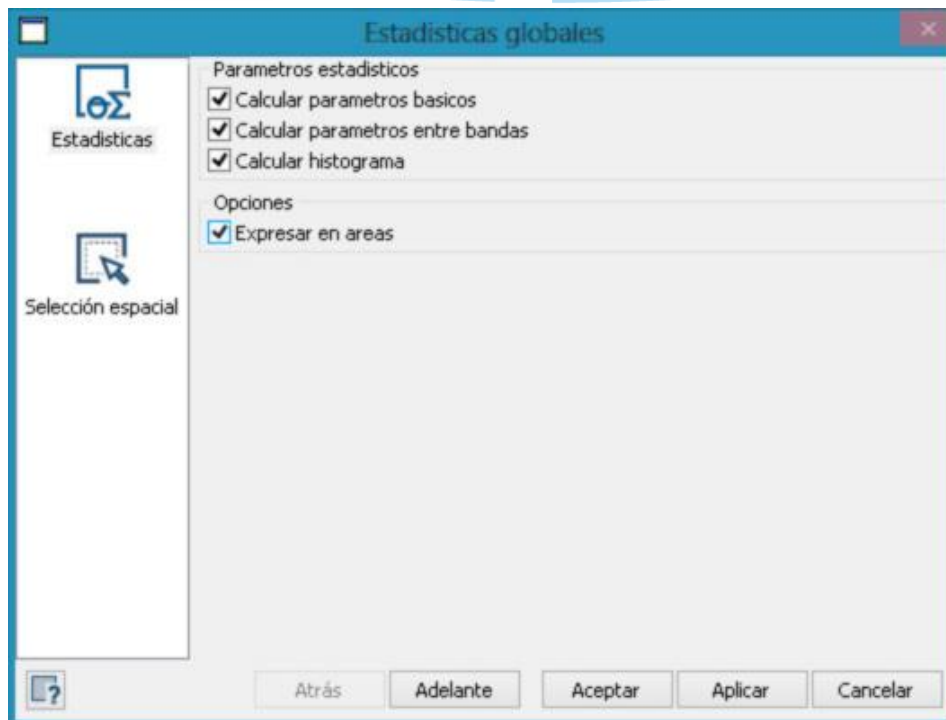


Figura 4.7. Parámetros estadísticos calculables en SoPI.

Como resultado, SoPI despliega un informe. El mismo puede ser guardado como archivo de texto con valores separados por comas (CSV, extensión .csv), planilla de Microsoft Excel (XLS, .xls) o documento HyperText Markup Language (HTML, .htm).

4.3 Tratamiento vectorial

Agrupar las herramientas de tratamiento básico para capas temáticas vectoriales, que permiten generar, seleccionar, consultar, editar y eliminar geometrías y atributos de coberturas vectoriales de tipos puntual, lineal y poligonal, y asimismo realizar operaciones topológicas. La cadena de procesos típica abarca la selección de una o varias capas a ser tratadas (ver **2.3 Árbol de capas**), la configuración de parámetros específicos de la herramienta y la elección de opciones para el archivo de salida. Las capas vectoriales nuevas son guardadas en formato ESRI Shapefile (SHP, extensiones .shp/.dbf/.shx/.prj).

4.3.1 Edición vectorial

Permite editar interactivamente capas vectoriales y sus correspondientes tablas de atributos. Se pueden editar coberturas existentes en el proyecto, seleccionándolas de a una por vez desde el árbol de capas, o también generar nuevas. Además, es posible seleccionar una o varias geometrías dentro de una capa. Esta tarea se compone de once botones en la barra de herramientas, y una ventana para edición y consulta de atributos.



Crear vector puntual - Genera una nueva cobertura vectorial de puntos.



Crear vector lineal - Genera una nueva cobertura vectorial de polilíneas.



Crear vector poligonal - Genera una nueva cobertura vectorial de polígonos.



Seleccionar geometría - Selecciona una geometría dentro de la respectiva capa vectorial.



Iniciar - Inicia la edición vectorial.



Detener - Detiene la edición y guarda los cambios.

Una vez seleccionada o creada la cobertura vectorial, se inicia la tarea con el botón de inicio. Al iniciarla, se activan los botones para la edición de geometrías y se despliega en el área de visualización la ventana de edición para la tabla de atributos. Al detener la tarea, se oculta la ventana y se guardan los cambios.

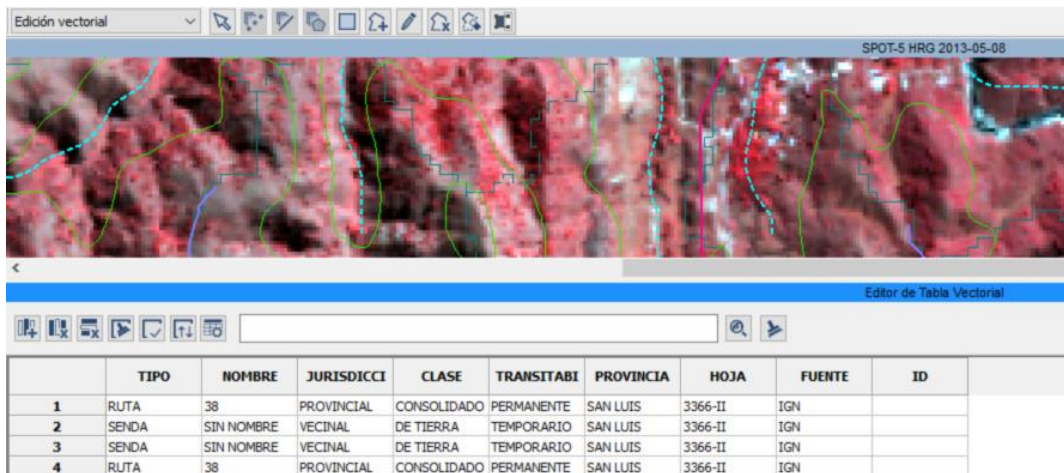


Figura 4.8. Edición de geometrías y atributos vectoriales.

En el caso de que haya más de un visualizador desplegado al iniciar la edición vectorial, SoPI cierra todos los visualizadores excepto el activo.

Edición de geometrías

La edición de geometrías vectoriales se realiza interactuando con el puntero sobre la vista, y a partir de cinco botones de control en la barra de herramientas.

- Crear geometría** - Genera un nuevo elemento vectorial.
- Modificar geometría** - Permite modificar el elemento vectorial seleccionado.
- Eliminar geometría** - Elimina el elemento vectorial seleccionado.
- Eliminar nodo** - Permite eliminar nodos del elemento vectorial seleccionado.
- Autoensamblado** - Activa el autoensamblado y ofrece las opciones correspondientes.

Con el botón izquierdo del puntero se generan nodos, para digitalizar puntos, líneas o polígonos. El botón derecho cierra la geometría. Doble clic selecciona un elemento.

La edición de geometrías puede realizarse conjuntamente con la herramienta interactiva de navegación (ver **4.1.5 Navegar**), para ubicar los nodos vectoriales precisamente a partir del ingreso de pares de coordenadas.

Autoensamblado

El autoensamblado (*snapping*) ajusta automáticamente las geometrías generadas para que coincidan con otras ya existentes en la capa vectorial editada.

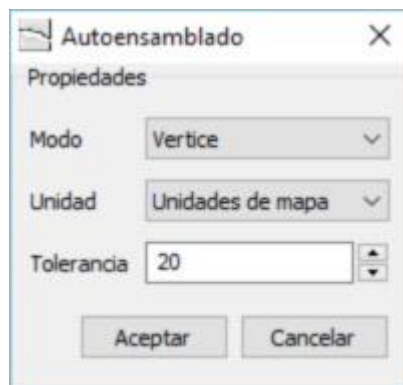











Figura 4.9. Opciones de autoensamblado.

El criterio de autoensamblado indica si el ajuste se realiza con respecto a vértices, segmentos o ambos. La tolerancia, es decir la precisión mínima necesaria para que el nuevo nodo sea ajustado al vértice o segmento existente más cercano, se indica con un número entero de píxeles de la capa ráster base o de unidades de su sistema de referencia geoespacial.


-  Una tolerancia igual a 0 suspende efectivamente el autoensamblado.

Edición de tabla de atributos

La edición, selección y consulta de campos y registros en la tabla de atributos correspondiente se realiza interactuando con la ventana de edición correspondiente. Esta posee nueve botones más un campo de búsqueda.

-  **Crear campo** - Genera un nuevo campo en la tabla de atributos.
-  **Eliminar campo** - Elimina el campo seleccionado en la tabla.
-  **Eliminar registro** - Elimina el registro seleccionado y la geometría asociada.
-  **Seleccionar todos los registros** - Selecciona todos los registros desplegados en la ventana de edición.
-  **Invertir selección de registros** - Invierte la selección de registros.
-  **Limpiar selección de registros** - Limpia la selección de registros.
-  **Buscar atributos** - Consulta los atributos de la tabla de acuerdo a los valores o criterios en el campo de búsqueda.
-  **Crear consulta avanzada de atributos** - Abre la ventana para armado de consultas avanzadas sobre la tabla de atributos.
-  **Limpiar consulta de atributos** - Limpia el campo de búsqueda para la consulta de atributos.

En el campo de búsqueda puede indicarse un valor (sean numérico o una cadena de texto) o criterio para consultar la tabla de atributos. Los registros que se ajusten al valor o cumplan con el criterio indicado se muestran en la misma ventana de edición, desde donde se pueden seleccionar, eliminar o editar.

 Al eliminar un registro, la respectiva geometría es eliminada automáticamente, y viceversa.

Calculadora de campos

Se pueden crear campos numéricos reales (ver **3.2.2 Capas vectoriales**) que registran valores calculados mediante operaciones aritméticas, funciones de varios tipos y operadores comparativos o lógicos que vinculan otros campos numéricos con valores ya registrados. Se deben ingresar las operaciones matemáticas, y definir las variables ingresando *c_<número de campo>*. SoPI admite una gran diversidad de expresiones matemáticas.

Operación	Sintaxis	Ejemplo
Aritmética		
Suma	+	$1+2 = 3$
Resta	-	$3-1 = 2$
Multiplicación	*	$2*3 = 6$
División	/	$3/4 = 0,75$
Potencia	^	$2^3 = 8$
Raíz cuadrada	<i>sqrt</i>	$sqrt(9) = 3$
Función		
Módulo	<i>abs</i>	$abs(-1) = 1$
Redondeo al entero más próximo	<i>rint</i>	
Exponencial de e	<i>exp</i>	
Logaritmo decimal	<i>log</i>	
Logaritmo en base 2	<i>log2</i>	
Logaritmo natural	<i>ln</i>	
Seno	<i>sin</i>	
Coseno	<i>cos</i>	
Tangente	<i>tan</i>	
Arcoseno	<i>asin</i>	
Arcocoseno	<i>acos</i>	
Arcotangente	<i>atan</i>	
Comparación		
Igual	==	
Menor	<	
Mayor	>	
Menor o igual	<=	
Mayor o igual	>=	
Lógica		
y (<i>and</i>)	&&	
o (<i>or</i>)		

Tabla 4.1. Operaciones para calculadora de campos.


Para las funciones trigonométricas, los ángulos se expresan en grados decimales. Para las operaciones comparativas o lógicas, la salida es 1 para verdadero y 0 para falso.

Creación de consultas avanzadas

Una consulta avanzada permite limitar la visualización de los registros en la tabla de atributos a aquellos que cumplan con criterios complejos. Para facilitar la programación de consultas, la ventana muestra una lista de campos y botones con las operaciones posibles. Hay varias expresiones admitidas, tanto comparativas como lógicas.

Operación	Sintaxis
Comparación	
Igual	=
Desigual	!=
Menor	<
Mayor	>
Lógica	
y (<i>and</i>)	AND
o (<i>or</i>)	OR

Tabla 4.2. Operadores para consulta avanzada.

 Los nombres de los campos y los valores deben escribirse entre comillas simples (') en las búsquedas.

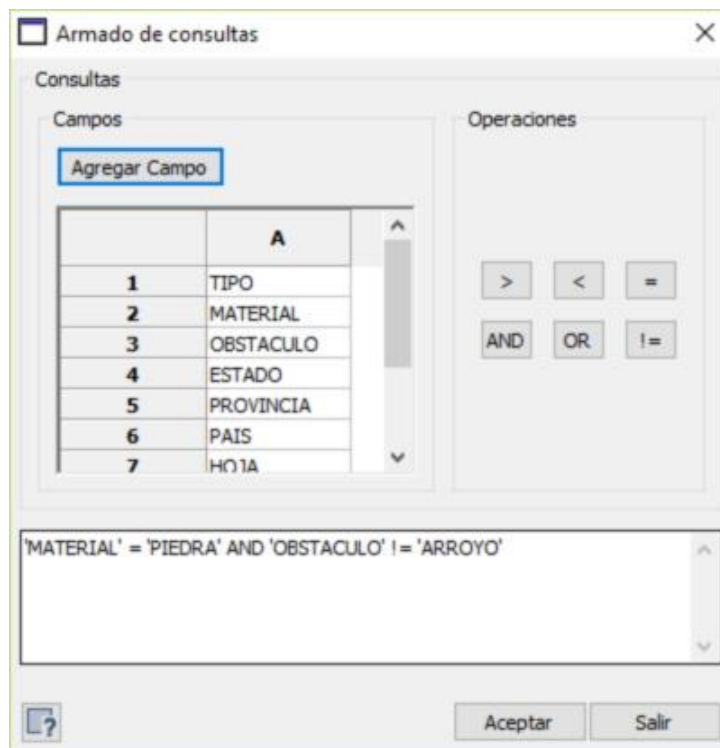


Figura 4.10. Programación de consultas avanzadas.

4.3.2 Operaciones topológicas

Las operaciones topológicas permiten crear nuevas capas vectoriales a partir de una seleccionada en el árbol de capas y otra de tipo poligonal elegida desde un selector desplegable. SoPI admite tres operaciones vectoriales diferentes: intersección, recorte y unión.

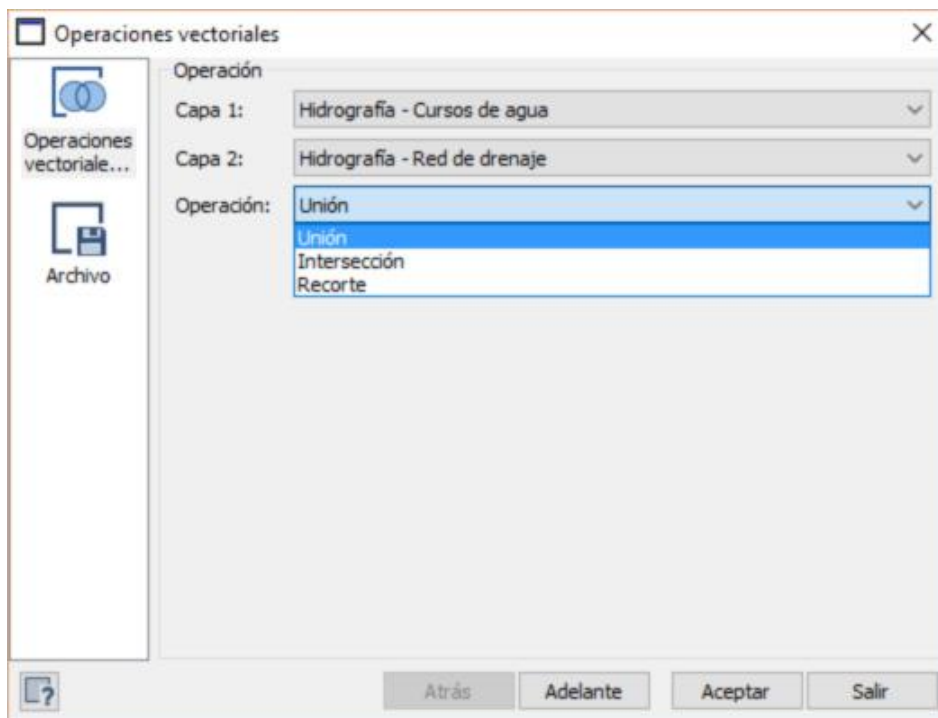


Figura 4.11. Operaciones topológicas en SoPI.

- ⚠ Las geometrías resultantes conservarán preferentemente los atributos de la tabla correspondiente a la capa seleccionada en el árbol de capas.
- ⊘ Las capas a relacionarse deben poseer el mismo sistema de referencia geodésico.

Intersección

Calcula la intersección entre las geometrías de la capa seleccionada en el árbol de capas y polígonos en otra. Genera una cobertura del mismo tipo de la seleccionada originalmente.

Recorte

Recorta las geometrías de la capa seleccionada en el árbol de capas a partir de polígonos en otra. Genera una cobertura del mismo tipo de la seleccionada originalmente.

- ⊘ No pueden ser generadas por recorte capas poligonales con huecos, ya que SoPI no las admite.

Unión

Permite unir los polígonos de la capa seleccionada en el árbol de capas con los de otra capa. Genera una cobertura de tipo poligonal. En el caso de que exista superposición entre geometrías de ambas capas poligonales a ser unidas, se generan nuevos polígonos para las intersecciones, que además son recortados de las geometrías originales.

4.3.3 Fusión

Permite fusionar dos o más capas vectoriales del mismo tipo y elegir qué atributos se conservan en la tabla de salida. Genera una nueva cobertura del mismo tipo de las seleccionadas.

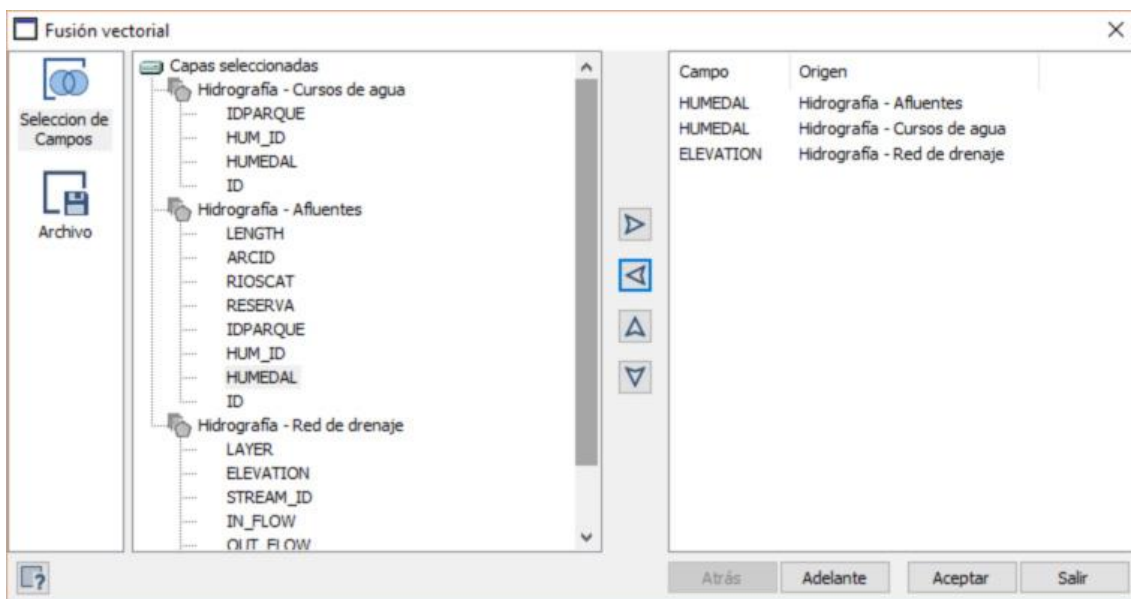


Figura 4.12. Fusión vectorial.



Las capas a fusionarse deben poseer el mismo sistema de referencia geodésico.

4.3.4 Búfer

Esta herramienta realiza el cálculo de zonas de búfer alrededor de la capa vectorial seleccionada. Genera una nueva cobertura de tipo poligonal.

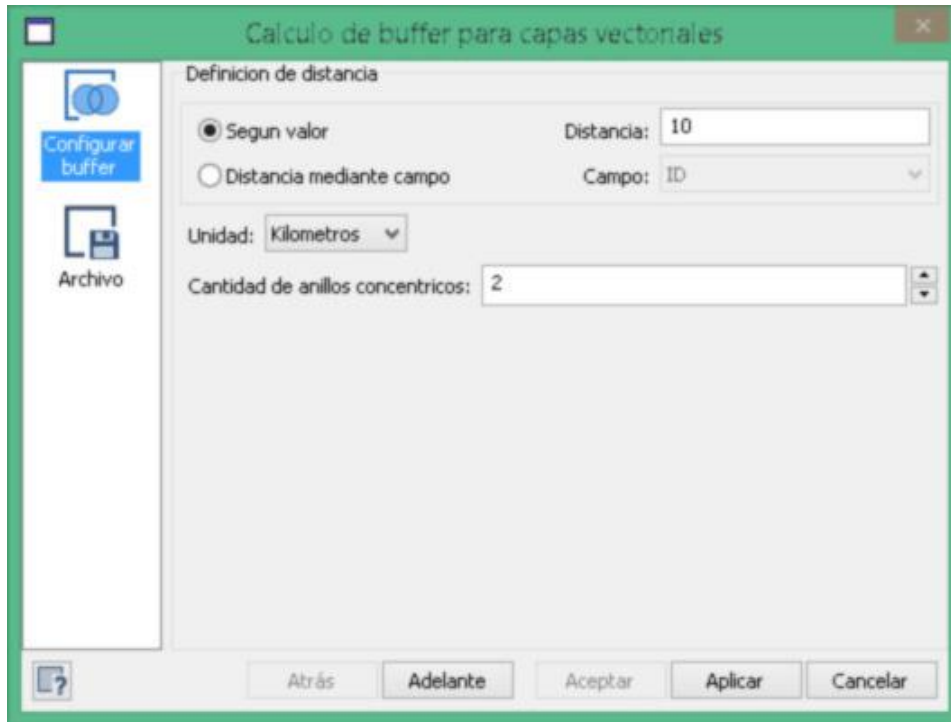


Figura 4.13. Parámetros para cálculo de búfer.

Puede ingresarse una distancia o tomarse desde un campo en la tabla de atributos de la misma capa, seleccionarse la unidad de medida y elegirse la cantidad de polígonos concéntricos.

5 PROCESAMIENTO

El procesamiento digital de imágenes comprende procesos en el dominio espacial, procesos en el dominio espectral y procesos de clasificación. Todos se acceden desde el menú **Procesamiento** en el menú principal (ver **2.1 Menú principal**).

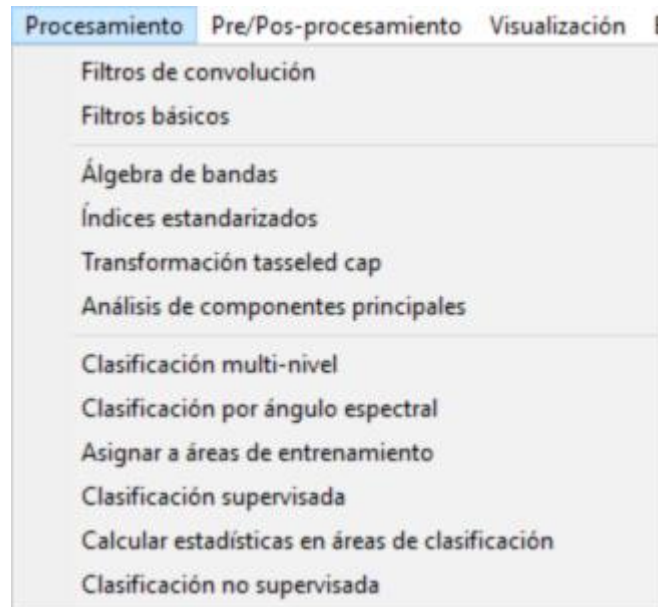




Figura 5.1. Menú de procesamiento en SoPI.

La mayoría de las funciones se inicia seleccionando una capa temática ráster en el árbol de capas e indicando el proceso.


 Por su rendimiento superior, se recomienda fuertemente seleccionar el modo Imagen para realizar procesamiento digital de imágenes.

5.1 Procesos espaciales

Agrupar el conjunto de operaciones matemáticas que aplican al dominio espacial de la imagen, entre los valores de número digital (DN, de *digital number*) de cada banda, pero sin afectar el dominio espectral de ésta. La cadena de procesos típica abarca la selección de una capa ráster en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso, la configuración de parámetros específicos de éste, la selección espectral y el recorte espacial de la imagen de entrada, y la elección de opciones para el archivo de salida.

 Como método de remuestreo en todos los procesos, SoPI utiliza interpolación por vecino más cercano (NN, de *nearest neighbor*).

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

 En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

5.1.1 Filtros de convolución

Los filtros espaciales de convolución operan bajo una ventana móvil que recorre espacialmente la imagen original en su totalidad. Para cada ubicación de esta ventana móvil, se aplica sobre los píxeles abarcados por ésta una matriz con coeficientes determinados y el resultado del cálculo reemplaza al píxel central de la ventana en la imagen filtrada (para matrices de lados impares), o al inmediatamente abajo y a su derecha (para matrices de lados pares). Dependiendo de la simetría de la matriz, se distingue entre filtros direccionales, que privilegian características en cierta orientación, y no direccionales, que son isotrópicos.

Este proceso permite elegir un tamaño de núcleo (cuadrado) y una multiplicidad (cantidad) de matrices, editar sus coeficientes y asignar valores nominales (por el que se dividen todos los coeficientes) para cada una.

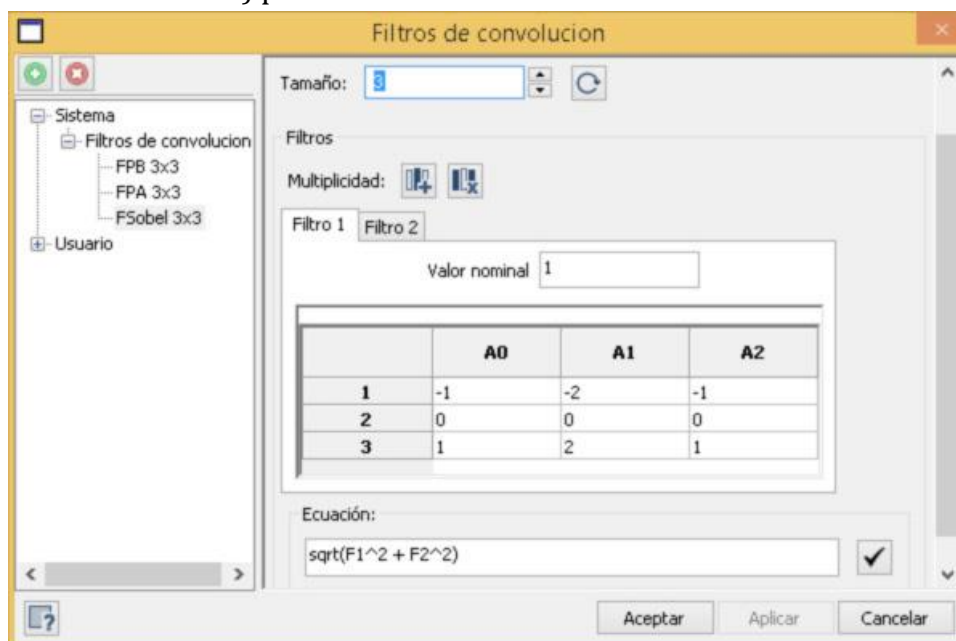


Figura 5.2. Definición de filtros de convolución.

Se pueden combinar las matrices definidas mediante operaciones aritméticas y la función módulo. SoPI admite varias expresiones matemáticas.

Operación	Sintaxis	Ejemplo
Aritmética		
Suma	+	$1+2 = 3$
Resta	-	$3-1 = 2$
Multiplicación	*	$2*3 = 6$
División	/	$3/4 = 0,75$
Potencia	^	$2^3 = 8$
Raíz cuadrada	<i>sqrt</i>	$sqrt(9) = 3$
Función		
Módulo	<i>abs</i>	$abs(-1) = 1$

Tabla 5.1. Operaciones entre matrices de convolución.

La flexibilidad y la robustez del proceso posibilitan la generación y aplicación de múltiples filtros, tanto direccionales como no direccionales¹⁰. Cada filtro generado y guardado queda disponible en la biblioteca de matrices de convolución (ver **3.3.3 Bibliotecas de procesos**).

5.1.2 Filtros básicos

Este proceso permite aplicar filtros espaciales básicos previamente definidos. Simplemente debe seleccionarse el tipo de filtro y, si es pertinente, la dimensión de su matriz.

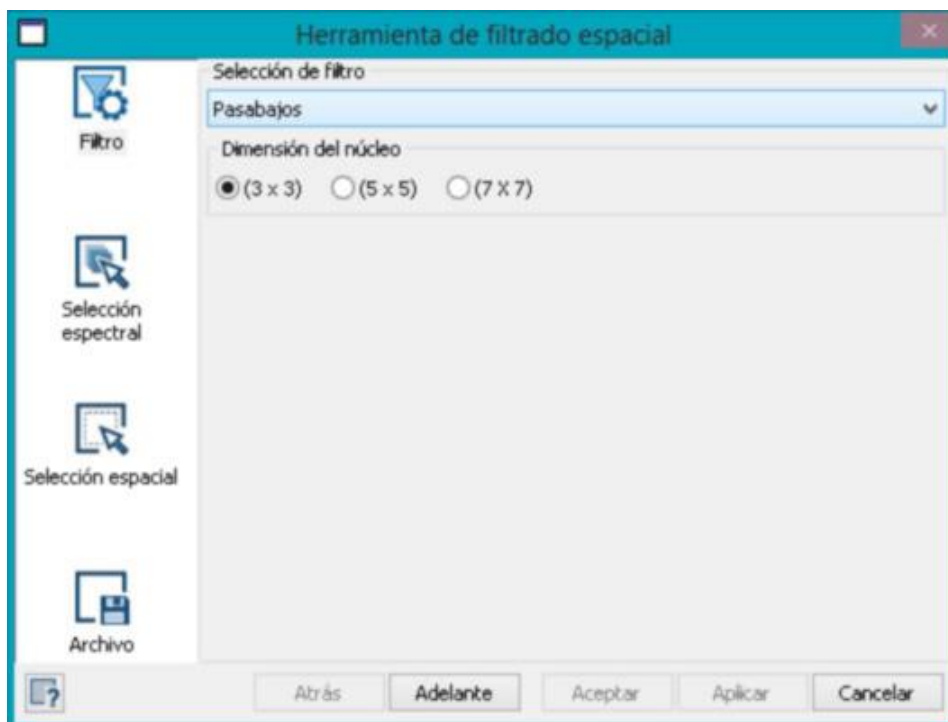


Figura 5.3. Filtrado espacial básico.

¹⁰ Haralick, Robert M.; Sternberg, Stanley R. & Zhuang, Xinhua. 1987.

Image Analysis Using Mathematical Morphology.

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), vol. PAMI-9 (issue 4): pp. 532-550; July 1987.

ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4767941

El proceso de filtrado básico en SoPI incluye tres tipos de filtros espaciales.

Filtros pasa-bajos

Los filtros de pasa-bajos (LPF, de *low-pass filter*) promedian los valores de cada píxel con sus adyacentes en la matriz. Estos filtros sirven para suavizar las imágenes, y se utilizan comúnmente para atenuar el ruido presente en éstas, a costa de cierta pérdida de nitidez.

Filtro de promedio con matriz cuadrada

SoPI admite matrices cuadradas (*box*) con núcleos de tamaño configurable: de 3 x 3, 5 x 5 o 7 x 7, con valores nominales tales que la sumatoria de los coeficientes sea unitario.

$$\begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix}$$

Figura 5.4. Matriz cuadrada de 3 x 3 para filtro de promedios.

Filtros pasa-altos

Los filtros de pasa-altos (HPF, de *high-pass filter*) resaltan las variaciones de valor entre cada píxel y sus adyacentes en la matriz. Estos filtros sirven para enfocar detalles en las imágenes, y se utiliza comúnmente para discriminar entre zonas heterogéneas y homogéneas en éstas, a costa de aumentar la percepción de ruido.

Filtro Laplaciano con matriz cuadrada

SoPI admite matrices cuadradas (*box*) con núcleos de tamaño configurable: de 3 x 3, 5 x 5 o 7 x 7, con valores nominales tales que la sumatoria de los coeficientes sea nulo.

$$\begin{pmatrix} -1/9 & -1/9 & -1/9 \\ -1/9 & 8/9 & -1/9 \\ -1/9 & -1/9 & -1/9 \end{pmatrix}$$

Figura 5.5. Matriz cuadrada de 3 x 3 para filtro Laplaciano.

Filtros complejos para detección de bordes

Los filtros complejos para detección de bordes resaltan fuertemente las variaciones de valor entre cada píxel y sus adyacentes en la matriz, en diferentes direcciones y combinan los resultados. Estos filtros sirven para realzar gradientes en las distintas componentes espaciales de las imágenes, y se utiliza comúnmente para detectar fronteras o bordes entre zonas con diferentes características.

Filtro de Sobel-Feldman

El filtro de Sobel-Feldman¹¹ se trata de una operación entre dos filtros direccionales en las componentes horizontal y vertical, con matrices de 3 x 3.

$$G_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad G_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Figura 5.6. Expresión para filtro de Sobel-Feldman.

Generalmente se considera que el píxel pertenece a un borde si el resultado (G) es mayor a cierto umbral.

5.2 Procesos espectrales

Agrupar el conjunto de operaciones matemáticas que aplican al dominio espectral de la imagen, es decir que se efectúan entre las bandas y sobre los valores de número digital (DN, de *digital number*) contenidos en los píxeles coincidentes, pero sin afectar el dominio espacial de ésta. La cadena de procesos típica abarca la selección de una capa ráster en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso, la configuración de parámetros específicos de éste, el recorte espacial de la imagen de entrada y la elección de opciones para el archivo de salida.


La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

¹¹ Sobel, Irwin & Feldman, Gary. 1968.

A 3 x 3 Isotropic Gradient Operator for Image Processing.

Stanford Artificial Intelligence Project (SAIL); 1968.

www.researchgate.net/publication/239398674_An_Isotropic_3_3_Image_Gradient_Operator

 En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

5.2.1 Álgebra de bandas

El álgebra de bandas comprende la posibilidad de generar nuevas bandas calculadas mediante operaciones aritméticas, funciones de varios tipos y operadores comparativos o lógicos que vinculan los valores de DN entre los píxeles correspondientes de las distintas bandas de una imagen.

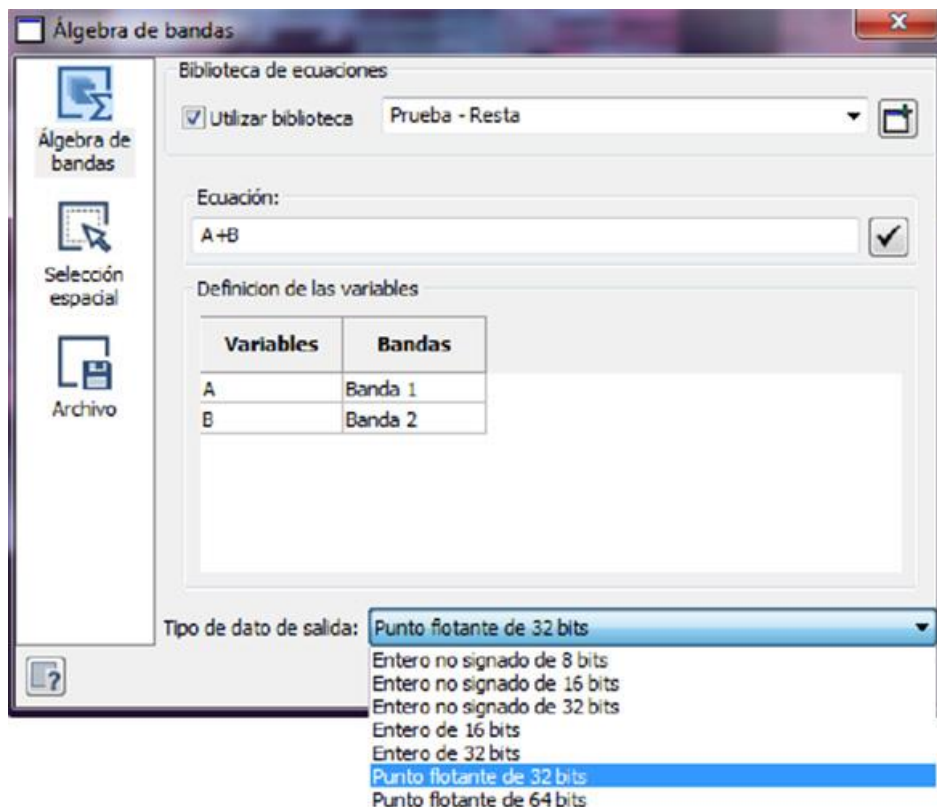



Figura 5.7. Álgebra de bandas en SoPI.

Se deben ingresar las operaciones matemáticas, definir las variables y especificar el tipo de dato de salida (ver 3.2.1 Capas ráster). SoPI admite una gran diversidad de expresiones matemáticas.

Operación	Sintaxis	Ejemplo
Aritmética		
Suma	+	$1+2 = 3$
Resta	-	$3-1 = 2$
Multiplicación	*	$2*3 = 6$
División	/	$3/4 = 0,75$
Potencia	^	$2^3 = 8$
Raíz cuadrada	<i>sqrt</i>	$sqrt(9) = 3$
Función		
Módulo	<i>abs</i>	$abs(-1) = 1$
Redondeo al entero más próximo	<i>rint</i>	
Exponencial de e	<i>exp</i>	
Logaritmo decimal	<i>log</i>	
Logaritmo en base 2	<i>log2</i>	
Logaritmo natural	<i>ln</i>	
Seno	<i>sin</i>	
Coseno	<i>cos</i>	
Tangente	<i>tan</i>	
Arcoseno	<i>asin</i>	
Arcocoseno	<i>acos</i>	
Arcotangente	<i>atan</i>	
Comparación		
Igual	==	
Menor	<	
Mayor	>	
Menor o igual	<=	
Mayor o igual	>=	
Lógica		
y (<i>and</i>)	&&	
o (<i>or</i>)		

Tabla 5.2. Operaciones para álgebra de bandas.

Para las funciones trigonométricas, los ángulos se expresan en grados decimales. Para las operaciones comparativas o lógicas, la salida es 1 para verdadero y 0 para falso.

 Debe elegirse un tipo de dato adecuado para la salida, a fin de evitar la pérdida de precisión o desbordamientos (*overflow* o *underflow*) en el resultado.

La flexibilidad y la robustez del proceso permiten la generación y aplicación de múltiples índices, que sirven para resaltar diferencias y coincidencias entre las respuestas espectrales de las distintas bandas. Cada ecuación generada y guardada queda disponible en la biblioteca de ecuaciones (ver **3.3.3 Bibliotecas de procesos**).

5.2.2 Índices estandarizados

Este proceso permite realizar cálculos matemáticos estandarizados para determinar diferentes materiales o componentes ambientales en una capa ráster. Simplemente debe seleccionarse el índice requerido y definir las bandas correspondientes.

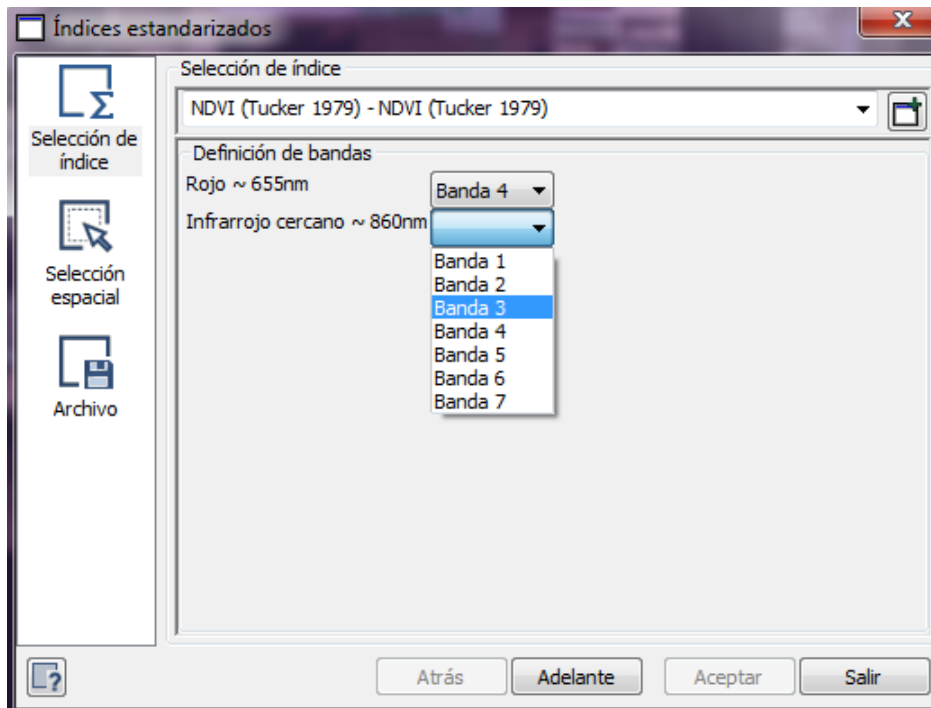


Figura 5.8. Opciones de índices estandarizados.

El proceso de índices estandarizados en SoPI incluye dos tipos de índices.

Índices de vegetación

Se trata de índices para la evaluación de la vegetación presente en la imagen.

NDVI

El índice de vegetación con diferencia normalizada (NDVI, de *Normalized Difference Vegetation Index*)¹² se define:

$$\text{NDVI} = \frac{(\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{Rojo}})}{(\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{Rojo}})}$$

Figura 5.9. Cálculo de NDVI.

Donde ρ_{NIR} es la reflectancia en el sensor de la banda en el infrarrojo cercano (centrada preferentemente entre los 750-900 nanómetros) y ρ_{Rojo} la correspondiente a la banda roja. El resultado está normalizado entre -1 y 1.

El NDVI evalúa simultáneamente la respuesta fotosintética y la estructura celular de la vegetación, generando una buena estimación de variables cuantitativas como la cobertura vegetal, la productividad primaria neta o el índice del área foliar en el píxel. Es uno de los índices más empleados para el estudio de la vegetación a través de sensores remotos.

¹² **Tucker, Compton J. 1979.**

Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, vol. 8 (issue 2): pp. 127-150; May 1979.
www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425779900130

RVI

El índice radar de vegetación (RVI, de *Radar Vegetation Index*)¹³ se define:

$$RVI = \frac{8\sigma_{HV}}{(\sigma_{HH} + \sigma_{VV} + 2\sigma_{HV})}$$

Figura 5.10. Cálculo de RVI.

Donde σ_{HV} , σ_{HH} y σ_{VV} son los respectivos coeficientes de retrodispersión para las componentes polarimétricas HV, HH y VV de imágenes de radar de apertura sintética (SAR, de *Synthetic Aperture Radar*) en banda L.

El RVI es directamente proporcional a la dispersión relativa debida a cilindros delgados orientados al azar, que coincide con la respuesta esperable para la mayoría de los tipos de vegetación. Con valores cercanos a 1 puede inferirse que la biomasa vegetal es dominante en el píxel. Este es uno de los índices más empleados para el estudio de los suelos vegetados mediante SAR.

Índices ambientales

Se trata de índices para la evaluación de diversos componentes o variables ambientales.

NDWI

El índice de agua con diferencia normalizada (NDWI, de *Normalized Difference Water Index*)¹⁴ se define:

$$NDWI = \frac{(\rho_{Verde} - \rho_{NIR})}{(\rho_{Verde} + \rho_{NIR})}$$

Figura 5.11. Cálculo de NDWI.

Donde ρ_{Verde} es la reflectancia en el sensor de la banda verde y ρ_{NIR} la correspondiente a la banda en el infrarrojo cercano (centrada alrededor de los 860 nanómetros). El resultado está normalizado entre -1 y 1.

El NDWI distingue los píxeles con presencia de agua libre en el ambiente (líquida en cuerpos, cursos y cauces), siempre y cuando la respuesta espectral de ésta no se encuentre dominada por sedimentos.

¹³ **Kim, Yunjin & Van Zyl, Jakob. 2004.**

Vegetation effects on soil moisture estimation.

IEEE Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS '04) Proceedings, vol. 2: pp. 800-802; September 2004.

trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/bitstream/2014/40760/1/04-2018.pdf

¹⁴ **McFeeters, Stuart K. 1996.**

The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.

International Journal of Remote Sensing, vol. 17 (issue 7): pp. 1425-1432; April 1996.

www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714

NDMI

El índice de humedad con diferencia normalizada (NDMI, de *Normalized Difference Moisture Index*)¹⁵, originalmente conocido también como Índice de Humedad con Diferencia Normalizada (NDWI, de *Normalized Difference Water Index*)¹⁶ se define:

$$\text{NDMI} = \frac{(\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{SWIR}})}{(\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{SWIR}})}$$

Figura 5.12. Cálculo de NDMI.

Donde ρ_{NIR} es la reflectancia en el sensor de la banda en el infrarrojo cercano (centrada alrededor de los 860 nanómetros) y ρ_{SWIR} la correspondiente a la banda en el infrarrojo de onda corta (centrada alrededor de los 1240 nm). El resultado está normalizado entre -1 y 1.

El NDMI es proporcional al contenido de agua líquida en los tejidos vegetales dentro del píxel, y puede correlacionarse con la humedad del suelo y el agua libre en el ambiente. Es menos sensible a efectos de dispersión atmosférica que el NDWI o NDVI.

5.2.3 Transformación tasseled cap

La transformación *tasseled cap* (TCT, de *Tasseled Cap Transform*)¹⁷ es una técnica de síntesis de información. Se considera a cada píxel de la imagen como un punto definido por sus respectivos valores de número digital (DN, de *digital number*) en las diferentes bandas y representado según un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas. La TCT consiste en una rotación de ejes en este espacio DN, generando hasta n nuevas bandas sintéticas. Estas bandas son independientes entre sí, es decir ortogonales en el (híper) espacio considerado, y preservan la mayoría de la información contenida en las bandas de la capa ráster original, por lo que se las designa como componentes.

¹⁵ Wilson, Emily Hoffhine & Sader, Steven A. 2002.

Detection of forest type using multiple dates of Landsat TM imagery.

Remote Sensing of Environment, vol. 80 (issue 3): pp. 385-396; June 2002.

www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425701003182

¹⁶ Gao, Bo-Cai. 1996.

NDWI - A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space.

Remote Sensing of Environment, vol. 58 (issue 3): pp. 257-266; June 1996.

ceeserver.cee.cornell.edu/wdp2/cee6150/Readings/Gao_1996_RSE_58_257-266_NDWI.pdf

¹⁷ Crist, E. P. & Kauth, R. J. 1986.

The Tasseled Cap de-mystified.

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS), vol. 52 (issue 1): pp. 81-86; January 1986.

www.gis.usu.edu/~doug/RS5750/assign/OLD/PE&RS%2852%291-81.pdf

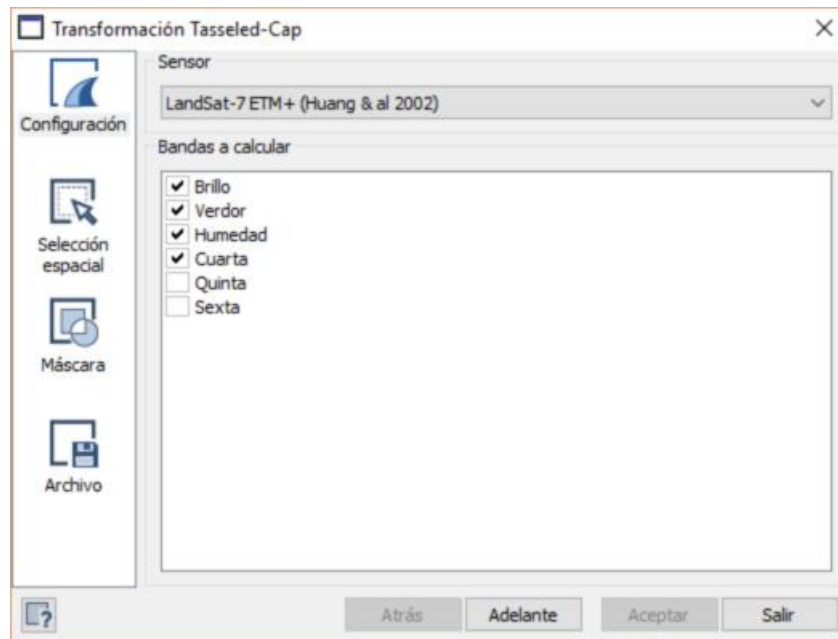


Figura 5.13. Parámetros de TCT para LandSat-7 ETM+.

SoPI permite elegir los componentes a calcular en el proceso.

Este proceso se utiliza para reducir la correlación entre las bandas originales y disminuir la dimensionalidad de los datos contenidos en éstas. Generalmente, se asigna un sentido físico a los primeros componentes (brillo, verdor, humedad, etc.), que representan la mayoría de la varianza espectral de los datos originales.

Matrices de TCT

La rotación de ejes se efectúa a través de una serie de combinaciones lineales de las bandas originales, a partir de una matriz de coeficientes. Los coeficientes de cada componente son estimados para cada sensor a partir del análisis estadístico de un conjunto de datos adquiridos por éste. La aplicación incluye matrices para realizar TCT sobre imágenes provenientes de diversos sensores.

TCT para LandSat-1 MSS

Para el sensor MultiSpectral Scanner (MSS) a bordo del satélite LandSat-1 fue determinada una matriz sobre conjuntos de píxeles de una escena cruda¹⁸. El factor de corrimiento (*offset*) r (de *r-bitrary*) es arbitrario y se propone para evitar que los componentes contengan valores negativos; se recomienda un valor de 32.

¹⁸ **Kauth, R. J. & Thomas, G. S. 1976.**

The Tasseled Cap - A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LandSat.

Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS) Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data Proceedings, paper 159: pp. 4B 41-51; July 1976.

docs.lib.purdue.edu/lars_symp/159

Componente	MSS 4	MSS 5	MSS 6	MSS 7	r
Brillo (<i>Brightness</i>)	0,433	0,632	0,586	0,264	32
Verdor (<i>Greenness</i>)	-0,290	-0,562	0,600	0,491	32
Material amarillo (<i>Yellow stuff</i>)	-0,829	0,522	-0,039	0,194	32
Incomparable (<i>Non-such</i>)	0,223	0,012	-0,543	0,810	32

Tabla 5.3. Matriz de TCT para LandSat-1 MSS.



Esta matriz puede aplicarse sobre imágenes crudas adquiridas con cualquier sensor MSS a bordo de la serie de satélites LandSat (LandSat-1, LandSat-2, LandSat-3, LandSat-4 y LandSat-5).

El componente brillo fue definido en dirección de las variaciones en la iluminación del suelo, mientras que el componente verdor es perpendicular a éste y está asociado a la respuesta espectral de la vegetación verde. El plano definido por estos dos componentes representa la mayoría de la varianza espectral en los datos (típicamente un 95% o más). Los componentes material amarillo e incomparable poseen ciertas cualidades para el diagnóstico de condiciones atmosféricas (el material amarillo tiende a ser inversamente proporcional a la dispersión).

TCT para LandSat-4 TM

Para el sensor Thematic Mapper (TM) a bordo del satélite LandSat-4 fue determinada una matriz sobre conjuntos de escenas crudas y simuladas¹⁹.

Componente	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
Brillo (<i>Brightness</i>)	0,3037	0,2793	0,4743	0,5585	0,5082	0,1863
Verdor (<i>Greenness</i>)	-0,2848	-0,2435	-0,5436	0,7243	0,0840	-0,1800
Humedad (<i>Wetness</i>)	0,1509	0,1973	0,3279	0,3406	-0,7112	-0,4572
Bruma (<i>Haze</i>)	0,8832	-0,0819	-0,4580	-0,0032	-0,0563	0,0130
Quinto (<i>Fifth</i>)	0,0573	-0,0260	0,0335	-0,1943	0,4766	-0,8545
Sexto (<i>Sixth</i>)	0,1238	-0,9038	0,4041	0,0573	-0,0261	0,0240

Tabla 5.4. Matriz de TCT para LandSat-4 TM.

El componente brillo fue definido en dirección de las variaciones en la iluminación del suelo, el componente verdor es perpendicular a éste y está asociado a la respuesta espectral de la vegetación verde, y el componente humedad, perpendicular a los dos primeros, refleja la variación de la misma en los suelos desnudos. El espacio definido por estos tres componentes representa la mayoría de la varianza espectral en los datos (típicamente un 95% o más). Los componentes bruma, quinto y sexto poseen ciertas cualidades para el diagnóstico de condiciones atmosféricas en escenas dominadas por vegetación verde.

¹⁹ Crist, E. P.; Laurin, R. & Cicone R. C. 1986.

Vegetation and soils information contained in transformed Thematic Mapper data.

IEEE Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS '86) Proceedings, vol. 1: pp. 1465-1470; August 1986.

www.ciesin.org/docs/005-419/005-419.html

TCT para LandSat-7 ETM+

Para el sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) a bordo del satélite LandSat-7 fue determinada una matriz sobre un conjunto de escenas calibradas a reflectancia en el sensor²⁰.

Componente	ETM+ 1	ETM+ 2	ETM+ 3	ETM+ 4	ETM+ 5	ETM+ 7
Brillo (<i>Brightness</i>)	0,3561	0,3972	0,3904	0,6966	0,2286	0,1596
Verdor (<i>Greenness</i>)	-0,3344	-0,3544	-0,4556	0,6966	-0,0242	-0,2630
Humedad (<i>Wetness</i>)	0,2626	0,2141	0,0926	0,0656	-0,7629	-0,5388
Bruma (<i>Haze</i>)	0,0805	-0,0498	0,1950	-0,1327	0,5752	-0,7775
Quinta (<i>Fifth</i>)	-0,7252	-0,0202	0,6683	0,0631	-0,1494	-0,0274
Sexta (<i>Sixth</i>)	0,4000	-0,8172	0,3832	0,0602	-0,1095	0,0985

Tabla 5.5. Matriz de TCT para LandSat-7 ETM+.



Esta matriz no debe aplicarse sobre imágenes crudas o con correcciones atmosféricas.

El componente brillo fue definido en dirección de las variaciones en la iluminación del suelo, el componente verdor es perpendicular a éste y está asociado a la respuesta espectral de la vegetación verde, y el componente humedad, perpendicular a los dos primeros, refleja la variación de la misma en los suelos desnudos. El espacio definido por estos tres componentes representa la mayoría de la varianza espectral en los datos (típicamente un 97% o más). Los componentes bruma, quinto y sexto poseen ciertas cualidades para el diagnóstico de condiciones atmosféricas en escenas dominadas por vegetación.

TCT para IKONOS-2 IKONOS

Para el sensor IKONOS a bordo del satélite IKONOS-2 fue determinada una matriz sobre un conjunto de 195 escenas crudas²¹ (con su rango dinámico original, correspondiente a una profundidad de bits de 11 bits).

²⁰ Huang, C.; Yang, Wylie L.; Homer, Collin & Zylstra, G. 2002.

Derivation of a Tasseled Cap transformation based on LandSat-7 at-satellite reflectance.

International Journal of Remote Sensing, vol. 23 (issue 8): pp. 1741-1748; 2002.

digitalcommons.unl.edu/usgsstaffpub/621

²¹ Horne, James H. 2003.

A Tasseled Cap transformation for IKONOS images.

American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS) Annual Conference Proceedings; May 2003.

sgisupport.intergraph.com/resources/sites/SUPPORT/content/live/SUPPORT_FILE/9000/FILE9970/en_US/Tasseled%20Cap%20Transformation%20for%20IKONOS%20Images.zip

Componente	Azul	Verde	Rojo	NIR
Brillo (<i>Brightness</i>)	0,326	0,509	0,560	0,567
Verdor (<i>Greenness</i>)	-0,311	-0,356	-0,325	0,819
Tercero (<i>Third</i>)	-0,612	-0,312	0,722	-0,081
Cuarto (<i>Fourth</i>)	-0,650	0,719	-0,243	-0,031

Tabla 5.6. Matriz de TCT para IKONOS-2 IKONOS.



Se recomienda aplicar esta matriz sobre imágenes con correcciones atmosféricas, o bien sobre imágenes crudas a las que se ha restado a cada banda su valor promedio.

El componente brillo fue definido en dirección de las variaciones en la iluminación del suelo (y es similar a la respuesta de la banda pancromática), mientras que el componente verdor es perpendicular a éste y está asociado a la presencia de vegetación y cultivos (y negativamente correlacionado con la de agua o infraestructura). El plano definido por estos dos componentes representa la mayoría de la varianza espectral en los datos (típicamente un 98%). Los componentes tercero y cuarto poseen ciertas cualidades para una mayor distinción de tipos de vegetación o suelo, aunque suelen poseer alto ruido y baja varianza (respectivamente 1,5% y 0,2%).

TCT para QuickBird-2 BGIS 2000

Para el sensor BGIS 2000 a bordo del satélite QuickBird-2 fue determinada una matriz sobre un conjunto de escenas crudas²² (con su rango dinámico original, correspondiente a una profundidad de bits de 11 bits).

Componente	Azul	Verde	Rojo	NIR
Brillo (<i>Brightness</i>)	0,319	0,542	0,490	0,604
Verdor (<i>Greenness</i>)	-0,121	-0,331	-0,517	0,780
Humedad (<i>Wetness</i>)	0,652	0,375	-0,639	-0,163
Cuarto (<i>Fourth</i>)	0,677	-0,675	-0,163	0,011

Tabla 5.7. Matriz de TCT para QuickBird-2 BGIS 2000.

El componente brillo fue definido en dirección de las variaciones en la iluminación del suelo, el componente verdor es perpendicular a éste y está asociado a la respuesta espectral de la vegetación verde, y el componente humedad, perpendicular a los dos primeros, refleja la variación de la misma en los suelos desnudos. El espacio definido por estos tres componentes representa la mayoría de la varianza espectral en los datos (típicamente un 98% o más).

²² Yarbrough, Lance D.; Easson, Greg & Kuszman, Joel S. 2005.

QuickBird-2 Tasseled Cap transform coefficients: A comparison of derivation method.

American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS) 16th William T. Pecora Memorial Symposium - Global Priorities in Land Remote Sensing Proceedings; October 2005.

www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora16/Yarbrough_L.pdf

5.2.4 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (PCA, de *Principal Component Analysis*)^{23/24} es una técnica estadística de síntesis de información. Se considera a cada píxel de la imagen como un punto definido por sus respectivos valores de número digital (DN, de *digital number*) en las diferentes bandas y representado según un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas. El PCA consiste en una rotación de ejes en este espacio DN, generando hasta n nuevas bandas sintéticas. Estas bandas son independientes entre sí, es decir ortogonales en el (híper) espacio considerado, y preservan la mayoría de la información contenida en las bandas de la capa ráster original, por lo que se las designa como componentes principales. La rotación se efectúa a través de una serie de combinaciones lineales de las bandas originales que maximiza la varianza de los datos contenidos en éstas, siendo cada nuevo componente perpendicular a los anteriores. Las combinaciones lineales se calculan a partir de la matriz de correlación o de la matriz de covarianza de la imagen original.

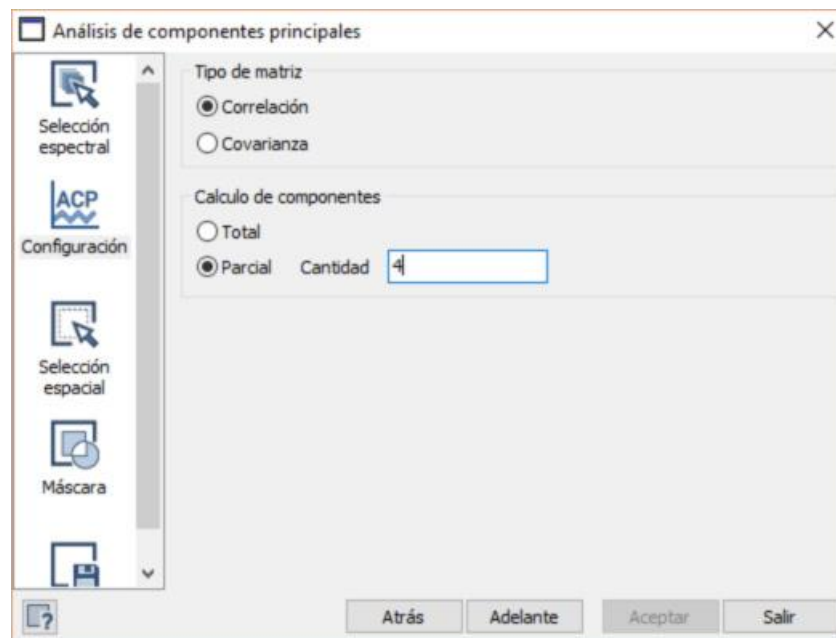


Figura 5.14. Parámetros para PCA en SoPI.

SoPI permite seleccionar el tipo de matriz a emplearse para el cálculo de coeficientes y la cantidad de componentes principales a generar en el proceso. La aplicación despliega un informe junto al resultado, detallando los parámetros estadísticos básicos, las matrices de correlación y covarianza, y los autovalores y autovectores calculados de acuerdo a la matriz elegida. El mismo puede ser guardado como archivo de texto con valores separados por comas (CSV, extensión .csv), planilla de Microsoft Excel (XLS, .xls) o documento HyperText Markup Language (HTML, .htm).

²³ Hotelling, H. 1933 (a).

Analysis of a complex of statistical variables into principal components.

Journal of Educational Psychology, vol 24. (issue 6): pp. 417-441; September 1933.


dx.doi.org/10.1037/h0071325

²⁴ Hotelling, H. 1933 (b).

Analysis of a complex of statistical variables into principal components.

Journal of Educational Psychology, vol 24. (issue 7): pp. 498-520; October 1933.


dx.doi.org/10.1037/h0070888

 En el caso de que la capa ráster a ser analizada posea una cantidad significativa de su superficie sin imagen o con datos no válidos, debe asignarse un valor inválido adecuado para la misma (ver **3.2.1 Capas ráster**) antes de realizar el PCA.

Este proceso se utiliza para reducir la correlación entre las bandas originales y disminuir la dimensionalidad de los datos contenidos en éstas. Generalmente, puede asignarse un sentido físico a los primeros componentes principales, que representan la mayoría de la varianza espectral de los datos originales, mientras que el último componente calculado acumula el ruido presente en la imagen. Es posible orientar esta técnica para la determinación de una variable ambiental o la abundancia relativa de un material^{25/26} seleccionando cuidadosamente las bandas de entrada, y analizando las componentes y los autovalores resultantes de acuerdo a la respuesta espectral del objetivo.

5.3 Clasificaciones

Agrupar el conjunto de procesos de clasificación. En procesamiento digital de imágenes, se entiende por clasificaciones a los diferentes algoritmos de agrupamiento de píxeles según similitudes y diferencias en sus valores de número digital (DN, de *digital number*) para las bandas consideradas y de acuerdo a criterios determinados. Los píxeles así agrupados son separados en diferentes clases. Existen diversos algoritmos de clasificación, de tipo directo o en base a variables estadísticas. La cadena de procesos típica abarca la selección de una capa ráster en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso, la configuración de parámetros específicos de éste, la selección espectral y el recorte espacial de la imagen de entrada, y la elección de opciones para el archivo de salida.

 En el caso de que la capa ráster a ser clasificada posea una cantidad significativa de su superficie sin imagen o con datos no válidos, debe asignarse un valor inválido adecuado para la misma (ver **3.2.1 Capas ráster**) antes de realizar la clasificación.

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

²⁵ **Crósta, Alvaro Penteadó & McMoore, J. M. 1989.**

Enhancement of Landsat Thematic Mapper Imagery for Residual Soil Mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: A Prospecting Case History in Greenstone Belt Terrain.

Environmental Research Institute of Michigan (ERIM) 7th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology Proceedings, vol 1: pp. 1173-1187; October 1989.

²⁶ **Fraser, Stephen James. 1991.**

Discrimination and Identification of Ferric Oxides Using Satellite Thematic Mapper Data: A Newman Case-Study.

International Journal of Remote Sensing (IJRS), vol. 12 (issue 3): pp. 635-641; February 1991.

www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169108929678

⚠ En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

5.3.1 Clasificación directa

En la clasificación directa se emplean criterios simples para delimitar directamente recintos de agrupamiento. El algoritmo asigna cada píxel a una clase o a ninguna, de acuerdo a su pertenencia con respecto a los recintos establecidos.

⚠ Los píxeles que pertenecen a más de un recinto son asignados a la clase de número inferior.

Clasificación multi-nivel

La clasificación multi-nivel agrupa los píxeles que pertenecen a un mismo recinto, delimitado mediante múltiples niveles, que corresponden a intervalos de valores en cada una de las bandas. Cada recinto conforma un (híper) paralelepípedo ortogonal en el espacio DN, un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas en la imagen, donde se representa a cada píxel de ésta como un punto definido por sus respectivos valores de DN en las diferentes bandas.

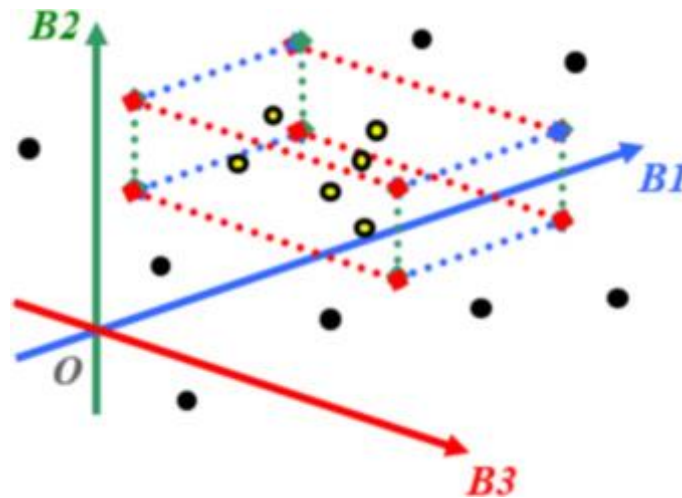


Figura 5.15. Paralelepípedo en espacio DN tridimensional.

Deben especificarse la cantidad de clases, sus nombres y los respectivos valores mínimo y máximo para cada banda. Además, puede elegirse un color para cada clase y otro para la agrupación de píxeles no clasificados (clase *Sin clase*).

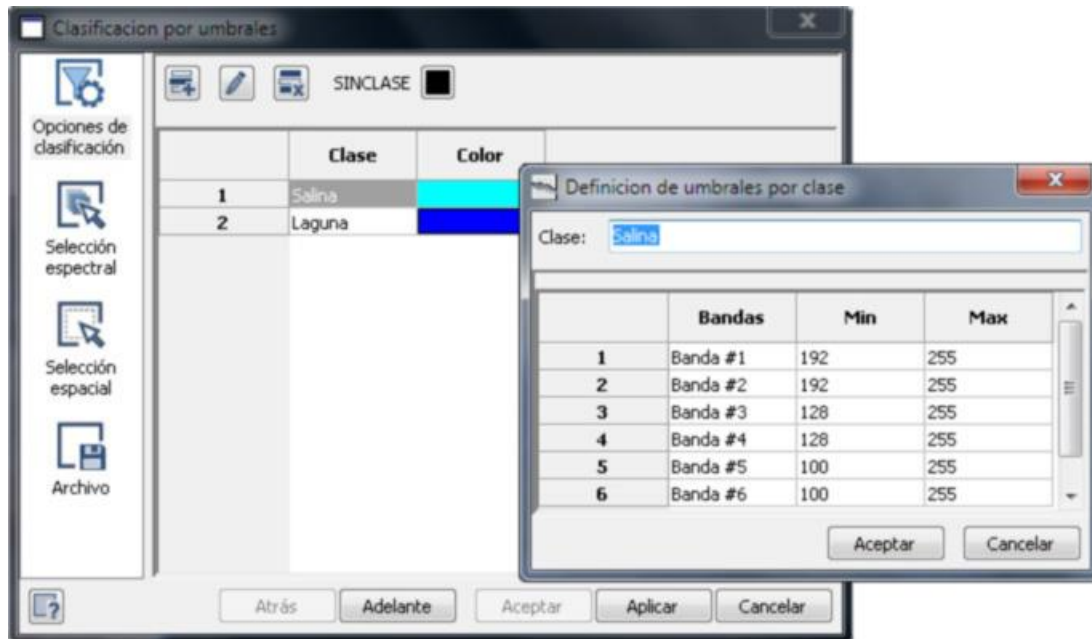


Figura 5.16. Definición de intervalos para clasificación multi-nivel.

Este algoritmo es intuitivo y posee complejidad computacional mínima, pero su precisión depende del conocimiento previo de la distribución de los datos en el espacio DN para cada recinto establecido. Su exactitud es especialmente baja cuando los datos poseen alta covarianza o dependencia con ejes oblicuos al sistema cartesiano, lo que es común en imágenes con variaciones de iluminación.

Clasificación por ángulo espectral

El algoritmo de clasificación por ángulo espectral (SAM, de *Spectral Angle Mapper*)²⁷ considera cada píxel como un vector representado en el espacio DN, un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas en la imagen, con origen en el 0 de las coordenadas y extremo en el punto definido por sus respectivos valores de DN en las diferentes bandas.

²⁷ Kruse, Fred A.; Lefkoff, A. B.; Boardman, J. B.; Heidebrecht, K. B.; Shapiro, A. T.; Barloon, P. J. & Goetz, A. F. H. 1993.

The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data. Remote Sensing of Environment, vol. 44 (issues 2/3): pp. 145-163; May/June 1993.

www.hgimaging.com/PDF/Kruse_SIP_RSE93.pdf

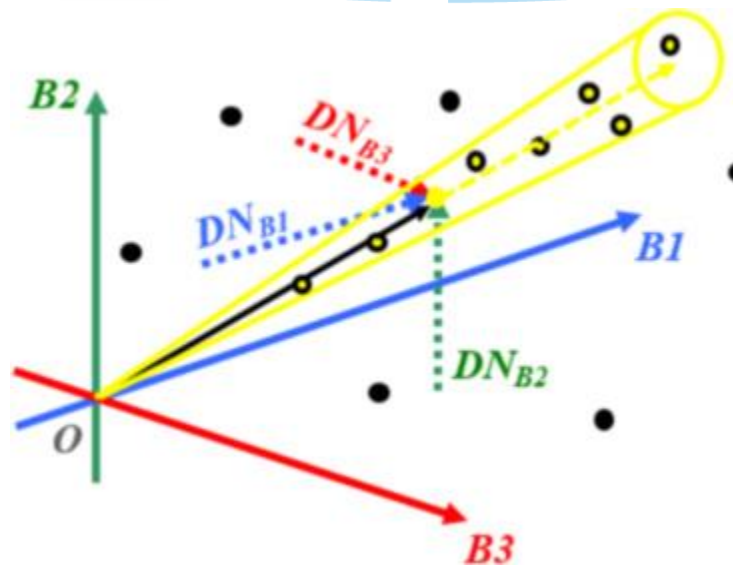


Figura 5.17. Vector-píxel objetivo y ángulo espectral en espacio DN tridimensional.

El SAM consiste en la agrupación de los píxeles que pertenecen a un mismo recinto, delimitado en función del vector-píxel del material o variable objetivo, construido a partir de una firma espectral de referencia. Cada recinto conforma un ángulo (híper) sólido alrededor del vector-píxel objetivo en el espacio DN, denominado ángulo espectral.

Deben especificarse la cantidad de clases, sus nombres y las respectivas firmas espectrales de referencia, junto al ángulo máximo de tolerancia (en estereorradianes). Además, puede elegirse un color para cada clase y otro para la agrupación de píxeles no clasificados (clase *Sin clase*).

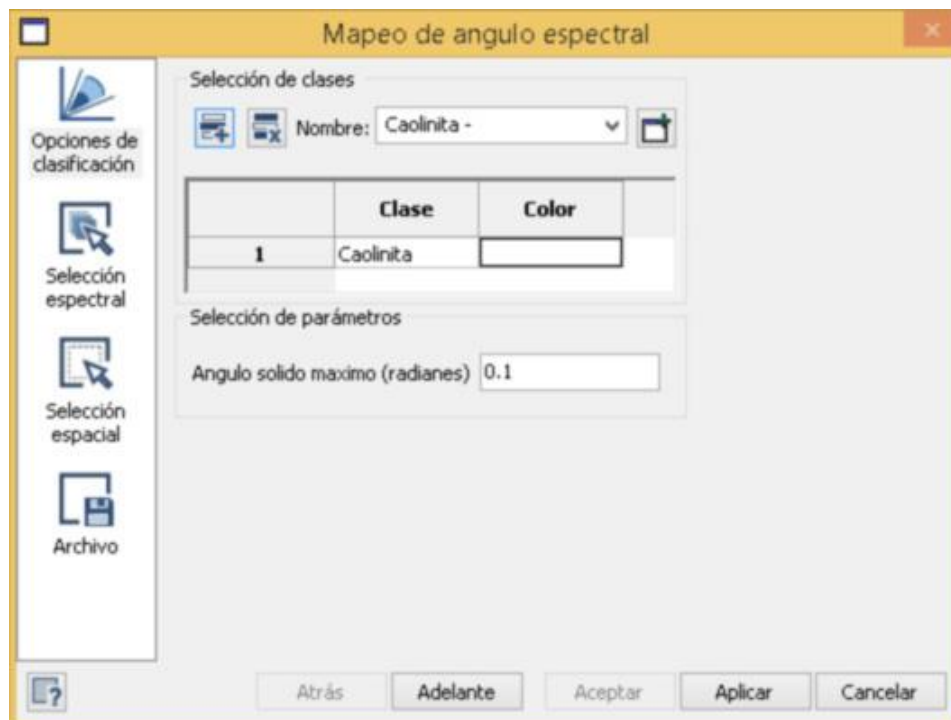


Figura 5.18. Definición de ángulo espectral.

La exactitud de este algoritmo no es afectada por una elevada correlación entre los valores de las bandas, lo que es común en imágenes con variaciones de iluminación.

5.3.2 Clasificación supervisada

En la clasificación supervisada, los recintos de agrupamiento son establecidos en función de parámetros estadísticos sobre la respuesta espectral de píxeles objetivo. Se trata de una técnica de análisis de datos con aprendizaje supervisado, por lo que es preciso definir previamente estos objetivos a partir de uno o varios conjuntos de datos de entrenamiento, que corresponden generalmente a áreas delimitadas por coberturas vectoriales poligonales sobre la misma capa ráster a ser clasificada. Alternativamente, pueden generarse a partir de la importación de variables estadísticas en archivos de texto con valores separados por comas (CSV, extensión .csv), calculadas previamente sobre áreas delimitadas en una imagen con la misma cantidad de bandas.

Una vez asignados los conjuntos de datos, deben elegirse cuáles se emplean, seleccionar el algoritmo a ser utilizado y sus respectivos parámetros de tolerancia. Además, puede elegirse un color para la agrupación de píxeles no clasificados (clase *Sin clase*). Las clases en la imagen resultante toman su nombre y su color de las áreas de entrenamiento (ver **3.2.2 Capas vectoriales**) correspondientes.

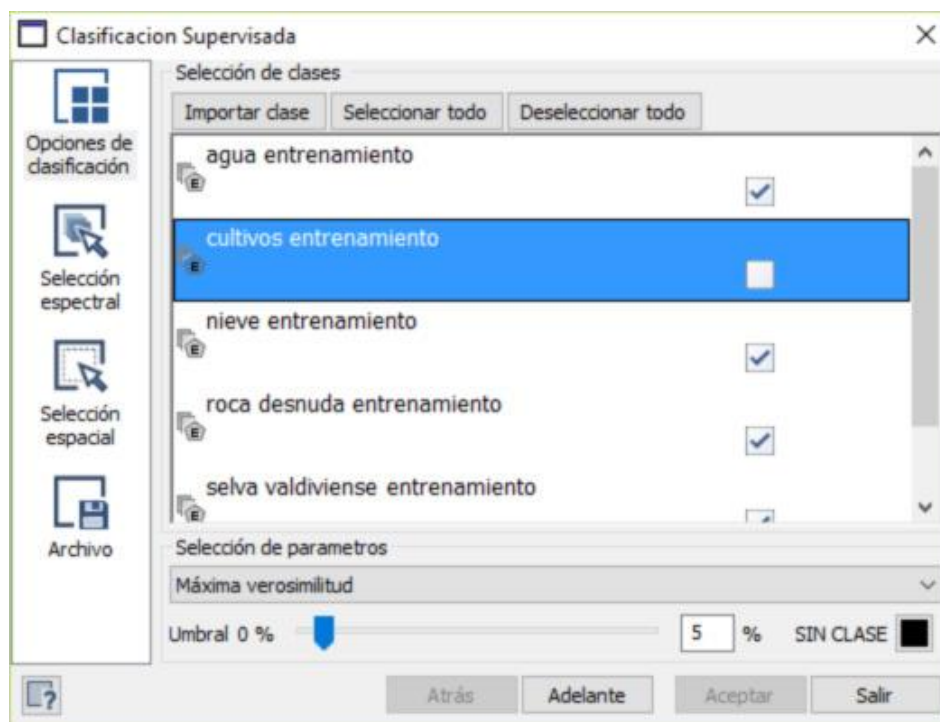



Figura 5.19. Parámetros de clasificación supervisada en SoPI.

 Los píxeles de pertenencia ambigua entre dos o más clases según los criterios del algoritmo seleccionado son asignados a la primera clase definida.

Algoritmos de clasificación supervisada

SoPI soporta cuatro algoritmos clasificadores con aprendizaje supervisado.

Paralelepípedo

En el algoritmo de clasificación por paralelepípedo, cada área de entrenamiento conforma un (híper) paralelepípedo ortogonal en el espacio DN, un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas en la imagen, donde se representa a cada píxel de ésta como un punto definido por sus respectivos valores de DN en las diferentes bandas. Cada paralelepípedo tiene su centro en el promedio de los valores. El largo de las aristas del paralelepípedo en cada banda es configurable, y corresponde a una cantidad establecida de desvíos estándares para sus valores en esa banda. Este algoritmo asigna cada píxel de la capa ráster clasificada a una clase o a ninguna, de acuerdo a su pertenencia con respecto a los recintos así delimitados.

Este algoritmo es altamente intuitivo y posee complejidad computacional mínima, pero su precisión depende de la distribución de los datos en el espacio DN para cada recinto. Su exactitud es especialmente baja cuando los datos poseen alta covarianza o dependencia con ejes oblicuos al sistema cartesiano, lo que es común en imágenes con variaciones de iluminación.

Distancia Euclidiana mínima

El algoritmo de clasificación por distancia mínima considera cada píxel como un vector representado en el espacio DN, un sistema de coordenadas cartesianas n -dimensional con un eje correspondiente a cada una de las n bandas en la imagen, con origen en el 0 de las coordenadas y extremo en el punto definido por sus respectivos valores de DN en las diferentes bandas. La clasificación calcula las distancias Euclidianas desde el extremo de cada vector-píxel en la imagen hasta el extremo del vector-píxel promedio de cada área de entrenamiento, siendo la similitud entre cada píxel y cada área inversamente proporcional a su respectiva distancia²⁸. Este algoritmo asigna cada píxel a la clase correspondiente al recinto más cercano, o a ninguna si la distancia es mayor a la tolerancia máxima configurada.

Este algoritmo posee complejidad computacional moderada y es medianamente intuitivo. Resulta más adecuado que el por paralelepípedo cuando no se conoce la distribución de los datos en el espacio DN para cada recinto.

²⁸ Wacker, A. G. & Landgrebe, David A. 1972.

Minimum Distance Classification in Remote Sensing.

1st Canadian Symposium on Remote Sensing (CSRS), Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS) Technical Report #030772; February 1972.

docs.lib.purdue.edu/larstech/25

Máxima verosimilitud (distancia normalizada mínima)

El algoritmo de clasificación por máxima verosimilitud (*maximum likelihood*)²⁹ es similar al algoritmo por distancia mínima, pero asume que la distribución de probabilidad para los valores en cada banda de los píxeles en cada área de entrenamiento es normal (Gaussiana). La clasificación calcula la probabilidad de que cada píxel pertenezca a cada recinto así considerado. Este algoritmo asigna cada píxel a la clase correspondiente al recinto más probable, o a ninguna si la probabilidad es menor al umbral definido (en porcentaje).

Este algoritmo es uno de los más utilizados para clasificaciones supervisadas, pero debe contarse con suficientes datos de entrenamiento para que los parámetros estadísticos calculados sean significativos. Su exactitud es baja cuando los datos poseen alta correlación, lo que es común en imágenes con variaciones de iluminación, o son muy homogéneos.

Distancia de Mahalanobis mínima

El algoritmo de clasificación por distancia de Mahalanobis³⁰ es similar al algoritmo por máxima verosimilitud, pero asume que la covarianza en todos los recintos es igual. La clasificación calcula la probabilidad de que cada píxel pertenezca a cada recinto así considerado. Este algoritmo asigna cada píxel a la clase correspondiente al recinto más cercano, o a ninguna si la distancia es mayor a la tolerancia máxima configurada.

Este algoritmo es más rápido que el de máxima verosimilitud, y es preferible al por distancia mínima cuando existe una elevada correlación entre los valores de las bandas, lo que es común en imágenes con variaciones de iluminación.

Áreas de entrenamiento

Las áreas de entrenamiento para una clasificación supervisada son capas vectoriales poligonales, que deben cargarse (ver **3.2.2 Capas vectoriales**) o generarse (ver **4.3.1 Edición vectorial**) previamente. Cada cobertura vectorial define un único conjunto de datos de entrenamiento, y para que la aplicación lo reconozca debe utilizarse la opción **Asignar a áreas de entrenamiento** desde el menú Procesamiento en el menú principal, o bien desde el menú contextual vectorial en el árbol de capas (ver **2.3 Árbol de capas**). El ícono de cada capa asignada cambia acordeamente.

²⁹ **Zenzo, S. D.; Bernstein, R.; Degloria, S. D. & Kolsky, H. G. 1987.**

Gaussian Maximum Likelihood and Contextual Classification Algorithms for Multicrop Classification.

IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (TGRS), vol. GE-25 (issue 6): pp. 805-814; November 1987.


[dx.doi.org/10.1109/TGRS.1987.289752](https://doi.org/10.1109/TGRS.1987.289752)

³⁰ **Mahalanobis, Prasanta Chandra. 1936.**

On the generalised distance in statistics.

National Institute of Sciences of India Proceedings, vol. 2 (issue 1): pp. 49-55; April 1936.

www.unt.edu/rss/class/Jon/MiscDocs/1936_Mahalanobis.pdf

 Las capas vectoriales a ser asignadas como áreas de entrenamiento deben ser de tipo poligonal.

Calcular estadísticas en áreas de clasificación

Calcula las variables estadísticas definidas por el usuario sobre la capa temática ráster seleccionada y dentro de las áreas de entrenamiento o prueba asignadas. Los cálculos posibles son los parámetros básicos como el máximo, el mínimo, la media y el desvío estándar para cada banda, los parámetros de correlación entre bandas expresados como matrices de correlación y covarianza, y el histograma por banda. Los resultados pueden expresarse en cantidad de píxeles o como superficies (de acuerdo a la unidad establecida en el modelo geográfico de la imagen). La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas.

Como resultado, SoPI despliega un informe con los datos para cada recinto. El mismo puede ser guardado como archivo de texto con valores separados por comas (CSV, extensión .csv), planilla de Microsoft Excel (XLS, .xls) o documento HyperText Markup Language (HTML, .htm). Las variables estadísticas almacenadas en archivos CSV pueden ser utilizadas posteriormente en clasificaciones supervisadas de imágenes con la misma cantidad de bandas.

5.3.3 Clasificación no supervisada

En la clasificación no supervisada, los recintos de agrupamiento son establecidos en función de parámetros obtenidos automáticamente de la misma capa ráster a ser clasificada, mediante análisis estadísticos y operaciones iterativas. Se trata de una técnica de detección de patrones con aprendizaje no supervisado, por lo que no es preciso definir previamente datos de entrenamiento.

Algoritmos de clasificación no supervisada

SoPI soporta únicamente el algoritmo de agrupamiento con aprendizaje no supervisado por K-medias.

K-medias

El algoritmo de agrupación por K-medias (*K-means*)³¹ agrupa el total de píxeles en una cantidad K de clases, de manera que cada uno de éstos pertenece al recinto cuyo centroide se encuentra a la distancia Euclidiana mínima. Luego de una primera asignación de píxeles en recintos respecto a valores iniciales arbitrarios, se vuelven a calcular las medias de cada recinto y se reasignan los píxeles en éstos de acuerdo al nuevo cálculo. Estos dos últimos procesos se actualizan iterativamente hasta que se alcanza la convergencia, definida en función de la tasa de cambio en la clasificación entre las iteraciones (expresada en porcentaje de píxeles), o el límite establecido de iteraciones.

³¹ MacQueen, J. 1967.

Some methods for classification and analysis of multivariate observations.

5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability Proceedings, vol. 1: pp. 281-297; April 1976.

projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.bsmmsp/1200512992

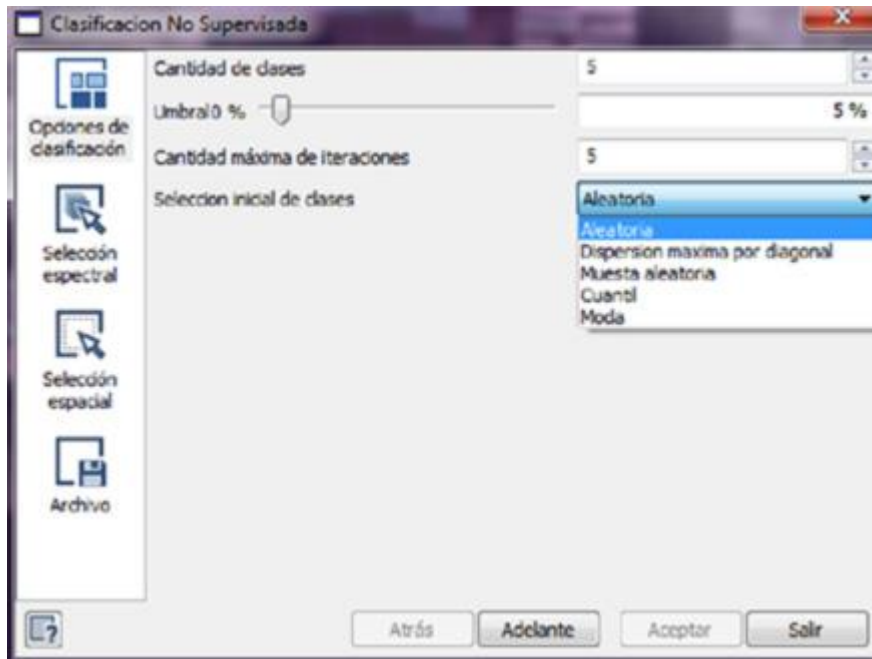



Figura 5.20. Parámetros de clasificación no supervisada por K-medias.

Pueden adoptarse diferentes criterios para asignar los valores que definen los recintos iniciales.

- Por moda: Las medias iniciales son los respectivos valores más frecuentes de DN para cada banda.
- Píxeles al azar: Las medias iniciales son extraídas de los valores presentes en píxeles al azar de la imagen.
- Por muestra aleatoria: Las medias iniciales se toman aleatoriamente de valores entre los mínimos y máximos para cada banda.
- Por dispersión sobre diagonal: La (híper) diagonal definida por el rango efectivo de las bandas consideradas es dividida en partes iguales y las medias iniciales corresponden a los centros de los segmentos resultantes.
- Por cuantil: El histograma de cada banda se divide en intervalos ecualizados (con la misma cantidad de píxeles) y las medias iniciales se calculan de los recintos así definidos.

La cantidad de recintos en la primera iteración es igual a la cantidad de clases configurada.

El algoritmo por K-medias posee elevada complejidad computacional, y tiende a generar clases (híper) esféricas y de tamaño similar.

 La clasificación puede optimizarse con una correcta elección del número de clases K .

6 PRE/POS-PROCESAMIENTO

En SoPI se accede a las tareas de pre-procesamiento y pos-procesamiento digital de imágenes desde el menú **Pre/Pos-procesamiento** en el menú principal o, en el caso de algunas transformaciones geográficas, desde el selector en la barra de herramientas específica (ver **2.2.2 Herramientas específicas**).

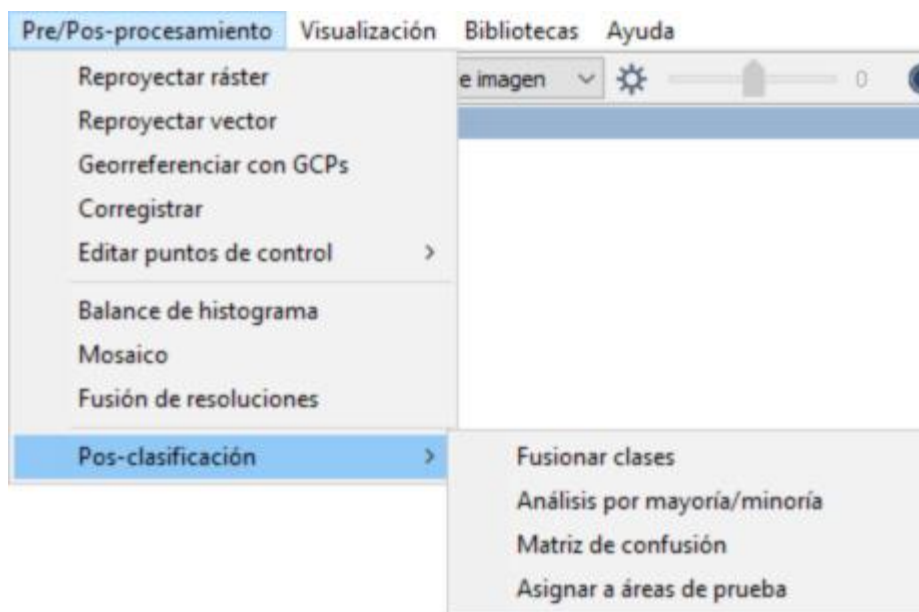



Figura 6.1. Menú de pre y pos-procesamiento en SoPI.

La mayoría de las funciones se inicia seleccionando una capa temática ráster en el árbol de capas e indicando el proceso.

 Por su rendimiento superior, se recomienda fuertemente seleccionar el modo Imagen para realizar pre-procesamiento o pos-procesamiento de imágenes.

6.1 Transformaciones geográficas (pre-procesamiento)

Agrupar los pre-procesos de transformación geométrica que implican la modificación del modelo geográfico de la capa temática seleccionada. Éstas se materializan mediante funciones matemáticas de ajuste que relacionan coordenadas de entrada y de salida. La función de transformación se calcula en base a los parámetros de conversión geodésica correspondientes o se estima mediante una regresión lineal sobre una serie de puntos de control³². La cadena de procesos típica abarca la selección de una capa temática en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso de transformación, la configuración de parámetros específicos de éste, la selección espectral y el recorte espacial de entrada en el caso de imágenes, y la elección de opciones para el archivo de salida.

³² **Bowring, B. R. 1976.**

Transformation from spatial to geographical coordinates.

Survey Review, vol. 23 (issue 181): pp. 323-327; June 1976.

www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/sre.1976.23.181.323

! Como método de remuestreo en todas las transformaciones ráster, SoPI utiliza interpolación por vecino más cercano (NN, de *nearest neighbor*).

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

! En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

6.1.1 Reproyectar ráster

Este pre-proceso reproyecta la capa ráster seleccionada desde el sistema referencia geodésico original hacia uno elegido en el selector desplegable o desde la respectiva biblioteca (ver 3.3.4 **Biblioteca de parámetros geodésicos**).

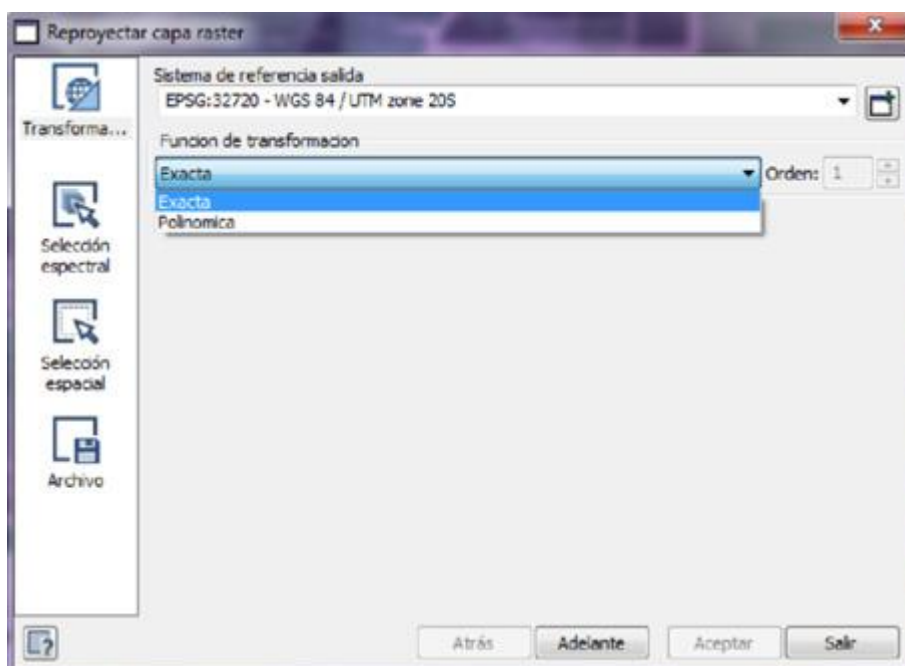


Figura 6.2. Reproyección de capas ráster en SoPI.

Puede definirse una función de transformación exacta o una ecuación polinómica de grado configurable, en base a los parámetros de conversión geodésica entre los respectivos sistemas.

! Generalmente, una ecuación lineal es suficiente para aplicar transformaciones geográficas elementales sobre una capa ráster, correspondientes a la traslación de sus coordenadas, la rotación de sus ejes o un cambio de escala.

6.1.2 Reproyectar vector

Este pre-proceso reprojeta la capa vectorial seleccionada desde el sistema referencia geodésico original hacia uno elegido en el selector desplegable o desde la respectiva biblioteca (ver **3.3.4 Biblioteca de parámetros geodésicos**). La función de transformación empleada es exacta, en base a los parámetros de conversión geodésica entre los sistemas correspondientes.

6.1.3 Georreferenciar con GCPs

La georreferenciación de una imagen se realiza mediante una función matemática de ajuste que relaciona las coordenadas según el modelo ráster (línea/píxel) con coordenadas en el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas). La función de transformación geográfica se estima mediante una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados sobre una serie de puntos de control en terreno (GCPs, de *ground control points*) con coordenadas conocidas. La calidad del ajuste se mide a partir de los valores residuales (los desvíos entre las coordenadas estimadas y las reales) de la regresión. Cada punto de control tiene asociado un error cuadrático medio, y la raíz cuadrada del promedio de los errores (RMSE, de *root-mean-square error*) para los puntos considerados proporciona una medida para evaluar la precisión de la transformación. Los pre-procesos de SoPI que permiten georreferenciar imágenes a partir de GCPs o editarlos interactivamente pueden accederse desde el selector de tareas en la barra de herramientas específica, o desde el menú Pre/pos-procesamiento en el menú principal.

Puntos de control en terreno

Los GCPs definen la función de transformación geográfica, y la calidad final de la georreferenciación guarda estrecha relación con la cantidad, la localización y la distribución de éstos. La cantidad de puntos depende del tamaño y de la complejidad geométrica de la capa ráster a ser georreferenciada, y del margen de error aceptable. A mayor orden en la ecuación de ajuste, se requiere un mínimo mayor de puntos para resolverla: para un polinomio de primer grado se precisa un mínimo de 3 puntos, 6 puntos para uno de segundo grado y 10 puntos para uno de tercer grado. Es importante que la localización de los puntos de control sea inequívoca en la imagen, y las respectivas coordenadas deben conocerse con adecuada exactitud e ingresarse con la precisión mínima necesaria según el sistema de referencia geodésico considerado. Una distribución de puntos uniforme evita la ponderación desproporcionada de diferentes sectores y mejora la georreferenciación en general.

Registro de puntos de control en terreno

Permite registrar interactivamente los GCPs y sus correspondientes pares de coordenadas, y visualizar sus errores. Se pueden cargar archivos de puntos de control, o también generar nuevos. Esta tarea se compone de ocho botones en la barra de herramientas, y una ventana para edición y consulta de coordenadas.

- Crear archivo de puntos de control** - Genera un nuevo archivo con puntos de control en terreno.
- Cargar archivo de puntos de control** - Carga un archivo con puntos de control en terreno existente.
- Georreferenciar con GCPs** - Inicia el pre-proceso de georreferenciación a partir de puntos de control en terreno.
- Iniciar** - Inicia el registro de puntos de control en terreno.
- Detener** - Detiene el registro de puntos de control en terreno y guarda los cambios.
- Seleccionar punto de control** - Selecciona un punto de control en terreno.
- Crear punto de control** - Genera un nuevo punto de control en terreno.
- Modificar punto de control** - Permite modificar el punto de control en terreno seleccionado.


Un archivo con puntos de control (extensión .gcp) es un archivo de texto en formato ASCII con las coordenadas de los puntos separadas por espacios y los parámetros geodésicos correspondientes.

Una vez cargado o generado el archivo de GCPs, se inicia la tarea con el botón de inicio. Al iniciarla, se activan los botones para la edición de puntos y se despliega en el área de visualización la ventana de edición para las correspondientes coordenadas. Al detenerla, se oculta la ventana y se guardan los cambios.

	E	N	Modelo X	Modelo Y	Error X	Error Y
1	-71.58000000	-39.47000000	16.23530000	26.77120000	-893720	-30818.689453
2	-71.45000000	-39.48000000	1970.54000000	0.00000000	-20763726.0000	-16264.422852
3	-71.67000000	-39.78000000	29.62090000	3151.84000000	-1029854.1875	-3233138.2500
4	-71.55000000	-39.80000000	1983.92000000	3138.46000000	-20899804.0000	-3224166.2500
5	-71.00000000	0.00000000	1772.33000000	2381.14000000	-18743526.0000	-939998





Figura 6.3. Registro de puntos de control en terreno.

El registro de puntos de control se realiza interactuando con el puntero sobre la vista, y a partir de los botones de edición en la barra de herramientas. Con el botón izquierdo del puntero se generan puntos. El botón derecho los elimina. Doble clic selecciona un punto.


 Se debe procurar que los puntos de control registrados sean claramente identificables en la imagen y correspondan a rasgos no demasiado dinámicos: intersecciones o bifurcaciones en la red vial o ferroviaria, puentes, edificaciones e infraestructura permanente o geoformas estables son localizaciones de fácil reconocimiento.

Registro de coordenadas en terreno

El registro y selección de pares de coordenadas se realiza interactuando con la ventana de edición correspondiente. Esta posee cuatro botones, un selector desplegable de sistemas de coordenadas geodésicas, un campo para elegir el orden del polinomio para la función de ajuste y un indicador de la raíz cuadrada del promedio de los errores cuadráticos medios (RMSE), calculado según los puntos y coordenadas registrados y el grado del polinomio elegido.

-  **Eliminar registro** - Elimina las coordenadas seleccionadas y el punto asociado.
-  **Seleccionar todos los registros** - Selecciona todos los registros desplegados en la ventana de edición.
-  **Invertir selección de registros** - Invierte la selección de registros.
-  **Limpiar selección de registros** - Limpia la selección de registros.


Los pares de coordenadas se ingresan en los dos primeros campos: E (de *easting*) y N (de *northing*), correspondientes a longitud y latitud. El sistema de referencia puede elegirse en el selector desplegable o desde la respectiva biblioteca (ver **3.3.4 Biblioteca de parámetros geodésicos**). Los campos siguientes corresponden a las coordenadas estimadas por el modelo de transformación, los desvíos con respecto a las reales y el error cuadrático medio.

 Generalmente, una ecuación lineal es suficiente para aplicar transformaciones geográficas elementales sobre una capa ráster, correspondientes a la traslación de sus coordenadas, la rotación de sus ejes o un cambio de escala. Salvo casos espaciales, suele ser necesario exceder la cantidad mínima de puntos de control requeridos por la función elegida. Para imágenes con gran diversidad topográfica, se aconseja emplear transformaciones más rigurosas mediante polinomios de mayor grado. El margen de RMSE aceptable depende de la resolución espacial de la imagen o de la escala de trabajo.

 Al eliminar un registro, el punto respectivo es eliminado automáticamente, y viceversa.


Georreferenciación

Una vez finalizado el registro de puntos y coordenadas con un margen de error tolerable de acuerdo la función de ajuste elegida, puede iniciarse el pre-proceso de georreferenciación a partir de puntos de control. Alternativamente, si ya se dispone del archivo con puntos de control en terreno, la georreferenciación puede llamarse desde el menú principal. En ese caso, el pre-proceso solicita el archivo de puntos de control y el orden del polinomio de ajuste.

 La imagen de salida queda georreferenciada con coordenadas en el mismo sistema de referencia geodésico que las ingresadas.

6.1.4 Corregistrar

El registro entre imágenes se realiza mediante una función matemática de ajuste que relaciona entre sí las coordenadas según los modelos ráster (línea/píxel) de ambas. La función de transformación geográfica se estima mediante una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados sobre una serie de puntos de control imagen-a-imagen. La calidad del ajuste se mide a partir de los valores residuales (los desvíos entre las coordenadas estimadas y las reales) de la regresión. Cada punto de control tiene asociado un error cuadrático medio, y la raíz cuadrada del promedio de los errores (RMSE, de *root-mean-square error*) para los puntos considerados proporciona una medida para evaluar la precisión de la transformación. Los pre-procesos de SoPI que permiten corregistrar imágenes a partir de puntos de control o editarlos interactivamente pueden accederse desde el selector de tareas en la barra de herramientas específica, o desde el menú Pre/pos-procesamiento en el menú principal.










 Antes de iniciar la tarea es necesario desplegar al menos dos visualizadores.


Puntos de control imagen-a-imagen

Los puntos de control imagen-a-imagen definen la función de transformación geográfica, y la calidad final de corregistro guarda estrecha relación con la cantidad, la localización y la distribución de éstos. La cantidad de puntos depende del tamaño y de la complejidad geométrica de la capa ráster a ser registrada, y del margen de error aceptable. A mayor orden en la ecuación de ajuste, se requiere un mínimo mayor de puntos para resolverla: para un polinomio de primer grado se precisa un mínimo de 3 puntos, 6 puntos para uno de segundo grado y 10 puntos para uno de tercer grado. Es importante que la localización de los puntos de control sea inequívoca en las imágenes. Una distribución de puntos uniforme evita la ponderación desproporcionada de diferentes sectores y mejora el corregistro en general.

Registro de puntos de control imagen-a-imagen

Permite registrar interactivamente los puntos de control imagen-a-imagen, y visualizar sus errores. Se pueden cargar archivos de puntos de control, o también generar nuevos en forma manual o automática. Esta tarea se compone de nueve botones en la barra de herramientas, y una ventana para edición y consulta de coordenadas.

-  **Crear archivo de puntos de control** - Genera un nuevo archivo de puntos de control imagen-a-imagen.
-  **Cargar archivo de puntos de control** - Carga un archivo de puntos de control imagen-a-imagen existente.
-  **Registrar automáticamente puntos de control** - Genera automáticamente nuevos puntos de control imagen-a-imagen.
-  **Corregistrar** - Inicia el pre-proceso de corregistro a partir de puntos de control imagen-a-imagen.
-  **Iniciar** - Inicia el registro de puntos de control imagen-a-imagen.
-  **Detener** - Detiene el registro de puntos de control imagen-a-imagen y guarda los cambios.
-  **Seleccionar punto de control** - Selecciona un punto de control imagen-a-imagen desde el visualizador activo.
-  **Crear punto de control** - Genera un nuevo punto de control imagen-a-imagen en el visualizador activo.
-  **Modificar punto de control** - Permite modificar el punto de control imagen-a-imagen seleccionado en el visualizador activo.

 Un archivo con puntos de control (extensión .gcp) es un archivo de texto en formato ASCII con las coordenadas de los puntos separadas por espacios y los parámetros geodésicos correspondientes.

Una vez cargado o generado el archivo de GCPs, se inicia la tarea con el botón de inicio. Al iniciarla, deben indicarse los visualizadores que despliegan las capas ráster base y registrable (*warp*). Una vez iniciada, se activan los botones para la edición de puntos y se despliega en el área de visualización la ventana de edición para las correspondientes coordenadas. Al detenerla, se oculta la ventana y se guardan los cambios.

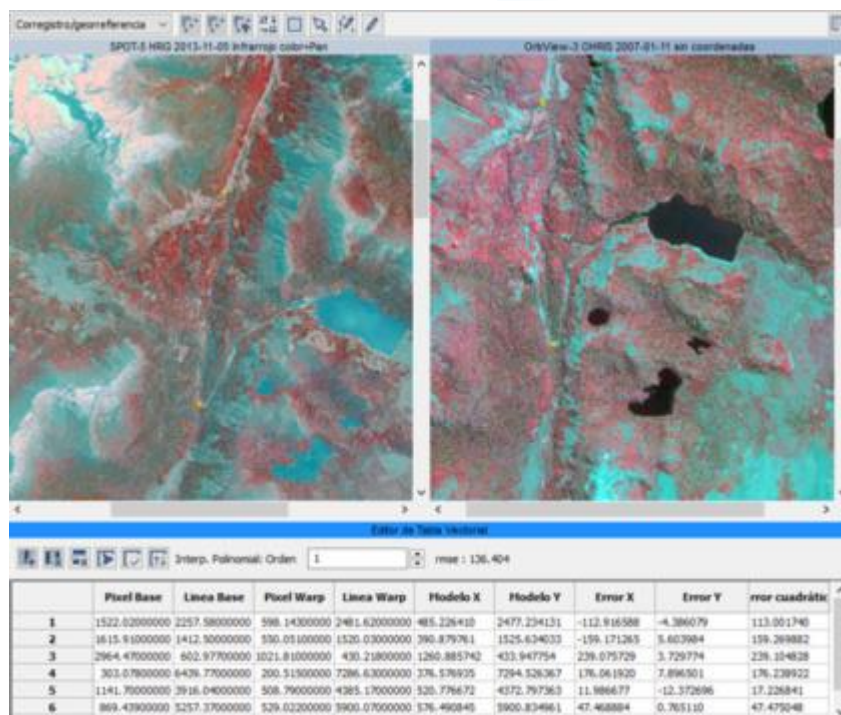



Figura 6.4. Registro de puntos de control imagen-a-imagen.

El registro de puntos de control se realiza interactuando con el puntero sobre la vista, y a partir de los botones de edición en la barra de herramientas. Con el botón izquierdo del puntero se generan puntos. El botón derecho los elimina. Doble clic selecciona un punto.

 Se debe procurar que los puntos de control registrados sean claramente identificables en ambas imágenes y correspondan a rasgos no demasiado dinámicos: intersecciones o bifurcaciones en la red vial o ferroviaria, puentes, edificaciones e infraestructura permanente o geoformas estables son localizaciones de fácil reconocimiento.

Registro automático de puntos imagen-a-imagen

SoPI permite la generación de puntos de control imagen-a-imagen a partir de la detección automática de características comunes entre una banda de ambas imágenes. Deben elegirse un archivo de puntos de control de salida e indicarse en los selectores desplegados los visualizadores que despliegan las capas ráster base y registrable, y el par de bandas a ser comparadas entre sí. Además, es necesario cargar un archivo de puntos de control con algunos puntos semilla, que sirven para orientar y restringir la zona de búsqueda de similitudes. La agresividad del algoritmo³³ puede seleccionarse con un deslizador (entre 0 y 10).

³³ **Urien, Javier Eduardo. 2006.**

Algoritmo para el co-registro de imágenes satelitales.

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), tesis de grado: 97 pp.; Diciembre de 2006.

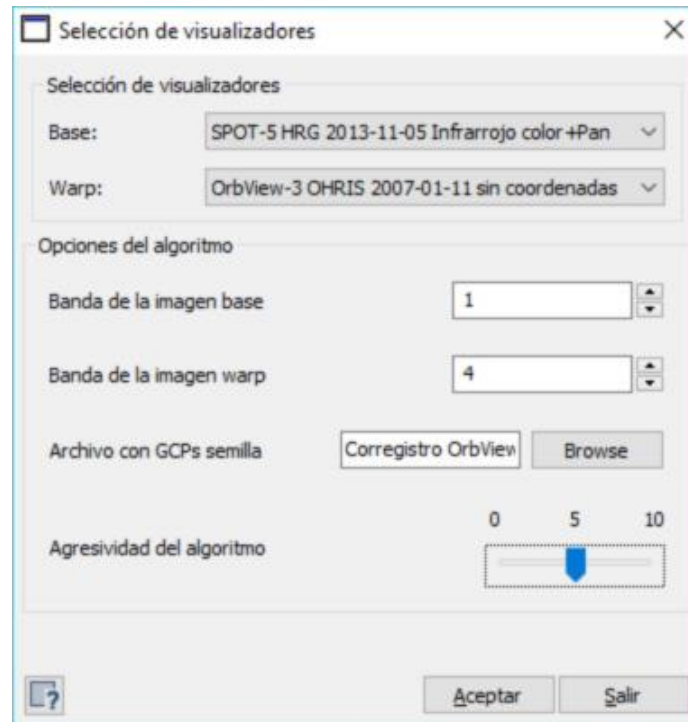


Figura 6.5. Registro automático de puntos de control.



A mayor agresividad, mejor es la detección de características, pero aumenta la complejidad computacional del método.

Registro de coordenadas imagen-a-imagen

El registro y selección de pares de coordenadas se realiza interactuando con la ventana de edición correspondiente. Esta posee cuatro botones, un campo para elegir el orden del polinomio para la función de ajuste y un indicador de la raíz cuadrada del promedio de los errores cuadráticos medios (RMSE), calculado según los puntos y coordenadas registrados y el grado del polinomio elegido.



Eliminar registro - Elimina las coordenadas seleccionadas y el punto asociado.



Seleccionar todos los registros - Selecciona todos los registros desplegados en la ventana de edición.





Invertir selección de registros - Invierte la selección de registros.



Limpiar selección de registros - Limpia la selección de registros.


Los primeros cuatro campos son editables y corresponden a los pares de coordenadas de los puntos según los modelos ráster (línea/píxel) de la imagen base y la registrable. A continuación se despliegan las coordenadas estimadas por el modelo de transformación para la imagen registrable, los desvíos con respecto a las reales y el error cuadrático medio.

 Generalmente, una ecuación lineal es suficiente para aplicar transformaciones geográficas elementales sobre una capa ráster, correspondientes a la traslación de sus coordenadas, la rotación de sus ejes o un cambio de escala. Salvo casos espaciales, suele ser necesario exceder la cantidad mínima de puntos de control requeridos por la función elegida. Para imágenes con gran diversidad topográfica, se aconseja emplear transformaciones más rigurosas mediante polinomios de mayor grado. El margen de RMSE aceptable depende de la resolución espacial de las imágenes o de la escala de trabajo.

 Al eliminar un registro, el punto respectivo es eliminado automáticamente, y viceversa.

Corregistro


Una vez finalizado el registro entre imágenes con un margen de error tolerable de acuerdo la función de ajuste elegida, puede iniciarse el pre-proceso de registro imagen-a-imagen. Alternativamente, si ya se dispone de archivos de puntos de control imagen-a-imagen, el corregistro puede llamarse desde el menú principal. En ese caso, el pre-proceso solicita el archivo de puntos de control y el orden del polinomio de ajuste.

 La imagen de salida queda registrada con respecto a la base, y adopta coordenadas en el mismo sistema de referencia geodésico.

6.2 Mejoras ráster (pos-procesamiento)

Agrupar pos-procesos para mejorar el aspecto visual o la cobertura espacial de un conjunto de capas ráster mediante balance de histograma, composición de mosaico o fusión de resoluciones. La cadena de procesos típica abarca la selección de una o varias capas temáticas ráster en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso de mejora, la configuración de parámetros específicos de éste, la selección espectral y el recorte espacial de entrada si corresponden, y la elección de opciones para el archivo de salida.

La selección espectral indica las bandas de la imagen de entrada a ser consideradas. La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

 En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

6.2.1 Balance de histograma

Este pos-proceso permite ajustar el histograma de la capa ráster seleccionada de acuerdo al histograma de otra imagen. Debe indicarse en el selector desplegable la capa ráster que oficia de fuente para el histograma considerado y elegirse las bandas correspondientes a para que coincidan con las de la imagen a ser balanceada.

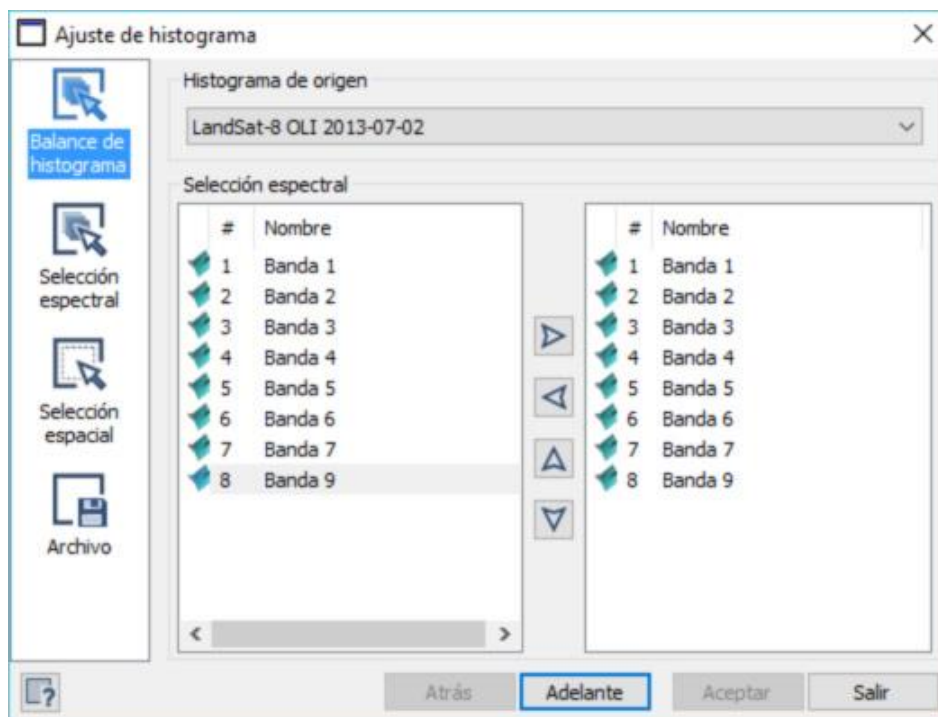


Figura 6.6. Balance de histograma.

⊘ Debe especificarse la misma cantidad de bandas en la imagen fuente del histograma que las seleccionadas en la imagen a ser balanceada.

El balance de histograma es una función de suma utilidad cuando se busca producir mosaicos de apariencia uniforme a partir de escenas con diferencias evidentes en las respuestas espectrales de sus coberturas o en las características de iluminación.

6.2.2 Mosaico

El pos-proceso de mosaico permite componer un mosaico espacial entre dos o más capas ráster. Deben elegirse las imágenes y su orden de superposición, una distancia de difuminado (en píxeles) y un valor de fondo como relleno para las áreas no cubiertas por la composición.

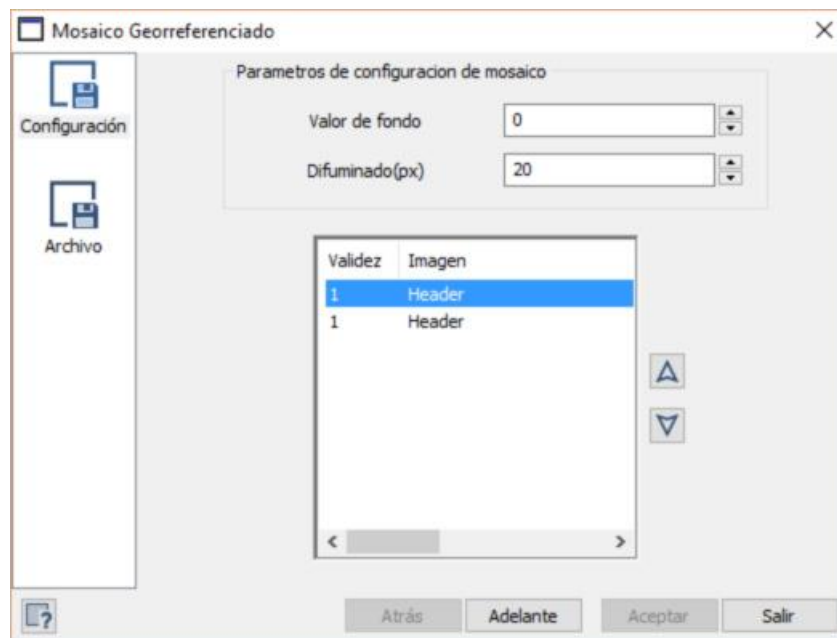


Figura 6.7. Mosaico en SoPI.

⚠ El tipo de dato del mosaico resultante es promovido al más denso entre las imágenes compuestas

⊘ Es preciso que las imágenes para componer el mosaico posean la misma cantidad de bandas y el mismo sistema de referencia geodésico entre sí.

6.2.3 Fusión de resoluciones

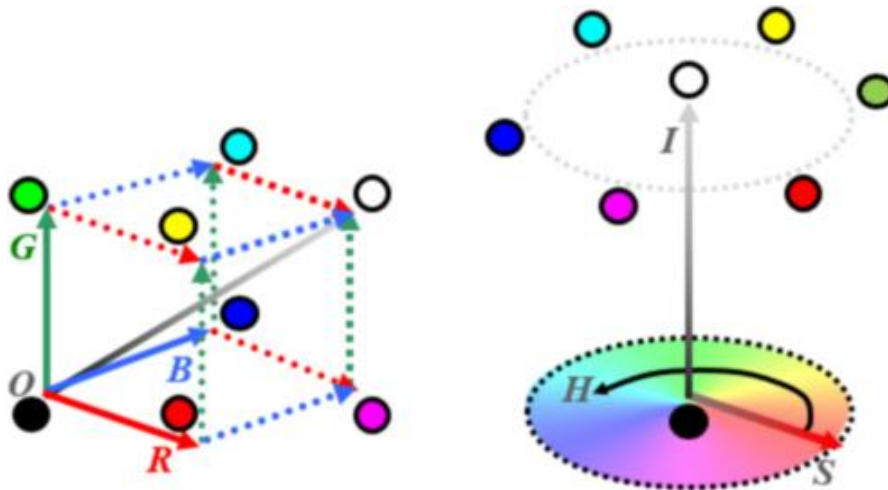
Este pos-proceso consiste en la fusión de datos entre un conjunto de bandas y una de mayor resolución espacial, para lograr una composición de bandas RGB con mejor resolución espacial.

Métodos de fusión

SoPI admite un único método de fusión de resoluciones.

Fusión por rotación a espacio IHS

El algoritmo de fusión de resoluciones por rotación a espacio IHS³⁴ implica la proyección del espacio de color RGB (de *red-green-blue*) a través de la diagonal de máxima intensidad hacia el espacio IHS (de *intensity-hue-saturation*). En este espacio, los componentes son el vector intensidad, el ángulo de tonalidad y el vector de saturación, que define la pureza del color.



Figuras 6.8. y 6.9. Espacio RGB (izquierda) y espacio IHS (derecha).

La diagonal de máxima intensidad en RGB es análoga al componente intensidad en IHS.

Tras la rotación al espacio IHS, el conjunto de bandas de menor resolución es escalado espacialmente a la resolución de la banda de mayor resolución, que reemplaza al componente intensidad. Finalmente, se realiza la proyección inversa del espacio IHS al RGB, que implica la aplicación de un realce de histograma mediante una función lineal sobre las bandas de la composición RGB.

³⁴ Haydn, Rupert; Dalke, George W.; Henkel, Jochen & Bare, Janet E. 1982.

Application of the HIS Color Transform to the Processing of Multisensor Data and Image Enhancement. First Thematic Conference: Remote sensing of arid and semi-arid lands, International Symposium on Remote Sensing of Environment Proceedings: pp. 599-616; January 1982.
agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302001589

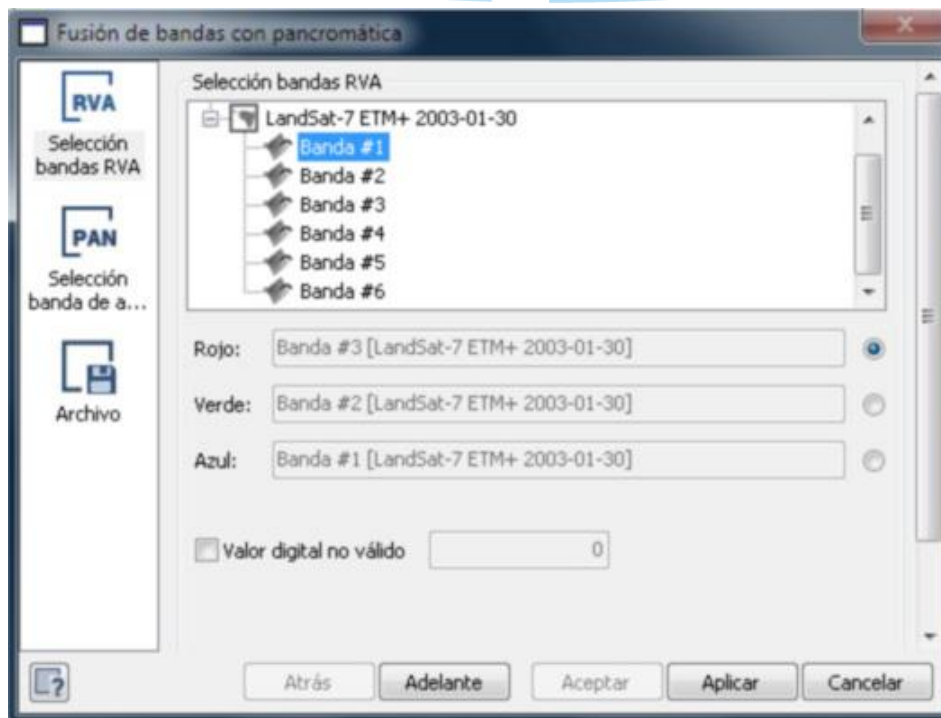




Figura 6.10. Fusión de resoluciones.

 Como método de remuestreo, SoPI utiliza interpolación por vecino más cercano (NN, de *nearest neighbor*).

6.3 Pos-clasificación

Se trata de pos-procesos de manejo y análisis de imágenes previamente clasificadas (ver **5.3 Clasificaciones**). La cadena de procesos típica abarca la selección de una o varias capas temáticas ráster clasificadas en el árbol (ver **2.3 Árbol de capas**), el acceso al proceso de pos-clasificación, la configuración de parámetros específicos de éste, el recorte espacial de entrada, y la elección de opciones para el archivo de salida.

La definición del recorte espacial puede realizarse mediante el ingreso de los pares de coordenadas correspondientes a los esquineros superior izquierdo e inferior derecho según el modelo ráster (línea/píxel) o el sistema de referencia geodésico seleccionado, sea geográfico (coordenadas geográficas decimales o sexagesimales) o proyectado (coordenadas planas), o bien por la extensión de la vista (haciendo doble clic con el puntero sobre el visualizador correspondiente) o de la capa temática elegida (haciendo doble clic sobre la misma en la lista de capas).

 En el caso de tomar el recorte espacial de una capa, se recomienda que ésta posea el mismo sistema de referencia geodésico que la imagen a ser recortada.

6.3.1 Fusionar clases

Permite fusionar clases. Deben definirse las clases de origen y de destino. Pueden agregarse clases de destino nuevas, y asignárseles un color.

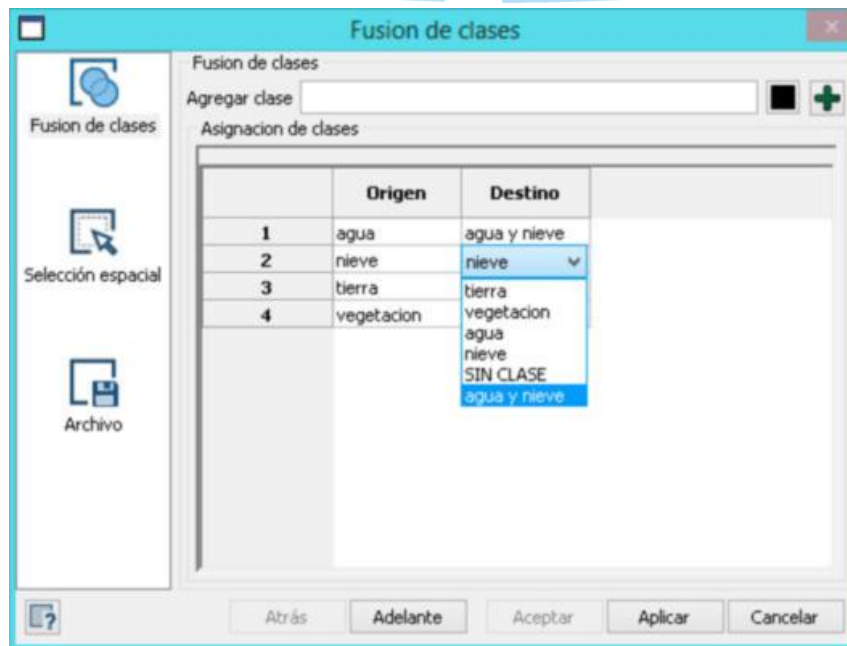


Figura 6.11. Fusión de clases en SoPI.

El resultado es una nueva imagen clasificada.

6.3.2 Análisis por mayoría/minoría

Permite realizar un filtrado de análisis por mayoría (se resalta la clase modal dentro de la matriz) o por minoría (se resalta la clase menos común). SoPI admite matrices con núcleos de 3x3, 5x5 y 7x7.

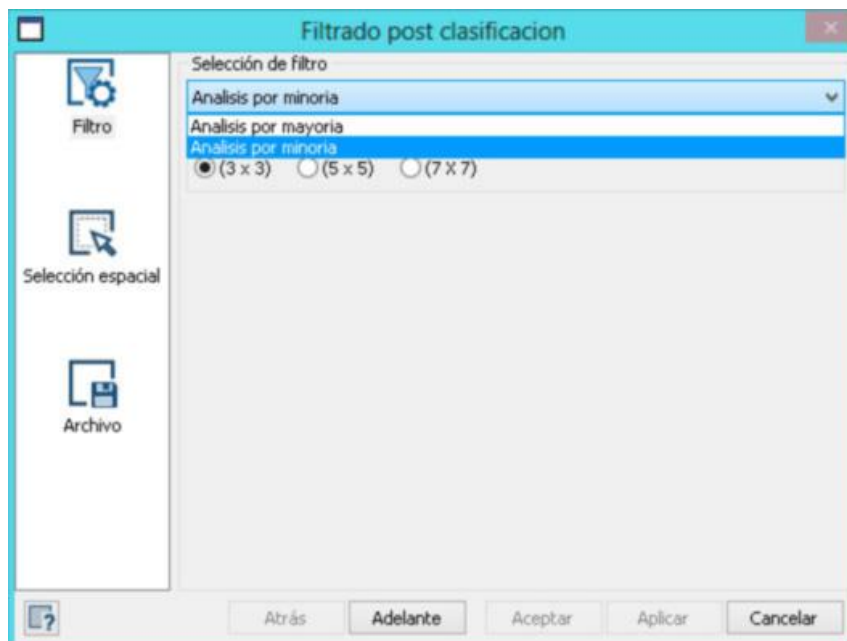


Figura 6.12. Análisis por mayoría/minoría.

El resultado es una nueva imagen clasificada.

6.3.3 Matriz de confusión

Permite calcular la matriz de confusión para verificar la precisión de una clasificación³⁵, a partir de varios conjuntos de datos de prueba previamente conocidos, que corresponden generalmente a áreas delimitadas por coberturas vectoriales poligonales sobre la misma capa ráster clasificada. Deben asignarse las áreas de prueba a las respectivas clases.

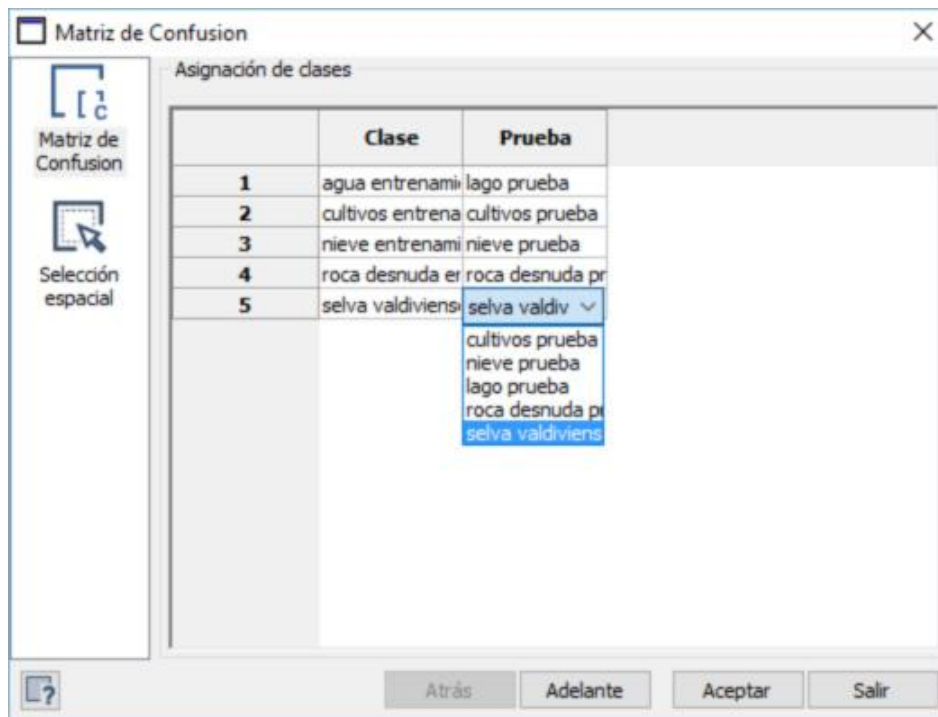


Figura 6.13. Asignación de áreas de prueba a clases en matriz de confusión.

Como resultado, SoPI despliega un informe con la matriz de confusión. El mismo puede ser guardado como archivo de texto con valores separados por comas (CSV, extensión .csv), planilla de Microsoft Excel (XLS, .xls) o documento HyperText Markup Language (HTML, .htm).

Áreas de prueba

Las áreas de prueba para una matriz de confusión son capas vectoriales poligonales, que deben cargarse (ver **3.2.2 Capas vectoriales**) o generarse (ver **4.3.1 Edición vectorial**) previamente. Cada cobertura vectorial define un único conjunto de datos de prueba, y para que la aplicación lo reconozca debe utilizarse la opción **Asignar a áreas de prueba** desde el menú Pre/pos-procesamiento en el menú principal, o bien desde el menú contextual vectorial en el árbol de capas (ver **2.3 Árbol de capas**). El ícono de cada capa asignada cambia acordeamente.



Las capas vectoriales a ser asignadas como áreas de prueba deben ser de tipo poligonal.

³⁵ Story, Michael & Congalton, Russell G. 1986.

Accuracy Assessment: A User's Perspective.

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS), vol. 52 (issue 3): pp. 397-399; March 1986.

eserv.asprs.org/PERS/1986journal/mar/1986_mar_397-399.pdf

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

Chuvieco Salinero, Emilio. 2010.

Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio (nueva edición actualizada).

Editorial Ariel, colección Ariel Ciencias, Barcelona: 592 pp.; 2010.

ISBN: 978-84-34434-98-1.

Chuvieco Salinero, Emilio. 1996.

Fundamentos de Teledetección Espacial (3ª edición revisada).

Ediciones Rialp, Madrid: 586 pp.; 1996.

ISBN: 84-321-3127-X.

Crósta, Alvaro Penteado. 1999.

Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto (edição revisada - 3ª reimpressão).

Instituto de Geociências (IG), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas: 170 pp.; 1999.

ISBN: 85-853-690-27.

Jensen, John R. 2009.

Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (tradução da 2ª edição).

Parêntese, São José dos Campos: 672 pp.; 2009.

ISBN: 978-85-60507-06-1.

Liu, William Tse Horng. 2015.

Aplicações de Sensoriamento Remoto (2ª edição ampliada).

Editora Oficina de Textos/Editora UNIDERP, Campo Grande: 908 pp.; 2015.

ISBN 978-85-7975-177-6.

Miraglia, Marina & al. 2010.

Manual de Cartografía, Teleobservación y Sistemas de Información Geográfica (1ª edición).

Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), Los Polvorines: 213 pp.; 2010.

ISBN: 978-987-630-090-2.

[www.ungs.edu.ar/cm/uploaded_files/publicaciones/328 PE21-ManualDeCartografia.pdf](http://www.ungs.edu.ar/cm/uploaded_files/publicaciones/328_PE21-ManualDeCartografia.pdf)

Navone, Stella Maris & al. 2011.

Sensores Remotos Aplicados al Estudio de los Recursos Naturales (edición 2011).

Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), Buenos Aires: 223 pp.; 2011.

ISBN: 978-95-02907-36-9.

Richards, John A. & Jia, Xiuping. 1999.

Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction (3rd edition).

Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York: 365 pp.; 1999.

ISBN: 978-3-662-03980-9.

Sabins, Floyd F. 2000.

Remote Sensing: Principles and Interpretation (3rd edition - 3rd printing).

W. H. Freeman & Company, New York: 494 pp.; 2000.

ISBN: 0-7167-2442-1.

Sabins, Floyd F. 1997.

Remote Sensing Laboratory Manual (revised 3rd edition).

Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque: 213 pp.; 1997.

ISBN: 0-7872-2543-6.

ÍNDICE

ACERCA DE ESTE MANUAL..... 3	Aspecto de clasificaciones40	Biblioteca de servidores WMS50
Acercar 13, 54, 55	Aspecto ráster37	Biblioteca de tablas cromáticas.....51
Ajustar vista..... 17, 54, 55	Aspecto vectorial.....43	Bibliotecas 7, 40, 44, 46, 50, 70, 73
Alejar 13, 54, 55	Autoensamblado 62, 63	Bibliotecas de aspecto...40, 44, 50
alerta 3	autovalores.....81	Bibliotecas de fuentes de datos.....7, 46, 50
Álgebra de bandas... 13, 51, 72	autovectores.....81	Bibliotecas de parámetros geodésicos.....51
Algoritmos agrupadores no supervisados 89	Aux.....6, 33	Bibliotecas de procesos 51, 70, 73
Algoritmos clasificadores supervisados 86	AVHRR.....6, 33	<i>big-endian</i>29
Análisis de Componentes Principales..... 81	Ayuda.....7, 8, 16, 17	BIL..... 29, 31
Análisis por mayoría/minoría 104	Balance de histograma..14, 100	BIP.....29
Animación de imágenes 18, 55	<i>Band Interleaved by Line</i> 29	<i>bit depth</i>28
Apilar bandas..... 13, 58	<i>Band Interleaved by Pixel</i>29	bitácora 37, 43
aprendizaje supervisado 86, 89	<i>Band Sequential</i>29	<i>blue</i>38
Árbol de capas ... 18, 58, 61, 68, 72, 82, 88, 91, 100, 103, 105	Barra de estado.....26	BLX..... 6, 32
ArcInfo6, 31	Barra de herramientas..16, 54	BMP 6, 32, 35, 42, 57
Área de visualización.... 15, 20	BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA 106	Botón de ayuda17
Áreas de entrenamiento 88	Biblioteca de ecuaciones51	<i>box</i> 70, 71
Arrastrar 17, 54, 55	Biblioteca de estilos vectoriales.....51	<i>Brightness</i> 78, 79, 80
ASCII...6, 30, 31, 34, 37, 41, 49	Biblioteca de firmas espectrales50	Brillo 78, 79, 80
	Biblioteca de matrices de convolución51	Brillo/contraste de imagen55
		Bruma 78, 79
		BSB.....6, 32

BSQ..... 29	Clasificaciones7, 82	Despliegue y ocultamiento de capas..... 19, 28
Búfer 13, 67	coeficientes de retrodispersión75	<i>digital elevation model</i> ...22
Calcular estadísticas en áreas de clasificación 14, 89	coma flotante 29, 41	<i>digital number</i>26
Calcular estadísticas globales..... 13, 60	Combinación de bandas, realce y tabla cromática38	DiMap 6
Campos numéricos enteros..... 41	Comisión Nacional de Actividades Espaciales 2, 3, 6, 28	Directo 0-255.....39
Campos numéricos reales 41	composición de bandas .38	Distancia de Mahalanobis88
Campos textuales 41	comunidad de usuarios..10	Distancia mínima87
Cantidad y disposición de visualizadores..... 24	CONAE 2, 3, 6, 12, 28	DN 26, 28, 82
Capas ráster. 28, 49, 51, 73	Configuración8, 16	DOQ 6, 34
Capas remotas 46, 50	Consulta de píxel13, 17, 55	<i>double</i>29
Capas temáticas 28	<i>copyright</i> 35, 42	DTED 6, 32
Capas vectoriales..... 40, 49, 51, 88, 105	Corregistrar..... 14, 18	Ecualizado.....39
Capturar vista 13, 17, 57	correlación...13, 60, 77, 81, 82, 89	Edición de geometrías....62
Características técnicas ... 6	corrimiento..... 36, 77	Edición de tabla de atributos63
CEOS6, 30	covarianza....13, 60, 81, 88, 89	Edición vectorial..7, 13, 18, 56, 61, 88, 105
Clases 40	Creación de consultas avanzadas..... 64, 65	Elipsoide 15, 53
Clasificación directa 83	Creación de mapas.. 13, 18, 57	<i>endianness</i>29
Clasificación no supervisada..... 14, 89	CSV 61, 81, 89, 105	Enhanced Thematic Mapper Plus79
Clasificación por ángulo espectral.. 14, 50, 84, 85	Cuarto80	Enlaces 9
Clasificación por umbrales 14, 83	Datum 15, 33, 53	Entorno 2D22
Clasificación supervisada 14, 86	DEM 6, 22, 31, 34	Entorno 3D22
	desbordamientos73	Entornos de visualización 7, 21
		ENVI 6, 30
		EOSAT 6

EPSG	51, 52, 53	Filtro Laplaciano con matriz cuadrada.....	71	GESTIÓN DE DATOS	12, 15, 27
ER Mapper.....	6, 30	Filtros básicos.....	13, 70	GIF.....	6, 31, 35, 42, 57
ERDAS.....	6, 30	Filtros complejos para detección de bordes ...	71	GNU.....	6, 8
Escalado espacial.....	13, 60	Filtros de convolución...	13, 51, 69	Golden Software	6, 31
espacio DN	76, 81	Filtros pasa-altos.....	71	GPS eXchange	42
Espacio en disco.....	8	Filtros pasa-bajos.....	70	GPX	6, 42
Esquema de intercalado	29	<i>float</i>	29	<i>graphical user interface</i> .	11
ESRI	6, 31, 42, 48, 57, 61	<i>floating point</i>	29, 41	GRASS	6, 31
Estilo.....	43	formato nativo.....	35, 42	<i>green</i>	38
Estilos temáticos.....	45	formatos de archivo	30	<i>Greenness</i>	78, 79, 80
Estructura de tabla	42	Formatos de datos ráster	30, 31, 32, 33, 34	GRIB	6, 34
Etiqueta.....	44	Formatos de datos vectoriales.....	42	Grupos de capas.....	47
ETM+	79	<i>Fourth</i>	80	GTIFF	34, 35, 47
European Petroleum Survey Group.....	51	Funcionalidad destacada.	6	GUI	11
Exportación de capas.....	47	Fusión	13, 14, 66	<i>Haze</i>	78, 79
Exportación de proyectos	27	Fusionar clases.....	14, 103	HDF5	6, 31
Exportar proyecto....	12, 27	Gaussiano	39	Hdr.....	6, 30, 31
Exportar ráster.....	12, 47	GCP.....	14	HERRAMIENTAS	12, 54
Exportar vector	12, 48	Generales.....	35, 42	Herramientas de archivo	16
eXtensible Markup Language. 33, 35, 42, 47, 48		Generalidades.....	6	Herramientas específicas	17
extremidad.....	29	Geometrías vectoriales ..	40	Herramientas generales	16
Fast.....	6, 30	Georreferenciar con GCP	18, 93, 96	Herramientas interactivas	6, 17, 54
<i>Fifth</i>	78, 79	GeoTIFF....	6, 32, 34, 35, 42, 47, 57	<i>high-pass filter</i>	71
Filtro de promedio con matriz cuadrada.....	70			Histograma	36
Filtro de Sobel-Feldman	71			Historial de procesamiento.....	37, 43

HTML.....	61, 81, 89, 105	Instalación	8	Linux	6, 8
huecos	41, 66	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> 29,	41	<i>little-endian</i>	29
Humedad	76, 78, 79, 80	<i>int</i>	29	<i>log</i>	37, 43, 73
HyperText Markup Language	61, 81, 89, 105	Integrapp.....	6	<i>low-pass filter</i>	70
IEEE	29, 41, 70, 75, 78	Intel	29	Magellan	6, 32
IKONOS.....	79, 80	INTERFAZ DE USUARIO	11	Magnificar	17, 54, 55
IKONOS-2.....	79, 80	interfaz gráfica de usuario	3, 11, 18	MapTech.....	6, 32
ILWIS.....	6, 31	interpolación.....	60, 68, 91, 103	Material amarillo.....	78
Importación de capas	48	Intersección.....	66	Matrices de TCT.....	77
Importación de proyectos	28	INTRODUCCIÓN.....	6, 16	Matriz de confusión.....	14, 105
Importar PAT.....	12, 28	ISIS	6, 34	Máxima verosimilitud	88
Importar ráster genérico	12, 48	JAXA.....	6, 32	MDE.....	21, 22
Importar tabla X/Y...	12, 49	JPEG	6, 32, 35, 42, 57	Medias-K.....	89
Incomparable.....	78	JPL	6, 32	Medición rápida 13, 17, 26, 56	
ÍNDICE	108	<i>Keyhole Markup Language</i>	42	Mejoras ráster	7, 100
Índice de Agua con Diferencia Normalizada	75	<i>K-means</i>	89	Memoria RAM.....	8
Índice de Humedad con Diferencia Normalizada	76	<i>KML</i>	6, 42	Menú común ráster/vectorial.....	19
Índice de Vegetación con Diferencia Normalizada	74	LandSat-1	77, 78	Menú de archivo.....	12, 27
Índice Radar de Vegetación.....	75	LandSat-2	78	Menú de ayuda.....	16
<u>Índices de vegetación</u>	74	LandSat-3	78	Menú de bibliotecas 15, 50	
Índices estandarizados 13, 40, 74		LandSat-4	78	Menú de herramientas..12, 54	
		LandSat-5	78	Menú de pre/pos- procesamiento.....	14
		LandSat-7	77, 79	Menú de procesamiento	13, 68
		Lineal	39	Menú de visualización....	15
		Lineal 2%.....	39		

Menú principal ... 11, 54, 68	NLAPS 6, 32	pérdida de precisión 73
Menú vectorial..... 20	NN 60, 68, 91, 103	Placa gráfica 8
Menús contextuales 19	NOAA..... 6, 33	PNG..... 6, 33, 35, 42, 57
Microsoft Excel..61, 81, 89, 105	<i>Non-such</i> 78	<i>point</i> 40
Microsoft Windows 6, 8, 32	<i>Normalized Difference Moisture Index</i> 76	<i>pointZ</i> 41
modelo digital de elevación 21, 22	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> 74	<i>polygon</i> 40
Modelo geográfico... 30, 31, 32, 33, 34, 37, 42	<i>Normalized Difference Water Index</i> 75, 76	<i>polygonZ</i> 41
Modelo ráster..... 36	<i>not a number</i> 29	<i>polyline</i> 40
Modo Imagen 23	número digital ... 26, 28, 39, 82	<i>polylineZ</i> 41
Modo SIG..... 24	<i>offset</i> 36, 77	Pos-clasificación 14, 103
Modos de visualización. 23	OGC 6, 12, 15, 33, 46	PRE/POS-PROCESAMIENTO 91
Mosaico 14, 101	<i>on-the-fly</i> 7, 23, 24	precisión doble 29, 41
Motorola 29	Open Geospatial Consortium 46	precisión simple 29
MSS 77, 78	OpenGL..... 8	<i>Principal Component Analysis</i> 81
MTL..... 6, 32	Operaciones topológicas 65	Procesador 8
MultiSpectral Scanner ... 77	Orden de almacenamiento 29	PROCESAMIENTO... 13, 14, 68
NaN 29	Otros metadatos 37	Procesos en el dominio espacial..... 68
NASA..... 6, 32	<i>overflow</i> 73	Procesos en el dominio espectral 72
Navegar . 13, 17, 26, 56, 57, 62	OziExplorer..... 6, 33	Producto Autocontenido Temático 12, 28
NDMI 7, 40, 76	PALSAR 6, 32	profundidad de bits 28, 79, 80
NDVI ... 7, 40, 51, 74, 75, 76	Paralelepípedo 87	prohibido..... 3
NDWI..... 7, 51, 75, 76	PAT 12, 28	propiedad intelectual 35, 42
<i>nearest neighbor</i> 60, 68, 91, 103	PCA..... 7, 81	Propiedades de ráster 35
NIMA 6, 32	PCI Geomatics..... 6, 33	
NITF 6, 32		

Propiedades de vector... 42	rotación de ejes..... 76, 81	SoPI... 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 81, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105
Propiedades de visualizador 21, 23	RVI..... 7, 40, 51, 75	<i>Spectral Angle Mapper</i> ...84
Proyectos SoPI..... 27	SAFE 6, 33	SPOT 6, 33
QuickBird-2 80	SAM.....84	SRTM..... 6, 33
Quinto 78	SAR..... 6, 30, 33, 34, 75	SUR Emprendimientos Tecnológicos S. R. L. 2
<i>Radar Vegetation Index</i> . 75	SDTS 6, 34	SuriLib..... 2
RADARSAT-2.....6, 33	Selección de capas ... 19, 28	<i>Synthetic Aperture Radar</i> 32, 75
Raíz cuadrada39, 69, 73	Selector de tareas.....18	Tabla de atributos.... 20, 41
Rango numérico..... 45	Sentinel-1 6, 33	TABLA DE CONTENIDOS. 4
<i>r-bitrary</i> 77	Sexto.....78	Tablas cromáticas.... 15, 39
Realce interactivo..... 38	Shapefile ... 6, 42, 48, 57, 61	Tarea Animación de imágenes.....18
Realces de histograma... 38	<i>short</i>29	Tarea Brillo/Contraste de imagen.....18
Recorte 13, 58, 59, 66	SHP.....42, 48, 57, 61	Tarea Corregistrar18
Recorte/Máscara..... 13, 58, 59	SIG 3, 6, 7, 22, 23, 24	Tarea Creación de mapas18
<i>red</i> 38	Sincronizar visualizadores 15, 25	Tarea Edición vectorial..18
redes sociales..... 10	Sistema de referencia15, 51, 52, 53	Tarea Georreferenciar con GCP18
reflectancia en el sensor 74, 75, 76, 79	Sistemas de Información Geográfica.. 6, 22, 23, 24, 106	<i>Tasseled Cap Transform</i> . 76
Reproyectar ráster... 14, 92	sistemas de referencia geodésicos..... 15, 51	TCT7, 76, 77, 78, 79, 80
Reproyectar vector .. 14, 93	Sistemas de referencia geográficos.....53	
República Argentina 2, 3, 6, 46, 50, 51, 53	Sistemas de referencia proyectados52	
Requerimientos de hardware 8	<i>Sixth</i> 78, 79	
Requerimientos de software 8	Software 2Mp 12, 28	
Requerimientos mínimos 7	Software de Procesamiento de Imágenes..... 2, 3, 6	
RGB7, 38		

TCT para IKONOS-2 IKONOS..... 79	Transformación tasseled cap..... 13, 76	Valores únicos.....45
TCT para LandSat-1 MSS 77	Transformación <i>Tasseled</i> <i>Cap</i>76	vecino más cercano 60, 68, 91, 103
TCT para LandSat-4 TM 78	Transformaciones geográficas7, 91	Ventanas de control 26, 56
TCT para LandSat-7 ETM+ 77, 79	Tratamiento ráster58	Verdor 78, 79, 80
TCT para QuickBird-2 BGIS 2000 80	Tratamiento vectorial....61	VICAR.....6, 34
Tercero 80	Ubuntu.....6, 8	videotutoriales.....10
Terragen6, 34	<i>uchar</i>29	Visualizador activo.. 15, 20
TerraSAR-X.....6, 34	<i>uint</i>29	Web Map Service..... 33, 46
<i>Third</i> 80	<i>underflow</i>73	<i>Wetness</i> 78, 79, 80
TIFF.....6, 34, 35, 42, 57	Unión.....66	WMO 6, 34
Tipo de dato..... 28, 29	USGS6, 34	WMS6, 7, 12, 15, 33, 46, 50
TM 76, 78	<i>ushort</i>29	XLS 61, 81, 89, 105
	valor inválido36	XML.....6, 33, 35, 42, 47, 48
		<i>Yellow stuff</i>78