



Semi-Automatic Classification Plugin Documentation

Versión 6.4.0.2

Luca Congedo

04 de octubre de 2020

1. Introducción	1
2. Instalación del Complemento	3
2.1. Instalación en Windows 32 bit	3
2.2. Instalación en Windows 64 bit	5
2.3. Instalación en Ubuntu Linux	8
2.4. Instalación en Debian Linux	12
2.5. Instalación en Mac OS	16
3. La Interfaz de SCP	21
3.1. SCP menú	21
3.2. SCP dock	23
3.3. Barra de Trabajo	34
3.4. Ventana principal de la interfaz	36
3.5. Gráfico de Firmas Espectrales	100
3.6. Gráfico de Dispersión	106
3.7. SCP Barra de Herramientas de edición	109
4. Breve Introducción a la Teledetección	111
4.1. Definiciones Básicas	112
4.2. Satélites multiespectrales	115
4.3. Clasificación de la Cobertura Terrestre	119
4.4. Procesamiento de imágenes	130
4.5. Conversión de la imagen a Reflectancia	134
4.6. Conversión a temperatura	138
4.7. Referencias	139
5. Tutoriales Básicos	141
5.1. Tutorial 1	141
5.2. Tutorial 2	175
6. Advanced Tutorials	193
6.1. Tutorial 3	193
6.2. Tutorial 4	204
7. Semi-Automatic OS	221
7.1. Instalación en VirtualBox	222
8. Preguntas Frecuentes	225
8.1. Instalación del Complemento	226
8.2. Pre procesamiento	228
8.3. Procesamiento	230

8.4. Advertencias 230

8.5. Errores 231

8.6. Varios 233

Introducción

Desarrollado por Luca Congedo, **Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)** es un complemento de código abierto gratuito para QGIS que permite la clasificación semi-automática (también conocida como clasificación supervisada) de imágenes de sensores remotos. Proporciona muchas herramientas para la descarga de imágenes gratuitas, el preprocesamiento, el postprocesamiento y la calculadora ráster (por favor mira *¿Qué puedo hacer con SCP?* (página 233)).

El ****objetivo general**** de SCP es proveer un conjunto de herramientas entrelazadas para procesado ráster con tal de hacer un flujo de trabajo automático y facilitar la clasificación de campos, que pueda ser usado también por gente cuyo campo principal no es la teledetección. La primera versión de SCP fue desarrollada por Luca Congedo en 2012 para el «ACC Dar Project» para crear una herramienta para la clasificación de campos de una manera razonable y automática; versiones siguientes de SCP fueron desarrolladas como compromiso personal al campo de la teledetección y la filosofía del código abierto. SCP versión 6 (Nombre en clave: Greenbelt) es desarrollado en el contexto del doctorando de Luca Congedo en Paisaje y medioambiente en Sapienza, Universidad de Roma

Este **Manual del Usuario** proporciona información acerca de *Instalación del Complemento* (página 3) de SCP y la *La Interfaz de SCP* (página 21), con información detallada de todas las funciones. Además el *Breve Introducción a la Teledetección* (página 111) muestra los conceptos básicos y definiciones que son requeridos para usar SCP.

Tutoriales Básicos (página 141) están disponibles para aprender las funciones principales de SCP.

Estas cordialmente invitado para **contribuir en SCP** (ver *Cómo contribuir a SCP* (página 234)) y unirse al grupo de Facebook. También por favor lea la, *Preguntas Frecuentes* (página 225).

Para mayor información y tutoriales visita el sitio oficial



De SIG a teledetección <<https://fromgistsors.blogspot.com>>‘_

Cómo citar

Congedo Luca (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

Licencia:

A no ser que se indique lo contrario, el contenido de este trabajo está bajo licencia de tipo Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Semi-Automatic Classification Plugin es un software gratuito: puede ser redistribuido y/o modificado bajo los términos de la GNU General

Public License como está publicado por la Free Software Foundation, version 3 de la Licencia. El Semi-Automatic Classification Plugin es distribuido con la esperanza de que sea útil, pero SIN NINGUNA GARANTÍA; ni siquiera la garantía implícita de COMERCIALIZACION o CAPACIDAD PARA UN PROPOSITO PARTICULAR. Ver la GNU General Public License para más detalles. Has recibido una copia de la GNU General Public License junto con Semi-Automatic Classification Plugin. Si no es así, mira <http://www.gnu.org/licenses/>.

Traductores:

Español: Igor Francisco Dávalos Rojas, Imanol Uriarte Latorre

Instalación del Complemento

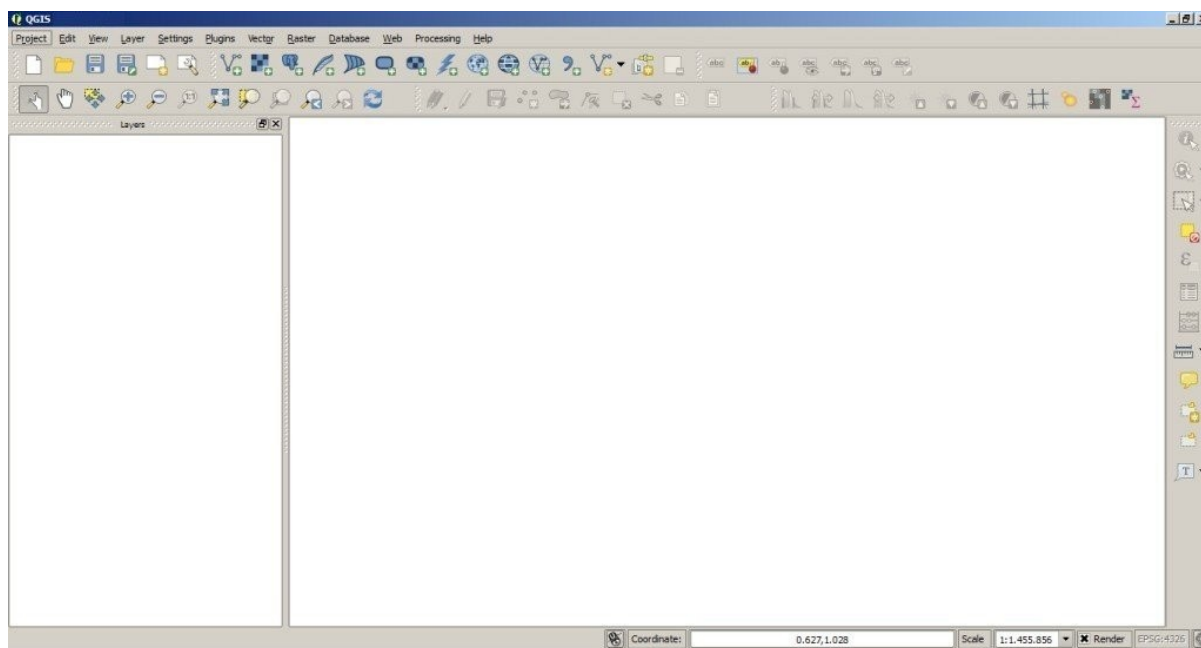
El Semi-Automatic Classification Plugin requiere la instalación de [GDAL](#), [OGR](#), [NumPy](#), [SciPy](#) y [Matplotlib](#) (incluido con QGIS). Este capítulo describe la instalación de Semi-Automatic Classification Plugin para los sistemas Operativos soportados.

2.1 Instalación en Windows 32 bit

2.1.1 QGIS descarga e instalación

- Descarga la última versión de QGIS 32 bit desde [aquí](#) ;
- Ejecuta el instalador de QGIS con privilegios de administrador, acepta la configuración por defecto.

Ahora QGIS está instalado.



2.1.2 Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

- Ejecuta QGIS;
- Desde el menú principal, selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;

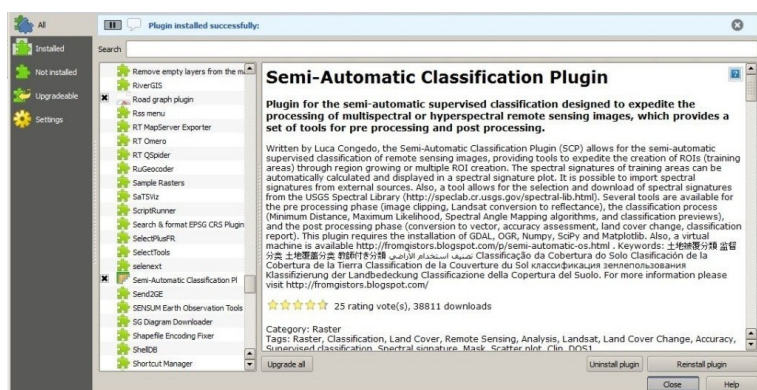


- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento;

Consejo: en caso de problemas o requerirse instalación sin conexión consulta *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226) y *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226).

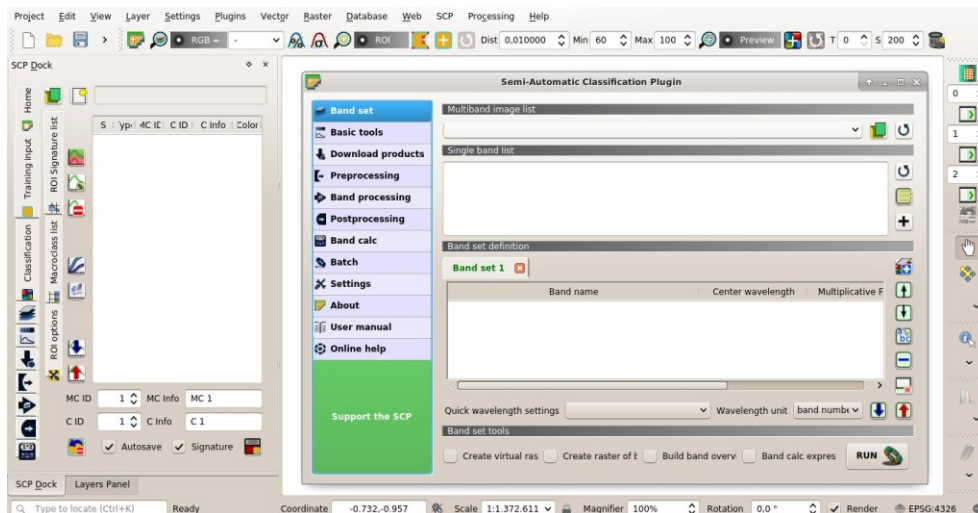


- El SCP se activará automáticamente; de todos modos, asegúrate de que el Semi-Automatic Classification Plugin está seleccionado en el menú Instalados (el reinicio de QGIS es necesario para completar la instalación de SCP);



2.1.3 Configuración del complemento

Ahora Semi-Automatic Classification Plugin está instalado y un panel y una barra de herramientas se habrá agregado a QGIS. También, el menú SCP se encuentra disponible en la Barra de Menú de QGIS. Es posible mover la barra de herramientas y el panel según sus necesidades, como se muestra en la siguiente imagen.

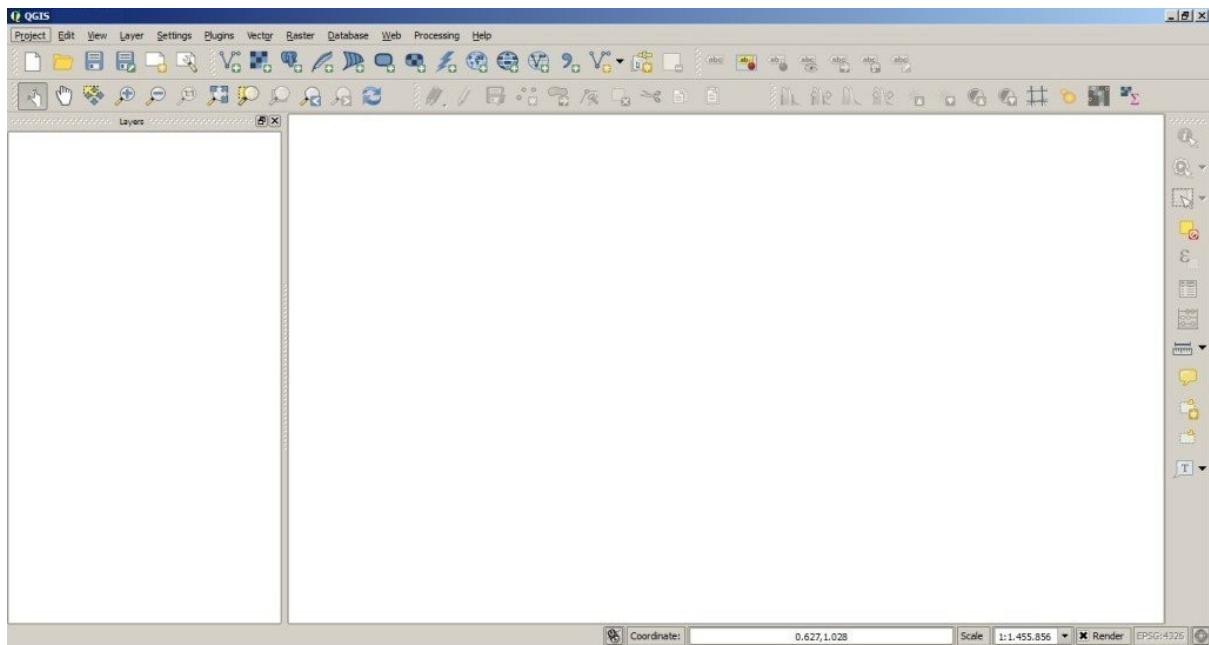


2.2 Instalación en Windows 64 bit

2.2.1 QGIS descarga e instalación

- Descarga la última versión de QGIS 64 bit desde [aquí](#) ;
- Ejecuta el instalador de QGIS con privilegios de administrador, acepta la configuración por defecto.

Ahora QGIS está instalado.



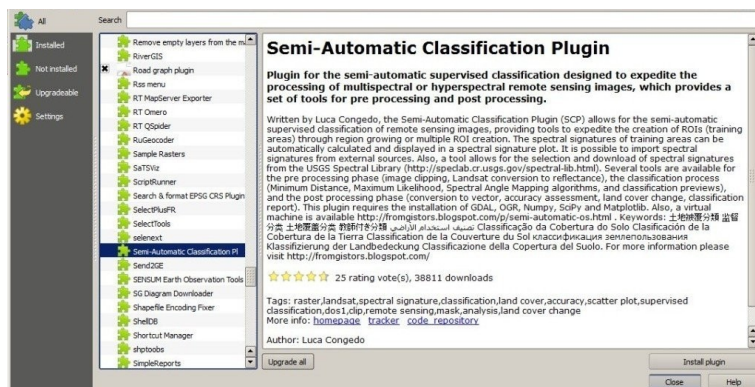
2.2.2 Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

- Ejecuta QGIS;
- Desde el menú principal, selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;

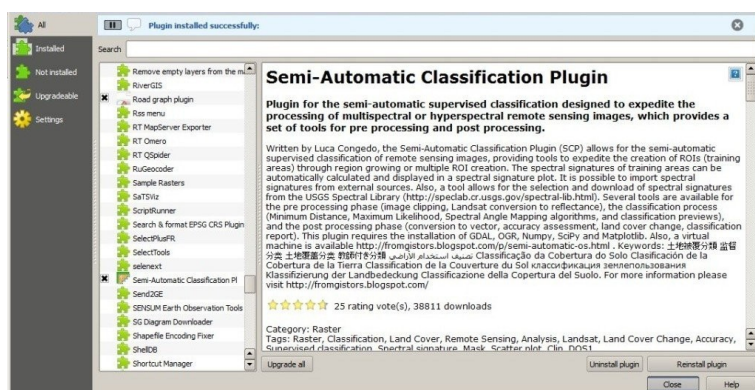


- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento;

Consejo: en caso de problemas o requerirse instalación sin conexión consulta *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226) y *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226).

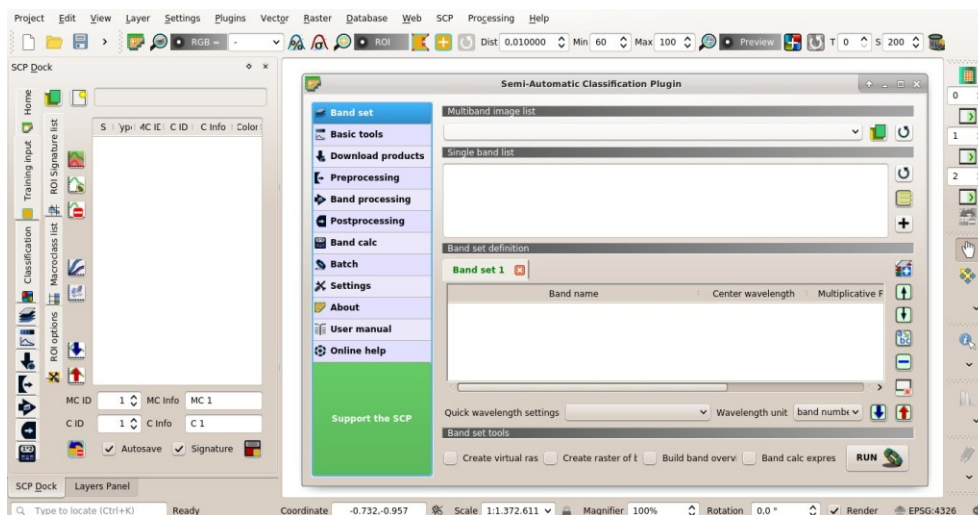



- El SCP se activará automáticamente; de todos modos, asegúrate de que el Semi-Automatic Classification Plugin está seleccionado en el menú Instalados (el reinicio de QGIS es necesario para completar la instalación de SCP);

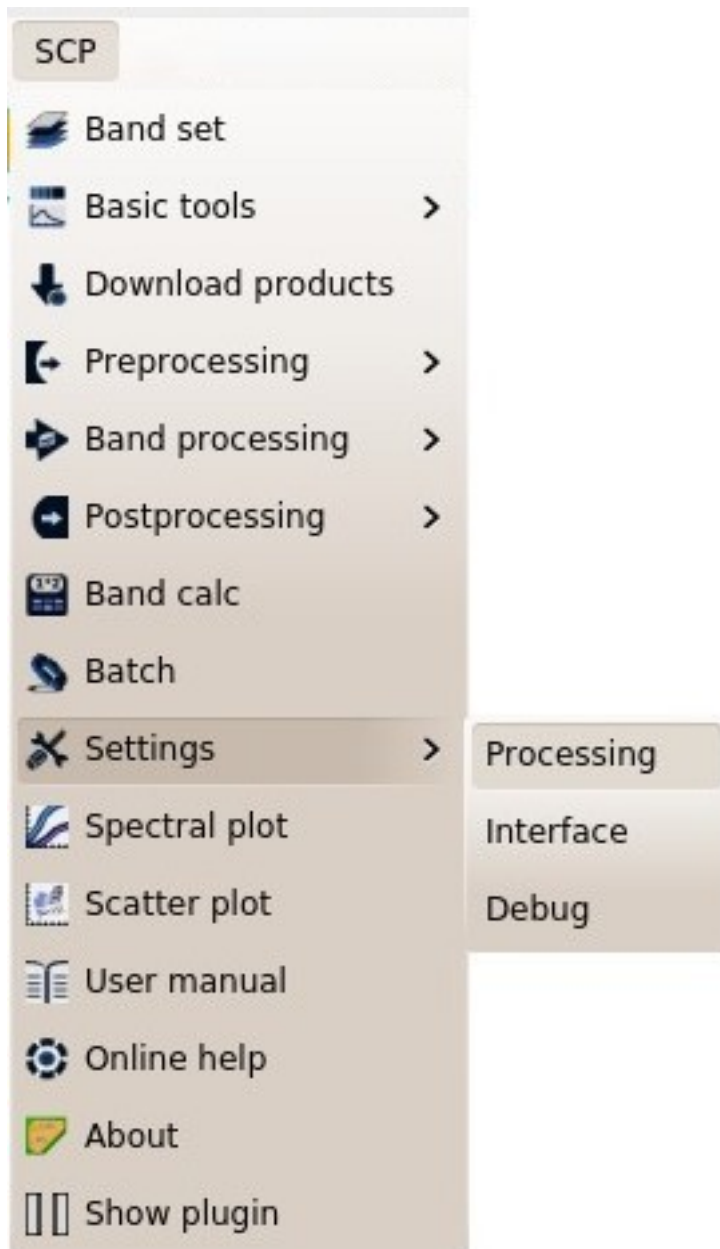


2.2.3 Configuración del complemento

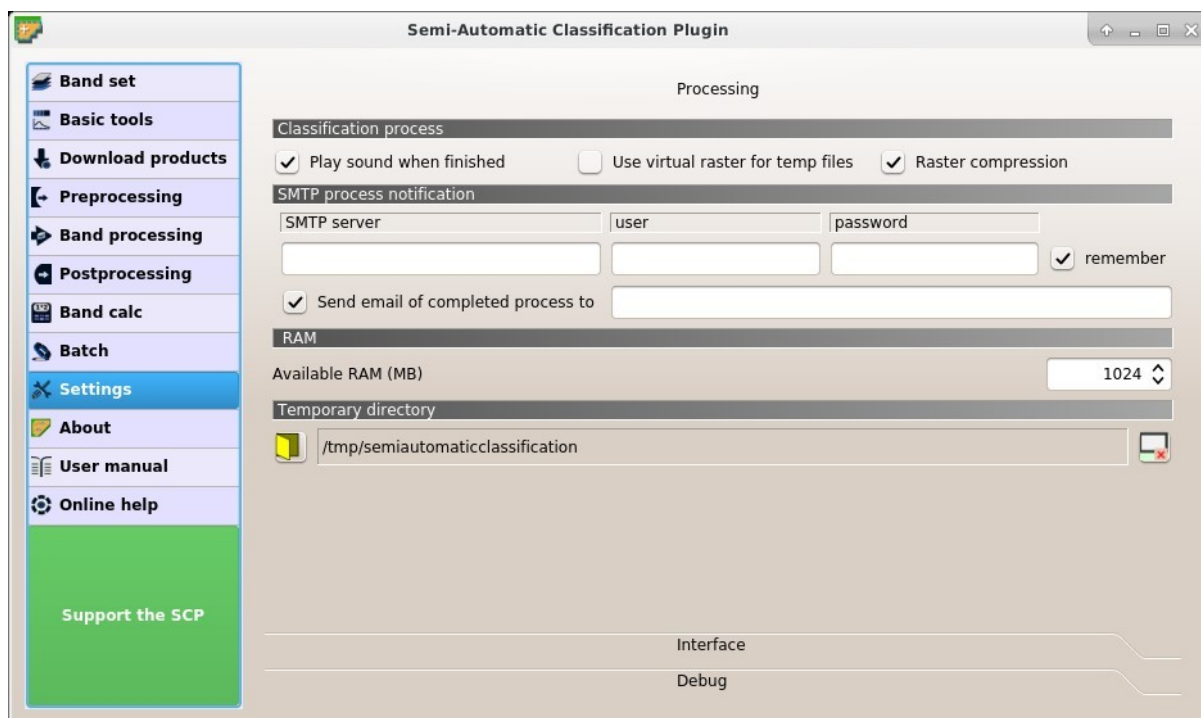
Ahora Semi-Automatic Classification Plugin está instalado y un panel y una barra de herramientas se habrá agregado a QGIS. También, el menú SCP se encuentra disponible en la Barra de Menú de QGIS. Es posible mover la barra de herramientas y el panel según sus necesidades, como se muestra en la siguiente imagen.



Se recomienda la configuración de memoria RAM disponible para reducir el tiempo de procesamiento. En el *SCP* menú (página 21) selecciona  Configuración > Procesado.



En la *Configuración* (página 96), ajusta la memoria RAM disponible (MB) en un valor que debería ser la mitad de la memoria RAM del sistema. Por ejemplo, si tu sistema tiene 2GB de RAM, ajusta el valor a 1024MB.



2.3 Instalación en Ubuntu Linux

2.3.1 QGIS descarga e instalación

- Abre una terminal y escribe:

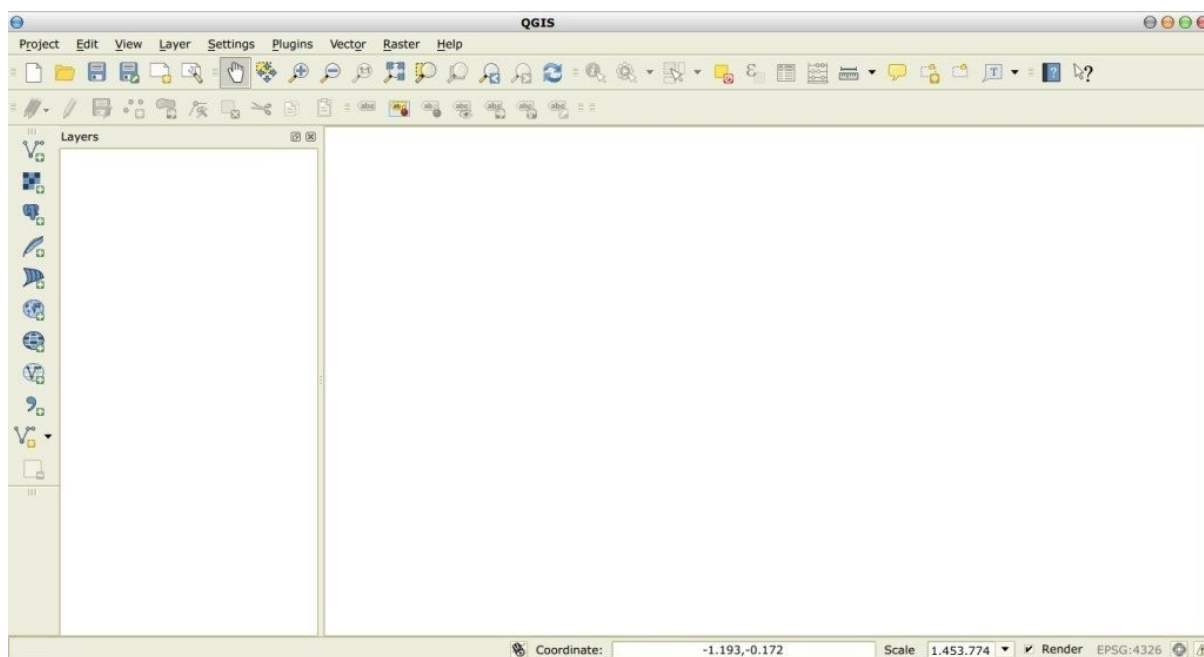
```
sudo apt-get update
```

- Presiona Enter y escribe la contraseña de usuario;
- Escribe en la terminal:

```
sudo apt-get install qgis python3-matplotlib python3-scipy
```

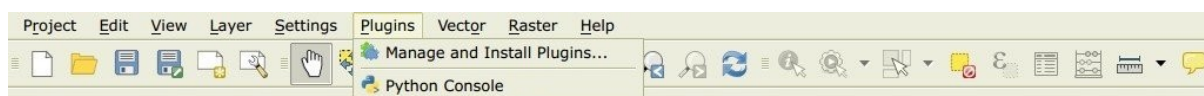
- Presiona Enter y espera hasta que el software se descargue e instale.

Ahora QGIS está instalado.



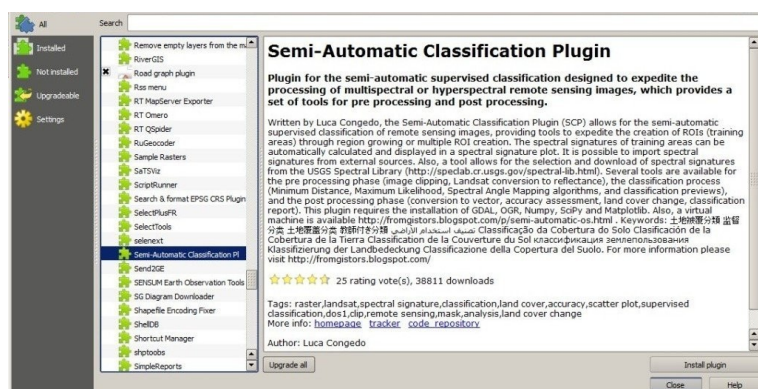
2.3.2 Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

- Ejecuta QGIS;
- Desde el menú principal selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;

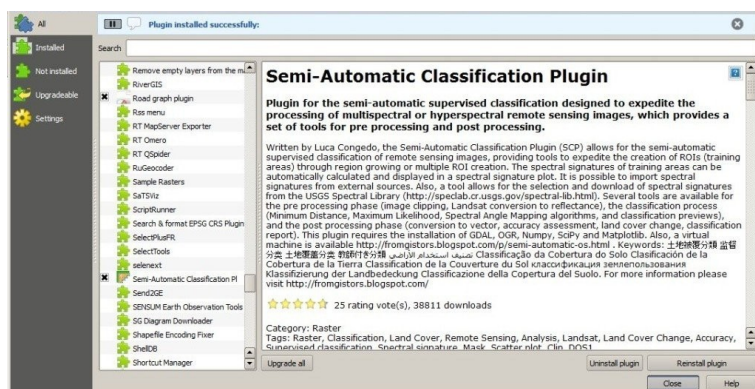


- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento;

Consejo: en caso de problemas o requerirse instalación sin conexión consulta *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226) y *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226).

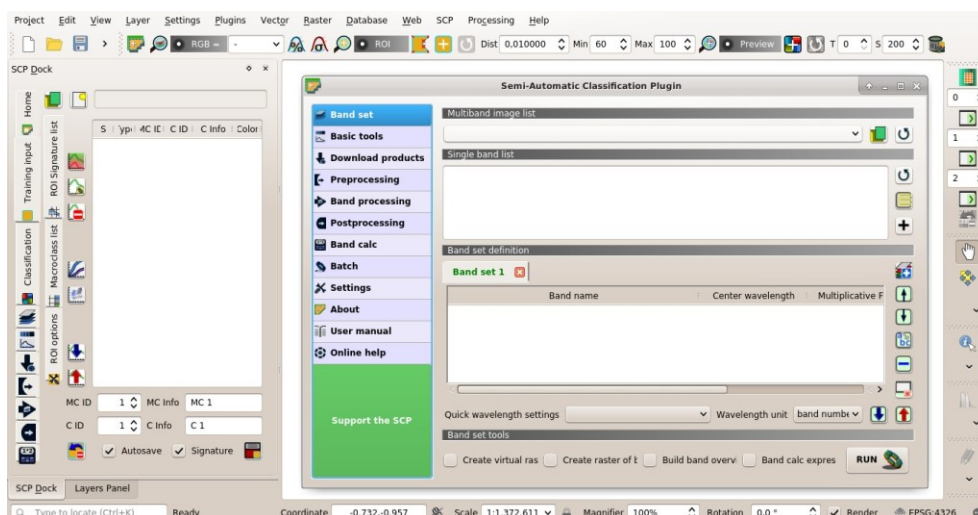



- El SCP se activará automáticamente; de todos modos, asegúrate de que el Semi-Automatic Classification Plugin está seleccionado en el menú Instalados (el reinicio de QGIS es necesario para completar la instalación de SCP);

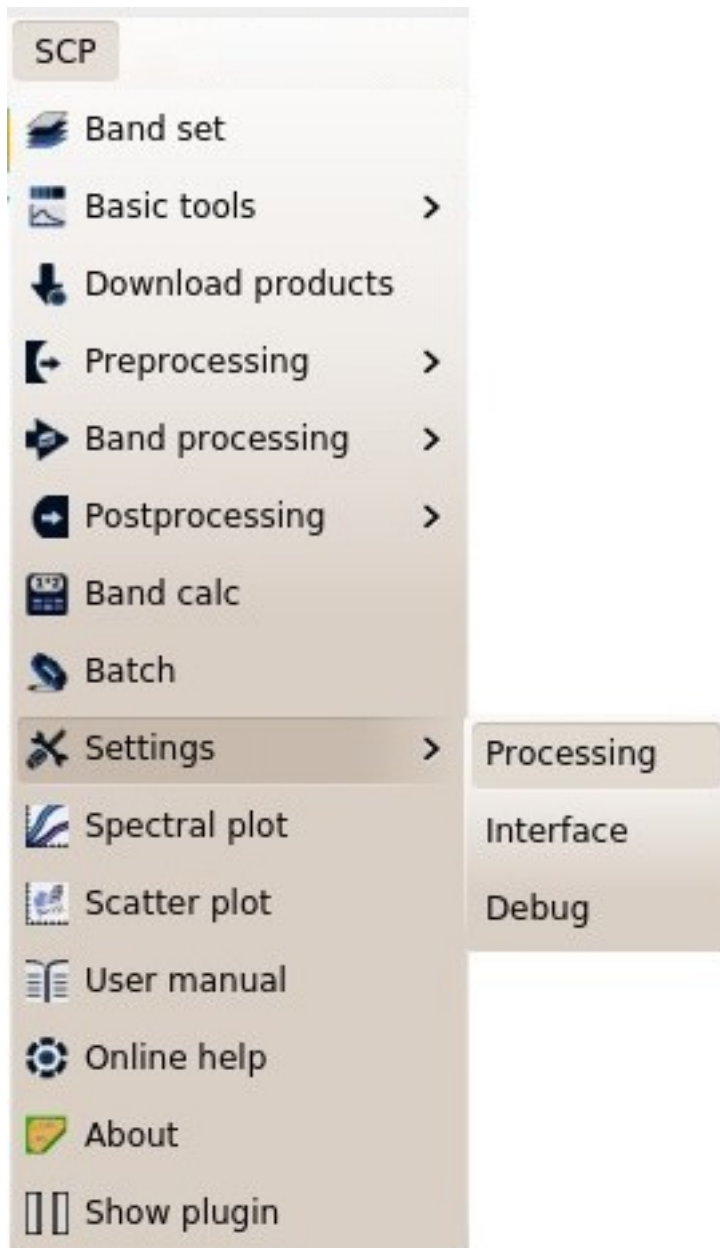


2.3.3 Configuración del complemento

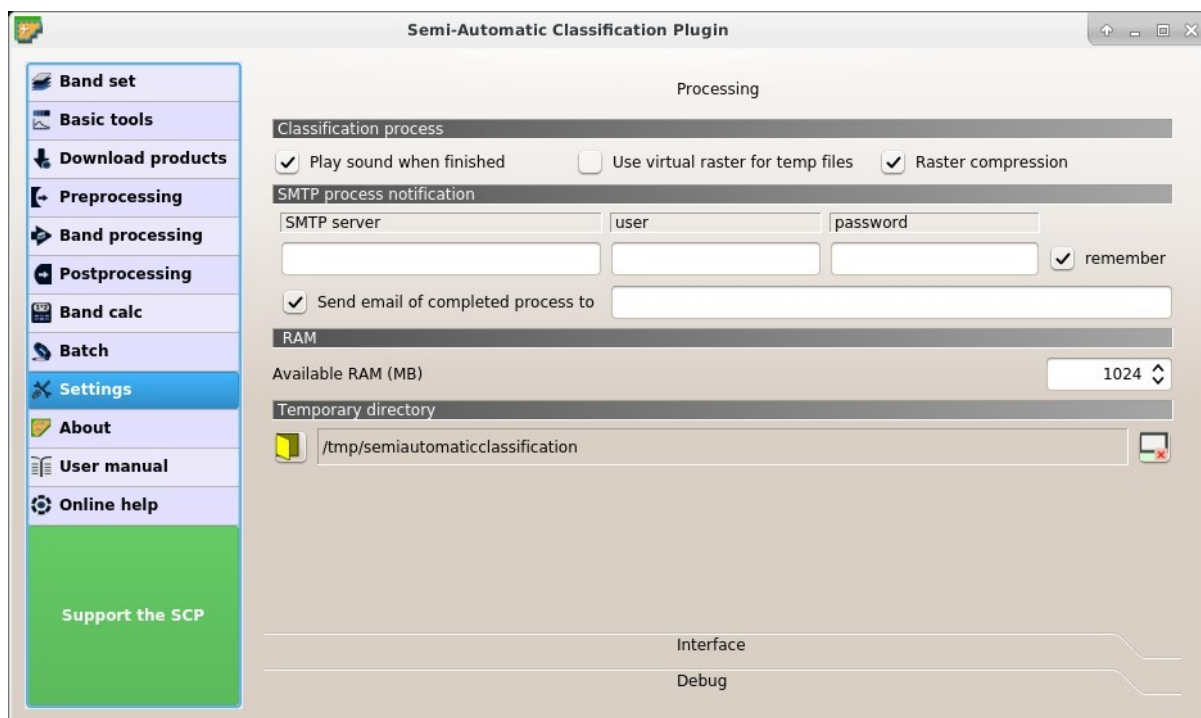
Ahora Semi-Automatic Classification Plugin está instalado y un panel y una barra de herramientas se habrá agregado a QGIS. También, el menú SCP se encuentra disponible en la Barra de Menú de QGIS. Es posible mover la barra de herramientas y el panel según sus necesidades, como se muestra en la siguiente imagen.



Se recomienda la configuración de memoria RAM disponible para reducir el tiempo de procesamiento. En el *SCP* *menú* (página 21) selecciona  Configuración > Procesado.



En la [Configuración](#) (página 96), ajusta la memoria RAM disponible (MB) en un valor que debería ser la mitad de la memoria RAM del sistema. Por ejemplo, si tu sistema tiene 2GB de RAM, ajusta el valor a 1024MB.



2.4 Instalación en Debian Linux

2.4.1 QGIS descarga e instalación

- Abre una terminal y escribe:

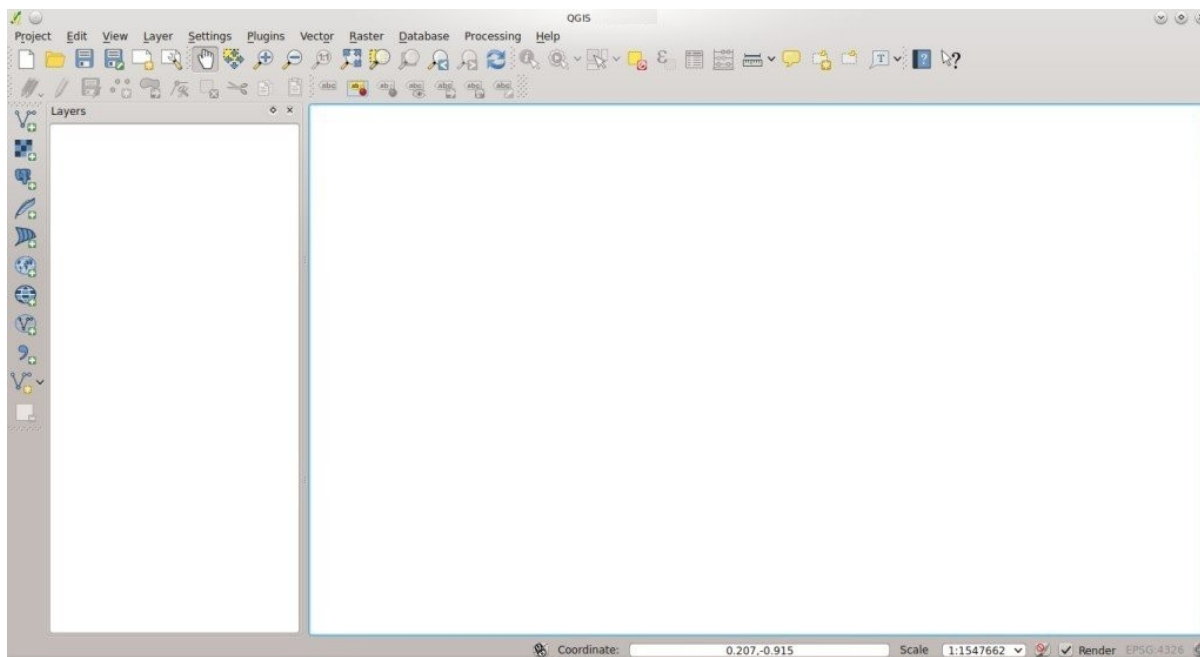
```
sudo apt-get update
```

- Presiona Enter y escribe la contraseña de usuario;
- Escribe en la terminal:

```
sudo apt-get install qgis python3-matplotlib python3-scipy
```

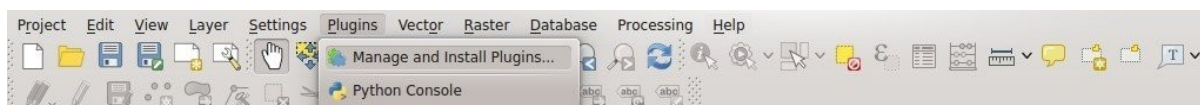
- Presiona Enter y espera hasta que el software se descargue e instale.

Ahora QGIS está instalado.



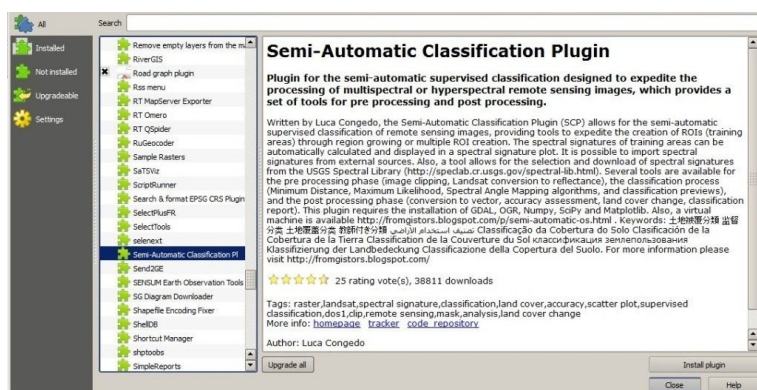
2.4.2 Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

- Ejecuta QGIS;
- Desde el menú principal, selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;

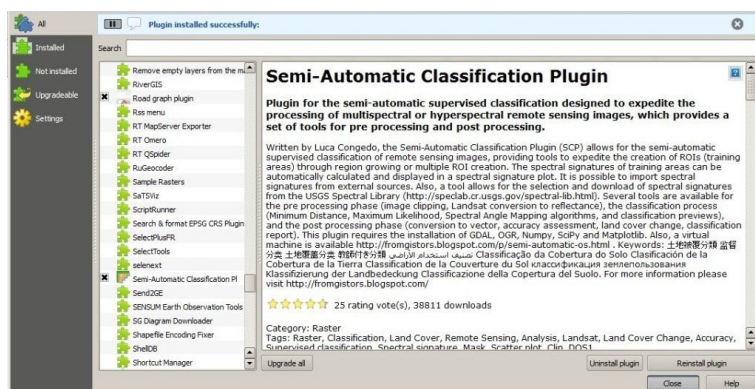


- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento;

Consejo: en caso de problemas o requerirse instalación sin conexión consulta *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226) y *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226).

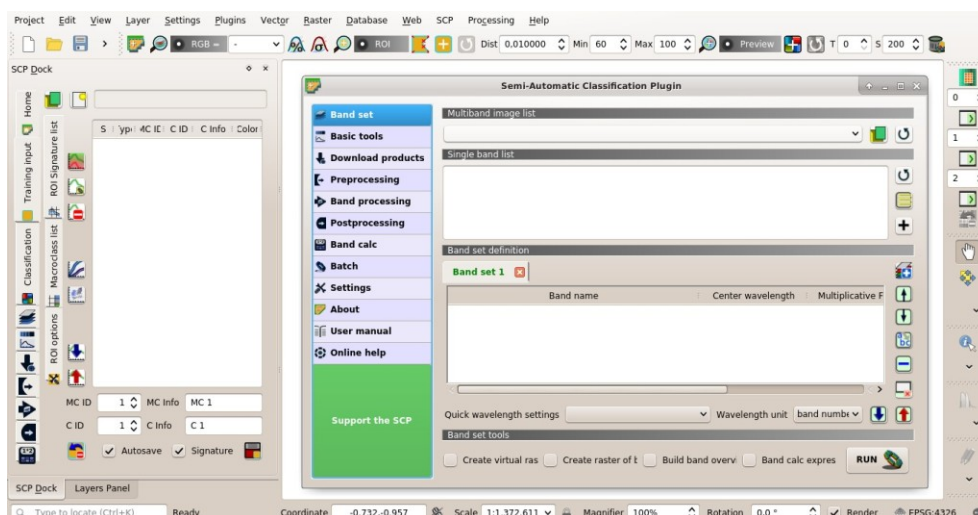



- El SCP se activará automáticamente; de todos modos, asegúrate de que el Semi-Automatic Classification Plugin está seleccionado en el menú Instalados (el reinicio de QGIS es necesario para completar la instalación de SCP);

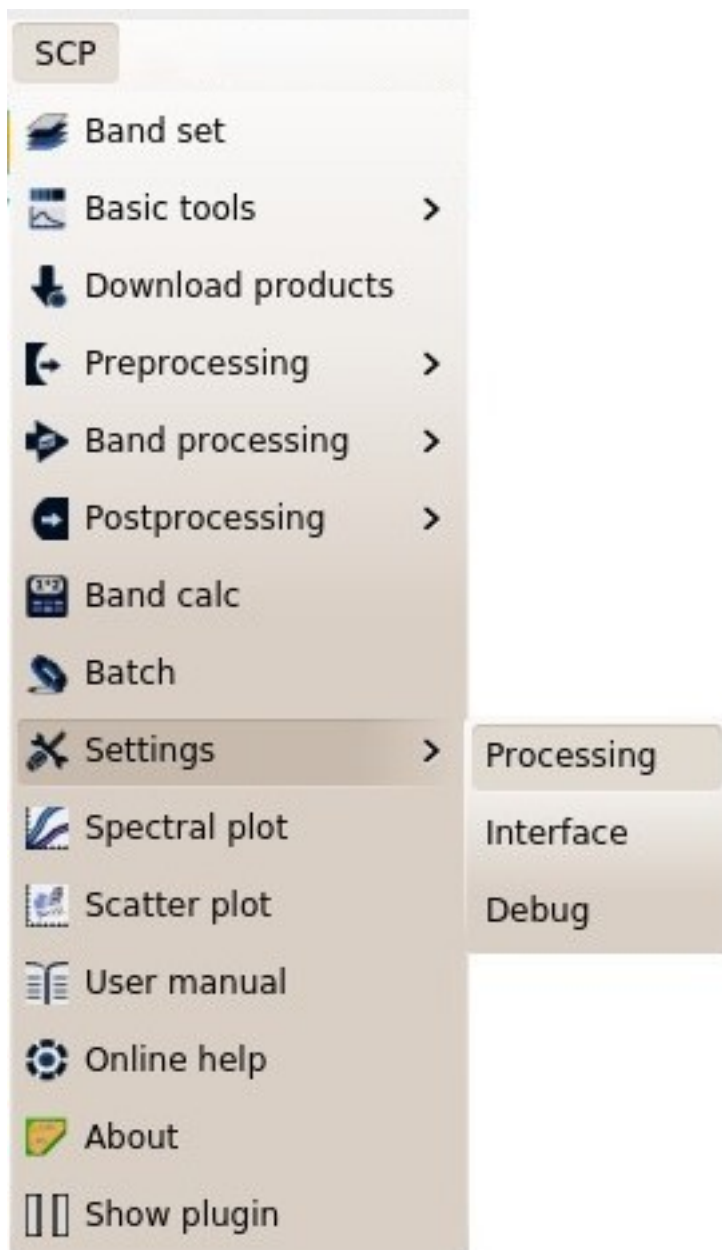


2.4.3 Configuración del complemento

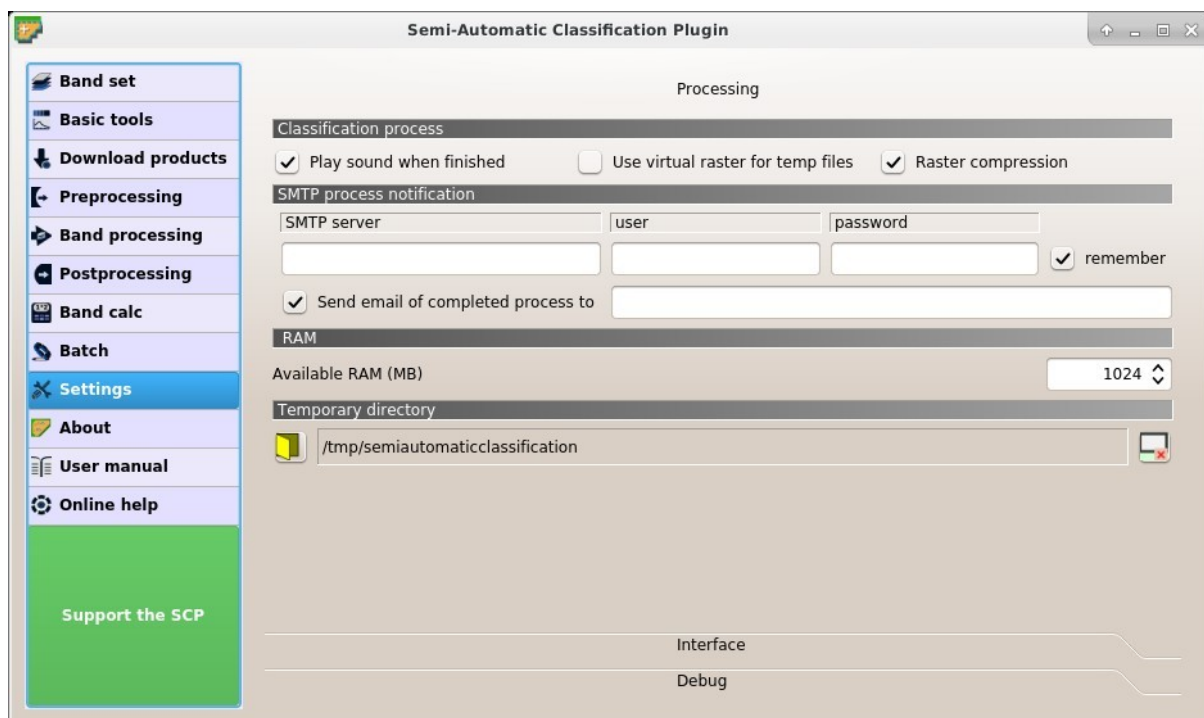
Ahora Semi-Automatic Classification Plugin está instalado y un panel y una barra de herramientas se habrá agregado a QGIS. También, el menú SCP se encuentra disponible en la Barra de Menú de QGIS. Es posible mover la barra de herramientas y el panel según sus necesidades, como se muestra en la siguiente imagen.



Se recomienda la configuración de memoria RAM disponible para reducir el tiempo de procesamiento. En el *SCP* *menú* (página 21) selecciona  Configuración > Procesado.



En la [Configuración](#) (página 96), ajusta la memoria RAM disponible (MB) en un valor que debería ser la mitad de la memoria RAM del sistema. Por ejemplo, si tu sistema tiene 2GB de RAM, ajusta el valor a 1024MB.

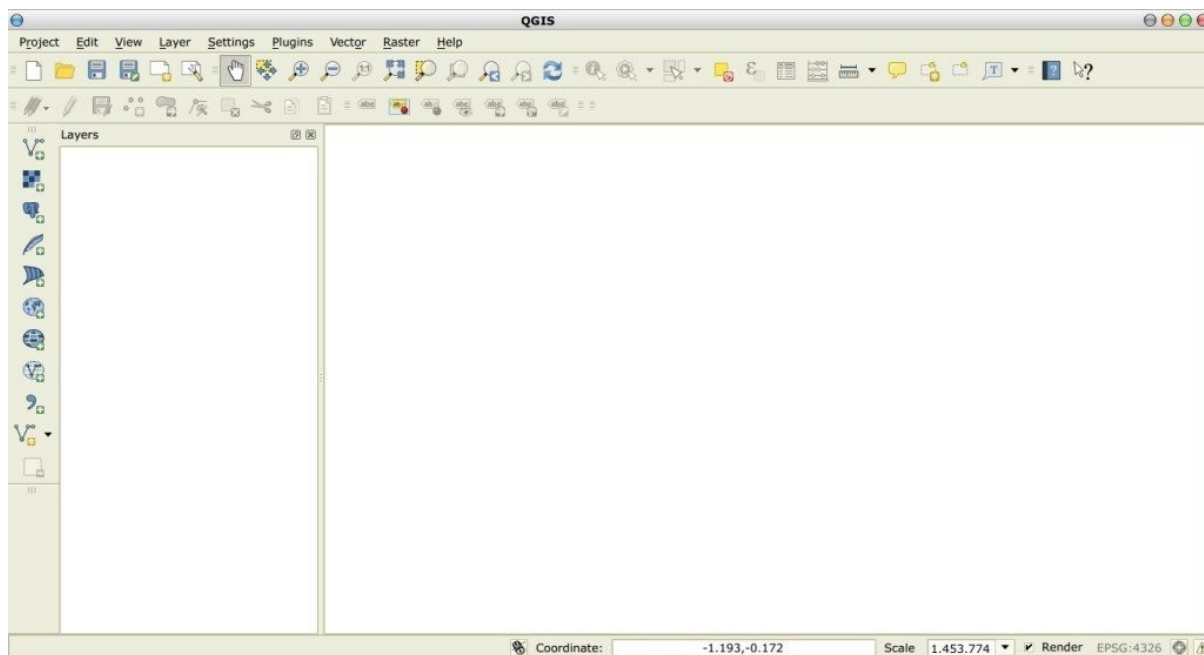


2.5 Instalación en Mac OS

2.5.1 QGIS descarga e instalación

- Download and install the latest version of QGIS and GDAL from [here](#) .

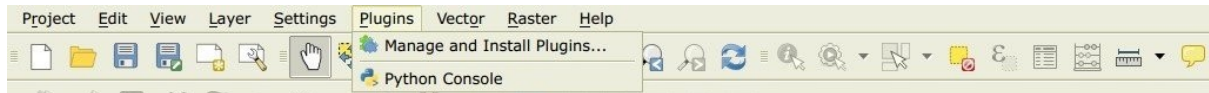
Ahora QGIS está instalado.



2.5.2 Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

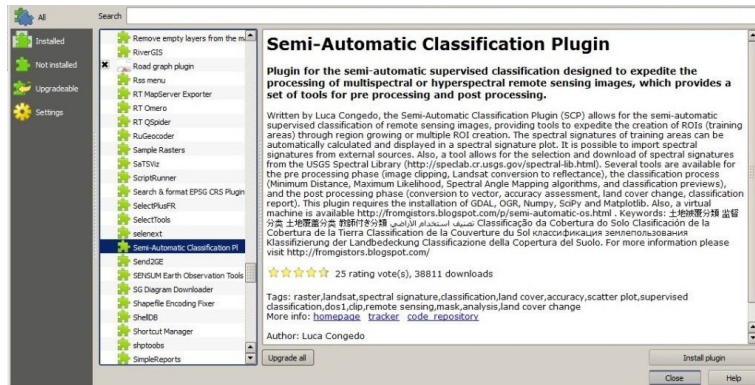
- Ejecuta QGIS;

- Desde el menú principal, selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;

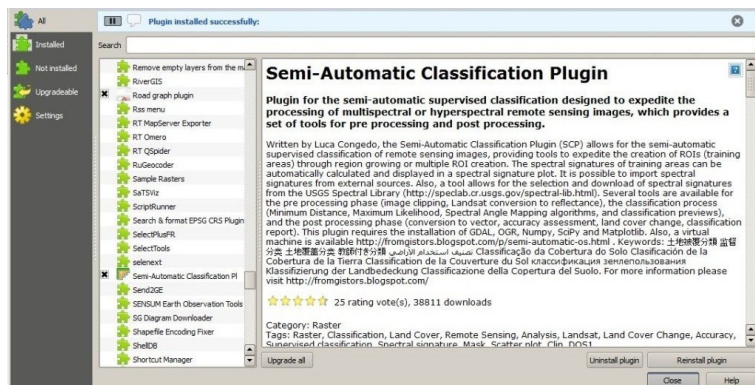


- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento;

Consejo: en caso de problemas o requerirse instalación sin conexión consulta *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226) y *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226).



- El SCP se activará automáticamente; de todos modos, asegúrate de que el Semi-Automatic Classification Plugin está seleccionado en el menú Instalados (el reinicio de QGIS es necesario para completar la instalación de SCP);



In case of missing dependencies, you could get error messages such as the following example with matplotlib:

```

Couldn't load plugin 'SemiAutomaticClassificationPlugin-master' due to an error when calling its classFactory() method

ModuleNotFoundError: No module named 'matplotlib'

Traceback (most recent call last):
  File ".../Applications/QGIS3.6.app/Contents/MacOS/.../Resources/python/qgis/utils.py", line 335, in startPlugin
    plugins[packageName] = package.classFactory(iface)

```

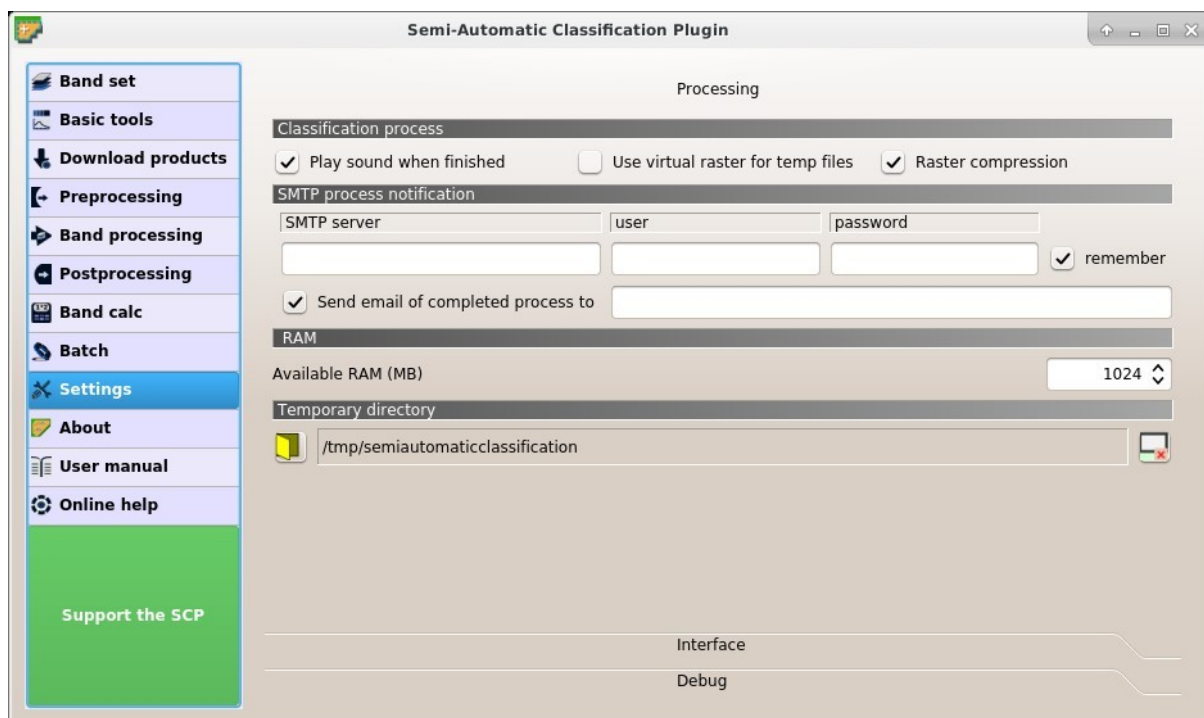
To install matplotlib type in a terminal:

```
sudo pip3 install matplotlib
```

and repeat this step for other missing dependencies.



En la [Configuración](#) (página 96), ajusta la memoria RAM disponible (MB) en un valor que debería ser la mitad de la memoria RAM del sistema. Por ejemplo, si tu sistema tiene 2GB de RAM, ajusta el valor a 1024MB.



La Interfaz de SCP

La interfaz de *SCP* está compuesta de varias partes que son descritas en detalle en los siguientes párrafos.



3.1 SCP menú

El *SCP menú* permite seleccionar las principales funciones de la *Ventana principal de la interfaz* (página 36), el *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100), y el *Gráfico de Dispersión* (página 106).

-  *Conjunto de bandas* (página 38);
-  *Descargar productos* (página 51);
-  *Herramientas Básicas* (página 41);
-  *Preprocesamiento* (página 56);
-  *Postprocesamiento* (página 76);
-  *Calculadora de Bandas* (página 88);
-  *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100);
-  *Gráfico de Dispersión* (página 106);
-  *En Lotes* (página 92);
-  *Configuración* (página 96);
-  *Manual del Usuario*: abre el manual del usuario en línea en un navegador web;



Figura 1: *SCP* menú

-  *Ayuda en línea:* abra la ‘ Ayuda en línea <<https://fromgistors.blogspot.com/p/online-help.html>>‘_ en un navegador web; también, un [grupo de Facebook](#) está disponible para compartir información y preguntar por ayuda sobre SCP.
-  *Mostrar complemento plugin:* Muestra todas las barras de herramientas y el pane, si están ocultas;

3.2 SCP dock

The *SCP dock* allows for the the creation of ROIs (Regions Of Interest) and spectral signatures, and the classification of a *Conjunto de bandas* (página 38). The *Training input* (página 24), created with *SCP*, stores the ROI polygons and spectral signatures used for the land cover classification (see *Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo* (página 141)).

ROIs are polygons used for the definition of the spectral characteristics of land cover classes. Spectral signatures of classes are calculated from the ROIs or can be imported from other sources (see *Importar firmas* (página 45)). It is worth pointing out that classification is always based on spectral signatures.

SCP allows for the creation of *temporary ROI polygons* using a region growing algorithm or drawn manually with the tools provided in the *Barra de Trabajo* (página 34). *Temporary ROI polygons* can be saved in the *Training input* (página 24) along with the spectral signatures of the ROI.

The *Training input* (página 24) is composed of a vector part (i.e. a shapefile) and a spectral signature part which are independent. The attribute table of the vector contains four fields as in the following table.

Training input fields

Description	Field name	Field type
Macroclass ID	MC_ID	int
Macroclass Information	MC_info	string
Class ID	C_ID	int
Class Information	C_info	string

In *SCP*, land cover classes (and ROIs) are defined with a system of *Classes* (*Class ID*) and *Macroclasses* (*Macroclass ID*) (see *Clases y Macroclases* (página 121)) that are used for the classification process; each *Macroclass ID* is related to a *Macroclass Information* (e.g. macroclass name) and each *Class ID* is related to a *Class Information* (e.g. class name), but only *Macroclass ID* and *Class ID* are used for the classification process.

The use of the *Macroclass ID* or *Class ID* for classifications is defined with the option *Use MC ID or C ID* in the *Algorithm* (página 30). It is worth highlighting that when using *Macroclass ID* all the spectral signatures are evaluated separately and each pixel is classified with the corresponding *MC ID* (i.e. there is no combination of signatures before the classification).

The **classification** can be performed for the entire image (*Algorithm* (página 30)) or a part of it, creating a *Clasificación preliminar* (página 35).

The *SCP dock* contains the following tabs:









- *Home* (página 24)
 - *SCP news* (página 24)
- *Training input* (página 24)
 - *ROI Signature list* (página 27)
 - *Macroclasses* (página 28)
 - *ROI options* (página 30)

- *Classification* (página 30)
 - *Algorithm* (página 30)
 - *Land Cover Signature Classification* (página 33)
 - *Classification output* (página 33)

The left side of *SCP dock* contains buttons for accessing the main functions of *SCP*.

3.2.1 Home

The tab *Home* contains the buttons for accessing the main functions of *SCP*:

-  *Conjunto de bandas* (página 38);
-  *Herramientas Básicas* (página 41);
-  *Descargar productos* (página 51);
-  *Preprocesamiento* (página 56);
-  *Procesamiento de banda* (página 71);
-  *Postprocesamiento* (página 76);
-  *Calculadora de Bandas* (página 88);
-  *En Lotes* (página 92);

SCP news

This section displays news about the *SCP* and related services. News are downloaded on startup (internet connection required). It can be enabled or disabled in the settings *Panel* (página 99).

It also contains the following buttons:

- *User manual*: open the link to the user manual;
- *Ask a question*: open the link to the online help;
- *Support the SCP*: open the link to support the *SCP* ;

3.2.2 Training input

This tool allows for the creation of the training input file (*.scp*) required for storing ROIs and spectral signatures. The training input file is created according to the characteristics of the *active band set* defined in *Conjunto de bandas* (página 38). A new training input file should be created for every *band set*, unless the *band sets* have the same spectral characteristics and coordinate reference system.


-  : open a training input file; ROIs and spectral signatures are loaded in *ROI Signature list* (página 27); the vector part of the training input is loaded in QGIS;

Figura 2: *Home*

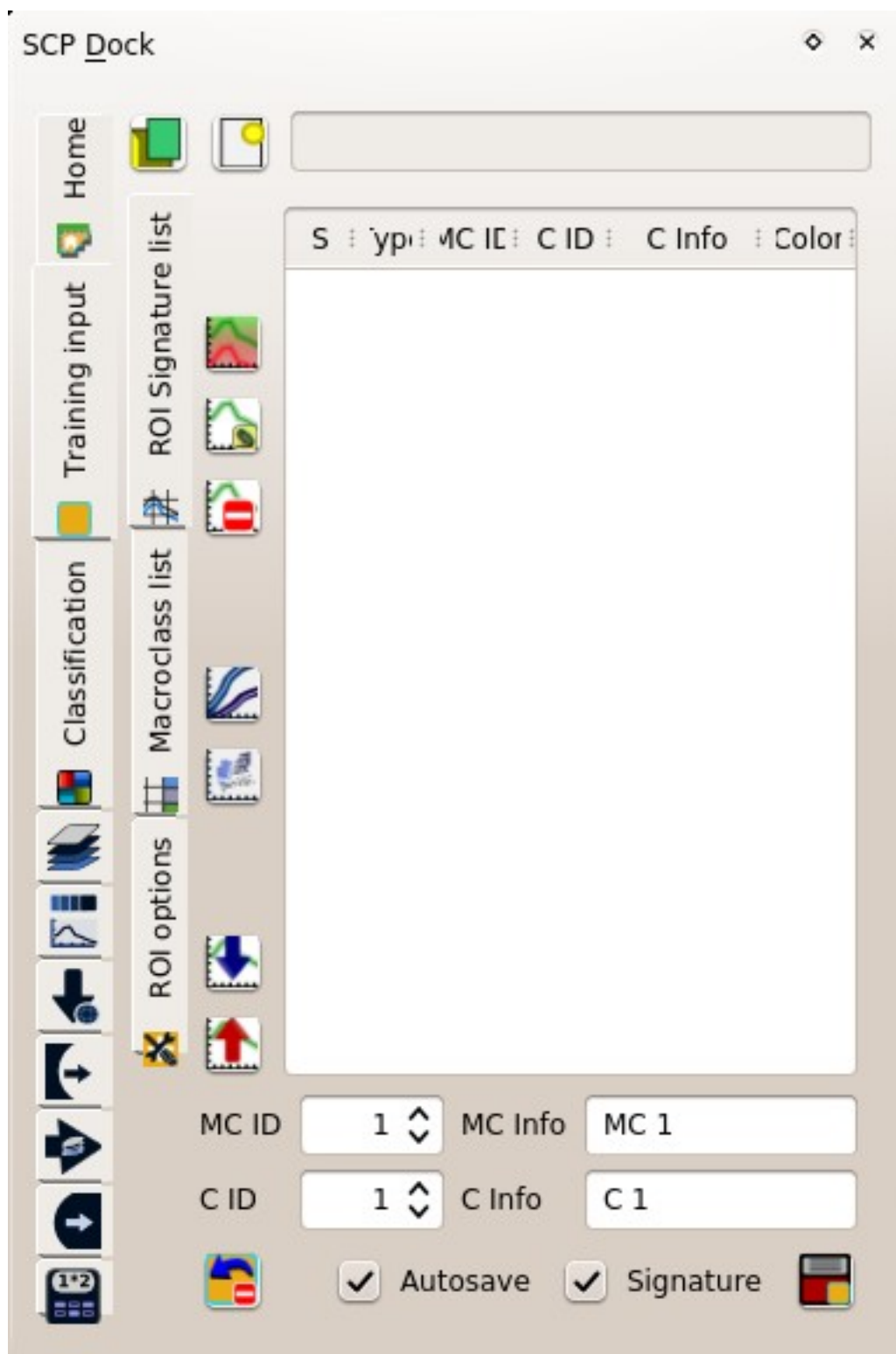





Figura 3: Training input

- : create an empty training input file (.scp); the vector part of the training input is loaded in QGIS; also a backup file is created (a file .scp.backup in the same directory as the file .scp) when the training input file is saved;
- Training input**  : it displays the path to the training input file;

The training input is displayed in QGIS as vector file. ROIs and spectral signatures are displayed in the *ROI Signature list* (página 27). Macroclasses are defined in the *Macroclasses* (página 28).






ROI Signature list




The tab *ROI Signature list* displays the ROI polygons and spectral signatures contained in the training input file. If an item is a ROI polygon, double click the item to zoom to that ROI in the map. Items in the table can be highlighted with the mouse left click.

Changes in the *ROI Signature list* are applied to the file *Training input* (página 24) only when the QGIS project is saved. ROIs can be edited, deleted and merged from this table.









ROIs and spectral signatures can be imported from other sources (see *Importar firmas* (página 45)) and exported (see *Exportar firmas* (página 47)).

WARNING: In order to avoid data loss, do not edit the vector *Training input* using the QGIS tools. Use only the tools of *SCP* for managing the *Training input*.

-  **ROI Signature list:**
 - *S*: selection checkbox; only the spectral signatures checked in this list are used for the classification process;
 - **Type: type of the item:**
 - *R* = only ROI polygon;
 - *S* = only spectral signature;
 - *B* = both ROI and spectral signature;
 - *MC ID*: ROI Macroclass ID [int]; it can be edited with a single click; *MC Info* is displayed in *Macroclasses* (página 28); if the ID of a spectral signature is set 0, then pixels belonging to this signature are labelled as unclassified;
 - *C ID*: ROI Class ID [int]; it can be edited with a single click;
 - *C Info*: ROI Class Information [text]; it can be edited with a single click;
 - *Color*: C ID color; double click to select a color for the class that is used in the classification; if the ID of a spectral signature is set 0, then pixels belonging to this signature are labelled as unclassified;
- : merge highlighted spectral signatures or ROIs obtaining a new signature calculated as the average of signature values for each band (covariance matrix is excluded);
- : calculate spectral signatures of highlighted ROIs using the *active band set* in *Conjunto de bandas* (página 38);
- : delete highlighted ROIs and signatures;
- : show the ROI spectral signature in the *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100); spectral signature is calculated from the *Conjunto de bandas* (página 38);

-  : open the *Gráfico de Dispersión* (página 106);
-  : open the tab *Importar firmas* (página 45);
-  : open the tab *Exportar firmas* (página 47);

ROI Signature list is complementary to the *Barra de Trabajo* (página 34) and it allows for saving ROIs to the *Training input* (página 24) defining classes and macroclasses. A *Conjunto de bandas* (página 38) must be defined before the ROI creation, and ROI polygons must be inside the area of the *Band set*.

- *MC ID*  : ROI Macroclass ID [int]; the corresponding *MC Info* is loaded if already defined in *Macroclasses* (página 28);
- *MC Info*  : ROI Macroclass information [text]; style and information for macroclasses are defined in *Macroclasses* (página 28);
- *C ID*  : ROI Class ID [int];
- *C Info*  : ROI Class information [text];
-  : delete the last saved ROI from the *Training input* (página 24);
-  *Autosave* : if checked, automatically save the *ROI Signature list* to the *Training input* (página 24) every time a ROI is saved;
-  *Calculate sig.* : if checked, while saving a ROI, the spectral signature thereof is calculated (from *Conjunto de bandas* (página 38) pixels under ROI polygon) and saved to *Training input* (página 24) (calculation time depends on the band number of the *active band set* in *Conjunto de bandas* (página 38));
-  : save the temporary ROI to the *Training input* (página 24) using the defined classes and macroclasses; ROI is displayed in the *ROI Signature list* (página 27);

Macroclasses

Macroclasses allows for the definition of **Macroclass names and colors** (used to display the results of *Clasificación preliminar* (página 35) and *Algorithm* (página 30)). According to *Algorithm* (página 30), classifications performed using *C ID* have the colors defined for classes in the *ROI Signature list* (página 27); classifications performed using *MC ID* have the colors defined in the *Macroclasses* (página 28).

MC IDs are automatically added to this table when a new ROI is saved to the *ROI Signature list* (página 27) (if the *MC ID* is not already in the list). Settings are stored in *Training input* (página 24).











-  **Macroclasses** :
 - *MC ID*: Macroclass ID [int]; it can be edited with a single click;
 - *MC Info*: Macroclass Information [text]; it can be edited with a single click;
 - *Color*: MC ID color; double click to select a color for the class that is used in the classification;
-  : add a new row to the table;
-  : delete the highlighted rows from the table;

Figura 4: *Macroclasses*

ROI options

ROI options are useful for displaying pixel values or improving the creation of ROIs.





-  **Display**  : if the ROI creation pointer is active (see [Barra de Trabajo](#) (página 34)), the pixel value of selected pixels is displayed.
 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index); NDVI requires the near-infrared and red bands;
 - EVI (Enhanced Vegetation Index); EVI requires the blue, near-infrared and red bands converted to reflectance; wavelengths must be defined in the [Conjunto de bandas](#) (página 38);
 - Custom; use the custom expression defined in the following line;
 -  : set a custom expression; expression is based on the *Band set*; bands are defined as *bandset#b + band number* (e.g. *bandset#b1* for the first band of the *Band set*); for example NDVI for a Landsat image would be $(\text{bandset\#b4} - \text{bandset\#b3}) / (\text{bandset\#b4} + \text{bandset\#b3})$;
-  **Rapid ROI b.**  : if checked, temporary ROI is created with region growing using only one [Conjunto de bandas](#) (página 38) band (i.e. region growing is rapider); the band is defined by the *Band set* number; if unchecked, ROI is the result of the intersection between ROIs calculated on every band (i.e. region growing is slower, but ROI is spectrally homogeneous in every band);
-  **Auto-refresh ROI**: calculate automatically a new temporary ROI while *Region growing parameters* in the [Barra de Trabajo](#) (página 34) are being changed;
-  **Auto-plot**: calculate automatically the temporary ROI spectral signature and display it in the [Gráfico de Firmas Espectrales](#) (página 100) (MC Info of this spectral signature is set `tempo_ROI`);

3.2.3 Classification

This tab allows for the classification of the *active band set* defined in [Conjunto de bandas](#) (página 38).

Classification is performed using the *active band set* and the spectral signatures checked in [ROI Signature list](#) (página 27). Several classification options are set in this tab which affect the classification process also during the [Clasificación preliminar](#) (página 35).

In particular the following options are available:

-  **Use**  **MC ID**  **C ID** : if *MC ID* is checked, the classification is performed using the Macroclass ID (code *MC ID* of the signature); if *C ID* is checked, the classification is performed using the Class ID (code *C ID* of the signature);
-  **1.0** : open the [Peso de banda del algoritmo](#) (página 42) for the definition of band weights;

Algorithm

This tool allows for the selection of the classification algorithm and the optional definition of thresholds.


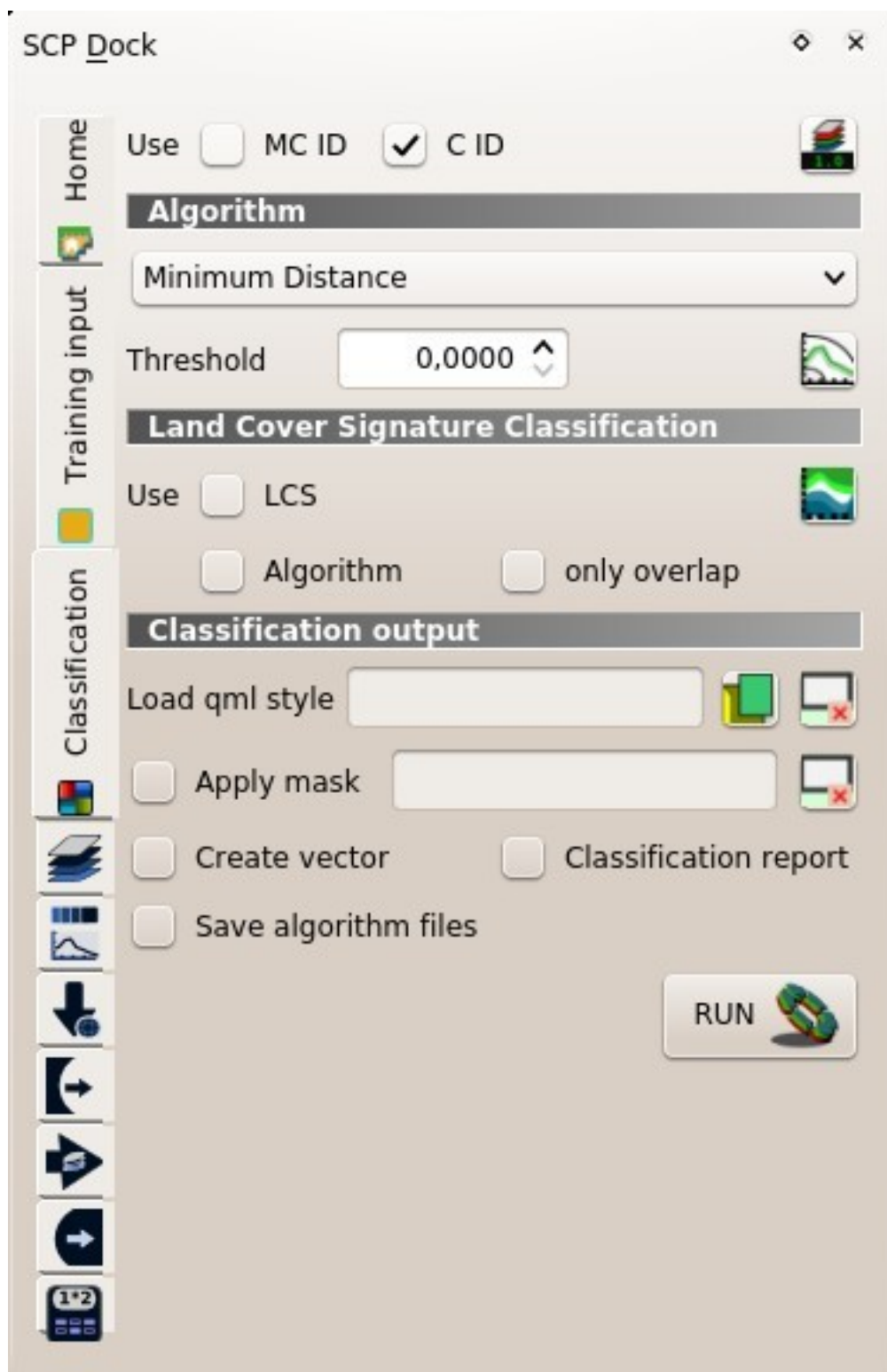


-  : available [Algoritmos de clasificación](#) (página 121) are:
 - [Distancia mínima](#) (página 122);
 - [Máxima Probabilidad](#) (página 123);
 - [Mapeo del Angulo Espectral](#) (página 124);





Figura 5: *ROI options*

Figura 6: *Classification*

- **Threshold**  : it allows for the definition of a classification threshold (applied to all the spectral signatures); if
 - for Minimum Distance, pixels are unclassified if distance is greater than threshold value;
 - for Maximum Likelihood, pixels are unclassified if probability is less than threshold value (max 100);
 - for Spectral Angle Mapping, pixels are unclassified if spectral angle distance is greater than threshold value (max 90);
-  : open the *Umbral de firma* (página 48) for the definition of signature thresholds;

Land Cover Signature Classification

Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo (página 124) is a classification that can be used as alternative or in combination with the *Algorithm* (página 30) (see *Umbral LCS* (página 50)). Pixels belonging to two or more different classes (or macroclasses) are classified as *Class overlap* with raster value = -1000.










- **Use**  *LCS*  **Algorithm**  *only overlap*: if *LCS* is checked, the *Land Cover Signature Classification* is used; if *Algorithm* is checked, the selected *Algorithm* (página 30) is used for unclassified pixels of the *Land Cover Signature Classification*; if *only overlap* is checked, the selected *Algorithm* (página 30) is used only for class overlapping pixels of the *Land Cover Signature Classification*; unclassified pixels of the *Land Cover Signature Classification* are left unclassified;
-  : open the *Umbral LCS* (página 50);





Classification output

Classification output allows for the classification of the *Conjunto de bandas* (página 38) according to the parameters defined in *Algorithm* (página 30).

In addition, a previously saved *classification style* (QGIS .qml file) can be loaded and used for classification style.

Classification raster is a file .tif (a QGIS style file .qml is saved along with the classification); also other outputs can be optionally calculated. Outputs are loaded in QGIS after the calculation.

- **Load qml**  : select a .qml file overriding the colors defined for *C ID* or *MC ID*;
-  : reset style to default (i.e. use the colors defined for *C ID* or *MC ID*);
-  **Apply mask**  : if checked, a shapefile can be selected for masking the classification output (i.e. the area outside the shapefile is not classified);
-  : reset the mask shapefile;
-  **Create vector**  : if checked, in addition to the classification raster, a classification shapefile is saved in the same directory and with the same name as the *Classification output*; conversion to vector can also be performed at a later time (see *Clasificación a vectorial* (página 81));
-  **Classification report**  : if checked, a report about the land cover classification is calculated and saved as a .csv file in the same directory and with the same name (with the suffix _report) as the *Classification output*; report can also be performed at a later time (see *Reporte de la clasificación* (página 78));

-  *Save algorithm files*   : if checked, the *Ráster de Algoritmo* (página 127) is saved, in addition to the classification raster, in the same directory as the *Classification output*; a raster for each spectral signature used as input (with the suffix `_sig_MC ID_C ID`) and a general algorithm raster (with the suffix `_alg_raster`) are created;
-  : choose the output destination and start the image classification;

3.3 Barra de Trabajo

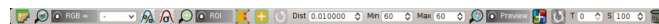









Figura 7: Barra de Trabajo

El: *guilabel: Working toolbar* permite crear: *guilabel: ‘ROIs temporales’* y: *guilabel: ‘previsualizaciones de clasificación’*.

- *Control de la imagen* (página 34)
- *ROI Temporal* (página 34)
- *Clasificación preliminar* (página 35)

Las funciones se describen en detalle en los siguiente parrafos






3.3.1 Control de la imagen

-  : muestra la *Ventana principal de la interfaz* (página 36);
-  : zoom the map to the extent of the *active band set* in *Conjunto de bandas* (página 38);
-  *RGB=*   : use el boton para mostrar/ocultar el :*guilabel: ‘conjunto de bandas activas’* in *Conjunto de bandas* (página 38) en el mapa; de la lista seleccione un *Composición de Color* (página 119) que es aplicado a el *Conjunto de bandas* (página 38); se pueden ingresar nuevos compuestos de color escribiendo los números de banda separados por “ - “ o “ ; “ o “ , “ (p. ej. RGB = 4-3-2 o RGB = 4; 3; 2 o RGB = 4 , 3,2);
-  : muestra el estiramiento de la imagen de entrada obteniendo los valores mínimos y máximos en función del conteo acumulativo de la extensión actual del mapa;
-  : muestra el estiramiento de la imagen de entrada obteniendo los valores mínimos y máximos en función de la desviación estándar de la extensión actual del mapa;




http://www.youtube.com/watch?v=9jA_Rh8YfKQ

3.3.2 ROI Temporal

A *temporary ROI* es un polígono temporal que se muestra en el mapa, que se puede guardar permanentemente en: `ref:training_input.A:guilabel:temporary ROI`, puede ser dibujado manualmente o usando un `:ref: ‘region_growing_algorithm’` (es decir, la imagen se segmenta alrededor de una semilla de píxeles que incluye píxeles espectralmente homogéneos)

-  : ajusta el mapa a la extensión del *ROI temporal*;
-  *ROI*: usa este botón para mostrar/ocultar el *ROI temporal* y el *Entrenamiento de Entrada* en el mapa;
-  : activa el puntero para crear un *ROI temporal* dibujando un polígono en el mapa; clic izquierdo en el mapa para definir los vértices del ROI y clic derecho para definir el último vértice y cerrar el polígono; presiona la tecla CTRL para agregar un polígono multipartes; presiona las teclas CTRL + Z para remover el último polígono multipartes;
-  :activando el puntero para crear una *temporary ROI* usando el algoritmo de región incremental; clic izquierdo sobre el mapa para crear la ROI; clic derecho sobre el mapa para visualizar la firma espectral de un píxel de el *active band set* en la *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100); presionando el boton del teclado «CTRL» y clic izquierdo para agregar un poligono multipartes (las partes nuevas no se crean si se superponen a otras partes); presione los botones del teclado «CTRL+Z» para eliminar el ultimo poligono multipartes; presione el boton del tacldo «CTRL» y haga clic derecho para trazar firmas espectrales del mismo píxel para todos los *band sets*;
-  : crea un *ROI temporal* usando el Algoritmo de Región Incremental en el mismo píxel de origen del anterior; es útil después de cambiar los *parámetros región incremental*;

Parámetros de incremento de la región: se requieren los siguientes parametros para la creación de la ROI utilizando un algoritmo de región incremental;

- *Dist*  : establece el intervalo que define la distancia espectral máxima entre el píxel de origen y los píxeles de su alrededor (en unidades radiométricas);
- *Min*  : establece el área mínima del ROI (en unidades de píxel); esta configuración sobrescribe el Radio del rango hasta que el tamaño mínimo del ROI es alcanzado; si ROI rápido en una banda está seleccionado, el ROI tendrá al menos el tamaño definido en Tamaño Min del ROI; si ROI rápido en una banda no está seleccionado, el ROI podría tener un tamaño menor que el Tamaño Min del ROI;
- *Max*  : establece el ancho máximo del ROI (i.e. el largo de un lado de un cuadrado, centrado en el píxel de origen, el cual inscribe al ROI) en unidades de píxel;

<http://www.youtube.com/watch?v=CQqNtlOU6mI>

3.3.3 Clasificación preliminar









:guilabel:»Vista previa de la Clasificación » permite mostrar clasificaciones temporales (es decir vistas previas de clasificaciones). Las vistas previas de clasificaciones son utiles para pruebas del algoritmo en areas pequeñas de la *band_set_tab* antes de clasificar la imagen completa, lo que puede llevar mucho tiempo (ver *Classification output* (página 33)).

Clasificación preliminar es ejecutada de acuerdo a los parámetros definidos en el *Algorithm* (página 30).

Adicionalmente al raster de clasificación, es posible mostrar un *Ráster de Algoritmo* (página 127), el cual es útil para evaluar la distancia de un píxel clasificado como *clase X* a la firma espectral correspondiente *X*. En *Previsualización de la clasificación*, los píxeles negros distan de la firma espectral correspondiente (probablemente se necesita recolectar una nueva ROI o firma espectral en esa área). Los píxeles blancos son cercanos a la firma espectral correspondiente (probablemente la forma espectral identifica correctamente esos píxeles).

Luego de la creación de una nueva vista previa, las antiguas son colocadas en el Panel de Capas de QGIS dentro de un grupo de capas llamado *Class_temp_group* (se puede definir un nombre personalizado en *Nombre temporal de grupo* (página 99)) y son eliminadas cuando la sesión de QGIS es cerrada.

ADVERTENCIA: Las clasificaciones preliminares son eliminadas automáticamente del disco cuando la sesión de QGIS se cierra; un mensaje de QGIS (que puede ser ignorado) podría preguntar por la ruta de capas perdidas cuando abras un proyecto grabado anteriormente.

-  : ajusta el mapa a la extensión de la última *Clasificación preliminar* (página 35);
-  *Previa:* usa el botón para mostrar/ocultar la última *Clasificación preliminar* (página 35) en el mapa;
-  : activa el puntero para la creación de una *Clasificación preliminar* (página 35); clic izquierdo en el mapa para iniciar el proceso de clasificación y mostrar su vista preliminar; clic derecho inicia el proceso de clasificación y muestra el *Ráster de Algoritmo* (página 127) de la vista preliminar;
-  : crea una nueva *Clasificación preliminar* (página 35) centrada en el mismo pixel de la anterior;
-  *T* : cambia dinámicamente la transparencia de la clasificación preliminar, lo cual es útil para comparar la clasificación con otras capas;
-  *S*  : tamaño de la vista preliminar en unidades de pixel (i.e. el largo de un lado de un cuadrado, centrado en el pixel en el cual se dio clic);
-  : elimina de QGIS las *clasificación preliminar* que están registradas en el *Class_temp_group*;

3.4 Ventana principal de la interfaz

La ventana principal de la interfaz está compuesta por varias pestañas descritas en detalle en los párrafos siguientes. Las pestañas pueden ser seleccionadas a través del menú en el lado izquierdo

- *Conjunto de bandas* (página 38)
 - *Lista de imágenes multibanda* (página 38)
 - *Lista de bandas únicas* (página 39)
 - *Definición del Conjunto de bandas* (página 39)
 - *Herramientas para Conjunto de bandas* (página 40)
- *Herramientas Básicas* (página 41)
 - *Lista RGB* (página 41)
 - *Peso de banda del algoritmo* (página 42)
 - *Creación de ROI Múltiples* (página 43)
 - *Importar firmas* (página 45)
 - *Exportar firmas* (página 47)
 - *Umbral de firma* (página 48)
 - *Umbral LCS* (página 50)
- *Descargar productos* (página 51)
 - *Datos de inicio de sesión* (página 52)
 - *Buscar* (página 53)
 - *Opciones de Descarga* (página 56)

- *Preprocesamiento* (página 56)
 - *Landsat* (página 57)
 - *Sentinel-2* (página 59)
 - *Sentinel-3* (página 60)
 - *ASTER* (página 62)
 - *MODIS* (página 63)
 - *Vectorial a ráster* (página 65)
 - *Recortar múltiples rásters* (página 66)
 - *Separar bandas ráster* (página 67)
 - *Stack raster bands* (página 69)
 - *Conjuntos de bandas del mosaico* (página 69)
 - *Enmascaramiento de nubes* (página 70)
- *Procesamiento de banda* (página 71)
 - *Combinación de bandas* (página 71)
 - *PCA* (página 71)
 - *Agrupamiento* (página 73)
 - *Distancia espectral* (página 74)
- *Postprocesamiento* (página 76)
 - *Exactitud* (página 76)
 - *Cambio de cobertura del suelo* (página 77)
 - *Reporte de la clasificación* (página 78)
 - *Clasificación cruzada* (página 79)
 - *Clase de firma* (página 80)
 - *Clasificación a vectorial* (página 81)
 - *Reclasificación* (página 82)
 - *Editar ráster* (página 84)
 - *Filtrado de la Clasificación* (página 85)
 - *Erosión de la clasificación* (página 86)
 - *Dilatación de la Clasificación* (página 87)
- *Calculadora de Bandas* (página 88)
 - *Lista de Bandas* (página 88)
 - *Expresión* (página 89)
 - *Cálculo de índice* (página 90)
 - *Reglas de decisión* (página 91)
 - *Ráster de salida* (página 92)
- *En Lotes* (página 92)
 - *En Lotes* (página 92)
 - *Ejecutar* (página 96)

- *Configuración* (página 96)
 - *Procesando* (página 96)
 - *Interfaz* (página 97)
 - *Depurar* (página 99)

3.4.1 Conjunto de bandas

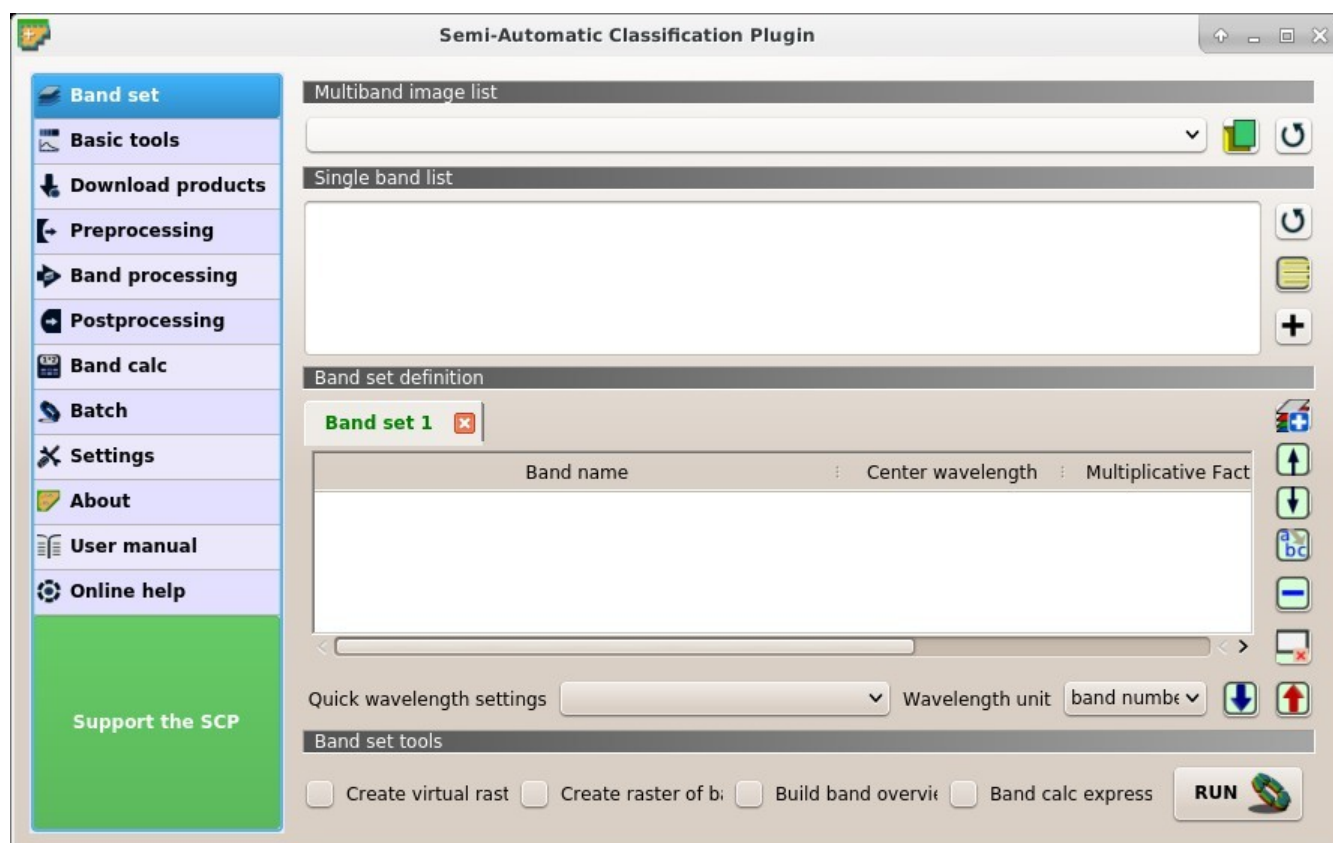


Figura 8:  *Conjunto de Bandas*



Imagen de entrada en SCP se llama *conjunto de bandas*. Esta pestaña permite la definición de uno o más *conjunto de bandas* usado como entrada para la clasificación y otras herramientas.


Los *conjuntos de bandas* se identifican con números. El *conjunto de bandas activos* (es decir, las pestañas seleccionadas en *Definición del Conjunto de bandas* (página 39) con nombre en verde negrita) se usa como entrada para las herramientas en *SCP dock* (página 23) y *Barra de Trabajo* (página 34). Otras herramientas de SCP permiten la selección de *conjunto de bandas* por números.

La definición del *Conjunto de Bandas* es guardada con el proyecto de QGIS.

Lista de imágenes multibanda




Esta sección permite seleccionar un raster multibanda. Si se selecciona, las bandas raster aparecen listadas en :guilabel: 'conjunto de bandas activas'.

-  : Selecciona la imagen de entrada de una lista de imágenes multiespectrales cargadas en QGIS;
-  : abre uno o más archivos ráster que son agregados al *conjunto de bandas activas* y cargadas en QGIS;

-  : recargar la lista de capas;


Lista de bandas únicas


Lista de rasters de banda únicas ya cargadas en QGIS. Es posible seleccionar una o más bandas para ser añadidas a *conjunto de bandas activas*.

-  : actualiza la lista de bandas ráster cargadas en QGIS;
-  : selecciona todas las bandas ráster;
-  : Añade rasters seleccionados al *conjunto de bandas activas*

Definición del Conjunto de bandas

Definición de las bandas que componen los: *conjuntos de bandas*. El *conjunto de bandas activas* es la pestaña seleccionada con nombre verde negrita. Es posible añadir nuevos *conjunto de bandas* haciendo clic en el siguiente botón:








-  : añade un nuevo y vacío *band set*;




Da click en  en el botón para eliminar el correspondiente *band set*. *Band sets* pueden ser reordenados arrastrando las pestañas.


El *Center wavelength* de las bandas debe ser definidos para poder usar varias funciones de *SCP*. Si el *Center wavelength* no está definido, el numero de la banda es usado y algunos herramientas del *SCP* estarán desactivadas.


Es posible definir un factor de reescalado multiplicativo y un factor de reescalado aditivo para cada banda (por ejemplo, usando los valores en los metadatos de Landsat), que se usan sobre la marcha (es decir, “ valor de píxel = valor de píxel original * factor de reescalado multiplicativo + factor reescalado aditivo ”) durante el procesamiento.

Todos: *guilabel: band set* esta definida con la siguiente tabla:

-  **Peso de banda: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Nombre de banda*  : nombre de la banda; el nombre no puede ser modificado;
 - *Longitud de onda central*  : centro de longitud de onda de la banda;
 - *Factor Multiplicativo*  : factor multiplicativo de reescalado;
 - *Factor Aditivo*  : factor aditivo de reescalado;
 - : *guilabel: Unidad de longitud de onda* | *project_save* !: unidad de longitud de onda;
 - : *guilabel: Image name* | *project_save* !: nombre de la imagen para rásteres multibanda;
-  : mueve las bandas seleccionadas hacia arriba;
-  : mueve las bandas seleccionadas hacia abajo;

-  : ordena automáticamente las bandas por su nombre, dando prioridad a los números del final del nombre;
-  : remove highlighted bands from the *active band set*;
-  : borrar todas las bandas de: guilabel: *conjunto de bandas activo*;
- **Configuración rápida de longitud de onda**   : definición rápida del centro de longitud de onda para los siguientes:
 - ASTER;
 - GeoEye-1;
 - Landsat 8 OLI;
 - Landsat 7 ETM+;
 - Landsat 5 TM;
 - Landsat 4 TM;
 - Landsat 1, 2, and 3 MSS;
 - MODIS;
 - Pleiades;
 - QuickBird;
 - RapidEye;
 - Sentinel-2;
 - Sentinel-3;
 - SPOT 4;
 - SPOT 5;
 - SPOT 6;
 - WorldView-2 and WorldView-3;
- **Unidad de longitud de onda**   : selecciona la unidad del centro de longitud de onda entre:
 - *Número de banda*: sin unidad, solo el número de banda;
 - μm : micrómetros;
 - *nm*: nanómetros;


-  : import a previously saved *active band set* from file;





-  : export the *active band set* to a file;

<http://www.youtube.com/watch?v=1PclAtPjyZE>

Herramientas para Conjunto de bandas

Es posible realizar varios procesos directamente en: guilabel: *conjunto de bandas activo*.

-  *Crear ráster virtual de Conjunto de bandas*: si está seleccionado, crea un ráster virtual con las bandas;

-  *Crear ráster de conjunto de bandas (bandas apiladas)*: si está seleccionado, crea un único ráster .tif multibanda apilando todas las bandas;
-  *Construir vistas generales*: si está seleccionado, construye vistas generales del ráster (i.e. pirámides) para mejorar el rendimiento en la representación; las vistas generales son creadas en el mismo directorio de las bandas;
-  *Expresiones en Calculadora de Bandas*: si está seleccionado, calcula la *Expresión* (página 89) ingresada en *Calculadora de Bandas* (página 88); es recomendable el uso de variables en las expresiones del *Conjunto de bandas* (Ej. bandset#b1);
-  *RUN* : elija el destino de salida e inicie el proceso;

3.4.2 Herramientas Básicas

La pestaña | tools | Basic tools incluye varias herramientas para manipular datos de entrada.

Lista RGB

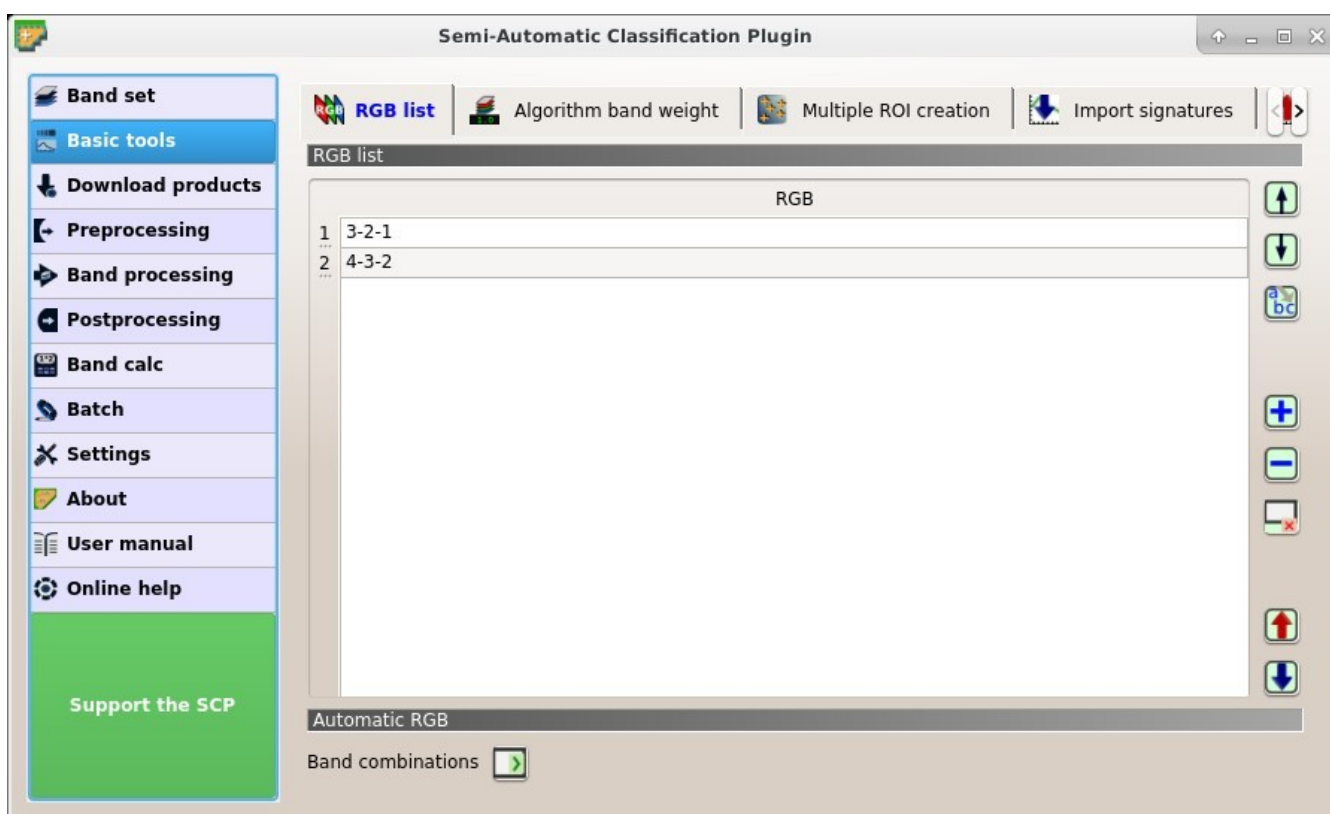












Figura 9:  Lista RGB

Esta pestaña permite manipular las RGB *Composición de Color* (página 119) usadas en la lista RGB= de la *Control de la imagen* (página 34).

Lista RGB

-  **RGB list:** tabla conteniendo los siguientes campos;
 - *RGB*: combinación RGB; este campo puede ser modificado manualmente;
-  : mueve la combinación RGB resaltada hacia arriba;
-  : mueve la combinación RGB resaltada hacia abajo;
-  : ordena automáticamente las combinaciones RGB por nombre;
-  : agrega una fila a la tabla;
-  : elimina las filas resaltadas de la tabla;
-  : elimina todas las combinaciones RGB de *RGB list*;
-  : exporta la *Lista RGB* a un archivo (i.e. `.csv`);
-  : importa una *Lista RGB* guardada anteriormente desde archivo (i.e. `.csv`);


RGB Automático

- *Combinaciones de bandas*  : agrega la combinación de todas las bandas (i.e. permutación) a la *Lista RGB* (página 42) (e.g. 1-2-3, 1-2-4, ..., 3-2-1);


Peso de banda del algoritmo

Esta pestaña permite la definición de pesos de banda que son útiles para mejorar la separabilidad espectral de materiales en ciertas longitudes de onda (bandas). Durante el proceso de clasificación, los valores de banda y los valores de firma espectral se multiplican por los pesos de banda correspondientes, modificando así las distancias espectrales. Se muestra una pestaña para cada: ref: *band_set_tab*.

Peso de banda

-  **Peso de banda:** tabla conteniendo los siguientes campos;
 - *Número de banda* : número de la banda en el *Conjunto de bandas*;
 - *Nombre de banda* : nombre de la banda;
 - *Peso* : peso de la banda; este valor puede ser editado;

Peso automático

-  : restaurar todos los pesos de las bandas a 1;

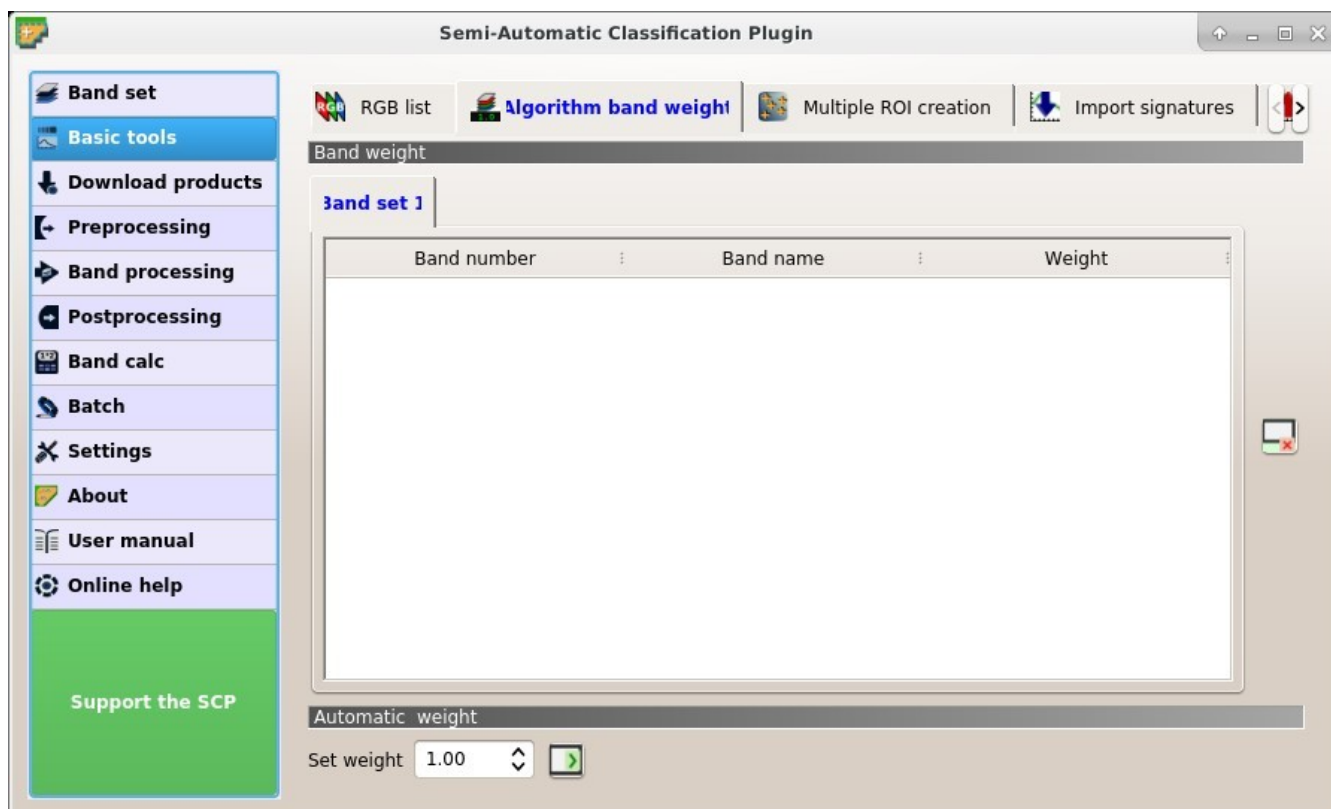









Figura 10:  *Peso de banda del algoritmo*

- *Asignar peso*  : asignar como peso de banda el valor definido para todas las bandas seleccionadas en la table;

Creación de ROI Múltiples

Esta pestaña permite la creación automática de ROI, útil para la clasificación rápida de imágenes multitemporales o para la evaluación de precisión. Dada una lista de coordenadas de puntos y opciones de ROI, esta herramienta realiza el crecimiento regional de ROI. El ROI creado se guarda automáticamente en *Training input* (página 24). El *active band set* in *Conjunto de bandas* (página 38) se usa para cálculos.

Crear puntos aleatorios

- *Número de puntos* : establece la cantidad de puntos que serán creados cuando *Crear puntos*  es presionado;
- ☒ *inside grid* : si está marcada, el área: guilabel: *band set* se divide en celdas donde el tamaño de las mismas se define en el cuadro combinado (unidad de imagen, generalmente metros); los puntos definidos en “ Número de puntos aleatorios “” se crean aleatoriamente dentro de cada celda;
- ☒ *distancia min* : si está seleccionado, los puntos aleatorios tienen como distancia mínima la definida en el cuadro combinado (en unidades de imagen, usualmente metros); establecer una distancia mínima puede producir menos puntos que el definido en *Número de puntos*;
- : guilabel: *Crear puntos* | enter !: crea puntos aleatorios dentro del área: guilabel: ‘ conjunto de bandas ‘;

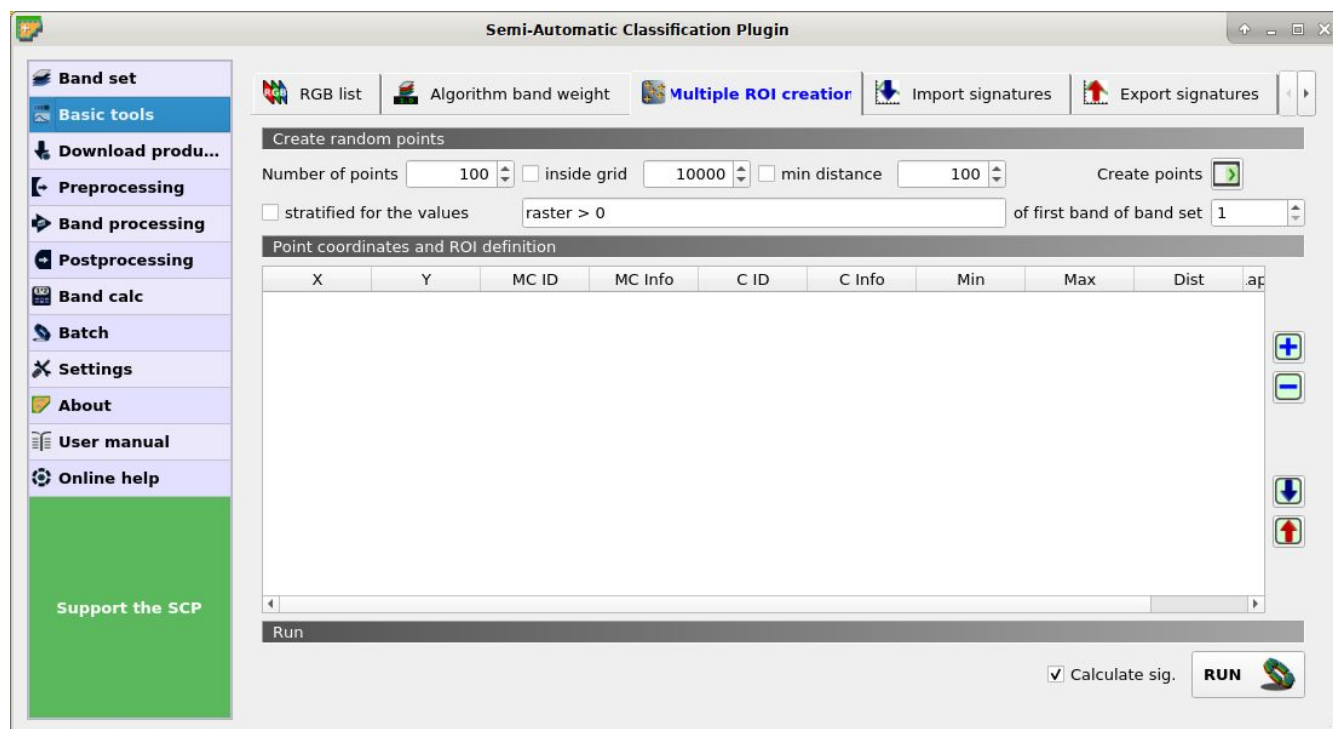










Figura 11:  Creación de ROI múltiples


-  *stratified for the values*  of the first band of the band set *min distance* : if checked, create random points inside the values defined in the expression calculated for the first band of the defined band set; the expression must include the variable `raster`; multiple expressions can be entered separated by semicolon (;) but the total number of stratified points is the same as the defined *Number of points*;

Coordenadas de punto y definición de ROI


-  **Coordenadas de los Puntos y definición de ROI:** tabla conteniendo los siguientes campos;
 - X* : coordenada X del punto (float);
 - Y* : coordenada Y del punto (float);
 - MC ID*: ID de Macroclase del ROI (int);
 - MC Info*: Información de la Macroclase del ROI (text);
 - C ID*: ID de Clase del ROI (int);
 - C Info*: Información de la Clase del ROI (text);
 - Min* : el área mínima de un ROI (en unidades de pixel);
 - Max* : el ancho máximo de un ROI (en unidades de pixel);
 - Dist* : el intervalo que define la máxima distancia espectral entre el pixel origen y los circundantes (en unidades radiométricas);
 - : guilabel: *Rapid ROI band*: si se define un número de banda, el ROI se crea solo con la banda seleccionada, de manera similar a: guilabel: 'Rapid ROI band' en: ref: *ROI_list*;
-  : agrega una nueva fila a la tabla; todos los campos de la tabla deben ser llenados para la creación del ROI;

- : elimina las filas seleccionadas de la tabla;
- : import a point list from text file or a point shapefile to the table; in case of text file, every line must contain values separated by tabs of X, Y, MC ID, MC Info, Class ID, C Info, Min, Max, Dist, and optionally the Rapid ROI band; in case of shapefile, only point coordinates are imported;
- : exporta la lista de puntos a un archivo de texto;

Ejecutar

-  *Calcular firm.*: si está seleccionado, la firma espectral es calculada mientras el ROI es guardado en el *Training input* (página 24);
- : guilabel: *RUN* | run !: inicia el proceso de creación de ROI para todos los puntos y guarda los ROI en: ref: 'training_input';

Importar firmas

La pestaña  *Importar firmas* permite importar firmas espectrales desde varias fuentes.

Importar archivo de librería

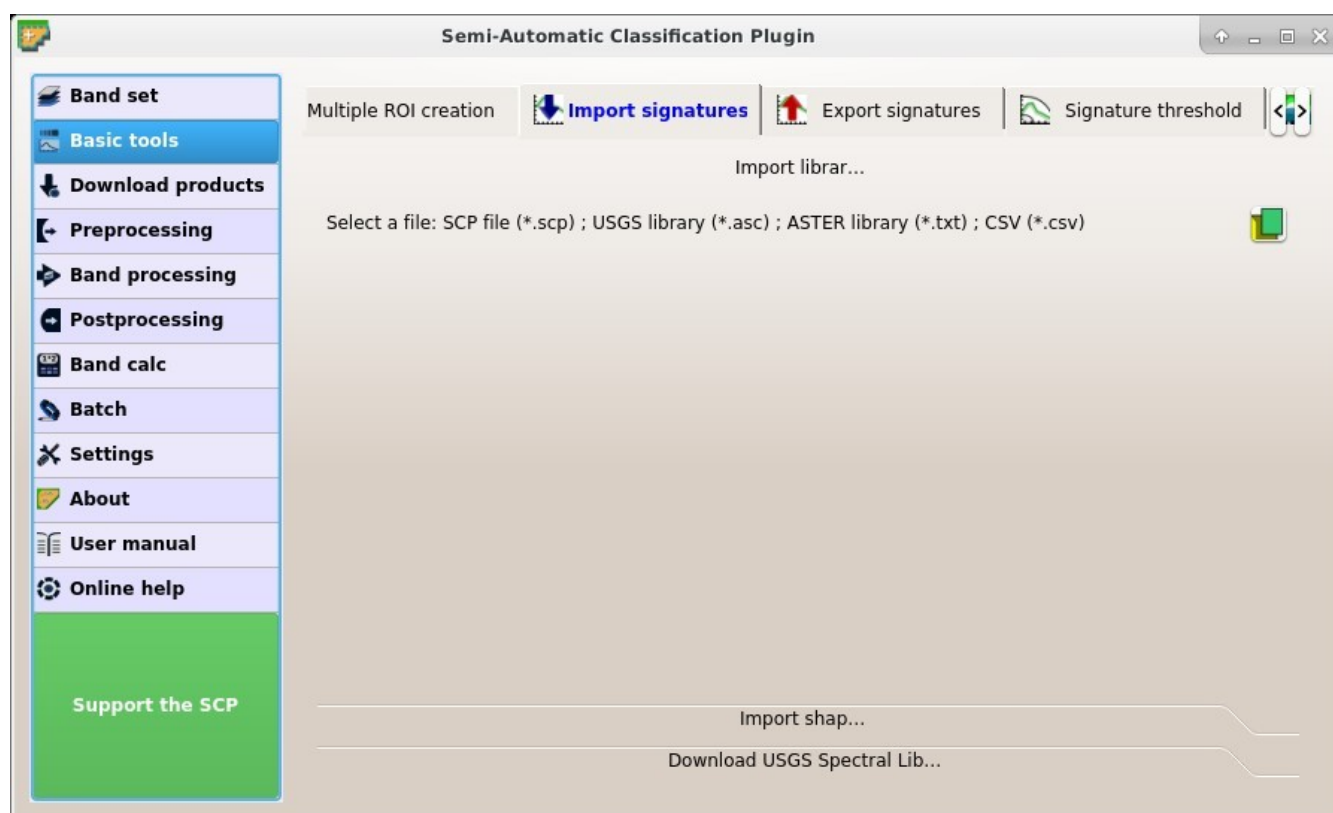



Figura 12: *Importar archivo de librería*

Esta herramienta permite importar firmas espectrales desde varias fuentes: de un *Training input* (página 24) (.scp file) guardado anteriormente; una USGS Spectral Library (archivo .asc); un archivo CSV exportado anteriormente.

Para el caso de una USGS Spectral Library, la librería es muestreada automáticamente conforme a los anchos de banda definidos en el *Conjunto de bandas* (página 38), y agregadas al *ROI Signature list* (página 27);

- *Selecciona un archivo* : abre un archivo para ser importado en el *Training input* (página 24);

Importar archivo shape

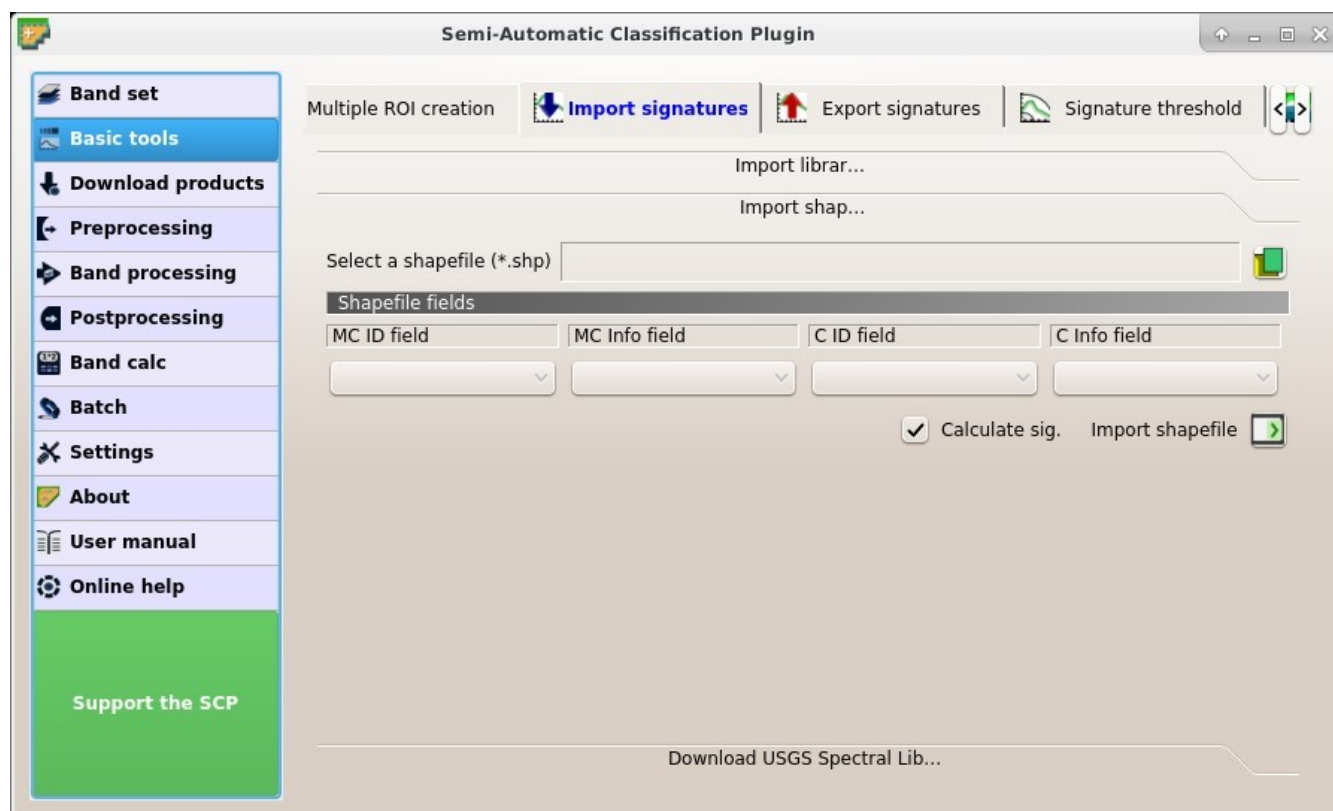









Figura 13: *Importar archivo shape*

Esta herramienta permite importar un archivo shape, seleccionando los campos correspondientes al *Training input* (página 24).

- *Selecciona un archivo shape* : abre un archivo shape;
- *Campo MC ID* : selecciona del archivo shape el campo correspondiente a MC ID;
- *Campo MC Info* : selecciona del archivo shape el campo correspondiente a MC Info;
- *Campo C ID* : selecciona del archivo shape el campo correspondiente a C ID;
- *Campo C Info* : selecciona del archivo shape el campo correspondiente a C Info;
-  *Calcular firm.:* si está seleccionado, la firma espectral es calculada mientras el ROI es guardado en el *Training input* (página 24);
- *Importar shape* : importa todos los polígonos del archivo shape como ROIs en el *Training input* (página 24);

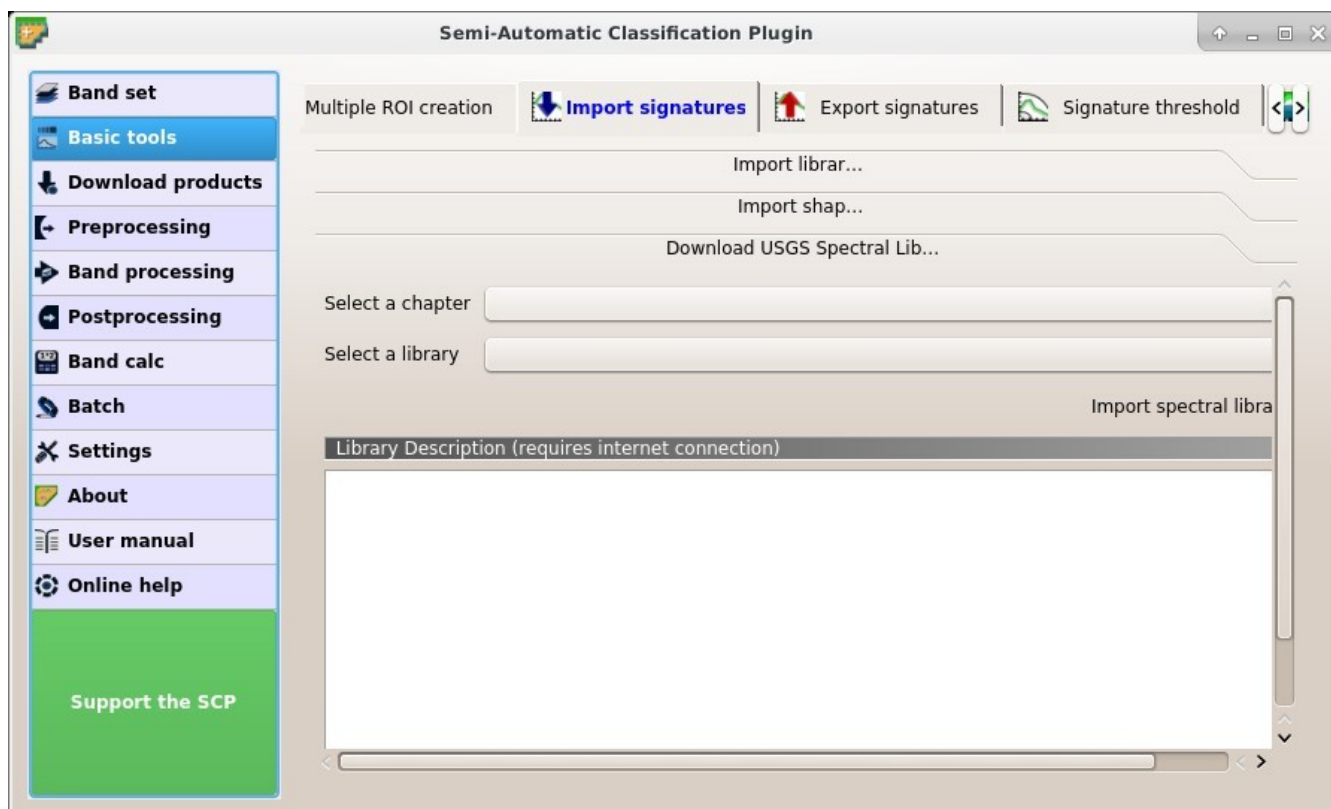





Figura 14: Descarga Librería Espectral de USGS

Descarga Librería Espectral de USGS

La pestaña *Descarga Librería Espectral de USGS* permite la descarga de la [USGS spectral library](#) (Clark, R.N., Swayze, G.A., Wise, R., Livo, E., Hoefen, T., Kokaly, R., Sutley, S.J., 2007, USGS digital spectral library splib06a: U.S. Geological Survey, Digital Data Series 231).

Las librerías están agrupadas en capítulos incluyendo Minerals, Mixtures, Coatings, Volatiles, Man-Made, Plants, Vegetation Communities, Mixtures with Vegetation, and Microorganisms. Se requiere una conexión a Internet.

- *Selecciona un capítulo* : selecciona uno de los capítulos de la librería; después de que selecciones, las librerías de ese capítulo son mostradas en *Selecciona una librería*;
- *Selecciona una librería* : selecciona una de las librerías; la descripción de la librería es mostrada en el marco *Descripción de la Librería*;
- *: guilabel: Importar biblioteca espectral | enter* : descargue la biblioteca y agregue la firma espectral muestreada a: ref: 'ROI_list' utilizando los parámetros definidos para clase y macroclase; la biblioteca se muestrea automáticamente de acuerdo con las longitudes de onda de la banda de la imagen definidas en: guilabel: *conjunto de bandas activas* en: ref: 'band_set_tab', y se agrega a: ref: *ROI_list*;

Consejo: Las Librerías Espectrales descargadas desde USGS Spectral Library pueden ser usadas con los algoritmos Distancia Mínima o Mapeo del Angulo Espectral, pero no con Máxima Probabilidad porque este algoritmo necesita la matriz de covarianza que no está incluida en las librerías espectrales.

Exportar firmas

Esta herramienta permite exportar las firmas seleccionadas en el *ROI Signature list* (página 27).

- *Exportar como archivo SCP* : crea un nuevo archivo .scp y exporta los ROIs seleccionados y las firmas

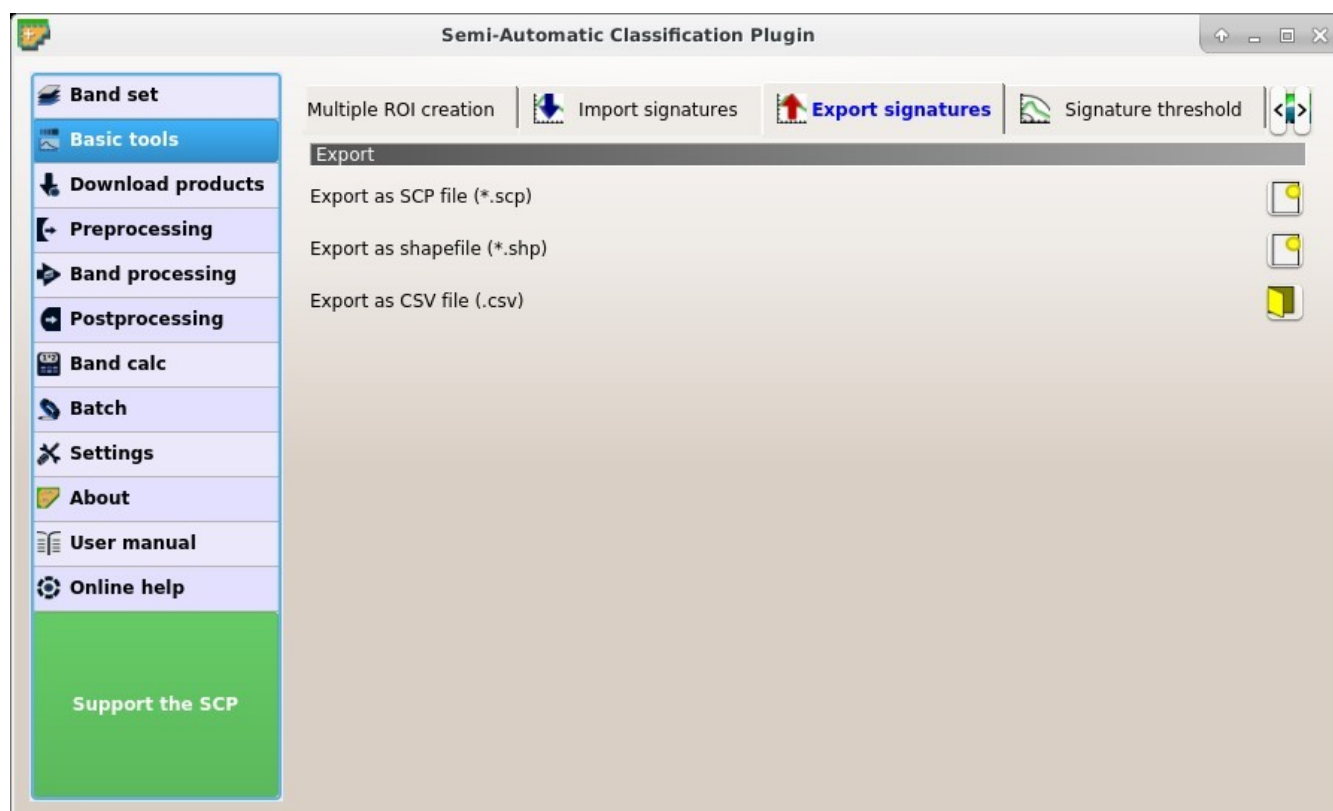



Figura 15:  Exportar firmas

espectrales como archivo *SCP* (*.scp);

- : guilabel: *Exportar como shapefile* | new_file: exportar ROI resaltado (excluyendo datos de firma espectral) como un nuevo shapefile (*.shp);
- *Exportar como archivo CSV*  : abre un directorio, y exporta las firmas espectrales seleccionadas como archivos individuales CSV (*.csv) separadas por un punto y coma (;);

Umbral de firma

Esta pestaña permite la definición de un umbral de clasificación para cada firma espectral. Se enumeran todas las firmas contenidas en: ref: *training_input*. Los umbrales definidos en esta herramienta se aplican a la clasificación solo si: guilabel: el valor de *Umbral* en: ref: 'class_alg' es 0.

Esto es útil para mejorar los resultados de clasificación, especialmente cuando las firmas espectrales son similares. Los umbrales de las firmas se guardan en: ref: *training_input*.

Si el umbral es 0, entonces no se aplica ningún umbral y se clasifican todos los píxeles de la imagen. Dependiendo del seleccionado: ref: *clasificación_alg* el valor umbral se evalúa de manera diferente:

- para Distancia mínima, los píxeles no serán clasificados si la distancia es mayor que el valor del umbral;
- para Máxima Probabilidad, los píxeles no serán clasificados si la probabilidad es menor que el valor del umbral (máx 100);
- para Mapeo del Angulo Espectral, los píxeles no serán clasificados si la distancia del ángulo espectral es mayor que el valor del umbral (máx 90).

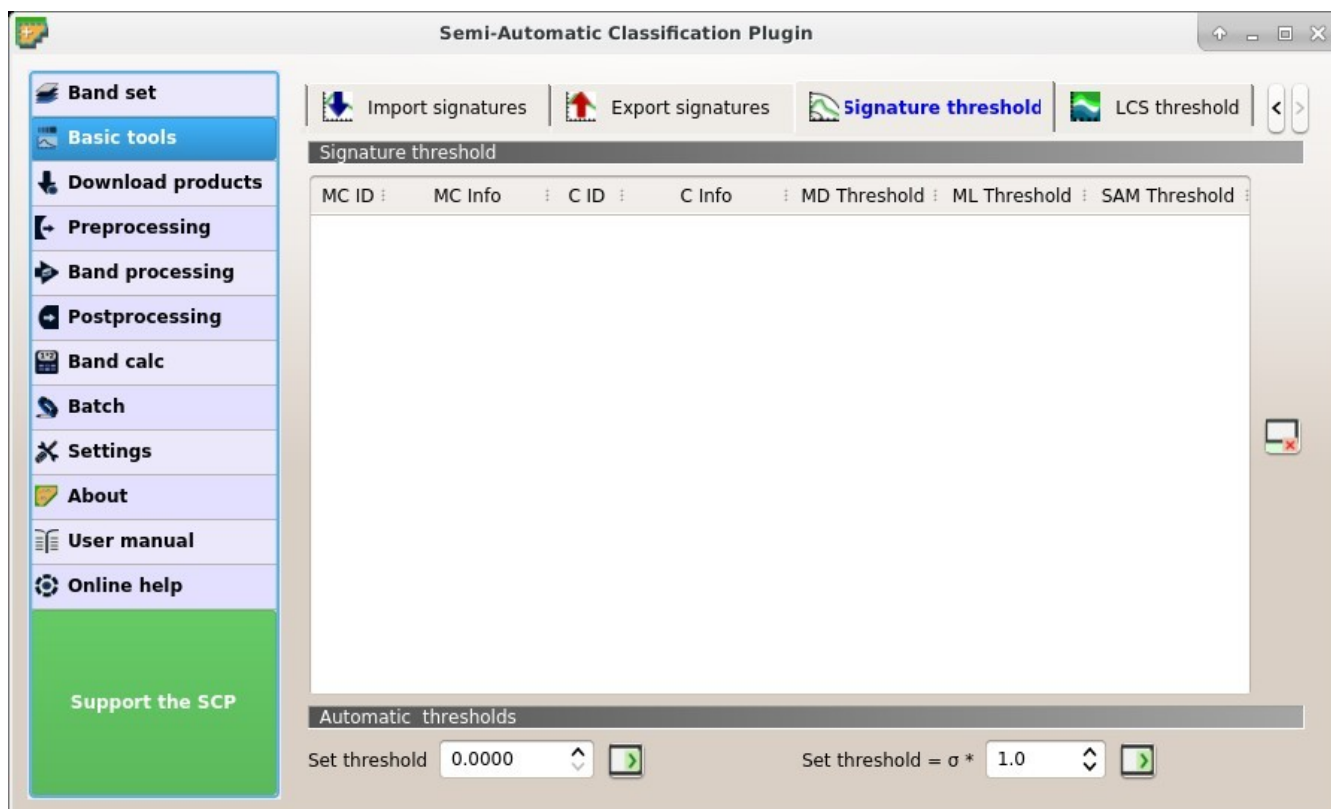








Figura 16:  Umbral de firma

Umbral de firma

-  **Umbral de firma:** tabla conteniendo los siguientes campos;
 - *MC ID*: Macroclase ID de la firma;
 - *MC Info*: Información de Macroclase de la firma;
 - *C ID*: Clase ID de la firma;
 - *C Info*: Información de Clase de la firma;
 - *Umbral MD*: umbral Distancia Mínima; este valor puede ser editado;
 - *Umbral ML*: umbral Máxima Probabilidad; este valor puede ser editado;
 - *Umbral SAM*: umbral Mapeo del Angulo Espectral; este valor puede ser editado;
- : restaura todos los umbrales de firmas a 0 (por tanto no se usa el umbral);

Umbrales automáticos

- **Establecer umbral**  : establece el valor definido como umbral para todas las firmas seleccionadas en la tabla;
- **Establecer umbral = $\sigma * \text{valor}$**  : para todas las firmas seleccionadas, establece un umbral automático calculado como la distancia (o el ángulo) entre el promedio de la firma y (promedio de firma + ($\sigma * v$)),

donde σ es la desviación estándar y v es el valor definido; funciona con Distancia Mínima y Mapeo del Angulo Espectral;

Umbral LCS

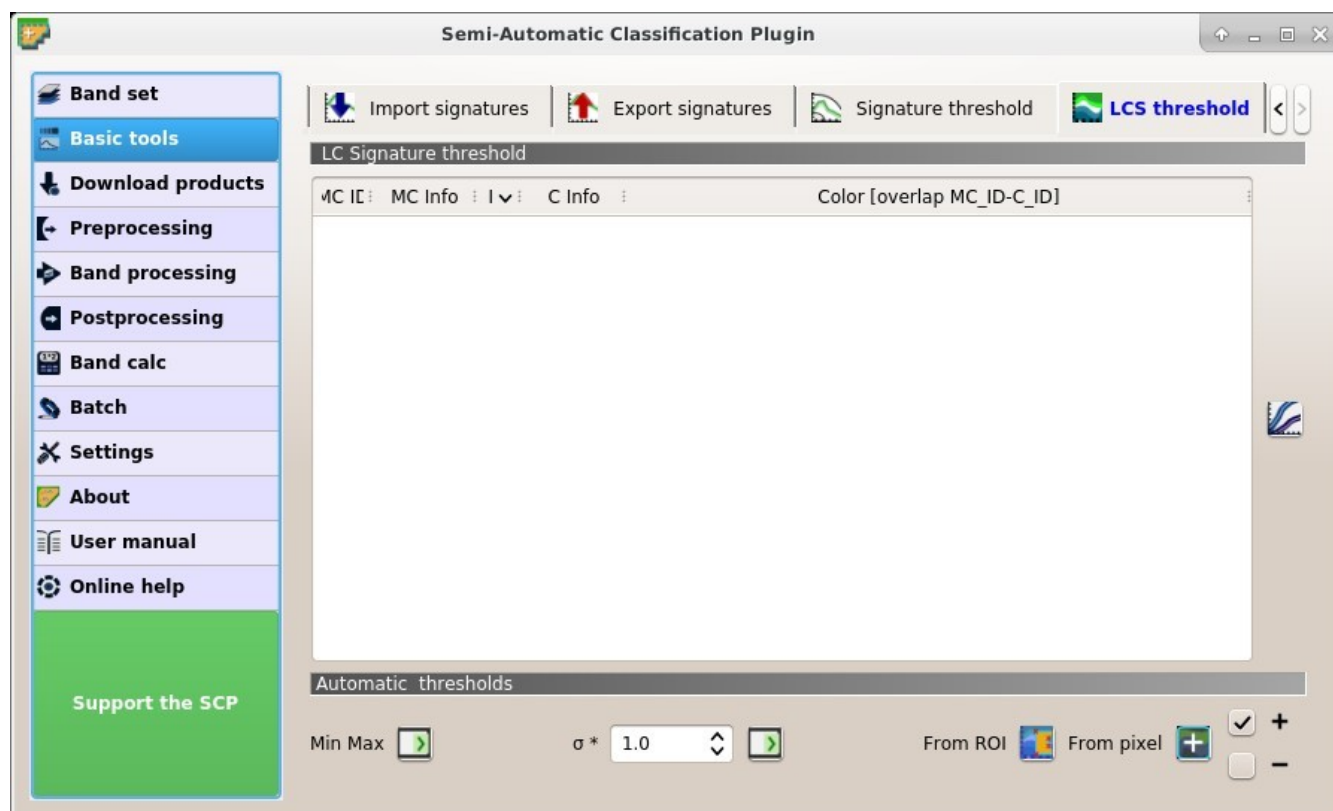



Figura 17:  Umbral LCS


Esta pestaña permite la configuración de los umbrales de firmas usados por *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* (página 124). Son listadas todas las firmas contenidas en el *Training input* (página 24) ; además, los umbrales de firmas son guardados en el *Training input* (página 24).

Las firmas con solapamiento (que pertenecen a diferentes Clases o Macroclases) son resaltadas con naranja en la tabla *Umbral LCS*; la revisión de solapamiento es efectuada considerando *MC ID* o *C ID* de acuerdo a la configuración *Usar* ☒ *MC ID* ☒ *C ID* en el *Algorithm* (página 30). Las firmas con solapamiento que comparten el mismo *ID* no se resaltan.

Umbral de Cobertura del Suelo - LC Signature






-  **Umbral de Cobertura del Suelo - LC Signature: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *MC ID*: Macroclase ID de la firma;
 - *MC Info*: Información de Macroclase de la firma;
 - *C ID*: Clase ID de la firma;
 - *C Info*: Información de Clase de la firma;
 - *Color [overlap MC_ID-C_ID]*: color de la firma; además, la combinación *MC ID-C ID* es mostrada en caso de existir solapamiento con otras firmas (mira *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* (página 124));

- *Min B X*: valor mínimo de la banda X; este valor puede ser editado;
- *Max B X*: valor máximo de la banda X; este valor puede ser editado;

- : show the ROI spectral signature in the *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100); spectral signature is calculated from the *Conjunto de bandas* (página 38);

Umbrales automáticos

Establece automáticamente los umbrales para las firmas seleccionadas en la tabla *Umbral de Cobertura del Suelo - LC Signature*; si no se ha seleccionado ninguna firma, entonces el umbral es aplicado a todas las firmas.

- *Min Max* : establece el umbral basado en los mínimos y máximos de cada banda;
- $\sigma * \text{1d}$  : establece un umbral automático calculado como $(\text{valor de banda} + (\sigma * v))$, donde σ es la desviación estándar de cada banda y v es el valor definido en este cuadro;
- *Desde ROI* : establece los umbrales usando los valores de píxeles del ROI temporal;
 - ☒ +: si está seleccionado, el umbral de firma se extiende para incluir la firma del pixel. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
 - ☒ -: si está seleccionado, el umbral de firma se reduce para excluir la firma del pixel pinchado. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
- *Desde pixel* : establece el umbral haciendo clic en un pixel, de acuerdo a las siguientes casillas de verificación:
 - ☒ +: si está seleccionado, el umbral de firma se extiende para incluir la firma del pixel. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
 - ☒ -: si está seleccionado, el umbral de firma se reduce para excluir la firma del pixel pinchado. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;

3.4.3 Descargar productos

La pestaña | download | : guilabel: *Download products* incluye las herramientas para buscar y descargar imágenes gratuitas de teledetección. Además, la conversión automática a reflectancia de las bandas descargadas está disponible.

Se requiere una conexión a Internet y es posible que se requiera un registro gratuito según el servicio de descarga.

Esta herramienta permite buscar y descargar:

- : ref: imágenes *Landsat_definition* (de 1 MSS a 8 OLI) adquiridas desde los años 80 hasta nuestros días;
- : ref: imágenes *Sentinel2_definition* (Nivel-1C y Nivel-2A) adquiridas desde 2015 hasta nuestros días;
- : ref: imágenes *Sentinel3_definition* (OLCI Level-1B OL_1_EFR) adquiridas desde 2016 hasta nuestros días;
- : ref: imágenes *ASTER_definition* (Nivel 1T) adquiridas desde 2000 hasta nuestros días;
- : ref: imágenes *MODIS_definition* (MOD09GQ, MYD09GQ, MOD09GA, MYD09GA, MOD09Q1, MYD09Q1, MOD09A1, MYD09A1) adquiridas desde 2000 hasta nuestros días;

Para Landsat, ASTER y MODIS, la búsqueda se realiza a través del *CMR Search API* <https://cmr.earthdata.nasa.gov/search/site/search_api_docs.html> _ desarrollado por la NASA. Las imágenes de Landsat están disponibles gratuitamente a través de los servicios: *EarthExplorer* <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> _, *Google Earth Engine* <<https://earthengine.google.com/datasets/>> _, y el ‘Amazon Web Services (AWS)’ <<http://aws.amazon.com/public-data-sets/landsat/>> ‘_ (solo para Landsat 8). Los productos ASTER L1T y MODIS se recuperaron del conjunto de datos en línea, cortesía del Centro de Archivo Activo Distribuido de Procesos Terrestres de la NASA (LP DAAC), Centro de Observación y Ciencia de Recursos de la Tierra (EROS) de USGS, Sioux Falls, Dakota del Sur, https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool.

Para Sentinel-2 y Sentinel-3, la búsqueda se realiza a través del *Copernicus Open Access Hub* <<https://scihub.copernicus.eu/>> _ (usando el [Data Hub API](#)); las imágenes se descargan principalmente de *Amazon S3 AWS* <<http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com>> _ si está disponible.



Esta herramienta intenta descargar imágenes primero de *Amazon Web Services* y ‘*Google Earth Engine*’; solo si las imágenes no están disponibles, la descarga se realiza a través de los servicios que requieren iniciar sesión.


Datos de inicio de sesión

Figura 18:  Login data

Iniciar sesión <https://ers.cr.usgs.gov>




Para las imágenes de Landsat, se requieren credenciales *USGS EROS* (<https://ers.cr.usgs.gov>) para las descargas desde ‘*EarthExplorer*’ <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> _. Inicie sesión con sus credenciales ‘*USGS EROS*’ o regístrese gratis en <https://ers.cr.usgs.gov/register>.

- Usuario  : ingresa tu nombre de usuario;
- Contraseña  : ingresa tu contraseña;

-  *recordar*: recordar nombre de usuario y contraseña en QGIS;






Acceso <https://urs.earthdata.nasa.gov>

Para imágenes ASTER y MODIS, se requieren credenciales *EOSDIS Earthdata* (<https://urs.earthdata.nasa.gov>) para descargar. Inicie sesión utilizando sus credenciales *EOSDIS Earthdata* o regístrese de forma gratuita en <https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>. Antes de descargar imágenes ASTER y MODIS, debe aprobar LP DAAC Data Pool haciendo clic en el siguiente enlace https://urs.earthdata.nasa.gov/approve_app?client_id=ijpRZvb9qeKCK5ctsn75Tg

- Usuario  : ingresa tu nombre de usuario;
- Contraseña  : ingresa tu contraseña;
-  *recordar*: recordar nombre de usuario y contraseña en QGIS;

Acceso a Sentinel

Para acceder a los datos de Sentinel se requiere el registro gratuito en <https://scihub.copernicus.eu/userguide/1SelfRegistration> (otros servicios pudieran requerir un registro diferente) . Después del registro, ingresa el nombre de usuario y la contraseña para acceder a los datos.


- Servicio  : escribe la URL de servicio (por defecto <https://scihub.copernicus.eu/apihub>); otros servicios alternos que comparten la misma infraestructura pueden ser usados (como este <https://scihub.copernicus.eu/dhus> , <https://finhub.nsd.c.fmi.fi> , <https://data.sentinel.zamg.ac.at>);
-  : restablece el servicio predeterminado;
- Usuario  : ingresa tu nombre de usuario;
- Contraseña  : ingresa tu contraseña;
-  *recordar*: recordar nombre de usuario y contraseña en QGIS;

Buscar

Parámetros de búsqueda

Defina el área de búsqueda ingresando las coordenadas (longitud y latitud) de un punto “ Superior izquierdo “” (SI) y un punto “ Inferior derecho “” (ID) y seleccione un producto para buscar. Las configuraciones opcionales son la fecha de adquisición, la cobertura máxima de la nube, el número de resultados (cuanto menos resultados, más rápida es la consulta).

Antes de buscar imágenes es necesario definir el área de búsqueda.

- : guilabel: *UL* | input_number | | input_number | : establece la longitud UL X (Lon) y la latitud UL Y (Lat);
- LR : establece la longitud LR X (Lon) y la latitud LR Y (Lat);
-  *Mostrar*: muestra u oculta el área de búsqueda en el mapa;

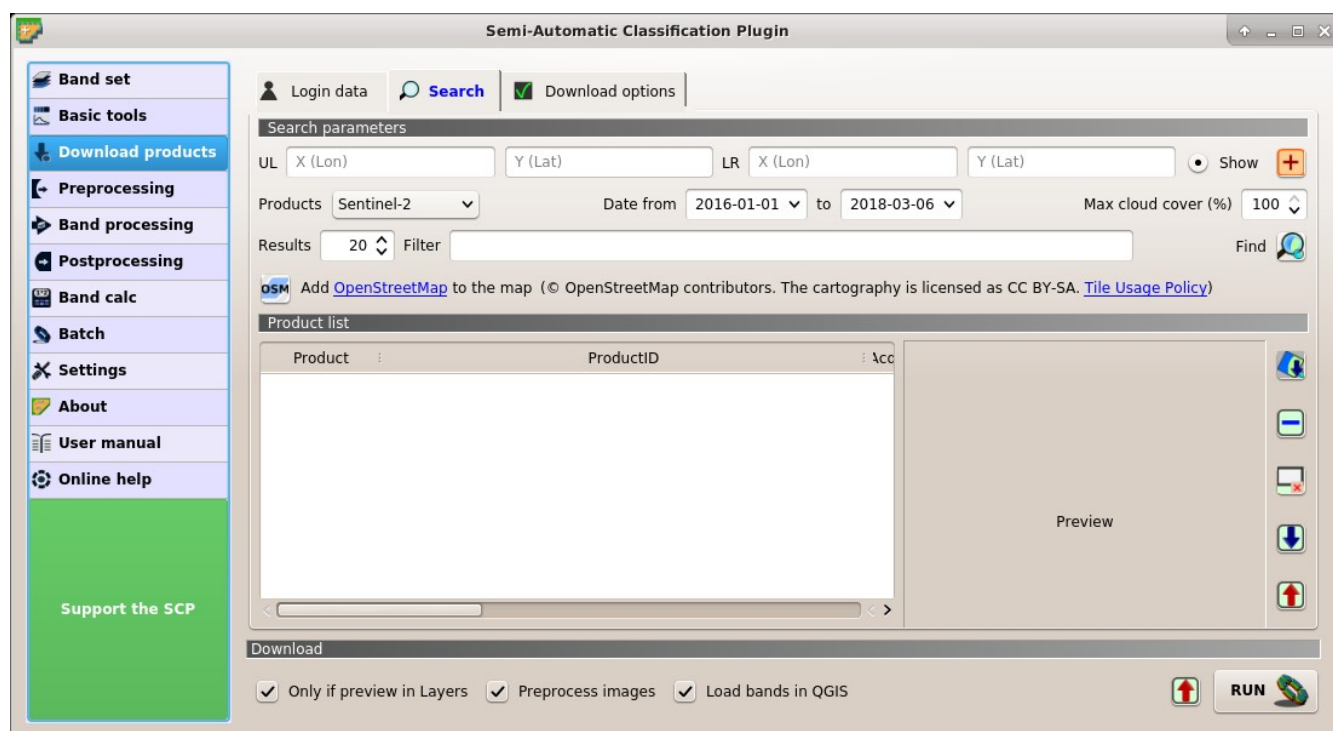




















Figura 19:  Buscar

-  : define a search area by left click to set the UL point and right click to set the LR point; the search area is displayed in the map;
- *Products*  : establece el producto de búsqueda;
- *Desde fecha*  : fijar la fecha inicial de adquisición;
- *hasta*  : fijar la fecha final de adquisición;
- *:* guilabel: *Máxima cobertura de nubes (%)* | *input_number*  *:* máxima cobertura de nubes en el producto;
- *Results*  : número máximo de productos devueltos por la búsqueda;
- *Filter*  *:* guilabel: *Filter* | *input_text*  *:* establece un filtro como el ID del producto (por ejemplo, 'LC81910312015006LGN00 "'); es posible ingresar múltiples ID de productos separados por coma o punto y coma (por ejemplo, 'LC81910312015006LGN00, LC81910312013224LGN00 "'); el filtro se aplica a los productos resultantes en el área de búsqueda;
-  *Find*  : encuentre los productos en el área de búsqueda; los resultados se muestran dentro de la tabla en: *ref: product_list*; los resultados se agregan a resultados anteriores;
-  Agregue OpenStreetMap al mapa: este botón permite la visualización de mosaicos de OpenStreetMap (© OpenStreetMap <<http://www.openstreetmap.org/copyright>> _ contributors) en el mapa QGIS como se describe en <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS>. La cartografía tiene licencia CC BY-SA (Política de uso de mosaicos);

Consejo: Los resultados de búsqueda (y la cantidad de éstos) dependen de la extensión del área de búsqueda y el rango de fechas. Para obtener mejores resultados, ejecuta búsquedas múltiples definiendo áreas con pequeñas extensiones e intervalos cortos en la fecha de adquisición (desde y hasta)



Lista de productos




La tabla: guilabel: *Lista de productos* contiene los resultados de la búsqueda. Haga clic en cualquier elemento (resaltado) para mostrar la vista previa de la imagen del mismo. Los resultados se guardan con el proyecto QGIS.

-  **Product list** : los productos encontrados se muestran en esta tabla, que incluye los siguientes campos;
 - *Product*: el nombre del producto;
 - *ProductID*: el ID del producto;
 - *AcquisitionDate*: fecha de adquisición del producto;
 - *CloudCover*: porcentaje de cobertura de nubes en el producto;
 - *Zone/Path*: la zona o ruta WRS según el tipo de producto;
 - *Row/DayNightFlag*: la fila WRS o el indicador de adquisición (día o noche) según el tipo de producto;
 - *min_lat*: latitud mínima del producto;
 - *min_lon*: longitud mínima del producto;
 - *max_lat*: latitud máxima del producto;
 - *max_lon*: longitud máxima del producto;
 - *Collection/Size*: código de colección o tamaño dependiendo del tipo de producto;
 - *Preview*: URL de la vista previa del producto;
 - *Collection/ID*: ID de colección o imagen según el tipo de producto;
 - *Collection/Image*: ID de colección o imagen según el tipo de producto;
-  : muestra en el mapa la vista previa de las imágenes seleccionadas; la vista previa es georeferenciada aproximadamente al vuelo;
-  : elimina las imágenes seleccionadas de la lista;
-  : elimina todas las imágenes de la lista;
-  : importar la lista de productos desde un archivo de texto (i.e. .txt);
-  : exportar la lista de productos a un archivo de texto (i.e. .txt);

Descargar

Descargue los productos en la [Lista de productos](#) (página 55). Durante la descarga, se recomienda no interactuar con QGIS.

-  *Only if preview in Layers*: si está marcada, descargue solo las imágenes enumeradas en [Lista de productos](#) (página 55) que también se enumeran en el panel de capas QGIS;
-  *Preprocesar imágenes*: si está seleccionado, las bandas son convertidas automáticamente después de la descarga, usando la configuración definida en [Landsat](#) (página 57);

-  *Cargar bandas en QGIS*: si está seleccionado, las bandas serán cargadas en QGIS después de la descarga;
- : exporta los enlaces de descarga a un archivo de texto;
-  *RUN*: iniciar el proceso de descarga de todos los productos enumerados en *Lista de productos* (página 55);

Opciones de Descarga

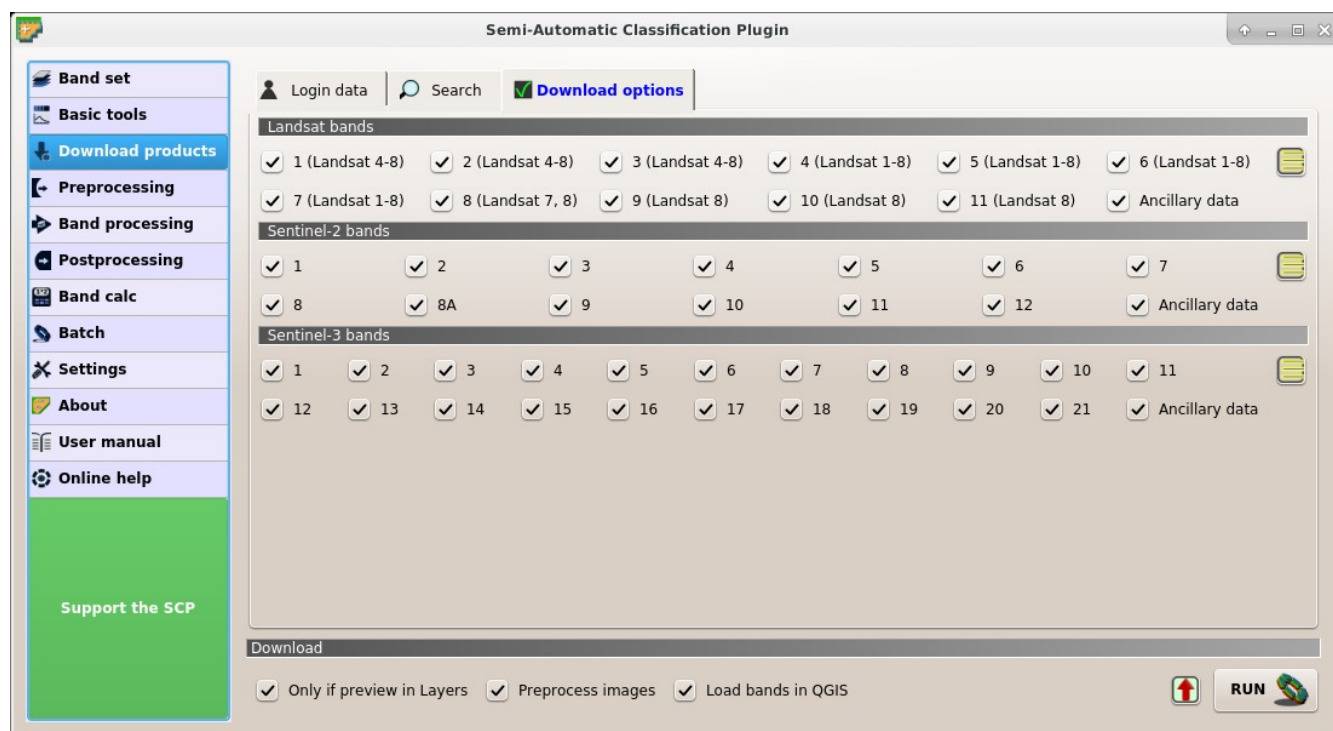






Figura 20:  Opciones de descarga

Esta pestaña permite la selección de bandas individuales para imágenes Landsat, Sentinel-2 y Sentinel-3. Dependiendo del servicio de descarga, la descarga de una banda podría no estar disponible.

-  *Banda X*: selecciona las bandas que deseas descargar;
-  *Ancillary data*: si está marcado, los archivos de metadatos se seleccionan para descargar;
- : selecciona todas las bandas o ninguna banda;

3.4.4 Preprocesamiento

La pestaña  *Preprocesamiento* proporciona varias herramientas para la manipulación de datos que son útiles antes del proceso de clasificación.

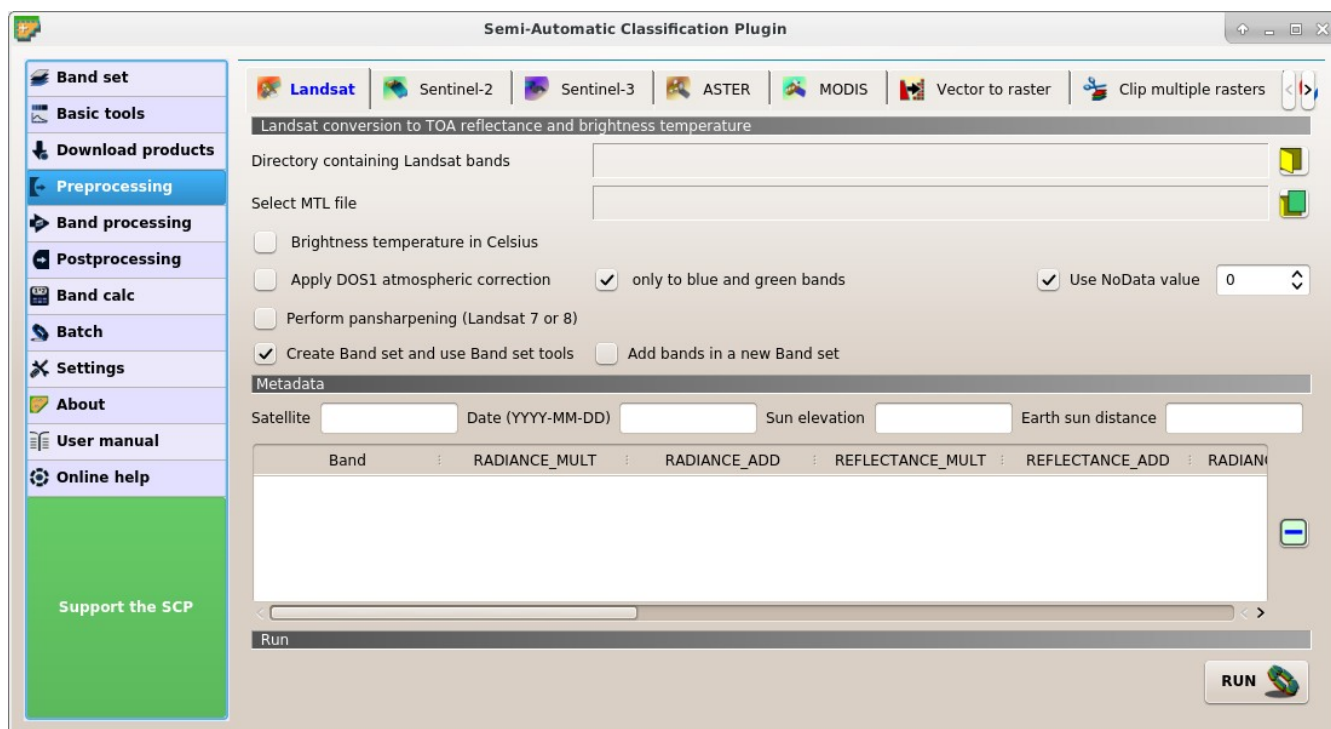


Figura 21:  Landsat



Landsat

Esta pestaña permite la conversión de imágenes **Landsat 1, 2, y 3 MSS** y **Landsat 4, 5, 7, y 8** desde DN (i.e. Digital Numbers) a la medida física de Top Of Atmosphere reflectance (TOA), o la aplicación de la simple corrección atmosférica usando el método DOS1 (Dark Object Subtraction 1), que es una técnica basada en imagen (para mayor información sobre la conversión de Landsat a TOA y la corrección DOS1, mira [Conversión de la imagen a Reflectancia](#) (página 134)). El Pan-sharpening está también disponible; para mayor información lee [Pan-sharpening](#) (página 131).






Cuando el directorio de entrada se selecciona, las bandas disponibles se listan en la tabla de Metadatos

**** ADVERTENCIA ****: para obtener la mejor precisión espectral, debe descargar los productos de datos Landsat Level-2 (Reflectancia de superficie) desde <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Conversión a reflectancia TOA y a temperatura de brillo de imágenes Landsat







- **Directorio conteniendo bandas Landsat**  : abre un directorio conteniendo bandas Landsat; los nombres de las bandas Landsat deben terminar en su número correspondiente; si el archivo con metadatos está incluido en este directorio el [Metadatos](#) (página 58) se completa automáticamente;
- **Seleccionar archivo MTL**  : si el archivo con los metadatos no está incluido en el *Directorio conteniendo bandas Landsat*, selecciona la ruta del archivo con metadatos para completar el [Metadatos](#) (página 58) automáticamente;
- ☒ **Temperatura de brillo en Celsius**: si está seleccionada, convierte la temperatura de brillo a Celsius (si la banda Landsat termal está listada en [Metadatos](#) (página 58)); si no está seleccionado la temperatura está en Kelvin;
- ☒ **Aplicar la corrección atmosférica DOS1**: si está seleccionada, la [Corrección DOS1](#) (página 135) es

aplicada a todas las bandas (excluyendo la banda termal);

-  solo a bandas azules y verdes “: si está marcada (con :guilabel: ‘Aplicar corrección atmosférica DOS1 también marcado), la *Corrección DOS1* (página 135) se aplica solo a bandas azules y verdes;
-  Usar valor SinDatos (la imagen tiene borde negro) : si está seleccionado, los pixeles que tienen valores SinDatos no son contados durante la conversión y el cálculo de DNmin del DOS1; es útil cuando la imagen tiene borde negro (generalmente con valor de pixel = 0);
-  Realizar pansharpening: si está seleccionado, la transformación Brovey es aplicada para la *Pansharpening* (página 131) de las bandas Landsat;
-  Crear Conjunto de Bandas y utilizar sus herramientas: si está seleccionada, el *Conjunto de Bandas* es creado después de la conversión; además, el *Conjunto de Bandas* es procesado de acuerdo a las herramientas seleccionadas en el *Conjunto de bandas* (página 38);

Metadatos

Todas las bandas encontradas en el *Directorio conteniendo bandas Landsat* son listadas en la tabla *Metadatos*. Si se encuentra el archivo de metadatos (un archivo .txt o .met con el sujeto MTL) , los *Metadatos* son llenados automáticamente. Para información sobre los campos *Metadatos* lee [esta página](#) y [esta otra](#) .

- *Satélite* : el nombre del satélite (Ej. Landsat8);
- *Date* : fecha de adquisición (Ej. 2013-04-15);
- *Elevación del Sol* : elevación del Sol en grados;
- *Distancia Tierra-Sol* : distancia de la Tierra al Sol en unidades astronómicas (calculada automáticamente si *Date* está llenada);
- : elimina las bandas seleccionadas de la tabla *Metadatos*;
-  **Metadatos: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Band*: nombre de banda;
 - *RADIANCE_MULT*: factor multiplicativo para el reescalado;
 - *RADIANCE_ADD*: factor aditivo para el reescalado;
 - *REFLECTANCE_MULT*: factor multiplicativo para el reescalado;
 - *REFLECTANCE_ADD*: factor aditivo para el reescalado;
 - *RADIANCE_MAXIMUM*: radiancia máxima;
 - *REFLECTANCE_MAXIMUM*: reflectancia máxima;
 - *K1_CONSTANT*: constante de conversión termal;
 - *K2_CONSTANT*: constante de conversión termal;
 - *LMAX*: radiancia espectral que es reescalada a QCALMAX;
 - *LMIN*: radiancia espectral que es reescalada a QCALMIN;
 - *QCALMAX*: valor máximo de pixel cuantificado y calibrado;
 - *QCALMIN*: valor mínimo de pixel cuantificado y calibrado;

Ejecutar

- : guilabel: *RUN* | run !: seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de conversión; solo las bandas que figuran en la tabla: guilabel: se convierten los “Metadatos”; las bandas convertidas se guardan en el directorio de salida con el prefijo “ RT_ “ y se cargan automáticamente en QGIS;

Sentinel-2

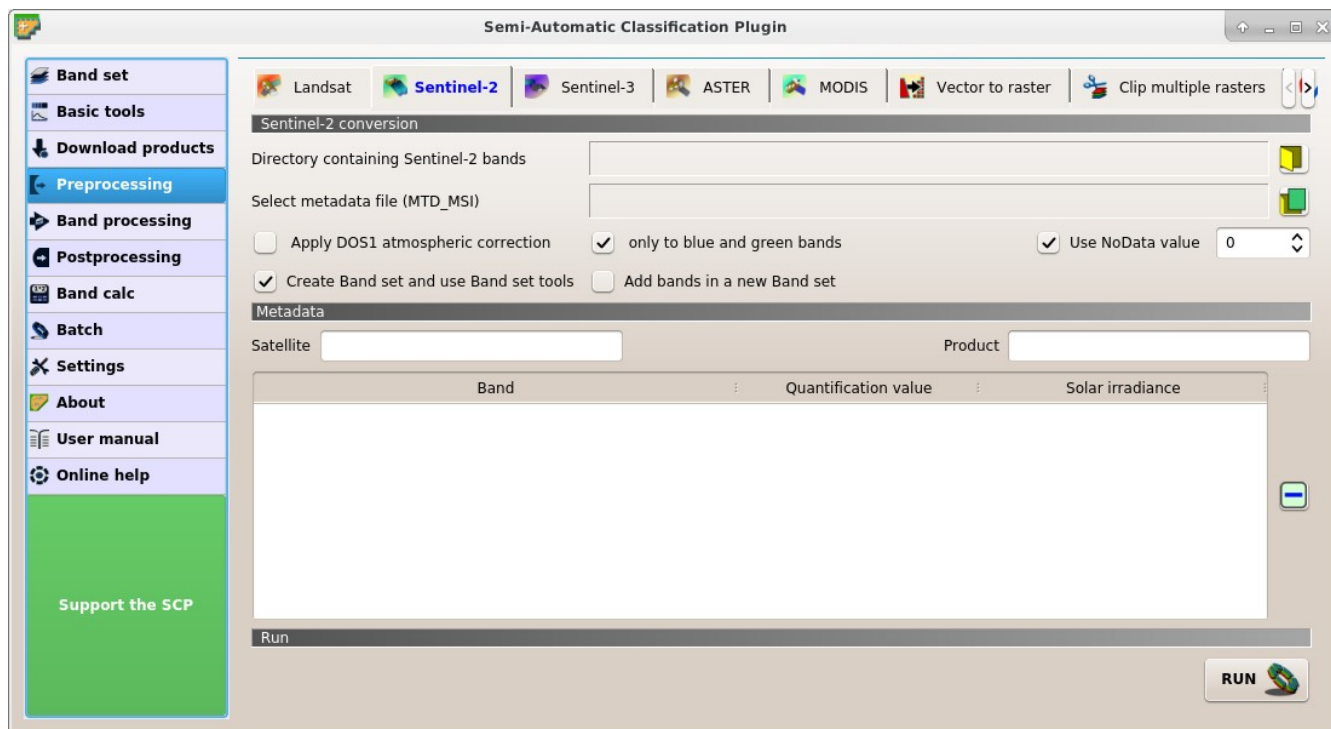


Figura 22:  Sentinel-2







Esta pestaña permite la conversión de imágenes ** Sentinel-2 ** Nivel-1C a la medida física de la reflectancia de la parte superior de la atmósfera (TOA), o la aplicación de una corrección atmosférica simple utilizando el método DOS1 (resta de objetos oscuros 1), que es una técnica basada en imágenes (para obtener más información sobre la conversión a TOA y corrección de DOS1, consulte: ref: *conversion_to_reflectance*). Esta herramienta también puede convertir imágenes ** Sentinel-2 ** Nivel-2A de DN a valores de reflectancia.

Una vez que se selecciona la entrada, las bandas disponibles se enumeran en la tabla de metadatos. Las bandas con una resolución espacial de 20 m se vuelven a muestrear a una resolución de 10 m sin cambiar el valor de píxel original (es decir, un píxel de 20 m se divide en cuatro píxeles de 10 m con el mismo valor).

**** ADVERTENCIA ****: Para obtener la mejor precisión espectral, debe descargar los productos Sentinel-2 Level-2A (Reflectancia de superficie) o utilizar la herramienta oficial SNAP para la corrección atmosférica (ver <http://step.esa.int>).




Conversión de Sentinel-2

- : guilabel: *Directorio que contiene bandas Sentinel-2* | open_dir !: abre un directorio que contiene bandas Sentinel-2; los nombres de las bandas Sentinel-2 deben terminar con el número correspondiente; si el archivo de metadatos está incluido en este directorio, entonces: ref: *sentinel2_metadata* se llenan automáticamente;
- : guilabel: *Seleccionar el archivo de metadatos* | abrir_archivo || opcional !: seleccione el archivo de metadatos que es un archivo .xml cuyo nombre contiene “ MTD_MSIL1C “”);


-  *Aplicar la corrección atmosférica DOS1*: si está seleccionado, la *Corrección DOS1* (página 135) es aplicada a todas las bandas;
-  *solo a bandas azules y verdes “*: si está marcada (con *:guilabel: ‘Aplicar corrección atmosférica DOS1* también marcado), la *Corrección DOS1* (página 135) se aplica solo a bandas azules y verdes;
-  *Usar valor SinDatos (la imagen tiene borde negro)* : si está seleccionado, los pixeles que tienen valores SinDatos no son contados durante la conversión y el cálculo de DNmin del DOS1; es útil cuando la imagen tiene borde negro (generalmente con valor de pixel = 0);
-  *Create Band set and use Band set tools*: if checked, the active *Band set* is created after the conversion; also, the *Band set* is processed according to the tools checked in the *Conjunto de bandas* (página 38);
-  *Add bands in a new Band set*: if checked, bands are added to a new empty *Band set*;

Metadatos

Todas las bandas encontradas en: *guilabel: Directorio que contiene bandas Sentinel-2* se enumeran en la tabla: *guilabel: ‘Metadata’*. Si se proporciona el archivo de metadatos Sentinel-2 (un archivo .xml cuyo nombre contiene “MTD_MSIL1C”), entonces: *guilabel: Metadata* se rellenan automáticamente. Para obtener información sobre: *guilabel: campos Metadata*, lea esta página informativa <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/data-formats>> ‘_’.

- *Satélite* : nombre del satélite (Ej. Sentinel-2A);
- : elimina las bandas seleccionadas de la tabla *Metadatos*;
-  **Metadatos: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Band*: nombre de banda;
 - *Valor de Cuantificación*: valor para la conversión a reflectancia TOA;
 - *Irradiancia solar*: irradiancia solar de la banda;

Ejecutar

- *: guilabel: RUN | run* : seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de conversión; solo las bandas que figuran en la tabla: *guilabel: se convierten los “Metadatos”*; las bandas convertidas se guardan en el directorio de salida con el prefijo “RT_” y se cargan automáticamente en QGIS;

Sentinel-3

Esta pestaña permite la conversión de imágenes ** Sentinel-3 ** (OL_1_EFR) a la medida física de la reflectancia de la parte superior de la atmósfera (TOA), o la aplicación de una corrección atmosférica simple utilizando el método DOS1 (resta de objetos oscuros 1), que es una técnica basada en imágenes (para obtener más información sobre la conversión a TOA y corrección de DOS1, consulte: ref: *conversion_to_reflectance*). Los siguientes datos auxiliares son necesarios para la conversión: “instrument_data.nc”, “geo_coordinates.nc”, “tie_geometries.nc”.

Cuando el directorio de entrada se selecciona, las bandas disponibles se listan en la tabla de Metadatos

**** ADVERTENCIA ****: Las bandas Sentinel-3 se reproyectan al sistema de coordenadas WGS 84 utilizando una muestra de píxeles del archivo geo_coordinates.nc. Para la mejor precisión, debe usar la herramienta oficial SNAP (ver <http://step.esa.int>).

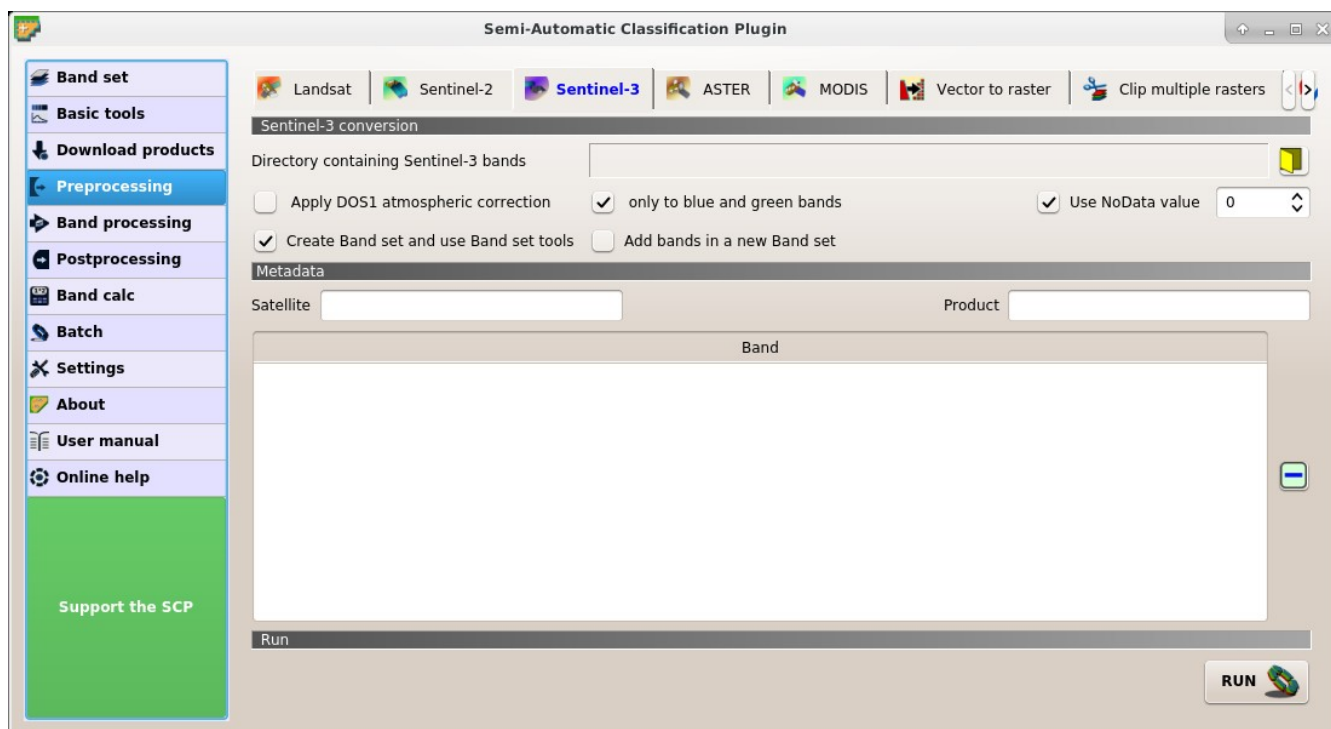



Figura 23:  Sentinel-3



Conversión Sentinel-3

- : guilabel: *Directorio que contiene bandas Sentinel-3* | open_dir !: abre un directorio que contiene bandas Sentinel-3; los nombres de las bandas Sentinel-2 deben terminar con el número correspondiente; los datos auxiliares necesarios para la conversión deben estar en el mismo directorio;
- ☒ Aplicar la corrección atmosférica DOS1: si está seleccionado, la *Corrección DOS1* (página 135) es aplicada a todas las bandas;
- ☒ solo a bandas azules y verdes “: si está marcada (con :guilabel: ‘Aplicar corrección atmosférica DOS1’ también marcado), la *Corrección DOS1* (página 135) se aplica solo a bandas azules y verdes;
- ☒ Usar valor SinDatos (la imagen tiene borde negro) : si está seleccionado, los píxeles que tienen valores SinDatos no son contados durante la conversión y el cálculo de DNmin del DOS1; es útil cuando la imagen tiene borde negro (generalmente con valor de píxel = 0);
- ☒ Crear Conjunto de Bandas y utilizar sus herramientas: si está seleccionada, el *Conjunto de Bandas* es creado después de la conversión; además, el *Conjunto de Bandas* es procesado de acuerdo a las herramientas seleccionadas en el *Conjunto de bandas* (página 38);


Metadatos

Todas las bandas que se encuentran en: guilabel: *Directorio que contiene bandas Sentinel-3* se enumeran en la tabla: guilabel: ‘Metadata’.

- : guilabel: *Satellite* | input_text !: nombre del satélite (por ejemplo, Sentinel-3A);
- : guilabel: *Producto* | input_text !: nombre del producto (por ejemplo, OLCI);

- : elimina las bandas seleccionadas de la tabla *Metadatos*;
-  **Metadatos: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Band*: nombre de banda;

Ejecutar

- : guilabel: **RUN** | run : seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de conversión; solo las bandas que figuran en la tabla: guilabel: se convierten los “Metadatos”; las bandas convertidas se guardan en el directorio de salida con el prefijo “ RT_ “ y se cargan automáticamente en QGIS;

ASTER

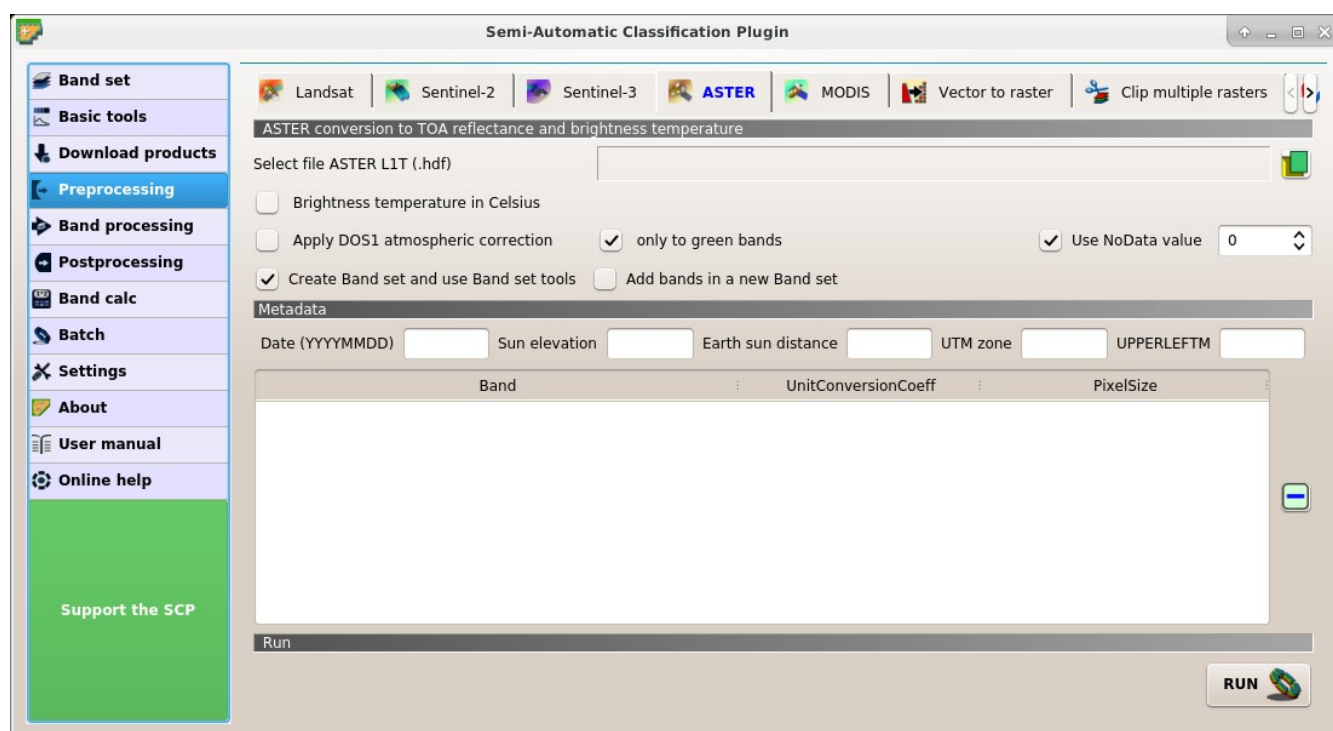








Figura 24:  ASTER

Esta pestaña permite la conversión de imágenes **ASTER LT1** a la medida física Top Of Atmosphere reflectance (TOA), o a la aplicación de la corrección atmosférica simple usando el método DOS1 (Dark Object Subtraction 1), el cual es un método basado en imagen (para mayor información sobre conversión s TOA y corrección DOS1, mira [Conversión de la imagen a Reflectancia](#) (página 134)).

Cuando el directorio de entrada se selecciona, las bandas disponibles se listan en la tabla de Metadatos








Conversión de ASTER

- **Seleccionar archivo ASTER L1T** : selecciona una imagen ASTER (archivo .hdf);
-  **Aplicar la corrección atmosférica DOS1**: si está seleccionado, la [Corrección DOS1](#) (página 135) es aplicada a todas las bandas;

-  *only to green band*: if checked (with *Apply DOS1 atmospheric correction* also checked), the *Corrección DOS1* (página 135) is applied only to green band;
-  *Usar valor SinDatos (la imagen tiene borde negro)* : si está seleccionado, los pixeles que tienen valores SinDatos no son contados durante la conversión y el cálculo de DNmin del DOS1; es útil cuando la imagen tiene borde negro (generalmente con valor de pixel = 0);
-  *Crear Conjunto de Bandas y utilizar sus herramientas*: si está seleccionada, el *Conjunto de Bandas* es creado después de la conversión; además, el *Conjunto de Bandas* es procesado de acuerdo a las herramientas seleccionadas en el *Conjunto de bandas* (página 38);

Metadatos

Todas las bandas encontradas en *Seleccionar archivo ASTER LIT* son listadas en la tabla *Metadatos*. Para información sobre los campos *Metadatos* visita [la página de ASTER](#).

- *Date* : fecha de adquisición (Ej. 20130415);
- *Elevación del Sol* : elevación del Sol en grados;
- *Distancia Tierra-Sol* : distancia de la Tierra al Sol en unidades astronómicas (calculada automáticamente si *Date* está llenada);
- *Zona UTM* : código de la zona UTM de la imagen;
- *SUPIZQUIERDAM* : coordenadas de la esquina superior izquierda de la imagen;
- : elimina las bandas seleccionadas de la tabla *Metadatos*;
-  **Metadatos: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Band*: nombre de banda;
 - *UnitConversionCoeff*: valor para la conversión a radiancia;
 - *PixelSize*: irradiancia solar de la banda;

Ejecutar


- : *guilabel: RUN | run* !: seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de conversión; solo las bandas que figuran en la tabla: *guilabel*: se convierten los “Metadatos”; las bandas convertidas se guardan en el directorio de salida con el prefijo “ RT_” y se cargan automáticamente en QGIS;

MODIS

Esta pestaña permite la conversión de imágenes ** MODIS ** a formato .tif y la reproyección a WGS 84.

Cuando el directorio de entrada se selecciona, las bandas disponibles se listan en la tabla de Metadatos

Conversión de MODIS

- : *guilabel: Seleccionar archivo MODIS | abrir_archivo* !: seleccionar una imagen MODIS (archivo .hdf);
-  *Reproject to WGS 84*: if checked, reproject bands to WGS 84, required for use in SCP;

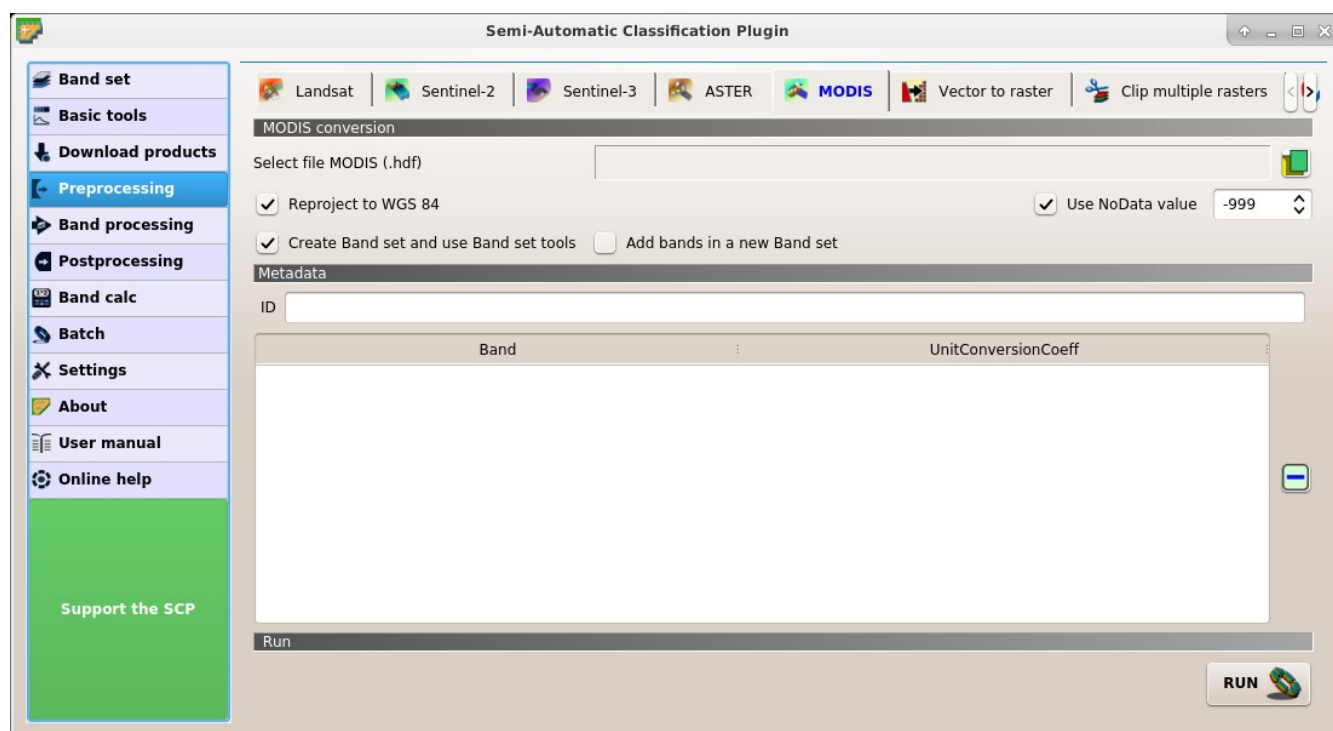







Figura 25:  MODIS

-  Usar valor SinDatos (la imagen tiene borde negro) : si está seleccionado, los pixeles que tienen valores SinDatos no son contados durante la conversión y el cálculo de DNmin del DOS1; es útil cuando la imagen tiene borde negro (generalmente con valor de pixel = 0);
-  Crear Conjunto de Bandas y utilizar sus herramientas: si está seleccionada, el Conjunto de Bandas es creado después de la conversión; además, el Conjunto de Bandas es procesado de acuerdo a las herramientas seleccionadas en el *Conjunto de bandas* (página 38);

Metadatos

Todas las bandas que se encuentran en: *guiabel: Seleccionar archivo MODIS* se enumeran en la tabla: *guiabel: Metadata*. Para obtener información sobre: *guiabel: los campos Metadata* visite la página de MODIS <https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis> _.

- : *guiabel: ID* | *input_text* !: ID de la imagen;
- : elimina las bandas seleccionadas de la tabla *Metadatos*;
-  **Metadatos: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Band*: nombre de banda;
 - : *guiabel: UnitConversionCoeff*: valor para la conversión;

Ejecutar

- : *guiabel: RUN* | *run* !: seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de conversión; solo las bandas que figuran en la tabla: *guiabel: se convierten los “Metadatos”*; las bandas convertidas se guardan en el directorio de salida con el prefijo “ RT_ “ y se cargan automáticamente en QGIS;

Vectorial a ráster

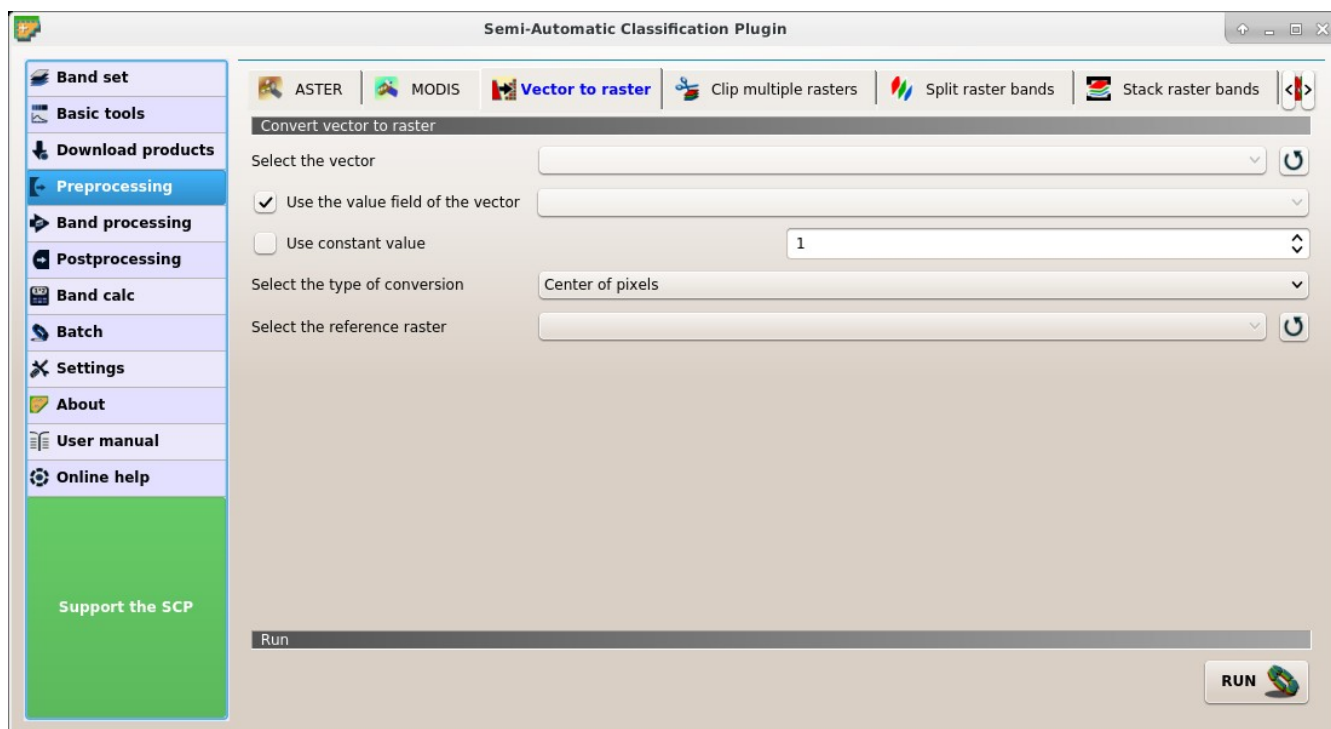










Figura 26:  Vectorial a ráster

Esta pestaña permite la conversión de formato vectorial a ráster.

- *Selecciona el vectorial* : selecciona un vectorial ya cargado en QGIS;
- : recargar la lista de capas;
- ☒ *Usar el valor del campo del vector* : si está seleccionado, el campo seleccionado es usado como atributo para la conversión; los píxeles del ráster de salida tienen los mismos valores que los atributos del vectorial;
- ☒ *Usar un valor constante* : si está seleccionado, los polígonos son convertidos a ráster usando el valor constante seleccionado;
- *Seleccionar el tipo de conversión* : selecciona el tipo de conversión entre *Centro de los píxeles* y *Todos los píxeles en contacto*;
 - *Centro de los píxeles*: durante la conversión, el vector es comparado con el ráster de referencia; los píxeles ráster de salida son atribuidos al polígono si el centro del píxel está dentro de ese polígono;
 - *Todos los píxeles en contacto*: durante la conversión, el vector es comparado con el ráster de referencia; los píxeles ráster de salida son atribuidos al polígono si el píxel toca a ese polígono;
- *Selecciona el ráster de referencia* : selecciona un ráster de referencia; los píxeles del ráster de salida tienen el mismo tamaño y alineamiento al del ráster de referencia. El ráster de referencia es un ráster de una sola banda;
- : recargar la lista de capas;

Ejecutar

-  : elija el destino de salida e inicie la conversión a ráster;

Recortar múltiples rásters

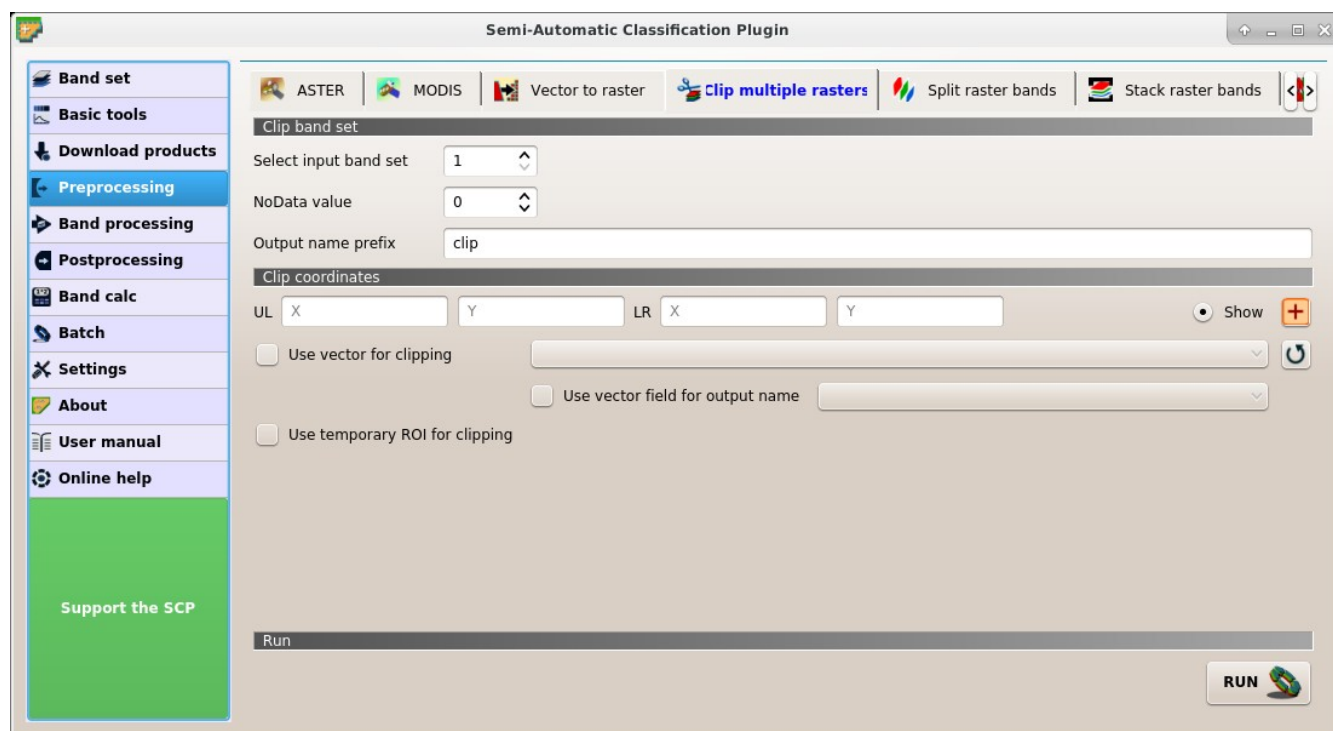




Figura 27:  Recortar múltiples rásters




Esta pestaña permite cortar varias bandas de la imagen a la vez, utilizando un rectángulo definido con coordenadas de puntos o un límite definido con un vector.









Lista de Rásters

-  : recargar la lista de capas;
-  : selecciona todos los rásters;


Coordenadas de corte

Establezca las coordenadas de los puntos superior izquierdo (SI) e inferior derecho (ID) del rectángulo utilizado para el recorte; Es posible ingresar las coordenadas manualmente. Alternativamente, use un vector.

- $UL\ X$  : establecer la coordenada UL X;
- $UL\ Y$  : establecer la coordenada UL Y;
- $LR\ X$  : establecer la coordenada LR X;

- **LR Y** : establecer la coordenada LR Y;
-  **Mostrar**: muestra u oculta el área de corte dibujada en el mapa;
- : define el área de corte dibujando un rectángulo en el mapa; clic izquierdo para establecer el punto UL y clic derecho para establecer el punto LR; el área es mostrada en el mapa;
- ☒ **Use vector for clipping** : if checked, use the selected vector (already loaded in QGIS) for clipping; UL and LR coordinates are ignored;
- ☒ **Use vector field for output name** : if checked, a vector field is selected for clipping while iterating through each vector polygon and the corresponding field value is added to the output name;
- ☒ **Use temporary ROI for clipping**: if checked, use a temporary ROI (see [ROI Signature list](#) (página 27)) for clipping; UL and LR coordinates are ignored;
- : recargar la lista de capas;
- ☒ **Valor SinDatos** : si está seleccionado, establece el valor SinDatos para los pixeles (Ej. los pixeles que están fuera del área de corte);
- **Prefijo para nombre de salida**  **T**: establece el prefijo para los nombres de los archivos de salida (por defecto es clip);




Ejecutar

- **RUN** : elija un destino de salida y recorte los rásteres seleccionados; solo rásteres seleccionados en el:ref:raster_list se recortan y se cargan automáticamente en QGIS;


Separar bandas ráster

Separa una ráster multibanda en bandas sencillas.

Ráster de entrada

- **Selecciona una ráster multibanda** : selecciona una ráster multibanda ya cargada en QGIS;
- : recargar la lista de capas;
- **Prefijo para nombre de salida**  **T**: establece el prefijo para los nombres de los archivos de salida (por defecto es split);

Ejecutar

- **RUN** : elija el destino de salida y divida el ráster seleccionado; las bandas de salida se cargan automáticamente en QGIS;

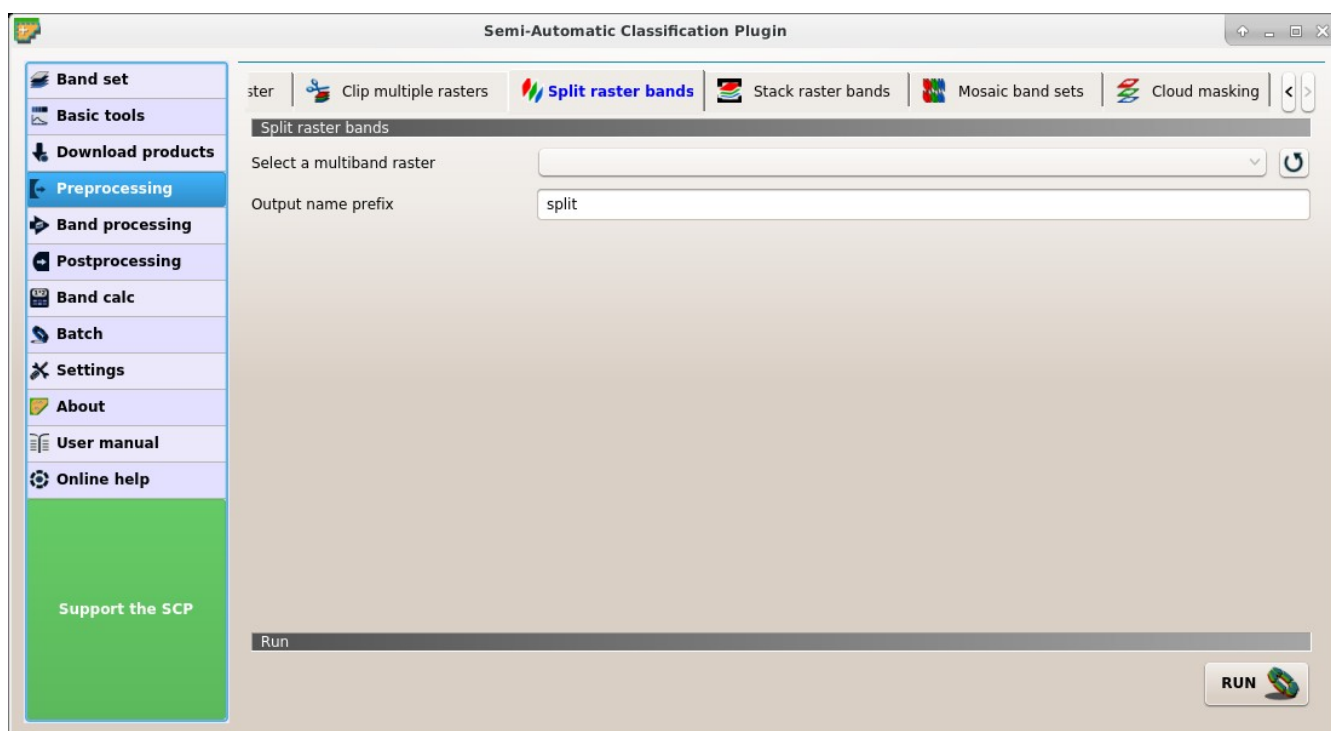


Figura 28:  Separar bandas ráster

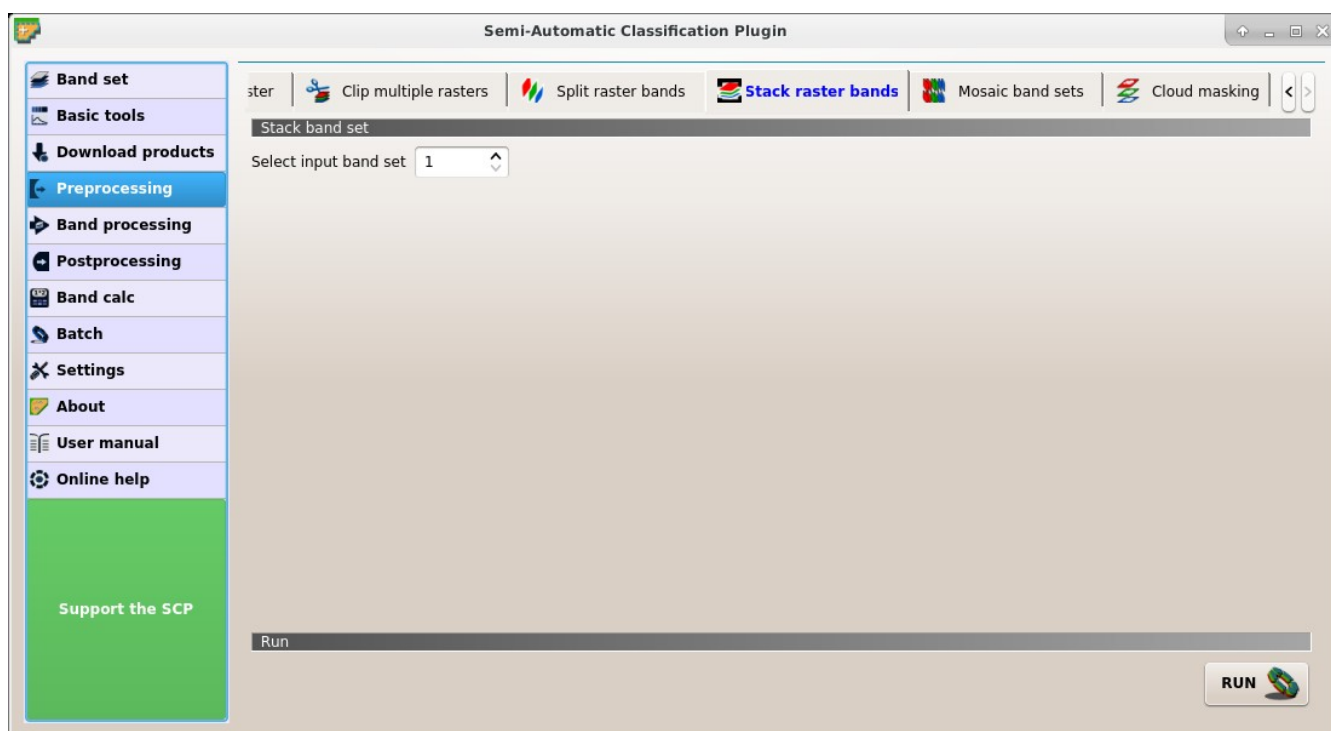





Figura 29:  :guilabel: Apilar bandas ráster


Stack raster bands

Apila bandas ráster en un solo archivo.

Lista de Rásters

-  : recargar la lista de capas;
-  : selecciona todos los rásters;

Ejecutar

-  **RUN** : elija el destino de salida y apile los rásteres seleccionados; la salida se carga automáticamente en QGIS;

Conjuntos de bandas del mosaico

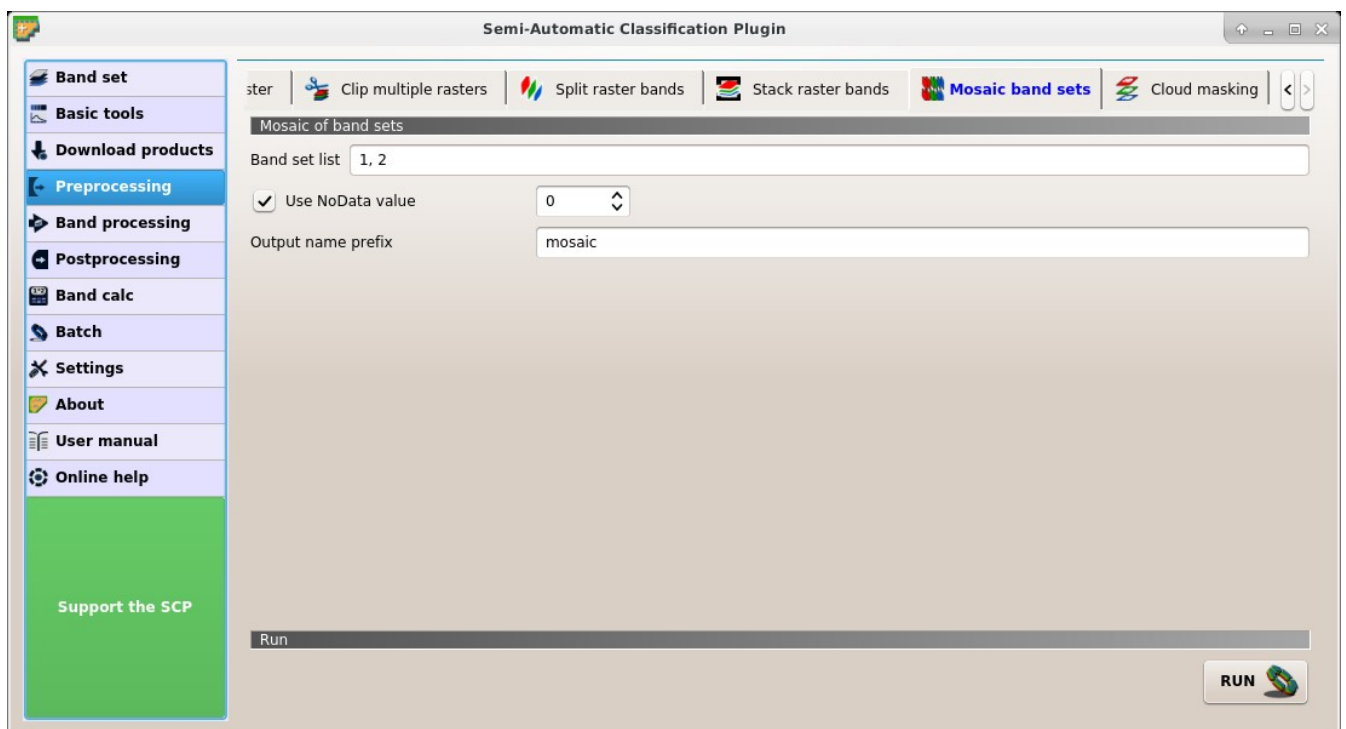






Figura 30:  Conjuntos de bandas del mosaico


Esta herramienta permite el mosaico de conjuntos de bandas, fusionando las bandas correspondientes de dos o más conjuntos de bandas definidos en el [Conjunto de bandas](#) (página 38). Se crea una banda de salida para cada conjunto de bandas correspondiente en los conjuntos de bandas.

Los valores “ NoData ” de un conjunto de bandas se reemplazan por los valores de los otros conjuntos de bandas.

Mosaico de conjuntos de bandas

- **Band set list** : lista si los conjuntos de bandas definidos en el [Conjunto de bandas](#) (página 38); en caso de imágenes superpuestas, se asignan los valores de píxeles de la primera banda establecida en la lista.
- ☒ **Usar valores SinDatos** : si está seleccionado, establece el valor SinDatos de los píxeles, que serán ignorados durante el cálculo;
- **Prefijo de nombre de salida** `input_text` : establece el prefijo para los nombres de archivo de salida (por defecto es `mosaic`);

Ejecutar

- **RUN** : seleccione un directorio de salida e inicie el proceso del mosaico;

Enmascaramiento de nubes

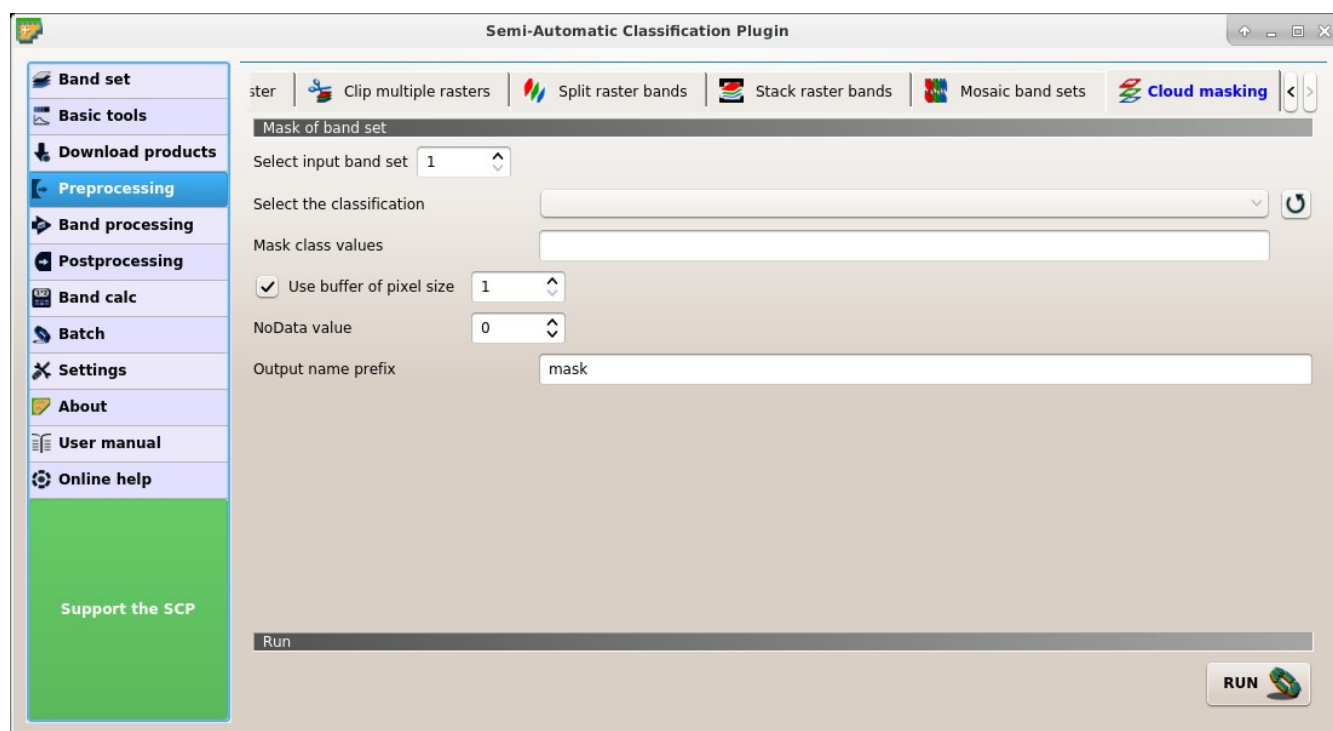









Figura 31:  Enmascaramiento de nubes


Esta herramienta permite el enmascaramiento de las nubes, basado en los valores de una máscara ráster, creando una banda enmascarada de salida para cada banda del: `ref:band_set_tab`. NoData se establece en todas las bandas de la [Conjunto de bandas](#) (página 38) para píxeles correspondientes a nubes.

Conjunto de máscara de banda


- **Seleccionar el conjunto de banda de entrada** : seleccione la entrada: `ref:band_set_tab` a ser enmascarado;

- *Seleccione la clasificación* : seleccione un raster de clasificación (ya cargado en QGIS) que contiene una clase de nube;
- : recargar la lista de capas;
- *Valores de clase de máscara* : establecer los valores de la clase que se enmascararán; los valores de clase deben estar separados por , y – se puede usar para definir un rango de valores (por ejemplo 1, 3–5, 8 seleccionará las clases 1, 3, 4, 5, 8); si el texto es rojo, entonces la expresión contiene errores;
-  *Usar buffer del tamaño del píxel* : si está marcado, se crea un búfer para el área enmascarada, correspondiente al número definido de píxeles; esto puede ser útil para dilatar el área enmascarada en caso de que la máscara no cubra el borde más delgado de las nubes;
- *valor NoData* ‘: establecer el valor de píxeles ‘NoData‘, correspondiente a las nubes;
- *Prefijo del nombre de salida* : establecer el prefijo para los nombres de los archivos de salida (por defecto es mask);

Ejecutar

- *RUN* : seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de máscara;


3.4.5 Procesamiento de banda

La pestaña  *Procesamiento de banda* proporciona varias funciones que se pueden aplicar a *Conjunto de bandas* (página 38).


Combinación de bandas

Esta pestaña permite la combinación de bandas cargadas en un *Conjunto de bandas* (página 38). Esta herramienta está diseñada para combinar clasificaciones para obtener un ráster donde cada valor corresponde a una combinación de valores de clase. Una combinación del ráster se produce como salida y el área de cada combinación se informa en un archivo de texto.

Combinación de valores de banda.

- *Seleccione el conjunto de banda de entrada (de clasificaciones)* : seleccione la entrada *Conjunto de bandas* (página 38);

Ejecutar

- *RUN* : elija el destino de salida y comience el cálculo; también, los detalles sobre las combinaciones se muestran en la pestaña: guilabel: *Salida* y guardado en un archivo .txt en el directorio de salida;

PCA

Esta pestaña permite el PCA (*Análisis de Componentes Principales* (página 130)) de las bandas cargadas en el *Conjunto de bandas*.

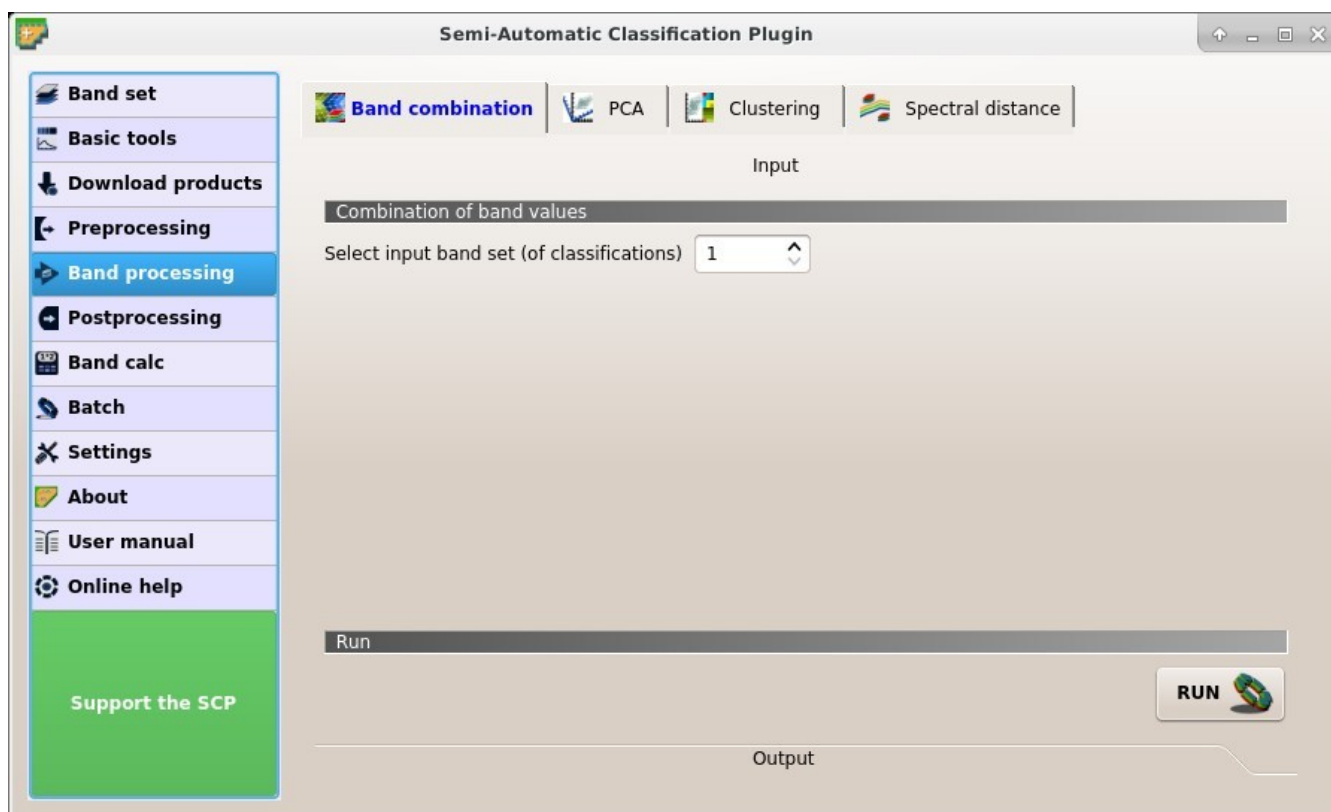


Figura 32:  *Combinación de bandas*

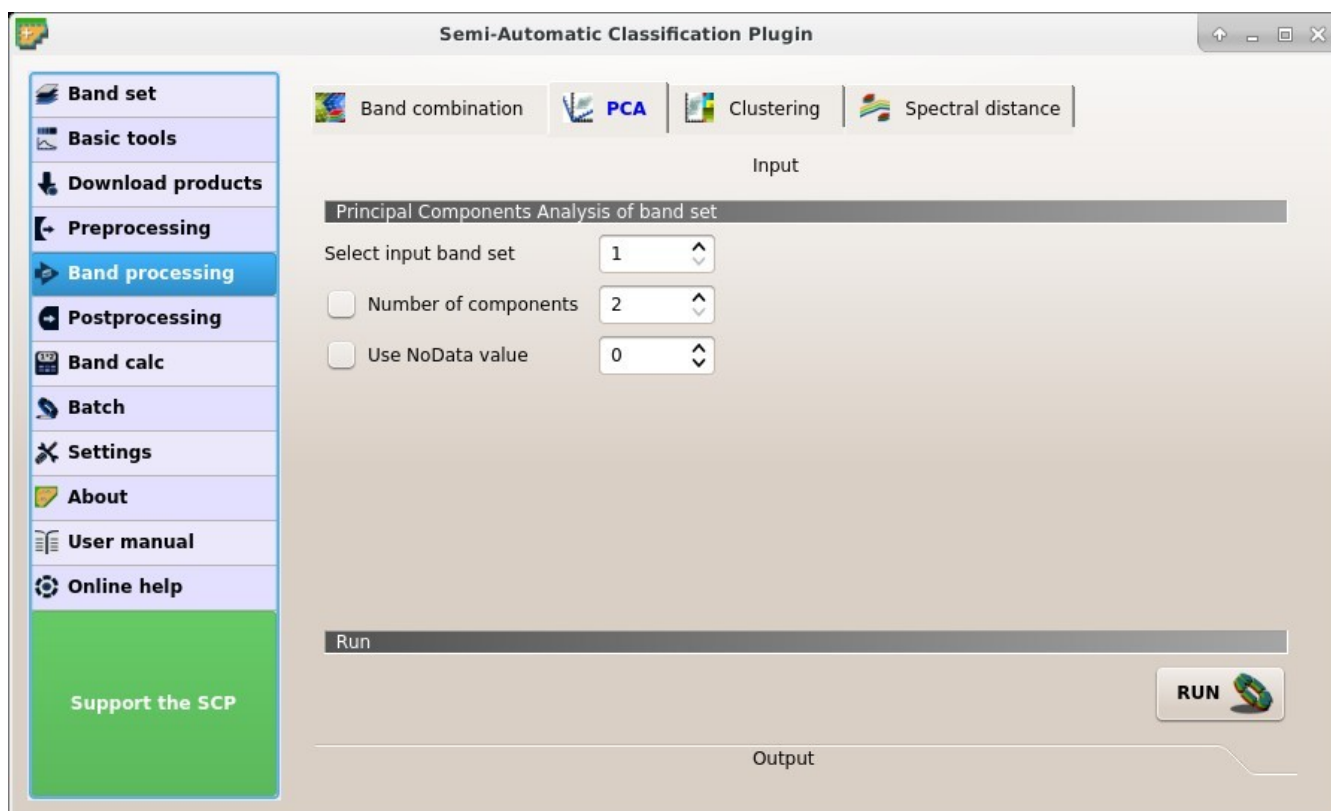







Figura 33:  *PCA*

Análisis de Componentes Principales de un Conjunto de bandas

- Seleccionar el conjunto de banda de entrada : seleccione la entrada: ref:band_set_tab;
- ☒ Número de componentes : si está seleccionado, establece el número de componentes calculados; si no está seleccionado, todos los componentes son calculados;
- ☒ Usar valores SinDatos : si está seleccionado, establece el valor SinDatos de los píxeles, que serán ignorados durante el cálculo;

Ejecutar

-  **RUN**: seleccione un directorio de salida e inicie el proceso de cálculo; los componentes principales se calculan y guardan como archivos ráster; Además, los detalles sobre el PCA son mostrados en la pestaña *Salida* y guardado en un archivo .txt en el directorio de salida;

Agrupamiento

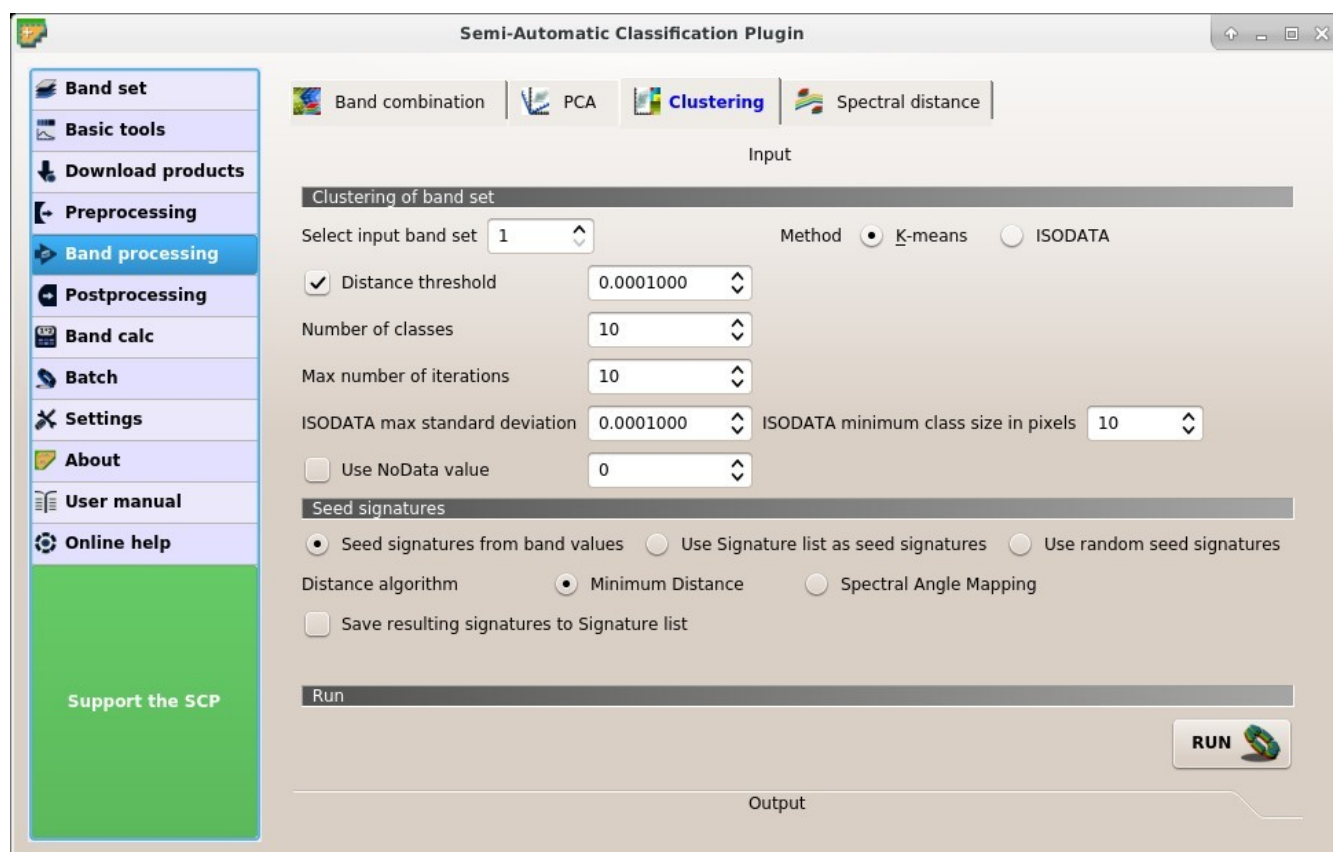
















Figura 34:  Agrupamiento

Esta pestaña permite *Agrupamiento* (página 132) de un *Conjunto de bandas* (página 38). En particular, *K-medias* (página 132) y *ISODATA* (página 132) los métodos están disponibles.


Agrupación de conjunto de bandas

- *Seleccionar el conjunto de banda de entrada* : seleccione la entrada: `ref:band_set_tab`;
- *Method*  *K-means*  *ISODATA*: seleccione el método de agrupamiento *K-medias* (página 132) o *ISO-DATA* (página 132);
- ☒ *Umbral de distancia* : si está marcada, para K-means: la iteración termina si la distancia es inferior al umbral; para ISODATA: las firmas se fusionan si la distancia es mayor que el umbral;
- *Numero de clases* : numero de clases de salida deseadas;
- *Número máximo de iteraciones.* : número máximo de iteraciones si *Umbral de distancia* no se alcanza;
- *Desviación estándar máxima de ISODATA* : desviación estándar máxima considerada para dividir una clase, para ISODATA un solo algoritmo;
- *Tamaño mínimo de clase ISODATA en píxeles* : tamaño de clase mínimo deseado en píxeles, para ISODATA un solo algoritmo;
- ☒ *Usar valores SinDatos* : si está seleccionado, establece el valor `SinDatos` de los píxeles, que serán ignorados durante el cálculo;

Firmas de semillas

-  *Firmas de semillas de valores de banda*  *Utilice la lista de firmas como firmas semilla*  *Use firmas de semillas aleatorias*: seleccione una opción para las firmas semilla que inician la iteración; la opción *Firmas de semillas de valores de banda* divide el espacio espectral de la: `ref:band_set_tab` para obtener firmas espectrales; la opción *Utilice la lista de firmas como firmas semilla* utiliza las firmas espectrales registradas *ROI Signature list* (página 27); la opción: `guilabel:Use firmas de semillas aleatorias` selecciona aleatoriamente las firmas espectrales de píxeles en el *Conjunto de bandas* (página 38);
- *Algoritmo de distancia*  *Distancia minima*  *Mapeo de Ángulo Espectral*: seleccione *Distancia mínima* (página 122) o * *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124) para cálculo de distancia espectral;
- ☒ *Guardar firmas resultantes en la lista de firmas*: si está marcado, guarde las firmas espectrales resultantes en el *ROI Signature list* (página 27);

Ejecutar

- *RUN* : elija el destino de salida y comience el cálculo;

Distancia espectral

Esta pestaña permite calcular la distancia espectral entre cada píxel correspondiente de dos: `guilabel: conjuntos de bandas`. La salida es un ráster que contiene la distancia espectral de cada píxel. Opcionalmente, se puede definir un umbral para crear un ráster binario de valores por debajo y por encima del umbral.

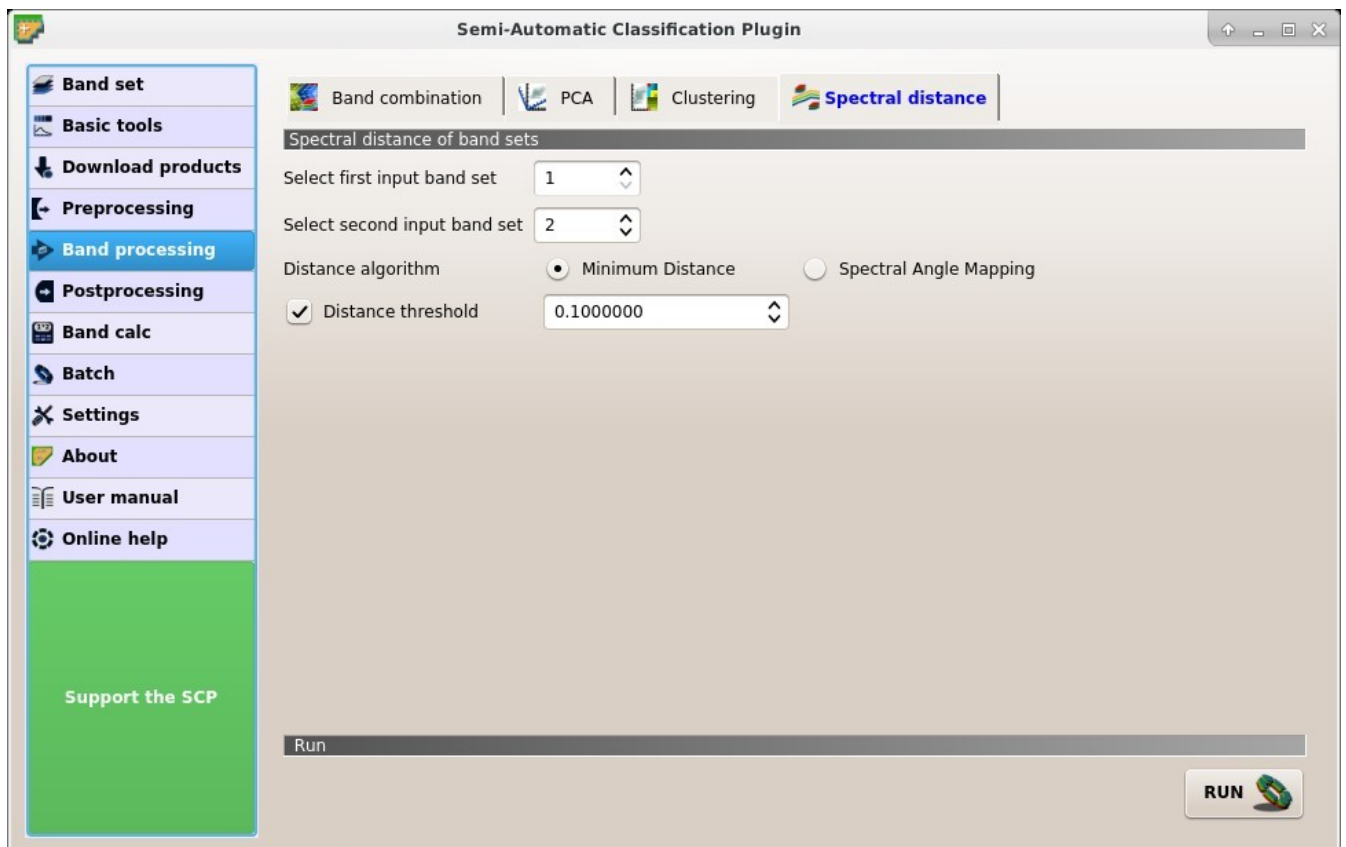










Figura 35:  Distancia espectral


Distancia espectral de conjuntos de bandas

- : :guilabel: Seleccione el primer conjunto de bandas de entrada : seleccione la primera entrada *Conjunto de bandas* (página 38);
- *Seleccione el segundo conjunto de bandas de entrada* : seleccione la segunda entrada:ref:band_set_tab;
- *Algoritmo de distancia*  *Distancia mínima*  *Mapeo de Ángulo Espectral*: seleccione *Distancia mínima* (página 122) o * *Mapeo del Ángulo Espectral* (página 124) para cálculo de distancia espectral;
-  :guilabel: *Umbral de distancia* : si está marcado, se crea un ráster binario de valores por debajo y por encima del umbral;

Ejecutar

-  : elija el destino de salida y comience el cálculo;

3.4.6 Postprocesamiento

La pestaña  *Postprocesamiento* proporciona varias funciones que pueden ser aplicadas a la Salida de la clasificación.






Exactitud

Esta pestaña permite la validación de una clasificación (leer *Evaluación De la Exactitud* (página 129)). La clasificación se compara con un ráster de referencia o un vector de referencia (que se convierte automáticamente en ráster). Si se selecciona un vector como referencia, es posible elegir un campo que describa los valores de clase.

Several statistics are calculated such as overall accuracy, user's accuracy, producer's accuracy, and Kappa hat. In particular, these statistics are calculated according to the area based error matrix where each element represents the estimated area proportion of each class. This allows for estimating the unbiased user's accuracy and producer's accuracy, the unbiased area of classes according to reference data, and the standard error of area estimates.

The output is an `error_raster` that is a `.tif` file showing the errors in the map, where pixel values represent the categories of comparison (i.e. combinations identified by the `ErrorMatrixCode` in the error matrix) between the classification and reference. Also, a text file containing the error matrix (i.e. a `.csv` file separated by tab) is created with the same name defined for the `.tif` file.

Entrada

- *Selecciona la clasificación a evaluar* : selecciona el ráster con la clasificación (ya cargado en QGIS);
-  : recargar la lista de capas;
- *Seleccione el vector de referencia o ráster* : seleccione un ráster o un vector (ya cargado en QGIS), utilizado como capa de referencia (terreno verdadero) para la evaluación de precisión;
-  : recargar la lista de capas;
- *Campo vectorial* : si se selecciona un vector como referencia, seleccione un campo vectorial que contenga valores de clase numéricos;

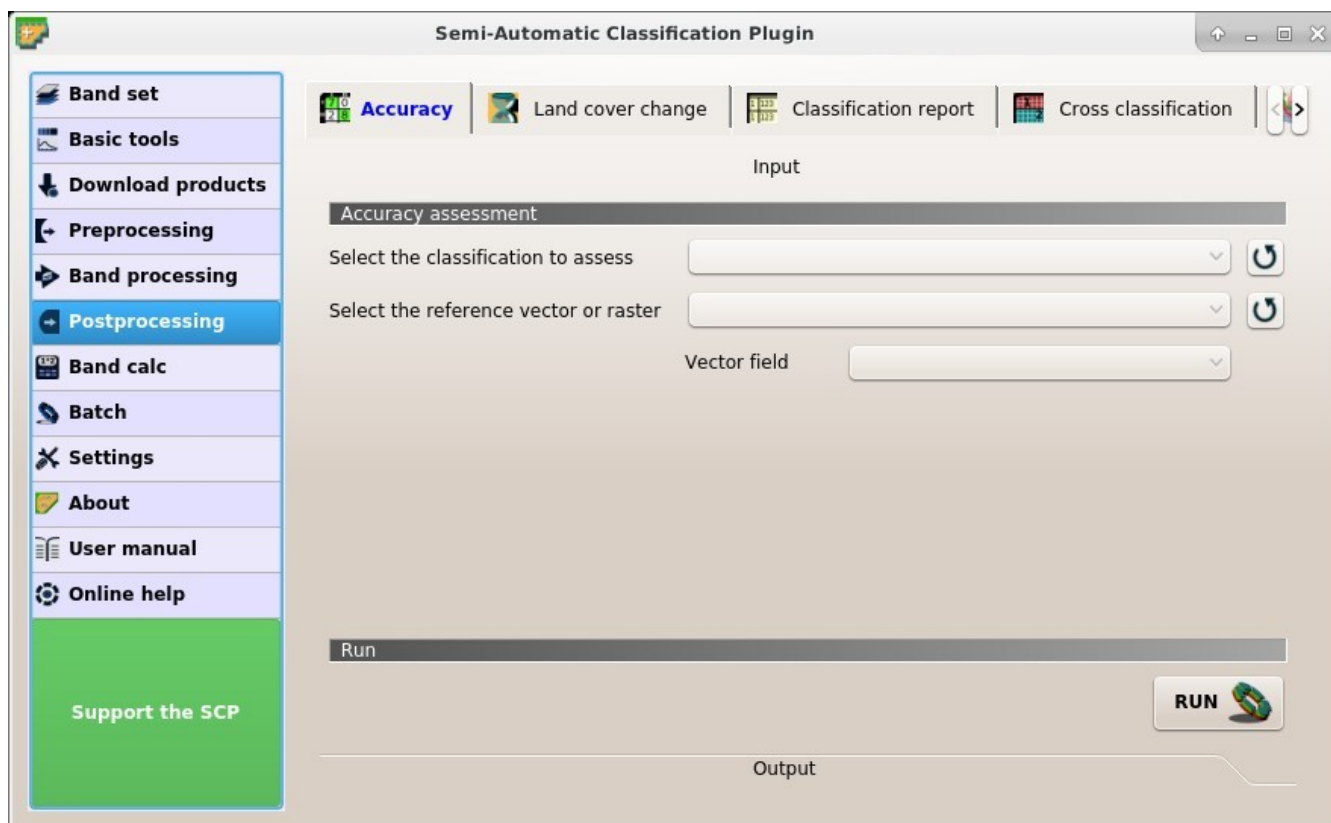



Figura 36:  Exactitud




Ejecutar

-  **RUN**: elija el destino de salida y comience el cálculo; la matriz de error se muestra en la pestaña: guilabel:Salida y el error del raster es cargado en QGIS;

Cambio de cobertura del suelo

La pestaña Cambio de cobertura del suelo permite la comparación entre dos clasificaciones para determinar cambios en la cobertura del suelo. La salida es un ráster de cambios en la cobertura del suelo (i.e. un archivo .tif mostrando los cambios en el mapa, donde cada pixel representa una categoría de comparación (i.e. combinaciones) entre dos clasificaciones, que es el ChangeCode en las estadísticas del cambio en la cobertura del suelo) y un archivo de texto conteniendo las estadísticas del cambio en la cobertura del suelo (i.e. un archivo .csv separado por etiquetas, con el mismo nombre definido para el archivo .tif).

Entrada

- *Selecciona la clasificación de referencia* : selecciona una clasificación ráster de referencia (ya cargado en QGIS);
- : recargar la lista de capas;
- *Selecciona la nueva clasificación* : selecciona una nueva clasificación ráster (ya cargada en QGIS), para ser comparada con la clasificación de referencia;

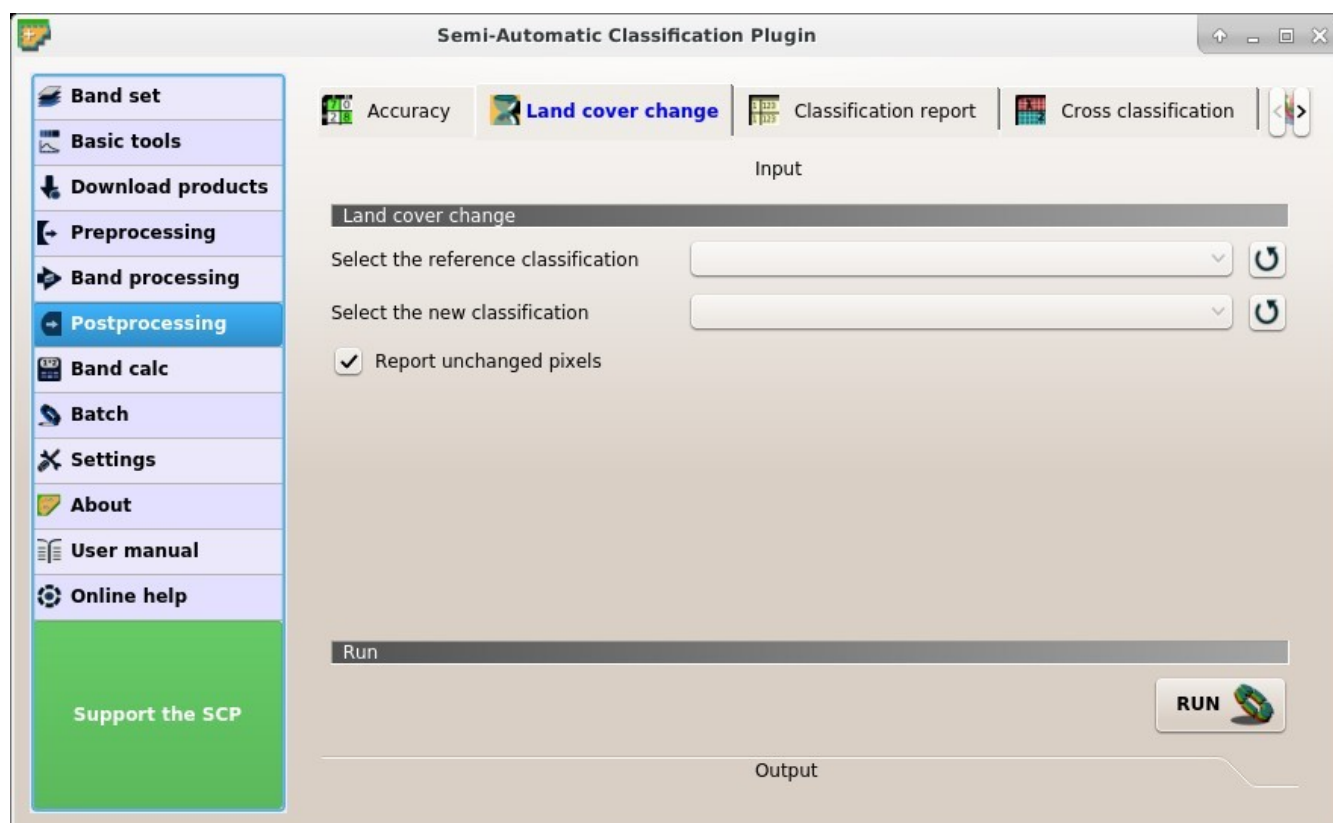





Figura 37:  Cambio de cobertura del suelo

-  : recargar la lista de capas;
- ☒ *Reportar pixeles sin cambios*: si está seleccionada, reporta también los pixeles sin cambios (que tienen el mismo valor en ambas clasificaciones);



Ejecutar

-  *RUN* : elija el destino de salida y comience el cálculo; las estadísticas de cambio de la cobertura del suelo se muestran en la pestaña: guilabel:Salida (y guardado en un archivo de texto) y el raster de cambio de Cobertura del suelo es cargado en QGIS;

Reporte de la clasificación

Esta pestaña permite el cálculo de estadísticas de las Clases como el número de pixeles, porcentaje y área (las unidades de área son definidas por la misma imagen).

Entrada

- *Selecciona la clasificación*  : selecciona un ráster de clasificación (ya cargado en QGIS);
-  : recargar la lista de capas;

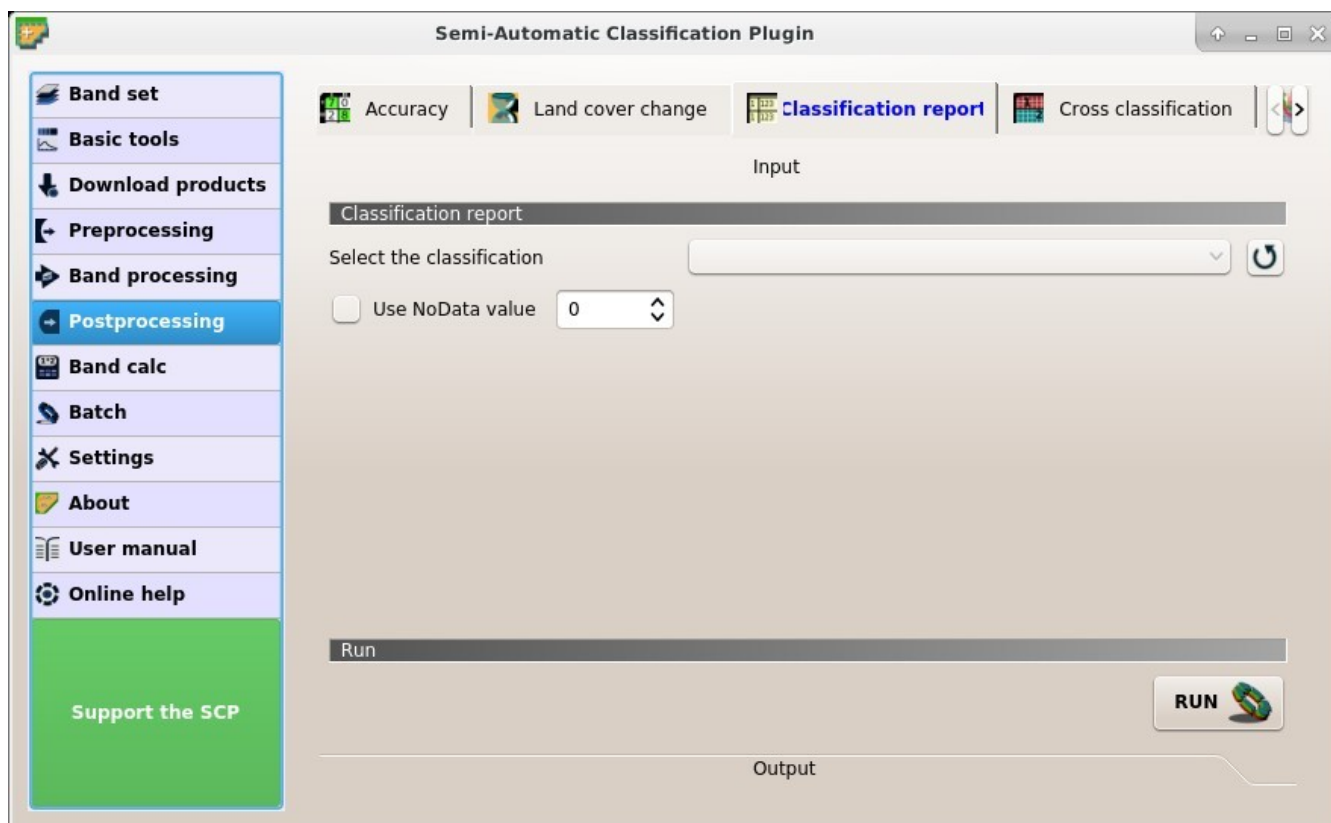



Figura 38:  *Reporte de la clasificación*

- ☒ Usar valor SinDatos '`\input_number`': si está seleccionado los valores "SinDatos" serán excluidos del reporte

Ejecutar


-  **RUN**: elija el destino de salida y comience el cálculo; el informe se guarda en un archivo de texto y se muestra en la pestaña *Salida*;

Clasificación cruzada

Esta pestaña permite el cálculo de un ráster de clasificación cruzada y una matriz. La clasificación se compara con un ráster de referencia o un vector de referencia (que se convierte automáticamente en ráster). Esto es útil para calcular el área para cada combinación entre clases de referencia y valores de clasificación. Si se selecciona un vector como referencia, es posible elegir un campo que describa los valores de clase.

El resultado es un `raster cruzado`, el cual es un archivo `.tif` donde los valores de los píxeles representan categorías de comparación (i.e. combinaciones identificadas por el "CrossMatrixCode") entre la clasificación y la referencia. Además, se crea un archivo de texto conteniendo la matriz cruzada (i.e. un archivo `.csv` separado por tabulaciones) con el mismo nombre que el archivo `.tif`.

Entrada

- Selecciona la clasificación** : selecciona un ráster de clasificación (ya cargado en QGIS);

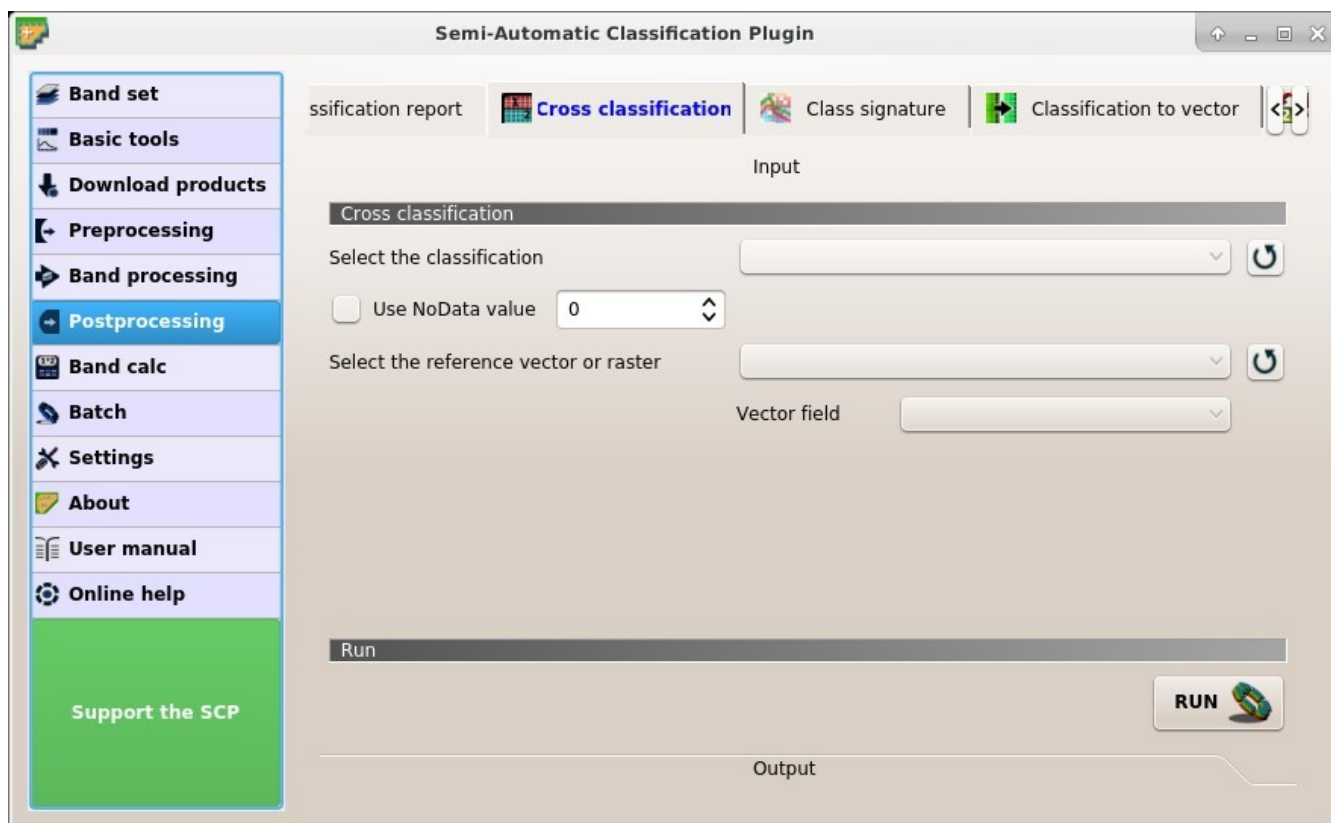








Figura 39:  Clasificación cruzada


-  : recargar la lista de capas;
- ☒ Usar valor SinDatos  1: si está marcado, los valores “SinDatos” serán excluidos del cálculo;
- Seleccione el vector de referencia o ráster : seleccione un ráster o un vector (ya cargado en QGIS), utilizado como capa de referencia;
-  : recargar la lista de capas;
- Campo vectorial : si se selecciona un vector como referencia, seleccione un campo vectorial que contenga valores de clase numéricos;

Ejecutar

- **RUN**  : elija el destino de salida y comience el cálculo; la matriz de error se muestra en la pestaña: *guilabel:Salida* y el “raster cruzado” es cargado en QGIS;

Clase de firma

Esta pestaña permite el cálculo de la firma espectral media de cada clase en una clasificación usando un *Conjunto de bandas* (página 38).

- *Selecciona la clasificación* : selecciona un ráster de clasificación (ya cargado en QGIS);

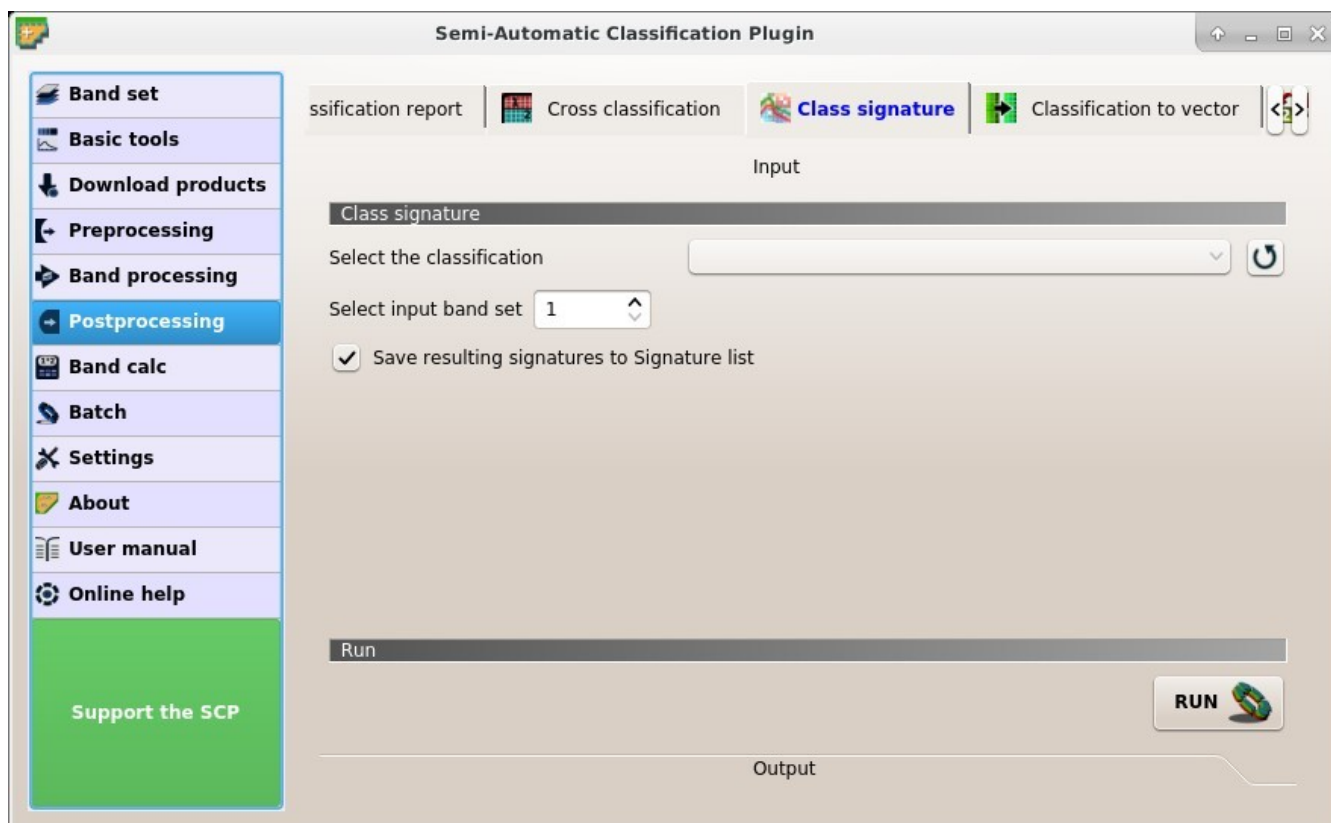






Figura 40:  Clase de firma



-  : recargar la lista de capas;
- *Seleccionar conjunto de banda de entrada*  : seleccione la entrada:ref:band_set_tab para el cálculo de la firma espectral;
-  *Guardar firmas resultantes en la lista de firmas*: si está marcado, guarde las firmas espectrales resultantes en:ref:ROI_list;

Ejecutar

- *RUN*  : elige el destino de salida y comienza la conversión;

Clasificación a vectorial

Esta pestaña permite la conversión de un ráster de clasificación en un archivo vectorial shape.

- *Selecciona la clasificación*  : selecciona un ráster de clasificación (ya cargado en QGIS);
-  : recargar la lista de capas;

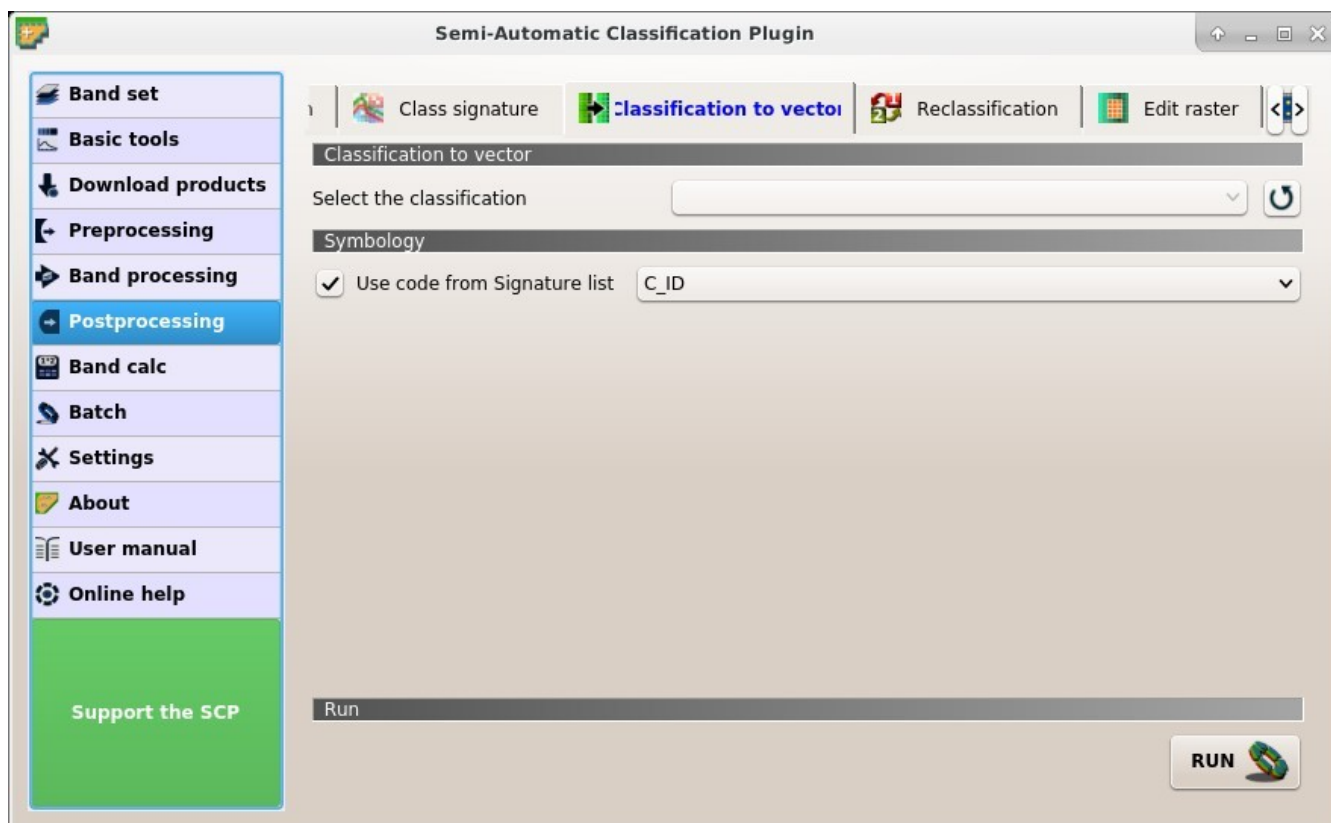





Figura 41:  Clasificación a vectorial

Simbología



-  **Usar código del listado de Firmas** : si está seleccionado, el color y la información de Clase son definidos desde
 - MC ID: usar el ID de las Macroclases;
 - C ID: usar el ID de las Clases;

Ejecutar

-  **RUN**: elige el destino de salida y comienza la conversión;

Reclasificación

Esta pestaña permite la reclasificación (i.e. asignando un código de Clase nuevo a los píxeles ráster). En particular, facilita la conversión desde los valores C ID a MC ID.

- **Selecciona la clasificación** : selecciona un ráster de clasificación (ya cargado en QGIS);
- : recargar la lista de capas;

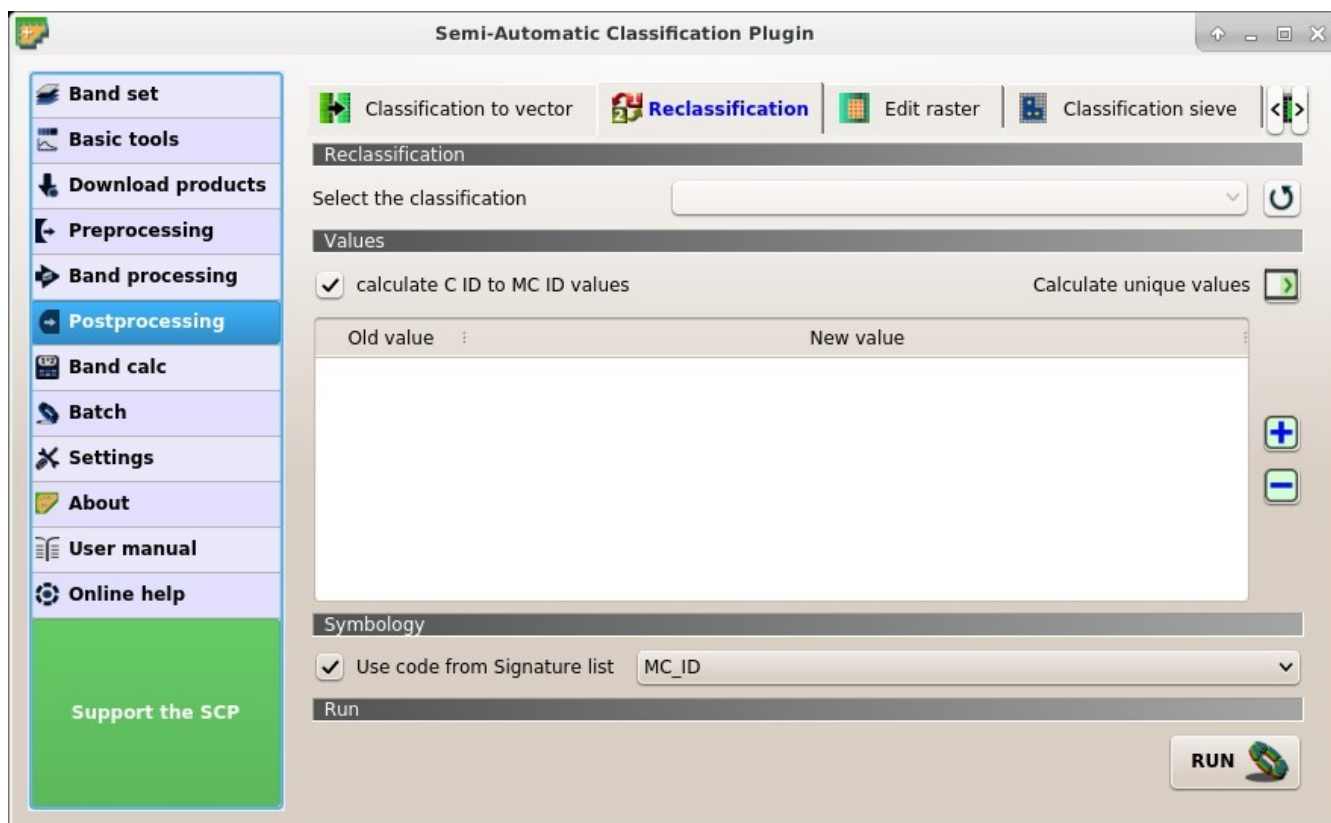










Figura 42:  Reclasificación


Valores

-  *calcular valores de C ID a MC ID*: si está seleccionado, la tabla de reclasificación table es completada de acuerdo con la *ROI Signature list* (página 27) cuando *Calcular valores únicos*  es presionado;
- Calcular valores únicos* : calcula valores únicos en la clasificación y completa la tabla de reclasificación;
-  **Valores: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - *Valor antiguo*: establece la expresión para definir los valores antiguos que serán reclasificados; Valor antiguo puede ser un valor o una expresión definida usando la variable name raster (nombres personalizados pueden ser definidos en *Nombre de variable para expresiones* (página 99)), utilizando operadores Python (Ej. `raster > 3` selecciona todos los pixeles que tienen valor >3; `raster > 5 | raster < 2` selecciona todos los pixels que tienen valores > 5 o <2; `raster >= 2 & raster <= 5` selecciona todos los pixeles que tienen valores entre 2 y 5);
 - *Valor Nuevo*: establece el nuevo valor para los valores antiguos definidos en Valor antiguo;
- : agrega una fila a la tabla;
- : elimina las filas resaltadas de la tabla;

Simbología

-  *Usar código del listado de Firmas* : si está seleccionado, el color y la información de Clase son definidos desde
 - MC ID: usar el ID de las Macroclases;
 - C ID: usar el ID de las Clases;

Ejecutar

- *RUN* : elija el destino de salida y comience el cálculo; el ráster reclasificado se carga en QGIS;

Editar ráster

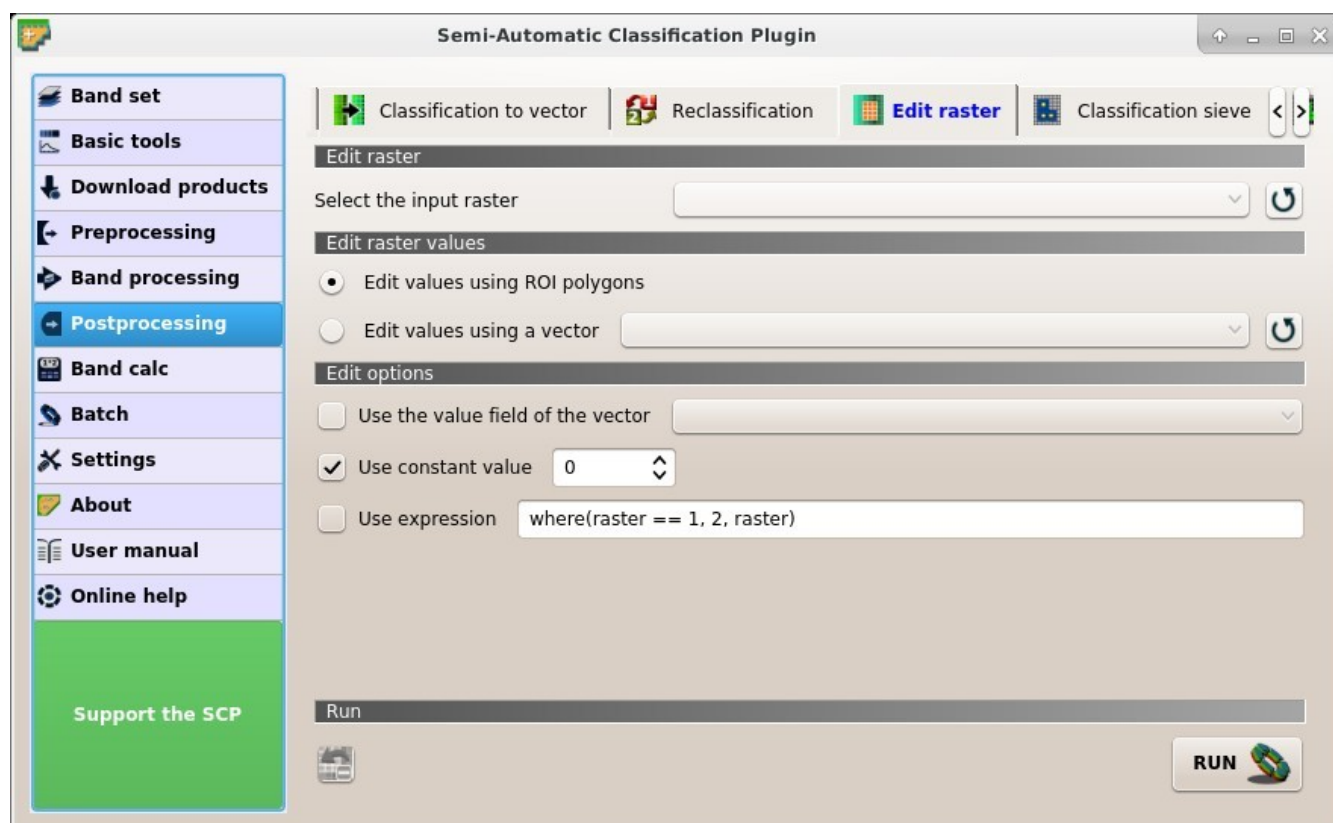




Figura 43:  *Editar ráster*

Esta pestaña permite la edición directa de los valores de los píxeles en un ráster. Solo los píxeles que están debajo de polígonos ROI o polígonos vectoriales son editados.





Atención: El ráster de entrada es editado directamente; es recomendable crear una **copia de seguridad** del ráster antes de usar esta herramienta para evitar pérdida de datos.

Esta herramienta permite editar rápidamente rásters grandes, especialmente cuando los polígonos de edición son pequeños, debido a que los valores de píxel son editados directamente. Adicionalmente, la [SCP Barra de Herramientas de edición](#) (página 109) está disponible para facilitar la edición de ráster usando múltiples valores.







- *Selecciona el ráster de entrada* : selecciona un ráster (ya cargado en QGIS);

-  : recargar la lista de capas;



Editar valores de un ráster

-  *Editar valores usando polígonos ROI*: si está seleccionado, el ráster es editado usando polígonos de ROI temporales existentes en el mapa;
-  *Editar valores usando vectorial* : si está seleccionado, el ráster es editado usando todos los polígonos del archivo vectorial seleccionado;
-  : recargar la lista de capas;

Opciones de Edición





-  *Usar el valor del campo del vector* : si está seleccionado, el ráster es editado usando el vectorial seleccionado (en *Editar valores usando vectorial*) y los valores de los campos de los polígonos del vectorial seleccionado;
-  *Usar un valor constante* : si está seleccionado, el ráster es editado utilizando el valor constante elegido;
-  *Usar expresión* : si está marcado, el ráster se edita de acuerdo con la expresión ingresada; la expresión debe contener uno o más “ where“; las variables aceptadas son “ ráster “” que representa el valor ráster de entrada y “ vector “” que representa el valor del vector si se selecciona; el siguiente ejemplo de expresión “ where (raster == 1, 2, raster) “” ya está ingresado, que establece 2 donde “ raster“ es igual a 1, y deja sin cambios los valores donde “ raster“ no es igual a 1;

Ejecutar

- : deshace la última edición ráster (disponible solamente cuando se utiliza polígonos ROI);
- *RUN* : editar el ráster;

Filtrado de la Clasificación

Esta pestaña permite reemplazar valores de pequeños pixeles aislados con los valores con los del polígono vecino más grande (basado en [GDAL Sieve](#)). Es útil para remover manchas de la clasificación.

- *Selecciona la clasificación* : selecciona un ráster (ya cargado en QGIS);
-  : recargar la lista de capas;
- *Tamaño de umbral* : tamaño de la mancha que será reemplazada (en unidades de pixel); todas las manchas más pequeñas que el número fijado serán reemplazadas por el valor del vecino cercano más grande;
- *Conexión de pixeles* : selecciona el tipo de conexión de pixeles:
 - 4: en una ventana 3x3, los pixeles diagonales no son considerados conectados;
 - 8: en una ventana 3x3, los pixeles diagonales son considerados conectados;

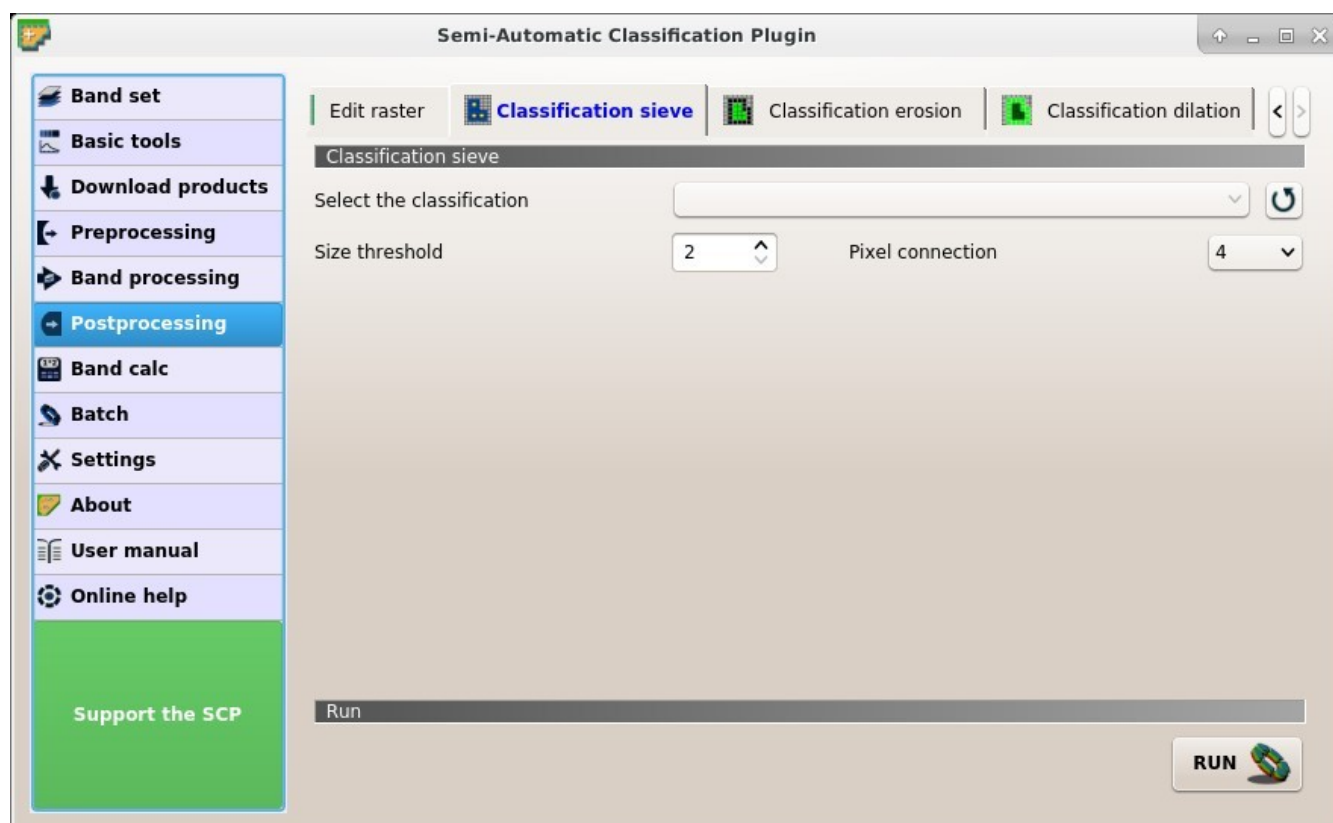








Figura 44:  Filtrado de la clasificación

Ejecutar

-  **RUN**: elija el destino de salida y comience el cálculo;

Erosión de la clasificación

Esta pestaña permite remover el borde de una mancha de Clase (erosión), definiendo los valores de la Clase que serán erosionados y el número de píxeles desde el borde. Es útil para el refinamiento de la clasificación.

- **Selecciona la clasificación** : selecciona un ráster (ya cargado en QGIS);
- : recargar la lista de capas;
- **Valores de Clase**  **T**: establece los valores de Clase que serán erosionados; los valores de Clase pueden estar separados por , y – pueden ser usados para definir un rango de valores (Ej. 1, 3–5, 8 seleccionará las Clases 1, 3, 4, 5, 8); si el texto está rojo es porque la expresión contiene errores;
- **Tamaño en píxeles**  **1**: número de píxeles que serán erosionados desde el borde;
- **Conexión de píxeles** : selecciona el tipo de conexión de píxeles:
 - 4: en una ventana 3x3, los píxeles diagonales no son considerados conectados;
 - 8: en una ventana 3x3, los píxeles diagonales son considerados conectados;

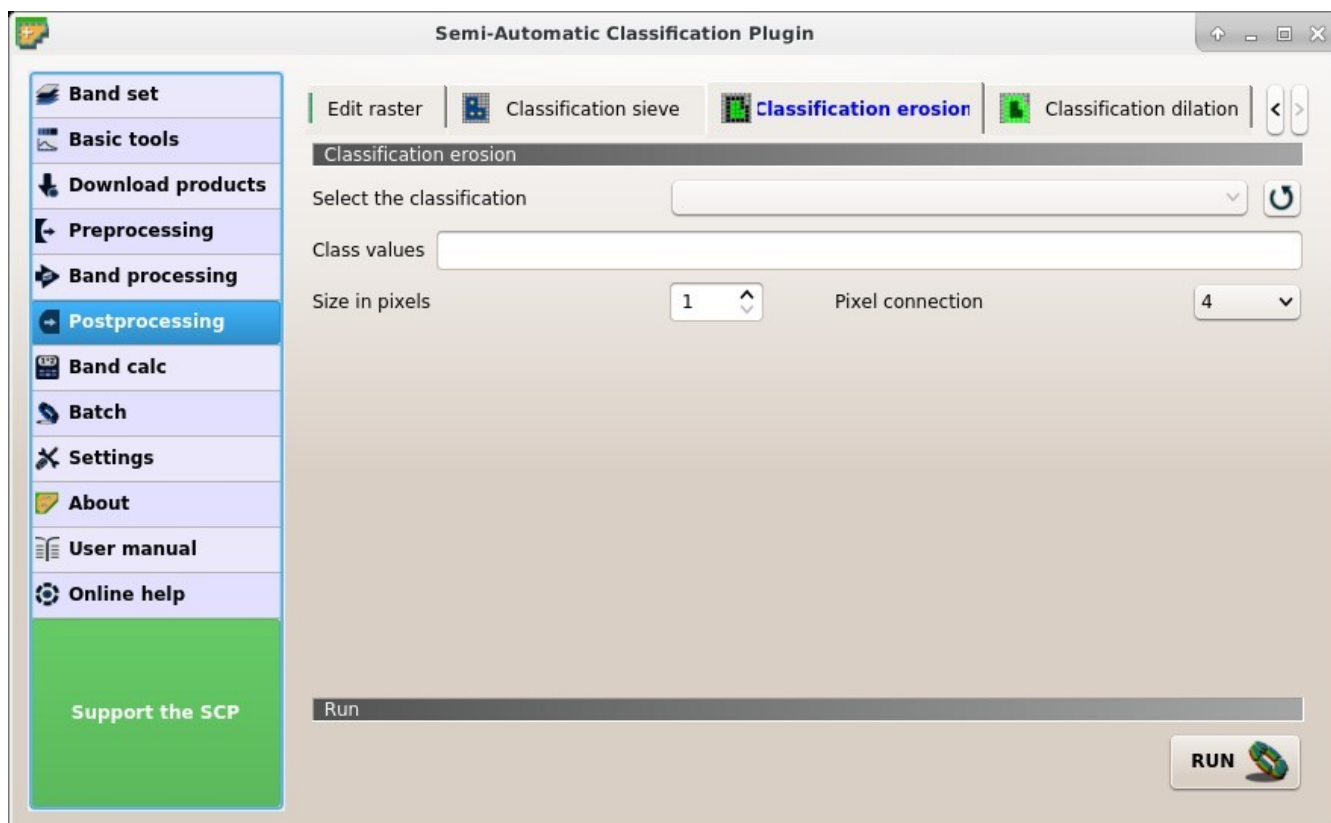








Figura 45:  Erosión de la clasificación

Ejecutar

-  **RUN**: elija el destino de salida y comience el cálculo;

Dilatación de la Clasificación

Esta pestaña permite la dilatación del borde de una mancha de Clase, definiendo los valores de la Clase a ser dilatada y el número de píxeles desde el borde. Es útil para el refinamiento de la clasificación.

- **Selecciona la clasificación** : selecciona un ráster (ya cargado en QGIS);
- : recargar la lista de capas;
- **Valores de Clase**  **T**: establece los valores de Clase que serán dilatados; los valores de Clase pueden estar separados por , y – pueden ser usados para definir rangos de valores (Ej. 1, 3–5, 8 seleccionará las Clases 1, 3, 4, 5, 8); si el texto está rojo es porque la expresión contiene errores;
- **Tamaño en píxeles** : número de píxeles que serán dilatados desde el borde;
- **Conexión de píxeles** : selecciona el tipo de conexión de píxeles:
 - 4: en una ventana 3x3, los píxeles diagonales no son considerados conectados;
 - 8: en una ventana 3x3, los píxeles diagonales son considerados conectados;

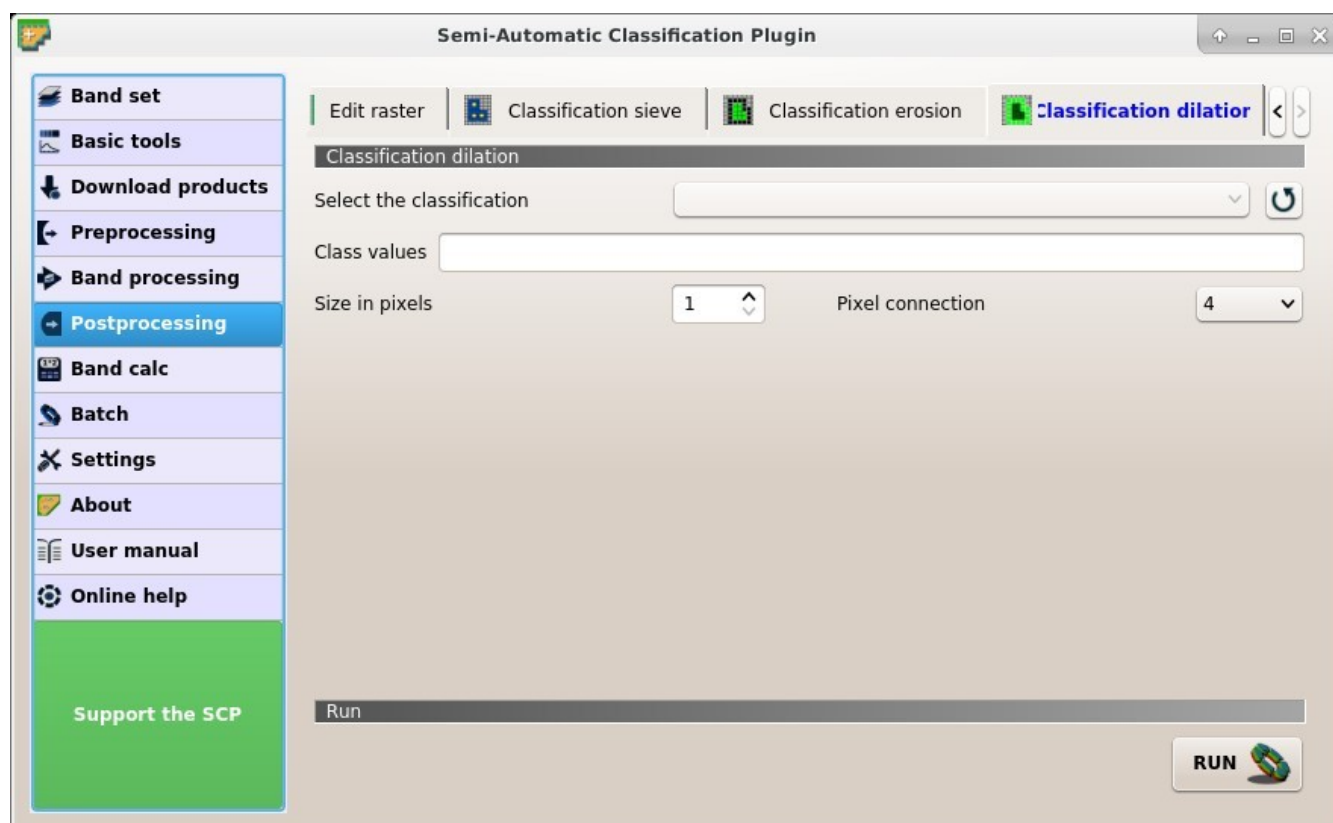



Figura 46:  Dilatación de la Clasificación

Ejecutar



-  **RUN**: elija el destino de salida y comience el cálculo;

3.4.7 Calculadora de Bandas

La Calculadora de Bandas permite el **cálculo para bandas ráster** (i.e. calculo de valores de los pixeles) usando **funciones NumPy**. Las bandas ráster deben estar ya cargadas en QGIS. Los rásters deben estar en la misma proyección.

Adicionalmente, es posible calcular un ráster usando **Reglas de decisión**.

Lista de Bandas

-  **Lista de Bandas**: es una tabla conteniendo la lista de bandas rásters de bandas simples (ya cargadas en QGIS);
 - *Variable*: nombre variable definido automáticamente para cada banda (Ej. raster1, raster2);
 - *Nombre de banda*: nombre de la banda (i.e. el nombre de la capa en QGIS);
-  : vuelve a cargar la lista de imágenes;

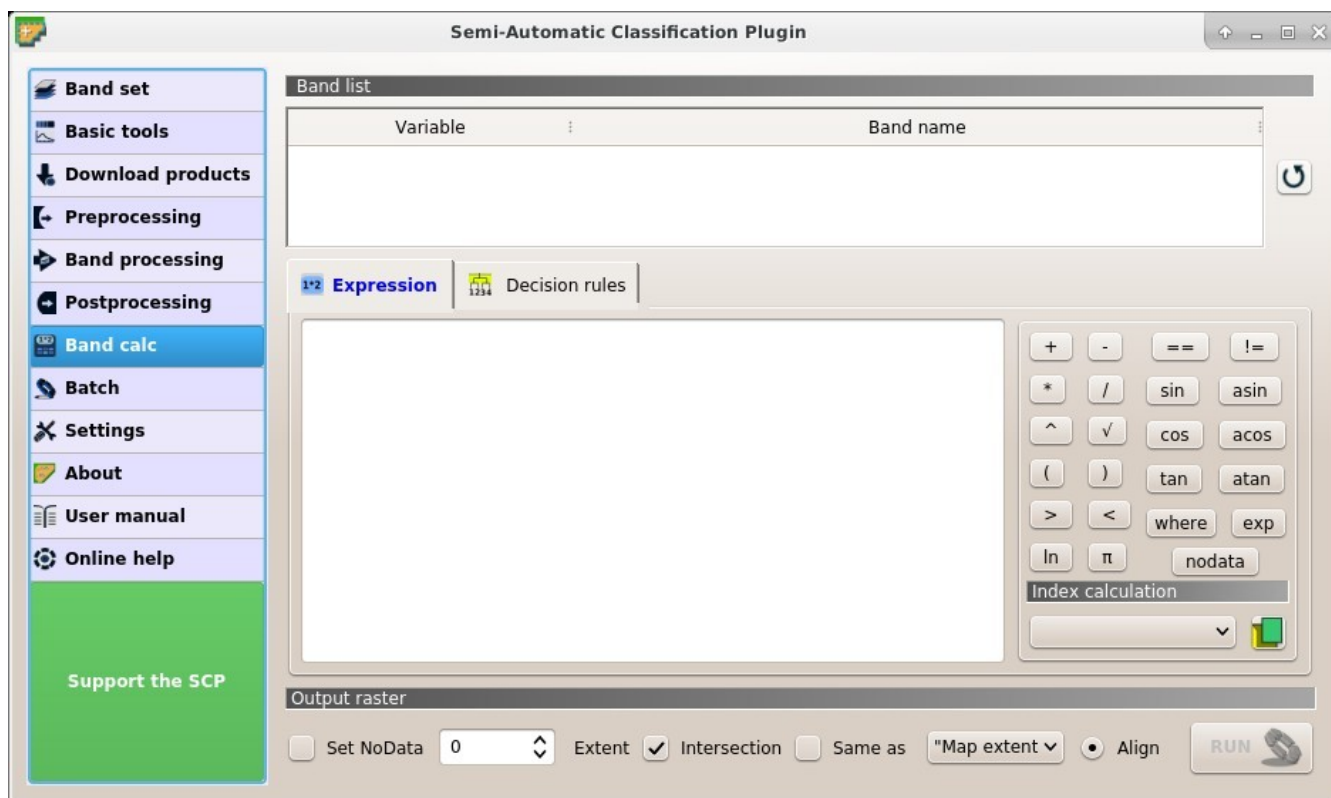


Figura 47:  *Calculadora de Bandas*

Expresión

Ingresa una expresión matemática para las bandas ráster. En particular, funciones NumPy pueden ser usadas con el prefijo *np.* (Ej. `np.log10(raster1)`). Para una lista de funciones NumPy mira [la página de NumPy](#).

La expresión puede funcionar con ambos campos *Variable* y *Nombre de banda* (entre comillas dobles). Además, las bandas en el [Conjunto de bandas](#) (página 38) pueden ser referenciadas directamente; por ejemplo `bandset#b1` se refiere a la banda 1 del *Conjunto de Bandas*. Doble clic en cualquier elemento en la *Lista de Bandas* (página 88) agrega su nombre a la expresión. Adicionalmente, las siguientes variables relacionadas con *Conjunto de bandas* (página 38) están disponibles:

- `«#BLUE#»`: la banda con el centro de longitud de onda cercano a $0.475 \mu m$;
- `«#GREEN#»`: the band with the center wavelength closest to $0.56 \mu m$;
- `«#RED#»`: la banda con el centro de longitud de onda cercano a $0.65 \mu m$;
- `«#NIR#»`: la banda con el centro de longitud de onda cercano a $0.85 \mu m$;

Las variables para el nombre de salida están disponibles:

- `#BANDSET#`: el nombre de la primera banda en el:ref:band_set_tab;
- `#DATE#`: la fecha y hora actuales(e.g. 20161110_113846527764);

Si el texto en la *Expresión* está verde, la sintaxis es correcta; si el texto está rojo, la sintaxis es incorrecta y no es posible realizar los cálculos.

Es posible ingresar múltiples expresiones separadas por líneas nuevas como en el siguiente ejemplo:

```
"raster1" + "raster2"
"raster3" - "raster4"
```

Los ejemplos de arriba calculan dos rásters nuevas en el directorio de salida con el sufijo `_1` (Ej. `calc_raster_1`) para la primer expresión y `_2` (Ej. `calc_raster_2`) para la segunda expresión. Además, es posible definir el nombre de salida usando el símbolo `@` seguido por el nombre, como en el siguiente ejemplo:


```
"raster1" + "raster2" @ calc_1
"raster3" - "raster4" @ calc_2
```


Los siguientes botones están disponibles:

- `+`: más;
- `-`: menos;
- `*`: producto;
- `/`: división;
- `^`: potencia;
- `V`: raíz cuadrada;
- `(`: abrir paréntesis;
- `)`: cerrar paréntesis;
- `>`: mayor que;
- `<`: menor que;
- `ln`: logaritmo natural;
- π : pi;
- `==`: igual;
- `!=`: no igual;
- `sin`: seno;
- `asin`: seno inverso;
- `cos`: coseno;
- `acos`: coseno inverso;
- `tan`: tangente;
- `atan`: tangente inversa;
- `donde`: expresión condicional de acuerdo a la sintaxis `where(condition , value if true, value if false)` (Ej. `where("raster1" == 1, 2, "raster1")`);
- `exp`: exponencial natural;
- `SinDatos`: valor SinDatos del ráster (Ej. `nodata("raster1")`); puede ser usado como valor de una expresión (Ej. `where("raster1" == nodata("raster1"), 0, "raster1")`);

Cálculo de índice

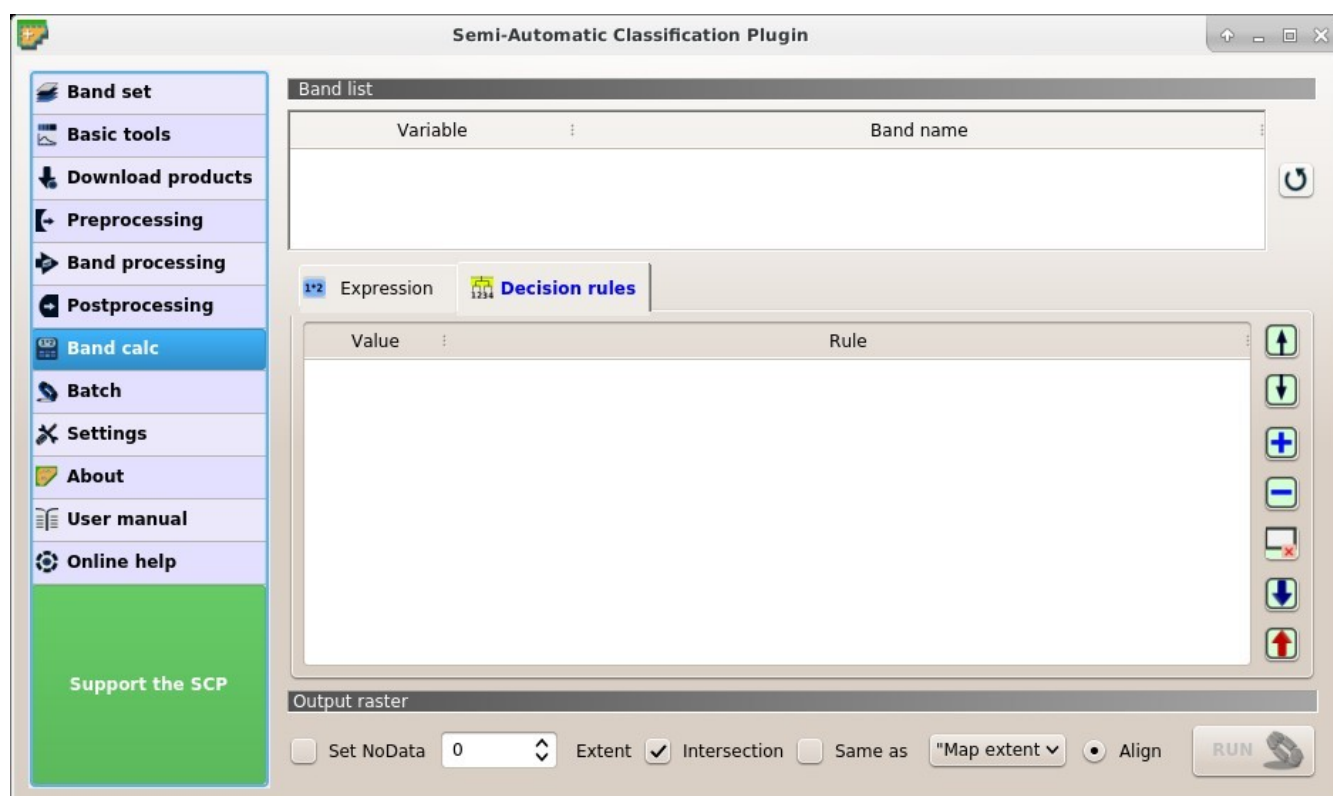
Index calculation allows for entering a spectral index expression (see [Índices espectrales](#) (página 131)).

- **Cálculo de índice** : lista de índices espectrales:
 - **NDVI**: si está seleccionado, el cálculo de NDVI es ingresado en la *Expresión* `(("#NIR#" - "#RED#") / ("#NIR#" + "#RED#") @ NDVI)`;
 - **EVI**: si está seleccionado, el cálculo de EVI es ingresado en la *Expresión* `(2.5 * ("#NIR#" - "#RED#") / ("#NIR#" + 6 * "#RED#" - 7.5 * "#BLUE#" + 1) @ EVI)`;

- : abre un archivo de texto (.txt) que contiene expresiones personalizadas para ser listadas en *Cálculo de Índice*. El archivo de texto debe contener una expresión en cada línea; cada línea debe estar en la forma `nombre_de_expresión; expresión (separado por ;)` donde el `nombre_de_expresión` es el nombre que se mostrará en *Cálculo de Índice*. Si se abre un archivo vacío, los valores por defecto son restituidos. A continuación, un ejemplo de contenido del texto:


```
NDVI; ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + "#RED#" ) @NDVI
EVI; 2.5 * ( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + 6 * "#RED#" - 7.5 * "#BLUE#" +
→1) @EVI
SR; ( "#NIR#" / "#RED#" ) @SR
```


Reglas de decisión









Reglas de decisión permite el cálculo de un ráster de salida basado en reglas. Las Reglas son declaraciones condicionales basadas en otros rásters; si la *Regla* es verdadera, el correspondiente *Valor* es asignado al pixel de salida.

Las Reglas son verificadas desde la primera a la última fila de la tabla; si la primer *Regla* es falsa, la siguiente *Regla* es verificada para ese pixel, hasta la última regla. Si varias reglas son verdaderas para cierto pixel, el valor de la primer *Regla* es asignado a ese pixel. El valor SinDatos es asignado a aquellos pixeles donde ninguna *Regla* es verdadera.





-  **Reglas de decisión: tabla conteniendo los siguientes campos;**
 - Valor:** el valor asignado a los pixeles si la *Regla* es verdadera;
 - Regla:** la regla que será verificada (Ej. "raster1" > 0); múltiples declaraciones condicionales pueden ser ingresadas separadas por ; (Ej. "raster1" > 0; "raster2" < 1 lo que significa que establecerá el *Valor* donde raster1 > 0 and raster2 < 1);

- : mueve la regla seleccionada hacia arriba;

- : mueve la regla seleccionada hacia abajo;
- : agrega una nueva fila ala tabla;
- : elimina las filas seleccionadas de la tabla;
- : borra la tabla;
- : exporta las reglas a un archivo de texto que podrá ser importado después;
- : importa reglas desde un archivo de texto;

Ráster de salida

El ráster de salida es un archivo .tif, con la misma resolución espacial y proyección que el ráster de entrada; si los ráster de entrada tienen diferente resolución espacial, se usará la mayor resolución (i.e. menor tamaño de pixel) para el ráster de salida.

- ☒ *Establecer valor SinDatos* : si está seleccionado, establece el valor SinDatos a los píxeles del ráster de salida;
- **Extensión:** si las siguientes opciones están desactivadas, la extensión del ráster de salida abarcará la extensión de todo el mapa:
 - ☒ *Intersección:* si está seleccionado, la extensión del ráster de salida será igual a la intersección con el ráster de entrada (i.e. extensión mínima);
 - ☒ *Igual que* : si está seleccionada, la extensión del ráster de salida será igual que «Map extent» (la extensión del mapa actualmente representada) o al de la capa seleccionada;
-  *Alinear:* si está marcado y ☒ *Igual que* está marcado seleccionando un raster, el cálculo se ejecuta utilizando la misma extensión y alineación de píxeles del raster seleccionado.
-  *RUN*: si “ Expresión “” está activa y el texto es verde, elija el destino de salida e inicie el cálculo en función de “ Expresión “”; si las “ Reglas de decisión “” están activas y el texto es verde, elija el destino de salida e inicie el cálculo en función de las “ Reglas de decisión “”;

3.4.8 En Lotes

Esta pestaña permite la ejecución automática (lotes) de varias funciones de SCP usando una interfaz de script.

En Lotes

Entre un lote de expresiones; cada función debe estar en una línea nueva. Las Funciones tienen la siguiente estructura:

```
nombre de la función;opciones de la función
```

Cada función tiene opciones, identificadas por un nombre, con la siguiente estructura.

```
nombre de la opción:argumento de la opción
```

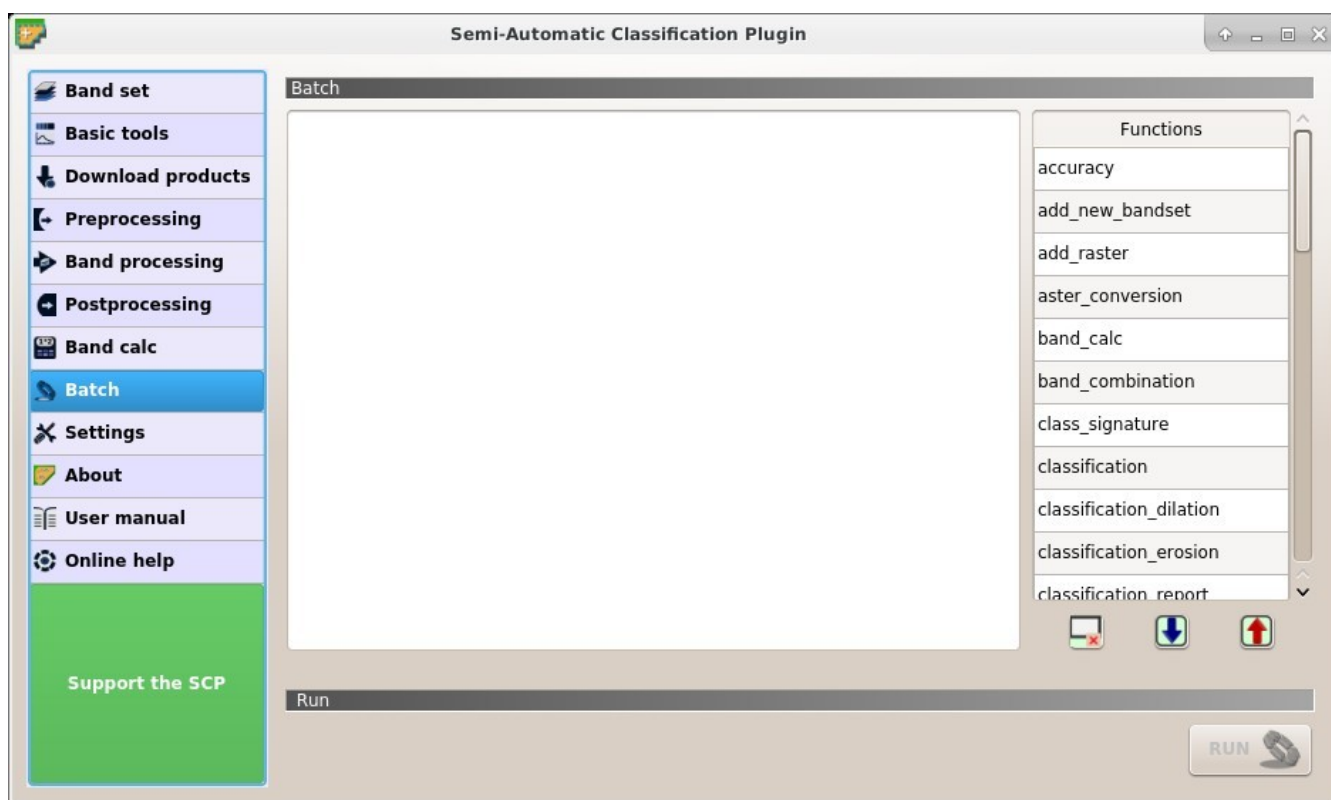





Figura 48:  En Lotes

Las opciones deben estar separadas por el carácter ; . Cada opción de la función representa una opción en la correspondiente interfaz de SCP; los argumentos de tipo texto deben estar entre el carácter ' ; en el caso de casillas de verificación, el valor 1 significa seleccionado, mientras que el valor 0 significa no seleccionado. Una nueva línea que comienza por “#” debe ser utilizada para comentarios.

Según la función, algunas de las opciones son obligatorias, mientras que otras pueden omitirse de la expresión. Los nombres de las opciones que contienen “ruta” requieren la ruta completa a un archivo. Algunas opciones requieren múltiples argumentos, como listas; las listas deben estar separadas por “,”.

Si la expresión contiene errores, el texto es rojo. Se muestra una etiqueta de verificación de expresión con una breve descripción del error.

-  : borra la expresión;
-  : exporta el lote de expresiones a un archivo de texto;
-  : importa un lote de expresiones desde un archivo guardado anteriormente;

Una tabla: guilabel: *Funciones* se muestra en el lado derecho; haga doble clic para insertar una función en la expresión; Las

- *Exactitud* (página 76): calcula la exactitud (accuracy;classification_file_path : '';reference_file_path : '';shapefile_field_name : '';output_raster_path : '');
- *ASTER* (página 62): ASTER conversion (aster_conversion;input_raster_path : '';celsius_temperature : 0;apply_dos1 : 0;use_nodata : 1;nodata_value : 0;create_bandset : 1;output_dir : '');
- *Calculadora de Bandas* (página 88): cálculos de bandas (band_calc;expression

- ```
: '';output_raster_path : '';extent_same_as_raster_name : '';
extent_intersection : 1;set_nodata : 0;nodata_value : 0);
```
- *Combinación de bandas* (página 71): combinación de bandas (band\_combination;band\_set : 1;output\_raster\_path : '');
  - *Clase de firma* (página 80): firma de clase (class\_signature;input\_raster\_path : '';band\_set : 1;save\_signatures : 1;output\_text\_path : '');
  - *Classification output* (página 33): ejecuta la clasificación (classification;use\_macroclass : 0;algorithm\_name : 'Minimum Distance';use\_lcs : 0;use\_lcs\_algorithm : 0;use\_lcs\_only\_overlap : 0;apply\_mask : 0;mask\_file\_path : '';vector\_output : 0;classification\_report : 0;save\_algorithm\_files : 0;output\_classification\_path : '');
  - *Dilatación de la Clasificación* (página 87): dilatación de la clasificación (classification\_dilation;input\_raster\_path : '';class\_values : '';size\_in\_pixels : 1;pixel\_connection : 4;output\_raster\_path : '');
  - *Erosión de la clasificación* (página 86): erosión de la clasificación (classification\_erosion;input\_raster\_path : '';class\_values : '';size\_in\_pixels : 1;pixel\_connection : 4;output\_raster\_path : '');
  - *Reporte de la clasificación* (página 78): reporte de la clasificación (classification\_report;input\_raster\_path : '';use\_nodata : 0;nodata\_value : 0;output\_report\_path : '');
  - *Filtrado de la Clasificación* (página 85): filtrado de la clasificación (classification\_sieve;input\_raster\_path : '';size\_threshold : 2;pixel\_connection : 4;output\_raster\_path : '');
  - *Clasificación a vectorial* (página 81): convertir clasificación a vectorial (classification\_to\_vector;input\_raster\_path : '';use\_signature\_list\_code : 1;code\_field : 'C\_ID';output\_vector\_path : '');
  - *Recortar múltiples rásters* (página 66): recortar múltiples rásters (clip\_multiple\_rasters;input\_raster\_path : '';output\_dir : '';use\_shapefile : 0;shapefile\_path : '';ul\_x : '';ul\_y : '';lr\_x : '';lr\_y : '';nodata\_value : 0;output\_name\_prefix : 'clip');
  - *Enmascaramiento de nubes* (página 70): enmascaramiento de nubes (cloud\_masking;band\_set : 1;input\_raster\_path : '';class\_values : '';use\_buffer : 1;size\_in\_pixels : 1;nodata\_value : 0;output\_name\_prefix : 'mask';output\_dir : '');
  - *Agrupamiento* (página 73): agrupamiento (clustering;band\_set : 1;clustering\_method : 1;use\_distance\_threshold : 1;threshold\_value : 0.0001;number\_of\_classes : 10;max\_iterations : 10;isodata\_max\_std\_dev : 0.0001;isodata\_min\_class\_size : 10;use\_nodata : 0;nodata\_value : 0;seed\_signatures : 1;distance\_algorithm : 1;save\_signatures : 0;output\_raster\_path : '');
  - *Clasificación cruzada* (página 79): Clasificación cruzada (cross\_classification;classification\_file\_path : '';use\_nodata : 0;nodata\_value : 0;reference\_file\_path : '';shapefile\_field\_name : '';output\_raster\_path : '');
  - *Editar ráster* (página 84): editar valores de ráster usando un archivo shape; (edit\_raster\_using\_shapefile;input\_raster\_path : '';input\_vector\_path : '';vector\_field\_name : '';constant\_value : 0;expression : 'where(raster == 1, 2, raster)');
  - *Cambio de cobertura del suelo* (página 77): calcula el cambio en la cobertura del suelo (land\_cover\_change;reference\_raster\_path : '';new\_raster\_path :

```
'';output_raster_path : '');
```

- **Landsat** (página 57): conversión de Landsat (landsat\_conversion;input\_dir : '' ;mtl\_file\_path : '' ;celsius\_temperature : 0 ;apply\_dos1 : 0 ;use\_nodata : 1 ;nodata\_value : 0 ;pansharpening : 0 ;create\_bandset : 1 ;output\_dir : '');
- **MODIS** (página 63): Conversión MODIS (modis\_conversion;input\_raster\_path : '' ;reproject\_wgs84 : 1 ;use\_nodata : 1 ;nodata\_value : -999 ;create\_bandset : 1 ;output\_dir : '');
- **PCA** (página 71): Análisis de Componentes Principales (pca;use\_number\_of\_components : 0 , number\_of\_components : 2 ;use\_nodata : 1 ;nodata\_value : 0 ;output\_dir : '');
- **Reclasificación** (página 82): reclasificación del ráster (reclassification;input\_raster\_path : '' ;value\_list : 'oldVal-newVal;oldVal-newVal' ;use\_signature\_list\_code : 1 ;code\_field : 'MC\_ID' ;output\_raster\_path : '');
- **Sentinel-2** (página 59): Conversión Sentinel-2 (sentinel2\_conversion;input\_dir : '' ;mtd\_safl1c\_file\_path : '' ;apply\_dos1 : 0 ;use\_nodata : 1 ;nodata\_value : 0 ;create\_bandset : 1 ;output\_dir : '');
- **Sentinel-3** (página 60): conversión Sentinel-3 (sentinel3\_conversion;input\_dir : '' ;apply\_dos1 : 0 ;dos1\_only\_blue\_green : 1 ;use\_nodata : 1 ;nodata\_value : 0 ;create\_bandset : 1 ;output\_dir : '' ;band\_set : 1);
- **Distancia espectral** (página 74):distancia espectral de conjuntos de bandas (spectral\_distance;first\_band\_set : 1 ;second\_band\_set : 2 ;distance\_algorithm : 1 ;use\_distance\_threshold : 1 ;threshold\_value : 0.1 ;output\_dir : '');
- **Separar bandas ráster** (página 67): separar el ráster en bandas simples (split\_raster\_bands;input\_raster\_path : '' ;output\_dir : '' ;output\_name\_prefix : 'split');
- **Stack raster bands** (página 69): apilar rásteres en un solo archivo (stack\_raster\_bands;input\_raster\_path : '' ;output\_raster\_path : '');
- **Vectorial a ráster** (página 65): convertir de vector a ráster (vector\_to\_raster;vector\_file\_path : '' ;use\_value\_field : 1 ;vector\_field\_name : '' ;constant\_value : 1 ;reference\_raster\_path : '' ;type\_of\_conversion : 'Center of pixels' ;output\_raster\_path : '');

**Adicionalmente, las siguientes funciones están disponibles:**

- **Agregar un nuevo conjunto de bandas:** agregue un nuevo conjunto de bandas vacío (add\_new\_bandset);
- **Agregar ráster a QGIS:** agrega un ráster a QGIS (add\_raster;input\_raster\_path : '' ;input\_raster\_name : '');
- **Crear un conjunto de bandas:** create a *Band set* assigning bands (create\_bandset; raster\_path\_list : '' ;center\_wavelength : '' ;wavelength\_unit : 1 ;multiplicative\_factor : '' ;additive\_factor : '');
- **Abrir Entrada de Entrenamiento:** abre un archivo de Entrada de Entrenamiento (open\_training\_input;training\_file\_path : '');
- **Eliminar conjunto de bandas:** eliminar un conjunto de bandas por el número(remove\_bandset; band\_set : 1);
- **Seleccionar conjunto de bandas** (:guilabel:'active band set')por su número (select\_bandset; band\_set : 1);




- *Establecer directorio de trabajo*: estable el directorio de trabajo (el argumento es la ruta al directorio) (!working\_dir!; '');


Si el directorio de trabajo está definido, !working\_dir! puede ser ingresado en otras funciones donde la ruta es requerida (e.g. add\_raster;input\_raster\_path : '!working\_dir!/raster1.tif'; input\_raster\_name : 'raster1.tif'); An example of batch expression is:

```
!working_dir!; '/home/user/Desktop/temp/'
add_raster;input_raster_path : '!working_dir!/raster1.tif';input_raster_name :
↪ 'raster1.tif'
band_calc;expression : 'where("raster1.tif" > 1, 1,0)';output_raster_path : '!
↪ working_dir!/calc1.tif';set_nodata : 1;nodata_value : 0
band_calc;expression : '"raster1.tif" * "calc1.tif"';output_raster_path : '!
↪ working_dir!/calc2.tif';extent_intersection : 0
```

## Ejecutar

- **RUN**  : si el texto en la expresión de lote es verde, inicie los procesos por lotes;

## 3.4.9 Configuración

La pestaña  *Configuración* permite la personalización de SCP.

## Procesando

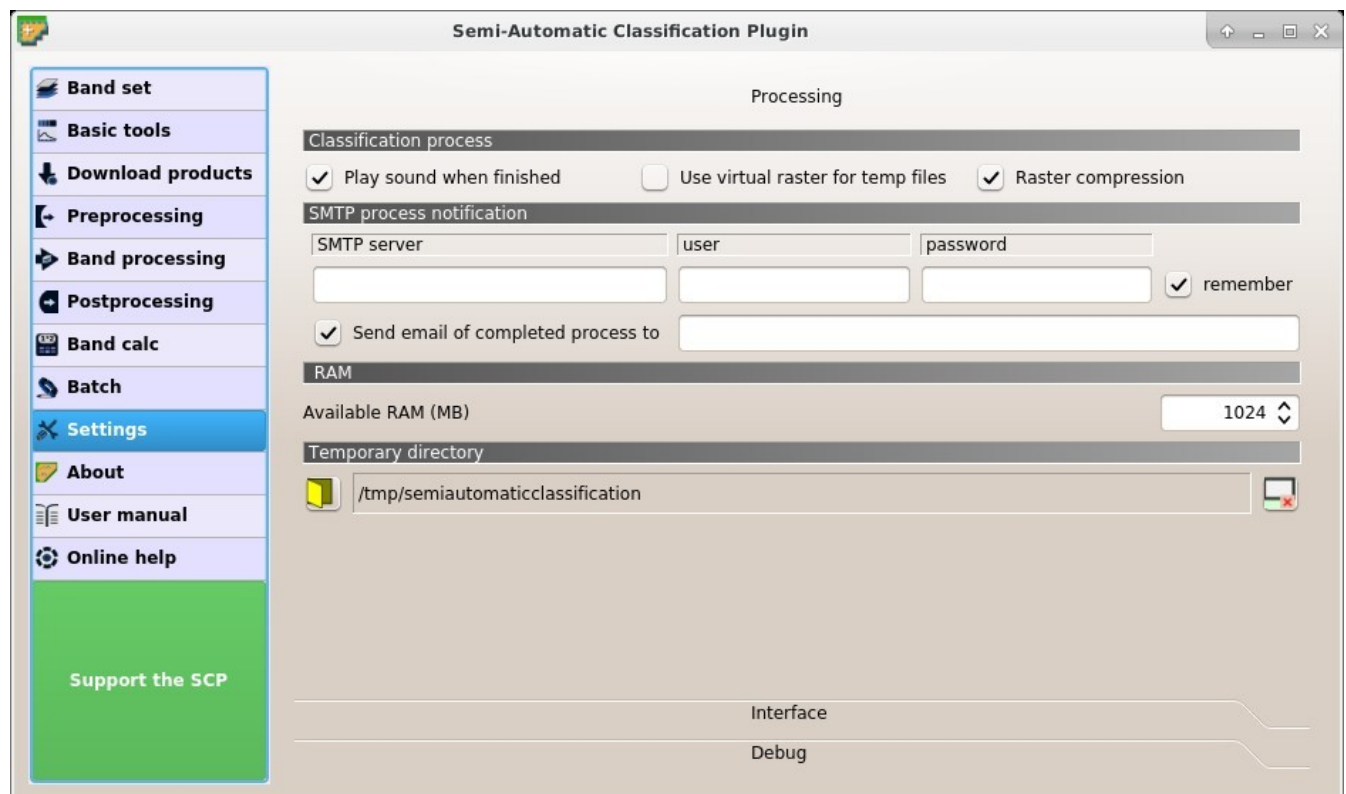















Figura 49: *Procesado*



## Procesos para la Clasificación

-  *Reproducir sonido cuando termina*  : si está seleccionado, reproduce un sonido cuando el proceso de clasificación se completa;
-  *Usar ráster virtual para archivos temporales*  : si está seleccionado, crea rásters virtuales para ciertos archivos temporales, en lugar de crear rásters reales; es útil para reducir el uso del espacio en disco durante los cálculos;
-  *Compresión Ráster*  : si está seleccionado, se aplica la compresión sin pérdidas (DEFLATE or PACKBITS) a los rásters de salida con el fin de ahorrar espacio en disco; es recomendable seleccionar esta opción, sin embargo los archivos comprimidos a veces son más grandes que los archivos sin comprimir;

## Notificación de proceso SMTP





- *SMTP server*   : the SMTP server to login for sending a notification email when all the *SCP* processes are finished (a notification is sent also in case of error, but not in case of crash);
- *user*   : el usuario del servidor SMTP;
- *password*   : la contraseña del servidor SMTP;
- : guilabel: *Enviar correo electrónico del proceso completado a* | input\_text | | Registry\_save  : una lista de direcciones (separadas por comas) para enviar el correo electrónico de notificación;

## RAM

- *RAM disponible (MB)*   : asigna la memoria RAM (en MB) disponible que es usada durante los procesos con el fin de mejorar el desempeño de *SCP* ; este valor debería ser la mitad de la RAM del sistema (Ej. 1024MB si el sistema tiene 2GB de RAM); en caso de errores, establezca a un valor menor que 512;

<http://www.youtube.com/watch?v=KDI3ud9L6UY>

## Directorio temporal

-   : selecciona un nuevo directorio temporal cuando los archivos temporales son guardados durante los procesamientos; la ruta del directorio temporal actual es mostrada; por defecto es el directorio temporal del sistema;
-   : restaura el directorio temporal al valor por defecto;

## Interfaz

Personalización de la interfaz.

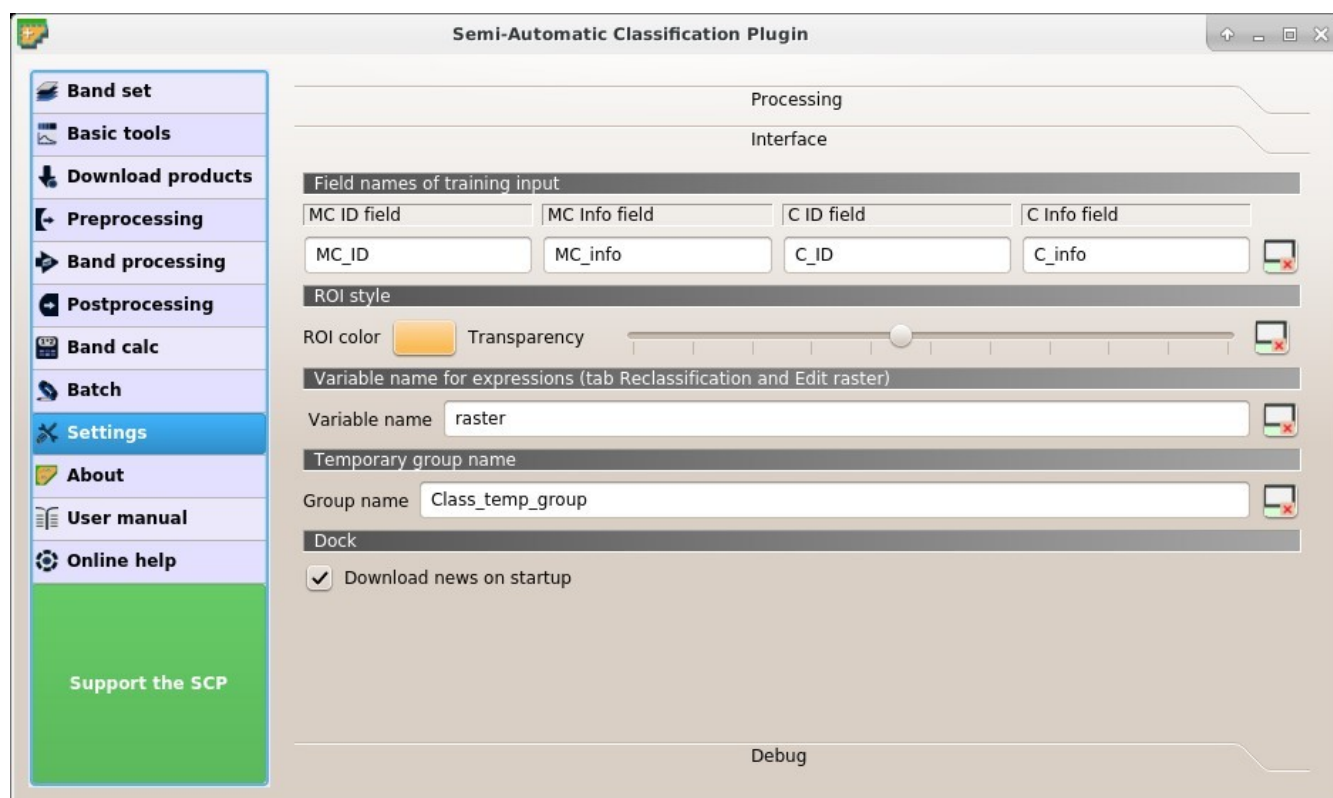











Figura 50: Interfaz





## Nombres de campo del Entrada de Entrenamiento

Establece los nombres de campo en el *Training input* (página 24) . El cambio de los nombres de campo por regla general debe ser evitado.

- *Campo MC ID*   : nombre del campo ID de la Macroclase (por defecto MC\_ID);
- *Campo MC Info*   : nombre del campo de información de la Macroclase (por defecto MC\_info);
- *Campo C ID*   : nombre del campo ID de la Clase (por defecto is C\_ID);
- *Campo C Info*   : nombre del campo de información de la Clase (por defecto C\_info);
-  : restaura los nombres de campo a los valores por defecto;

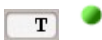

## Estilo del ROI

Cambia el color y la transparencia del ROI para una mejor visualización de los ROIs temporales en el mapa.

- *Color del ROI*  : botón para cambiar el color del ROI;
- *Transparencia*   : cambia la transparencia del ROI;
-  : restaura el color y la transparencia del ROI a los valores por defecto;



## Nombre de variable para expresiones

Establece el nombre de variable usado por las expresiones en la *Reclasificación* (página 82) y *Editar ráster* (página 84) .


- *Nombre de variable*  : establece el nombre de variable (por defecto `raster`);
-  : restaura el nombre de la variable al nombre por defecto;

## Nombre temporal de grupo

Establece el Nombre temporal de grupo en el Panel de Capas de QGIS usado por las capas temporales .

- *Nombre de grupo*  : establece el nombre de grupo (por defecto `Class_temp_group`);
-  : restaura el nombre de grupo al valor por defecto;

## Panel

-  *Descarga noticias al inicio*: si está seleccionado, las noticias sobre *SCP* y los servicios relacionados son descargados al inicio y mostrados en el *PanelDock*;

## Depurar

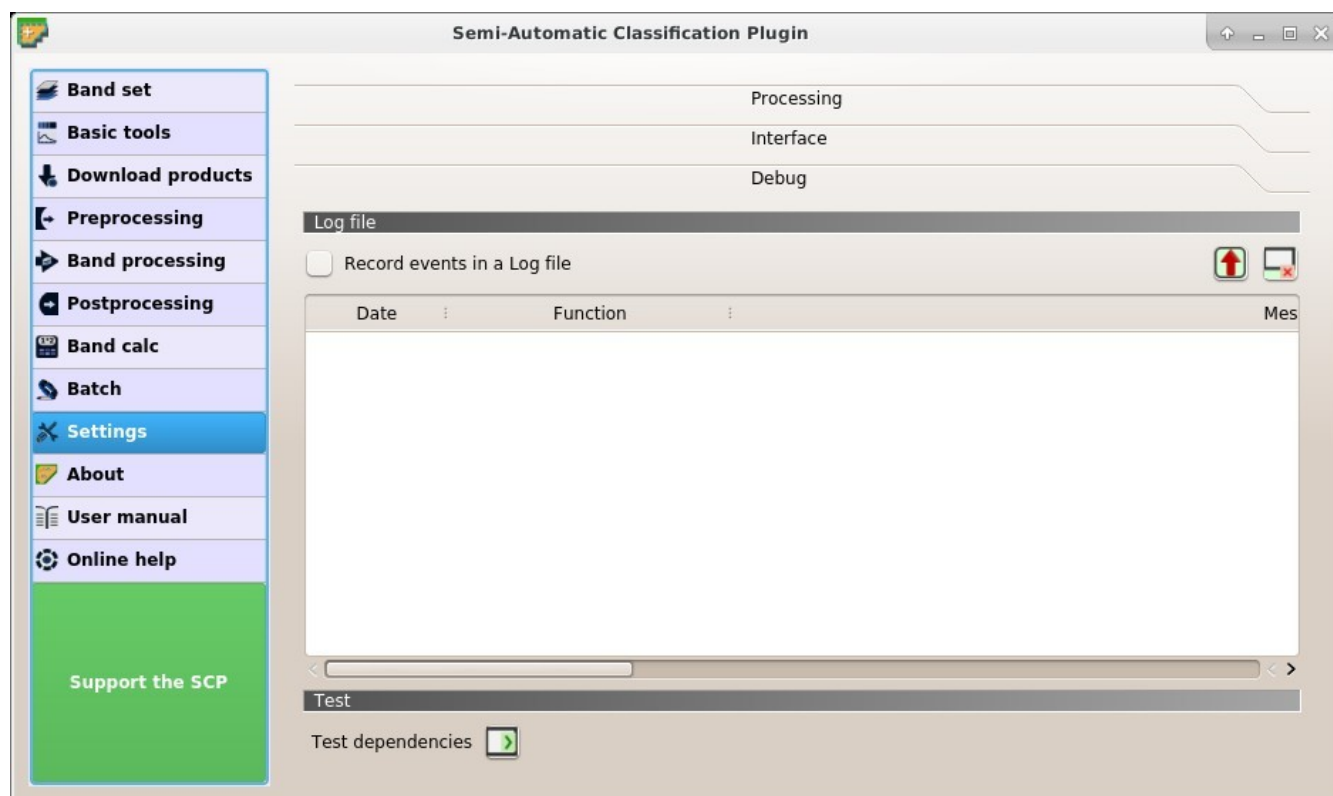






Figura 51: Depurar

Utilidades de Depurado para la creación de un archivo Log (i.e. grabación de actividades del *SCP* para reportar problemas) y verificar dependencias del *SCP*.


<http://www.youtube.com/watch?v=So04gNzDC9Y>

Si encuentras algún error en el complemento, por favor lee *¿Cómo puedo reportar un error?* (página 231) .

## Archivo Log

-  *Guardar eventos en un archivo Log*  : si está seleccionado, guarda los eventos en un archivo Log;
-  : exporta el archivo Log (i.e. en un archivo .txt);
-  : borra el contenido de un archivo Log;



## Prueba

- *Test dependencies*  : test *SCP* dependencies (GDAL, GDAL subprocess, NumPy, SciPy, Matplotlib, Internet connection); results are displayed in a window;


## 3.5 Gráfico de Firmas Espectrales

La ventana *Gráfico de Firmas Espectrales* incluye varias funciones para mostrar los valores de las firmas espectrales en función de las longitudes de onda (definidas en el *Conjunto de bandas* (página 38)). Se pueden agregar Firmas al Gráfico de Firmas Espectrales a través del *SCP dock* (página 23).

La ventana del *Gráfico de Firma Espectral* incluye además algunas funciones útiles para la definición de rango de valores usados por el *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* (página 124) (mira *Umbral LCS* (página 50)).

Las Firmas sobrepuestas (pertenecientes a diferentes Clases o Macroclases) son resaltadas en naranja en la tabla *Lista de Firmas* (página 100); la evaluación de sobreposición es efectuada considerando *MC ID* o *C ID* de acuerdo a la configuración *Usar*  *MC ID*  *C ID* en *Algorithm* (página 30). Las Firmas sobrepuestas que comparten el mismo *ID* no son resaltadas..

### 3.5.1 Lista de Firmas

-  *Lista de firmas:*
  - *S*: cuadro de selección; si está seleccionado, la firma espectral es mostrada en el gráfico;
  - *MC ID*: Macroclase ID de la firma;
  - *MC Info*: Información de Macroclase de la firma;
  - *C ID*: Clase ID de la firma;
  - *C Info*: Información de Clase de la firma;
  - *Color [overlap MC\_ID-C\_ID]*: color de la firma; además, la combinación *MC ID-C ID* es mostrada en caso de existir solapamiento con otras firmas (mira *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* (página 124));
  - *Min B X*: valor mínimo de la banda X; este valor puede ser editado;

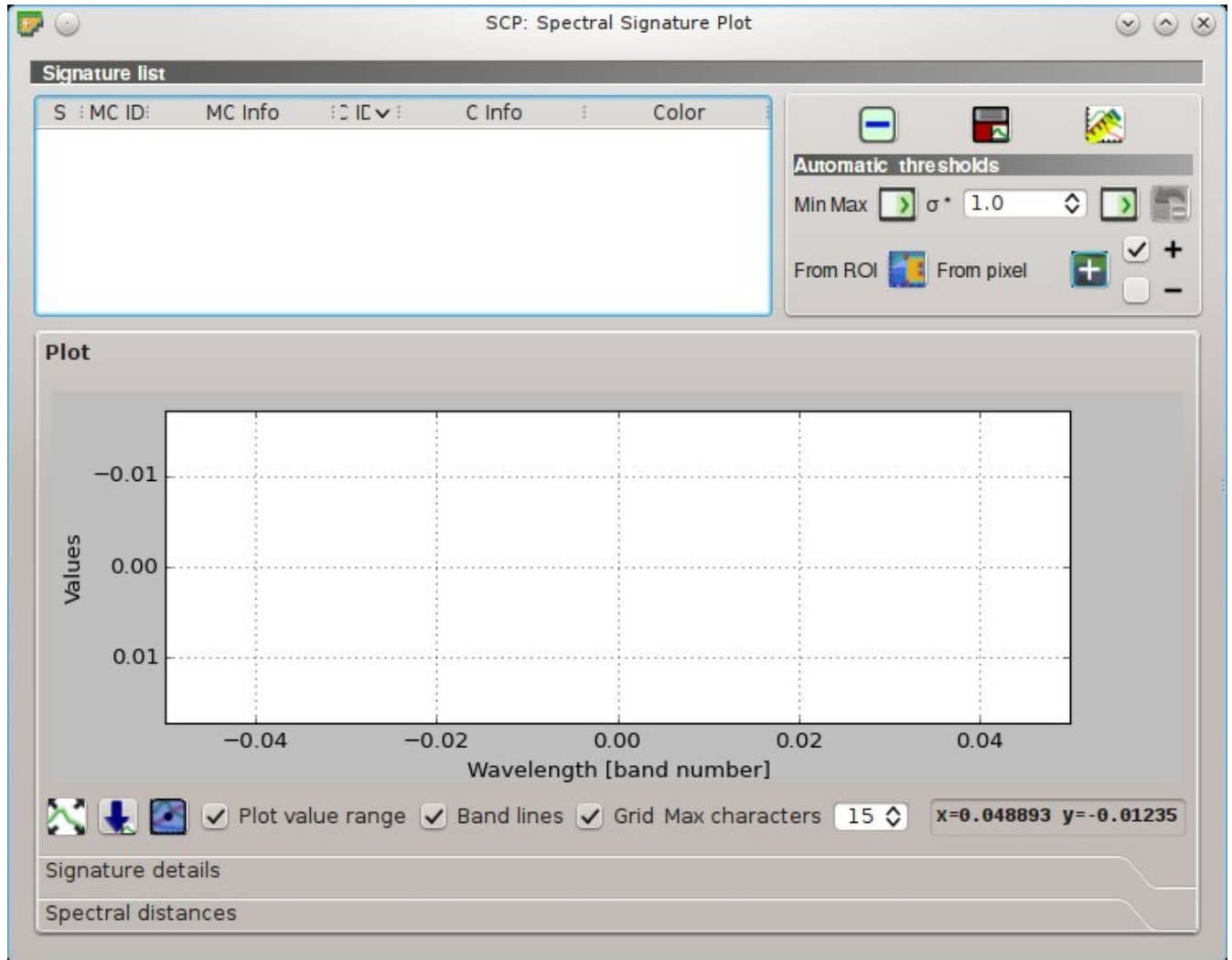










Figura 52: Gráfico de Firmas Espectrales

- *Max B X*: valor máximo de la banda X; este valor puede ser editado;

- : elimina las firmas seleccionadas de esta lista;
- : agrega las firmas espectrales seleccionadas a la *ROI Signature list* (página 27);
- : calcula las distancias espectrales de las firmas espectrales graficadas; las distancias son presentadas en la pestaña *Distancias espectrales* (página 103);

## Umbrales automáticos



Establece automáticamente los umbrales para las firmas seleccionadas en la tabla *Lista de Firmas* (página 100); si ninguna firma está seleccionada, el umbral es aplicado a todas las firmas.

- *Min Max* : establece el umbral basado en los mínimos y máximos de cada banda;
- $\sigma * \text{[input]}$  : establece un umbral automático calculado como  $(\text{valor de banda} + (\sigma * v))$ , donde  $\sigma$  es la desviación estándar de cada banda y  $v$  es el valor definido en este cuadro;
- : revierte el último umbral automático;
- *Desde ROI* : establece los umbrales usando los valores de pixeles del ROI temporal;
  - ☒ +: si está seleccionado, el umbral de firma se extiende para incluir la firma del pixel. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
  - ☒ -: si está seleccionado, el umbral de firma se reduce para excluir la firma del pixel pinchado. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
- *Desde pixel* : establece el umbral haciendo clic en un pixel, de acuerdo a las siguientes casillas de verificación:
  - ☒ +: si está seleccionado, el umbral de firma se extiende para incluir la firma del pixel. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;
  - ☒ -: si está seleccionado, el umbral de firma se reduce para excluir la firma del pixel pinchado. Solo es aplicada a la opción Desde pixel;



## Gráfico

**Clic izquierdo** y mantenlo pulsado dentro del gráfico para **mover** la vista del gráfico. Usa la **rueda del ratón** para **acercar y alejar** la vista del gráfico. **Clic derecho** y mantenlo presionado dentro del gráfico para **acercar en un área específica** del gráfico. La Leyenda dentro del gráfico puede moverse usando el ratón.

Controles del gráfico:

- : ajusta automáticamente el gráfico a los datos;
- : guarda la imagen del gráfico en un archivo (formatos disponibles son .jpg, .png, and .pdf);



- : activa el cursor para cambiar interactivamente el rango de valores de las firmas seleccionadas en el gráfico; clic en el gráfico para establecer los valores mínimo y máximo de una banda (incluso para varias firmas simultáneamente); el cursor se desactiva cuando se mueve fuera del área del gráfico;
- ☒ *Gráficar rango de valores*: si está seleccionado, grafica el valor de los rangos para cada firma (área semi-transparente);
- ☒ *Líneas de bandas*: si está seleccionado, muestra una línea vertical para cada banda (centro de la longitud de onda);
- ☒ *Cuadrícula*: si está seleccionado, muestra la cuadrícula;
- *Caracteres Máx* : estable el largo máximo del texto en la leyenda;
- *x y*: muestra las coordenadas x y del cursor del ratón dentro del gráfico;

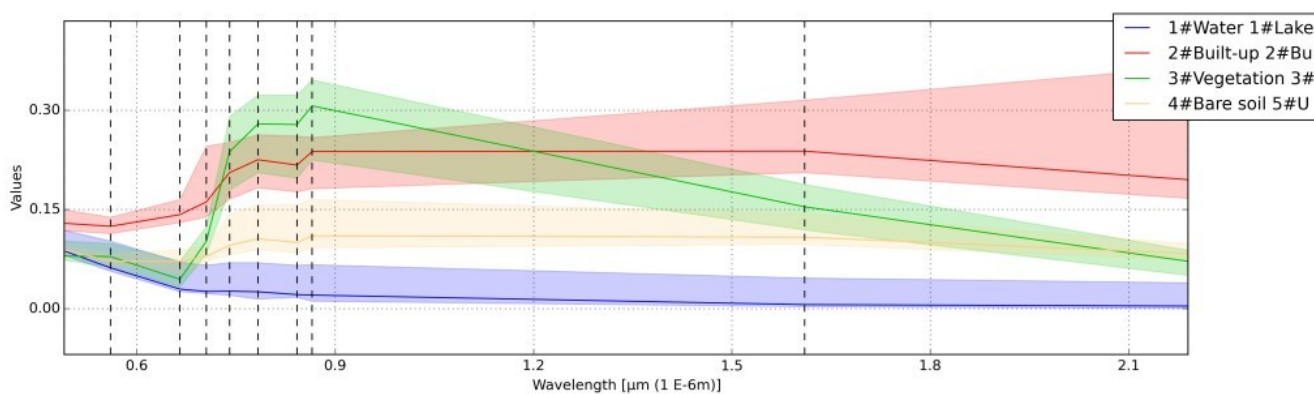


Figura 53: *Firma Espectral: Ejemplo del gráfico de firmas espectrales*

### Detalles de firmas

Muestra los detalles acerca de las firmas espectrales (i.e. Longitud de onda, Valores, Desviación Estándar). En el caso de las firmas calculadas desde ROIs, el tamaño del ROI (número de píxeles) es también mostrado.

### Distancias espectrales

Muestra las distancias espectrales de las firmas (mira [Lista de Firmas](#) (página 100)), las cuales son útiles para evaluar la separabilidad del ROI (mira [Distancia Espectral](#) (página 127)).

Las siguientes distancias espectrales son calculadas :

- *Jeffries-Matusita Distance* (página 127): range [0 = identical, 2 = different]; útil en particular para clasificaciones de *Máxima Probabilidad* (página 123) ;
- *Angulo Espectral* (página 128): range [0 = identical, 90 = different]; útil en particular para clasificaciones de *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124) ;
- *Distancia Euclidiana* (página 128): útil en particular para clasificaciones de *Distancia mínima* (página 122) ;
- *Similitud de Bray-Curtis* (página 128): range [0 = different, 100 = identical]; útil en general;

Los valores son mostrados en rojo si las firmas son particularmente similares.

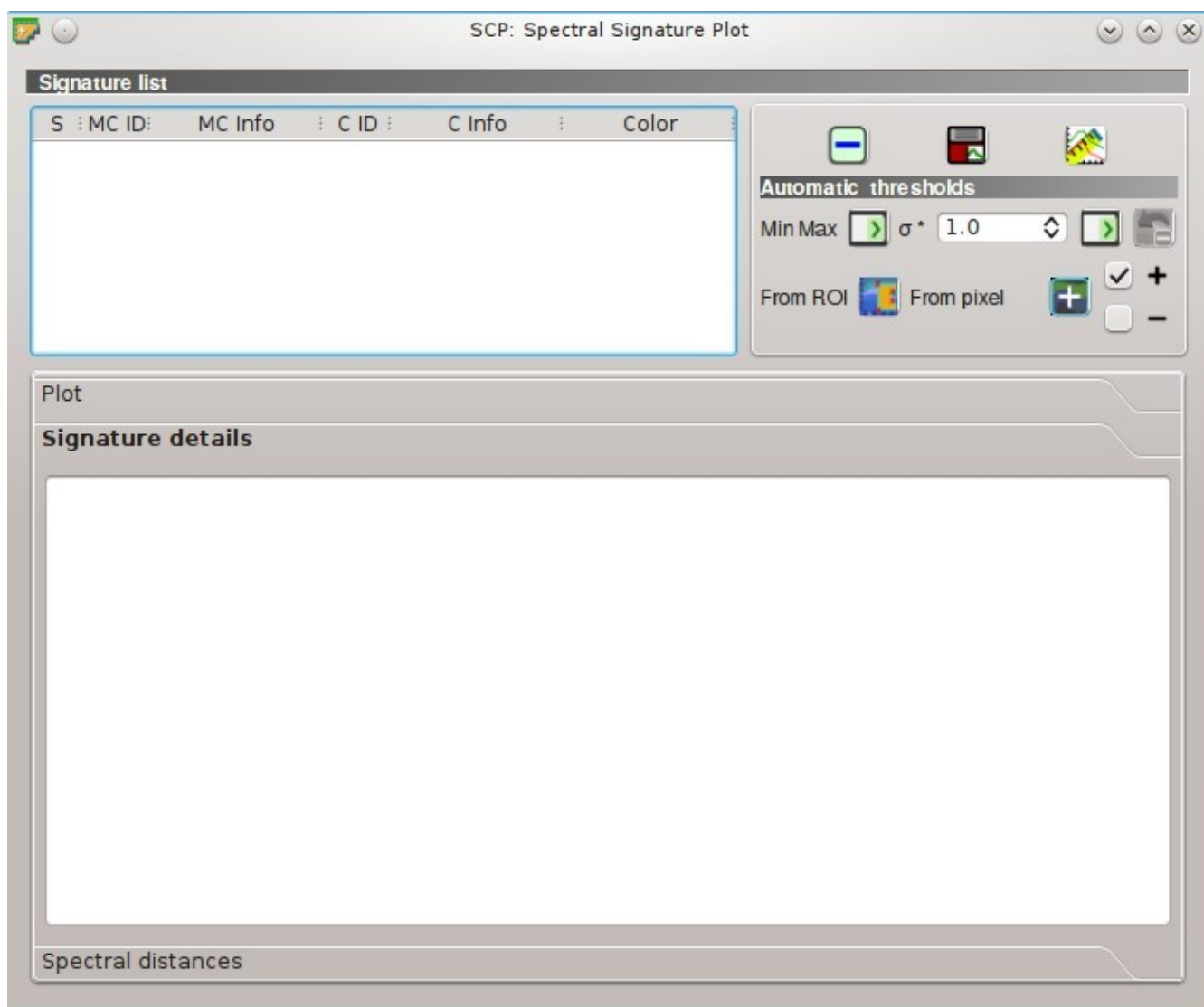


Figura 54: Firma espectral: Detalles de firmas

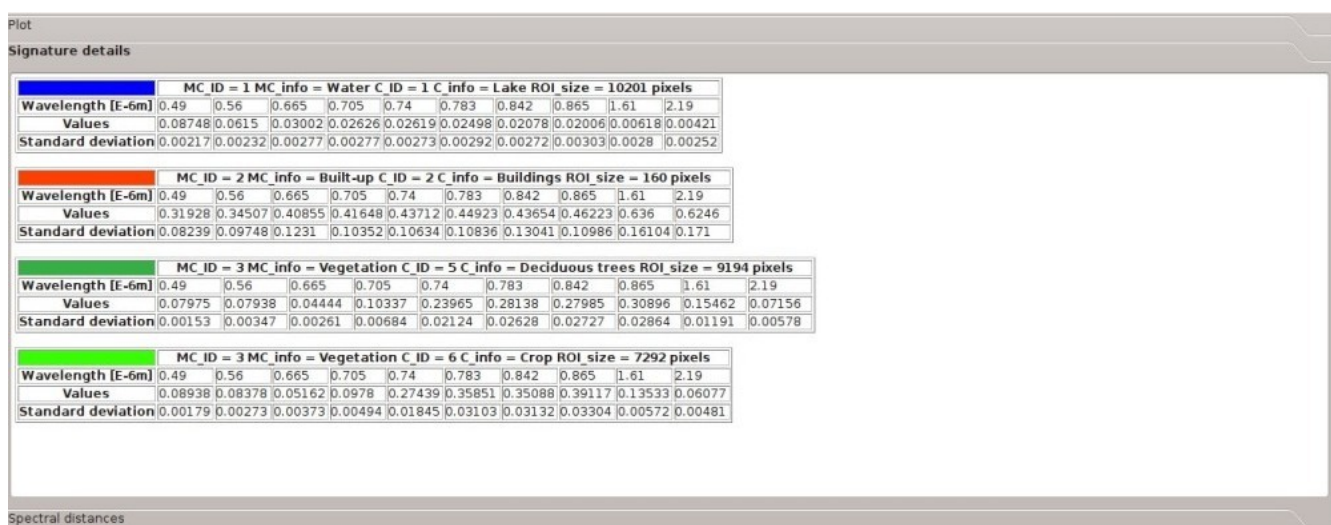


Figura 55: Firma Espectral: Ejemplo de detalles de firmas

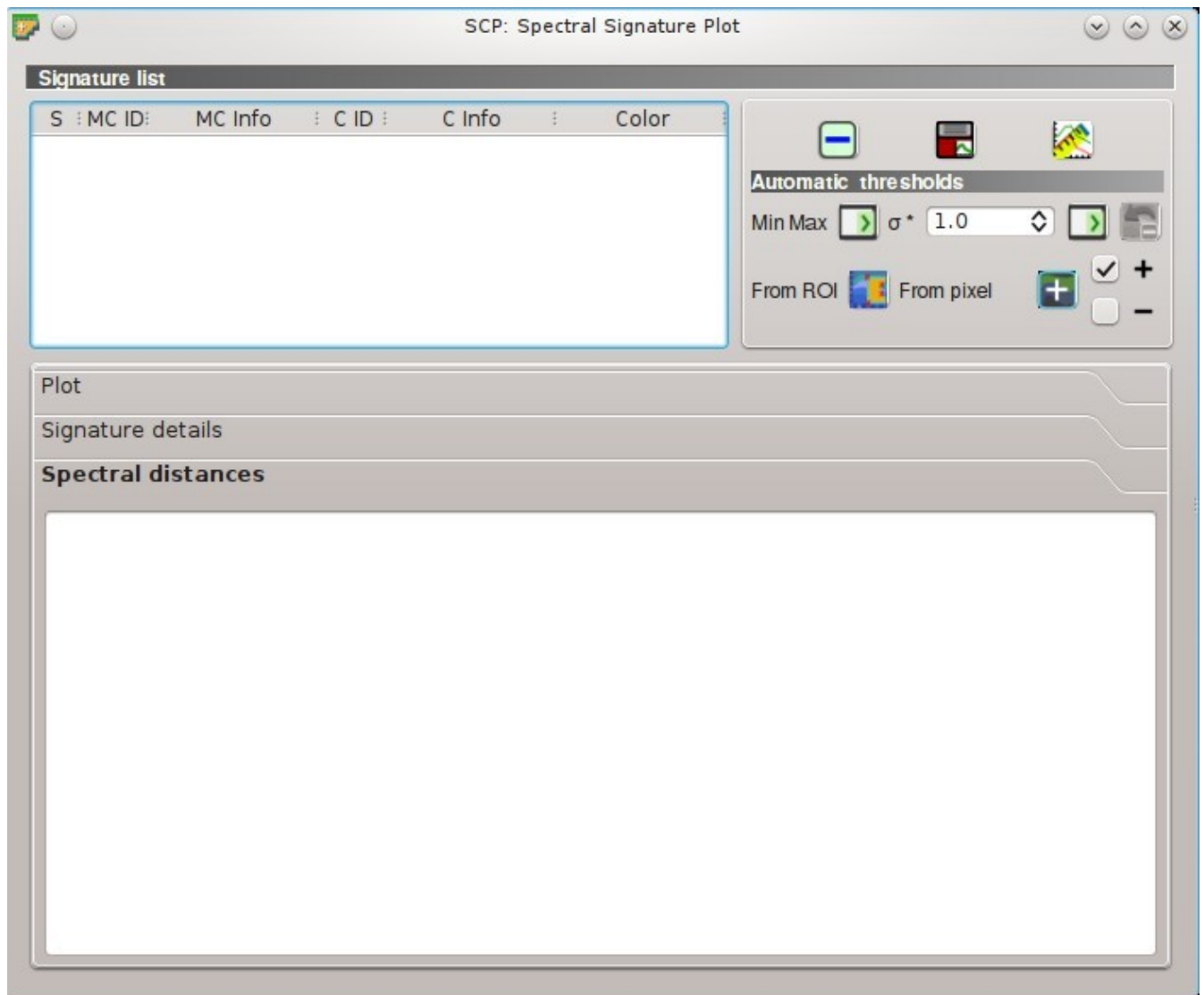


Figura 56: Firma Espectral: Distancias espectrales

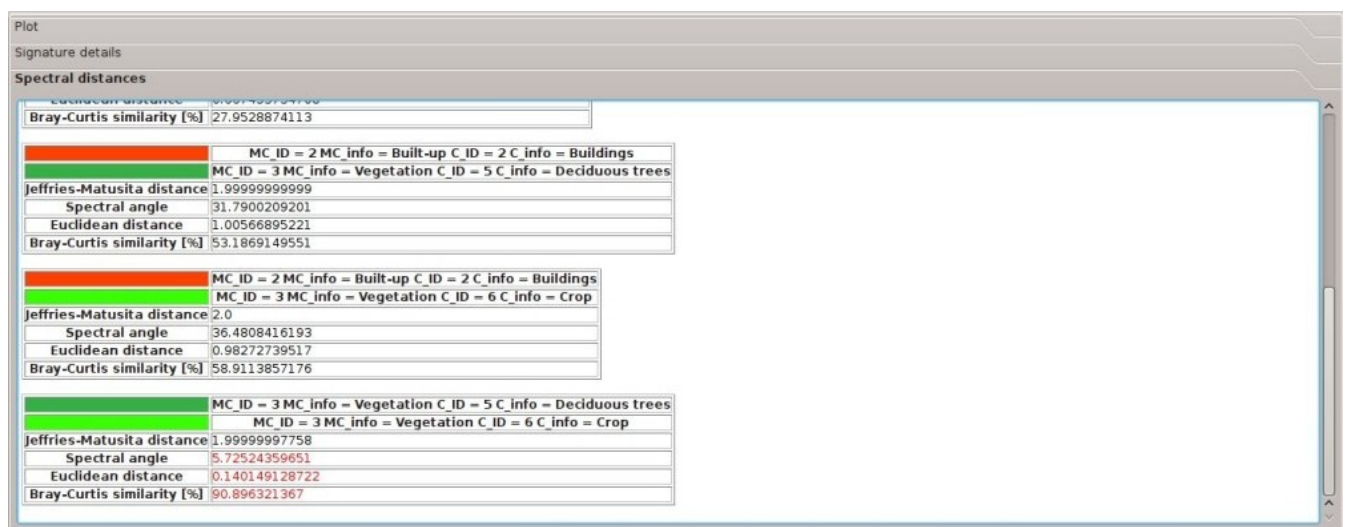


Figura 57: Firma Espectral: Ejemplo de distancias espectrales

## 3.6 Gráfico de Dispersión

La ventana del *Gráfico de dispersión* despliega valores de pixel de dos bandas ráster como puntos en un espacio 2D. Los Diagramas de Dispersión son útiles para determinar la separación del ROI entre dos bandas.

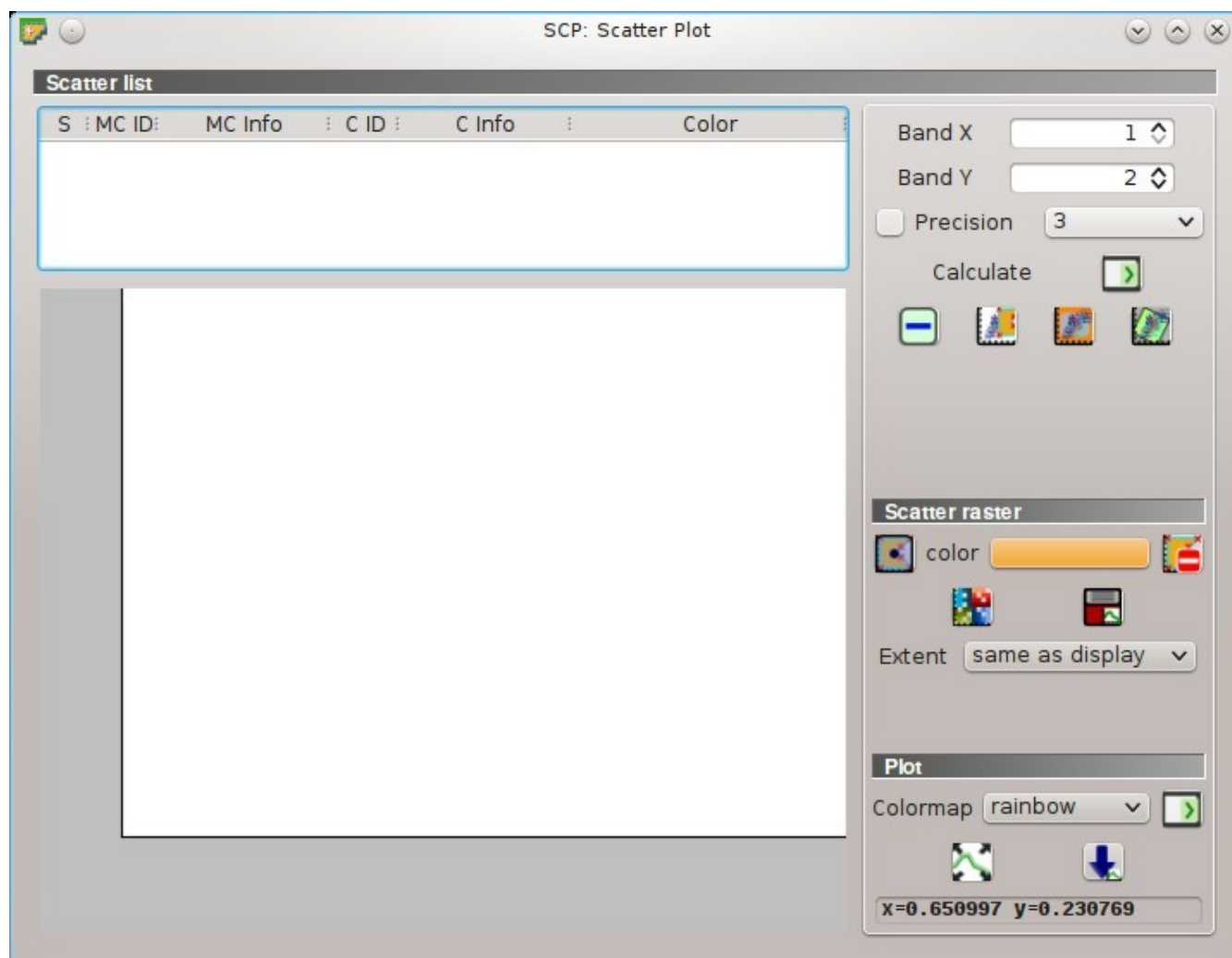












Figura 58: *Gráfico de Dispersión*

Las funciones se describen en detalle en los siguiente parrafos

### 3.6.1 Listado de Dispersión

-  **Listado de Dispersión:**
  - *S*: cuadro de selección; si está mselectionado, la firma espectral es mostrada en el gráfico;
  - *MC ID*: Macroclase ID de la firma;
  - *MC Info*: Información de Macroclase de la firma;
  - *C ID*: Clase ID de la firma;
  - *C Info*: Información de Clase de la firma;
  - *Color*: campo de color; doble clic para seleccionar un color para el gráfico;
- *Banda X* : banda X en el gráfico;

- **Banda Y** : banda Y en el gráfico;
-  **Precisión** : usa una precisión personalizada para los cálculos (la precisión debe ser seleccionada de acuerdo a)
  - $4 = 10^{-4}$
  - $3 = 10^{-3}$
  - $2 = 10^{-2}$
  - $1 = 10^{-1}$
  - $0 = 1$
  - $-1 = 10$
  - $-2 = 10^2$
  - $-3 = 10^3$
- **Calcular** : calcula el gráfico de dispersión para los ROIs marcados en S de la lista;
- : elimina las firmas seleccionadas de esta lista;
- : agrega un gráfico de dispersión temporal al listado (como MC Info = tempScatter) e inicia el cálculo del gráfico del último ROI temporal (mira [Barra de Trabajo](#) (página 34));
- : agrega un gráfico de dispersión temporal al listado (como MC Info = tempScatter) e inicia el cálculo del gráfico de los píxeles en la extensión actual de la pantalla;
- : agrega un gráfico de dispersión temporal al listado (como MC Info = tempScatter) e inicia el cálculo del gráfico de toda la imagen;




**ADVERTENCIA:** Usar un valor de precisión demasiado alto puede resultar en cálculos lentos o fallas.



## Ráster de Dispersión

Esta herramienta permite dibujar polígonos de selección dentro del gráfico de dispersión; estos polígonos de selección son usados para crear un *Ráster de Dispersión* que es un ráster temporal clasificado de acuerdo a la intersección de los gráficos de dispersión y los polígonos dibujados.

Píxeles del *active band set* son clasificados, de acuerdo a los diagramas de dispersión de las bandas, si el valor de un píxel está entre el rango de intersección entre los diagramas de dispersión y los polígonos seleccionados (Los polígonos no deben superponerse). El valor es asignado a los *Scatter raster* píxeles in los numeros secuenciales de los polígonos seleccionados; también el color del raster es derivado de los polígonos seleccionados.






Después de la creación de un nuevo *Ráster de Dispersión*, los rústers antiguos son colocados en el Panel de Capas de QGIS dentro de un grupo llamado `Class_temp_group` (se puede definir un nombre personalizado en [Nombre temporal de grupo](#) (página 99)) y son eliminados cuando se cierra la sesión de QGIS.

- : activa el cursor para dibujar interactivamente un polígono en el gráfico; clic izquierdo en el gráfico para definir los vértices y clic derecho para definir el último vértice y cerrar el polígono;
- **color**: selecciona el color del polígono (el cual es usado también en el *Ráster de Dispersión*);
- : elimina todos los polígonos del gráfico;
- : calcula el *Ráster de Dispersión* y lo despliega en el mapa;

- : calcula la firma espectral del *Scatter raster* (considerando todos los píxeles clasificados) usando el *active band set*, y guarda la firma en la *ROI Signature list* (página 27);
- Extensión** : **extensión del Ráster de Dispersión; las opciones disponibles son:**
  - Igual a pantalla*: la extensión es la misma que la del mapa;
  - Igual a imagen*: la extensión es la misma que la de toda la imagen;

## Gráfico

**Clic izquierdo** mantenido presionado dentro del gráfico para **mover** la vista del gráfico. Usa la **rueda del ratón** para **acercar y alejar** la vista del gráfico. **Clic derecho** y mantelo presionado dentro del gráfico para **acercar en un área específica** del gráfico.

- Rampa de color**  : selecciona la rampa de colores que se aplica a los gráficos de dispersión seleccionados en la lista cuando  es presionado; si no está seleccionado ningún gráfico de dispersión la rampa de colores se aplica a todos los gráficos de dispersión;
- : ajusta automáticamente el gráfico a los datos;
- : guarda la imagen del gráfico en un archivo (formatos disponibles son .jpg, .png, y .pdf);
- x y*: muestra las coordenadas x y del cursor del ratón dentro del gráfico;

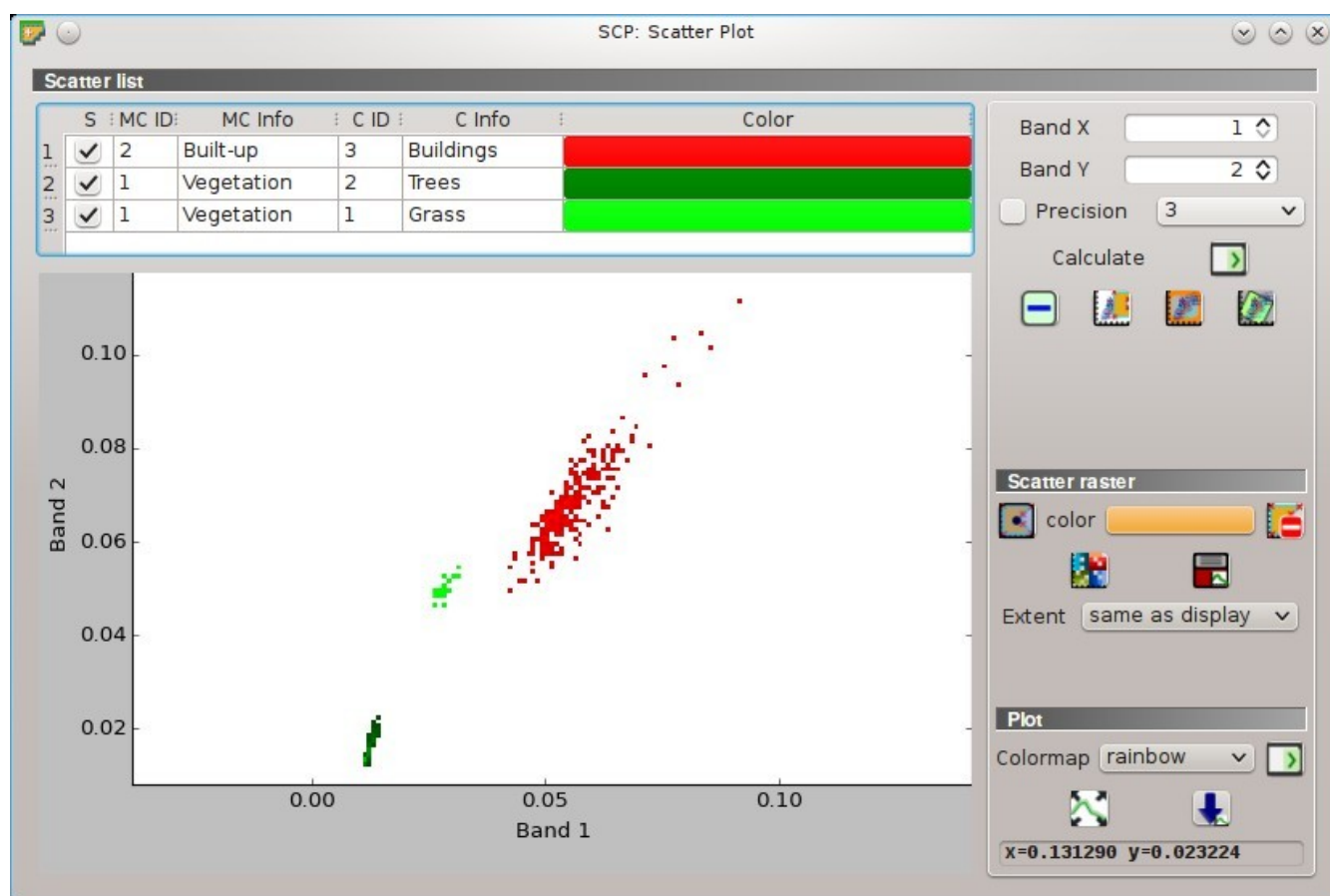


Figura 59: Ejemplo de Gráfico de Dispersión



### 3.7 SCP Barra de Herramientas de edición

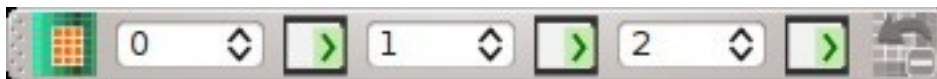





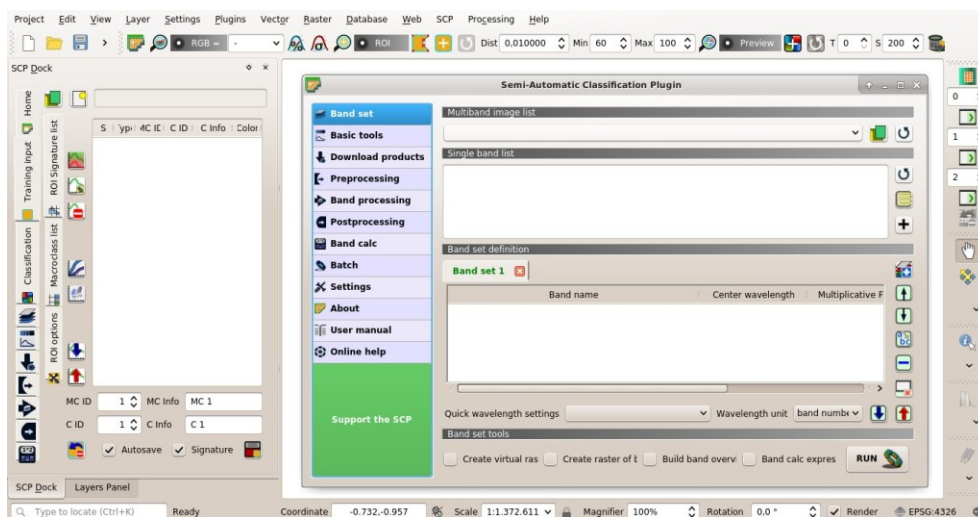



Figura 60: SCP Herramientas


El *SCP Edit Toolbar* permite la edición directa del valor del pixel en el raster de entrada definido en *Editar ráster* (página 84) usando los polígonos del ROI. Solo los pixeles por debajo de los polígonos ROI son editados.


- : abre la herramienta *SCP Edit Toolbar* para seleccionar el raster de entrada;
- : edita el raster usando el valor seleccionado;
- : edita el raster usando el valor seleccionado;
- : edita el raster usando el valor seleccionado;
- : deshace la última edición ráster (disponible solamente cuando se utiliza polígonos ROI);




Las funciones explicadas en los siguientes párrafos usan estas convenciones:


 = Ingresar fecha

 = Ingresar texto

 = Lista


 = Introducir número

 = Opcional

 = Configuración guardada en el proyecto activo de QGIS

 = Configuración guardada en el registro de QGIS

 = Deslizador

 = Tabla





---

### Breve Introducción a la Teledetección

---

- *Definiciones Básicas* (página 112)
  - *Definición de SIG* (página 112)
  - *Definición de Teledetección* (página 112)
  - *Sensores* (página 114)
  - *Radiancia y Reflectancia* (página 114)
  - *Firma Espectral* (página 114)
  - *Cobertura del suelo* (página 114)
- *Satélites multiespectrales* (página 115)
  - *Satélites Landsat* (página 115)
  - *Satélite Sentinel-2* (página 116)
  - *Satélite Sentinel-3* (página 117)
  - *Satélite ASTER* (página 117)
  - *Productos MODIS* (página 118)
- *Clasificación de la Cobertura Terrestre* (página 119)
  - *Clasificación supervisada* (página 119)
  - *Composición de Color* (página 119)
  - *Áreas de entrenamiento* (página 120)
  - *Clases y Macroclases* (página 121)
  - *Algoritmos de clasificación* (página 121)
  - *Distancia Espectral* (página 127)
  - *Resultado de la Clasificación* (página 129)
  - *Evaluación De la Exactitud* (página 129)
- *Procesamiento de imágenes* (página 130)

- *Análisis de Componentes Principales* (página 130)
- *Pan-sharpening* (página 131)
- *Índices espectrales* (página 131)
- *Agrupamiento* (página 132)
- *Conversión de la imagen a Reflectancia* (página 134)
  - *Radiancia en el sensor* (página 134)
  - *Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA)* (página 134)
  - *Reflectancia de la Superficie* (página 135)
  - *Corrección DOSI* (página 135)
- *Conversión a temperatura* (página 138)
  - *Conversión a Temperatura de Brillo en el Satélite* (página 138)
  - *Estimación de la Temperatura de Superficie del Suelo* (página 138)
- *Referencias* (página 139)

## 4.1 Definiciones Básicas

Este capítulo proporciona definiciones básicas sobre SIG y teledetección. Para otros recursos útiles mira *Recursos gratis y valiosos sobre teledetección y SIG* (página 234).

### 4.1.1 Definición de SIG

Existen muchas definiciones de **SIG** (Sistemas de Información Geográfica) que no es simplemente un programa. En general los SIG son sistemas que permiten el uso de información geográfica (los datos tienen coordenadas espaciales). En particular, los SIG permiten ver, consultar, calcular y realizar análisis espaciales de los datos, que principalmente son de tipo ráster y vectorial. Los datos vectoriales están formados por objetos que pueden ser puntos, líneas y polígonos; cada objeto puede tener uno o más atributos con valores. Un ráster es una cuadrícula (o imagen) en la que cada celda tiene un atributo con valores (Fisher and Unwin, 2005). Muchas aplicaciones SIG utilizan imágenes ráster que son obtenidas con sensores remotos.

### 4.1.2 Definición de Teledetección

Una definición general de **Teledetección** es «la ciencia y la tecnología por medio de la cual las características de los objetos de interés pueden ser identificados, medidos o se pueden analizar sus características sin contacto directo» (JARS, 1993).

Normalmente, la teledetección es la medición de la energía que es emanada desde la superficie de la Tierra. Si la fuente de la energía medida es el Sol, entonces es llamada **teledetección pasiva**, y el resultado de esta medición puede ser una imagen digital (Richards and Jia, 2006). Si la energía medida no es emitida por el Sol y es emitida desde el sensor de la plataforma es definida como **teledetección activa**, como los sensores de radar que trabajan en el rango de las microondas (Richards and Jia, 2006).

El **espectro electromagnético** es «el sistema que clasifica, según las longitudes de onda, toda la energía (desde onda corta cósmica hasta onda larga de radio) que se mueve, armónicamente, a la velocidad constante de la luz» (NASA, 2013). Los sensores pasivos miden la energía en la región óptica del espectro electromagnético, que incluye el visible, infrarrojo cercano (i.e. IR), infrarrojo medio SWIR, y el infrarrojo térmico (ver Figura *Espectro Electromagnético* (página 113)).

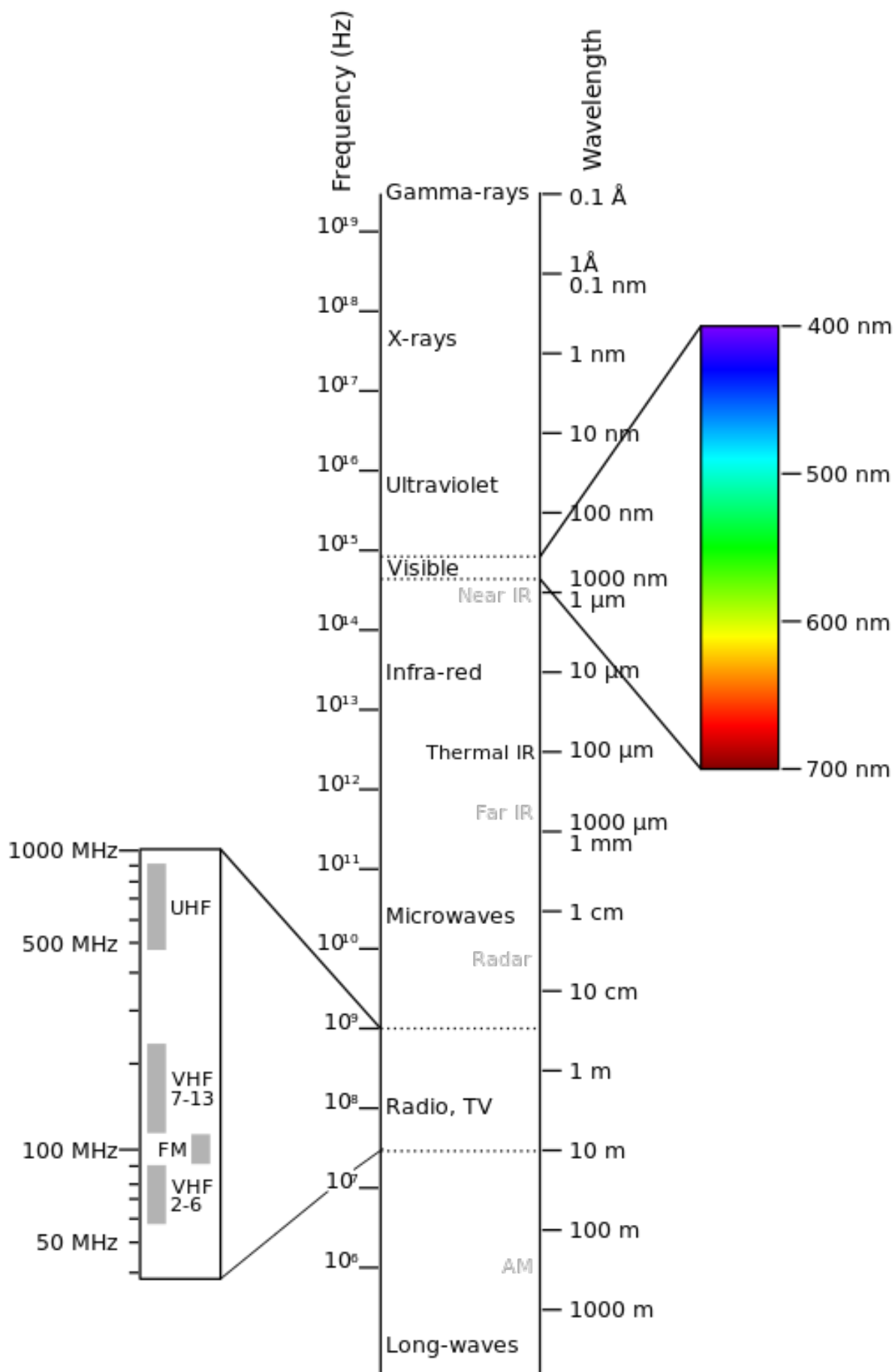


Figura 1: Espectro Electromagnético

by Victor Blacus (SVG version of File:Electromagnetic Spectrum.png)

4.1. Definiciones Básicas (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)]

via Wikimedia Commons

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AElectromagnetic-Spectrum.svg>

La interacción entre la energía solar y los materiales depende de la longitud de onda. La energía llega desde el Sol hasta la Tierra y de ahí hacia el sensor. A lo largo de esta trayectoria, **la energía solar** atraviesa varios medios y puede ser (NASA, 2013):

- **Transmitida** - La energía atraviesa de un medio a otro con un cambio en su velocidad determinado por el índice de refracción de los dos medios.
- **Absorbida** - La energía se incorpora a la estructura molecular del material.
- **Reflejada** - La energía regresa sin cambio con un ángulo de reflexión igual al ángulo de incidencia. La reflectancia es la proporción de energía reflejada con respecto a la energía incidente en un cuerpo. La longitud de onda reflejada (no la absorbida) determina el color de un objeto.
- **Dispersada** - La dirección de propagación de la energía cambia aleatoriamente. La dispersión de Rayleigh y la de dispersión de Mie son los dos tipos más importantes de dispersión que ocurren en la atmósfera.
- **Emitida** - De hecho, la energía es primero absorbida y luego re-emitida, generalmente con una longitud de onda mayor. El objeto se calienta.

### 4.1.3 Sensores

Los **Sensores** pueden estar a bordo de aviones o de satélites, midiendo la radiación electromagnética en rangos específicos (normalmente llamadas bandas). Como resultado, las mediciones son cuantificadas y convertidas en una imagen digital, donde cada elemento de la imagen (i.e. pixel) tiene un valor discreto en unidades de Digital Number (DN) (NASA, 2013). Las imágenes resultantes tienen diferentes características (resoluciones) dependiendo del sensor. Existen diferentes tipos de **resoluciones**:

- **Resolución Espacial**, normalmente media en tamaño de pixel, «es el poder de resolución que necesita un instrumento para la discriminación de entidades y está basada en el tamaño del detector, longitud focal, y la altitud del sensor» (NASA, 2013); la resolución espacial es también denominada resolución geométrica o IFOV;
- **Resolución Espectral**, es el número y localización en el espectro electromagnético (definido por dos longitudes de onda) de la banda espectral (NASA, 2013) en sensores multispectrales, para cada banda corresponde una imagen;
- **Resolución Radiométrica**, normalmente medida en bits (dígitos binarios), es el rango de valores de brillo disponibles, los cuales en la imagen corresponden al máximo rango de DNs; por ejemplo una imagen con 8 bit de resolución tiene 256 niveles de brillo (Richards and Jia, 2006);
- Para sensores satelitales, existe también la **resolución temporal**, que es el tiempo requerido para la revisita de la misma área de la Tierra (NASA, 2013).

### 4.1.4 Radiancia y Reflectancia

Los sensores miden la **radiancia**, la cual corresponde a la energía enviada en una dirección dada hacia el sensor; es también útil definir la **reflectancia** como la relación entre la reflejada contra la potencia total de energía.

### 4.1.5 Firma Espectral

La **firma espectral** es la reflectancia en función de la longitud de onda (mira Figura *Curvas de Reflectancia Espectral de Cuatro Objetivos* (página 115)); cada material tiene una firma única, por lo tanto puede ser usada para la clasificación de materiales (NASA, 2013).

### 4.1.6 Cobertura del suelo

La **Cobertura del suelo** es el material en la superficie terrestre, tal como tierra, vegetación, agua, asfalto, etc. (Fisher and Unwin, 2005). Dependiendo de las resoluciones del sensor, el número y tipo de clases coberturas del suelo que pueden ser identificadas en una imagen pueden variar significativamente.

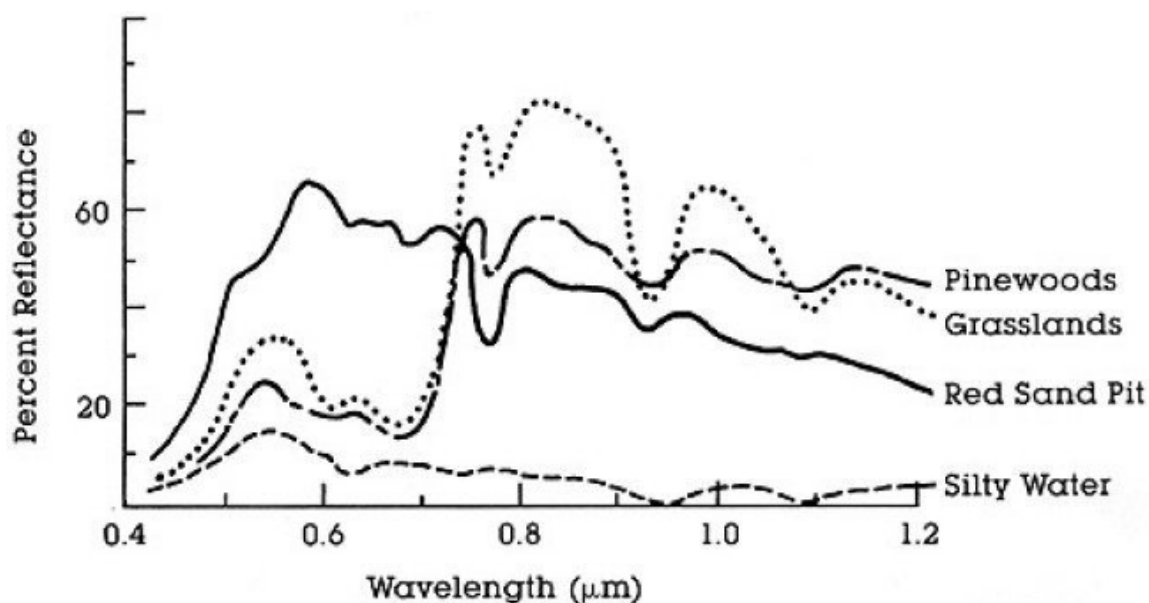


Figura 2: Curvas de Reflectancia Espectral de Cuatro Objetivos  
(desde NASA, 2013)

## 4.2 Satélites multispectrales

Hay varios satélites con diferentes características que adquieren imágenes multispectrales de la superficie terrestre. Los siguientes satélites son particularmente útiles para el monitoreo de la cobertura del suelo porque las imágenes se proporcionan de forma gratuita y se pueden descargar directamente desde: *guilabel: SCP*; Se han adquirido datos durante las últimas décadas y el archivo está creciendo continuamente con imágenes recientes.

### 4.2.1 Satélites Landsat

**Landsat** es un conjunto de satélites desarrollados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration of USA), desde comienzos de los 1970's.

Las imágenes Landsat son muy utilizadas para la investigación ambiental. Las resoluciones de los sensores Landsat 4 y Landsat 5 se presentan en la siguiente tabla (desde [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); además, la resolución temporal de Landsat es de 16 días (NASA, 2013).

*Bandas Landsat 4 y Landsat 5*

| Bandas Landsat 4, Landsat 5        | Longitud de Onda [micrómetros] | Resolución [metros]     |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Banda 1 - Azul                     | 0.45 - 0.52                    | 30                      |
| Banda 2 - Verde                    | 0.52 - 0.60                    | 30                      |
| Banda 3 - Rojo                     | 0.63 - 0.69                    | 30                      |
| Banda 4 - Infrarrojo Cercano (NIR) | 0.76 - 0.90                    | 30                      |
| Banda 5 - SWIR                     | 1.55 - 1.75                    | 30                      |
| Banda 6 - Infrarrojo Térmico       | 10.40 - 12.50                  | 120 (remuestreada a 30) |
| Banda 7 - SWIR                     | 2.08 - 2.35                    | 30                      |

Las resoluciones del sensor Landsat 7 se presentan en la siguiente tabla (desde [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); además, la resolución temporal de Landsat es de 16 días (NASA, 2013).

*Bandas Landsat 7*

| Bandas Landsat 7                   | Longitud de Onda [micrómetros] | Resolución [metros]    |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Banda 1 - Azul                     | 0.45 - 0.52                    | 30                     |
| Banda 2 - Verde                    | 0.52 - 0.60                    | 30                     |
| Banda 3 - Rojo                     | 0.63 - 0.69                    | 30                     |
| Banda 4 - Infrarrojo Cercano (NIR) | 0.77 - 0.90                    | 30                     |
| Banda 5 - SWIR                     | 1.57 - 1.75                    | 30                     |
| Banda 6 - Infrarrojo Térmico       | 10.40 - 12.50                  | 60 (remuestreada a 30) |
| Banda 7 - SWIR                     | 2.09 - 2.35                    | 30                     |
| Banda 8 - Pancromática             | 0.52 - 0.90                    | 15                     |

Las resoluciones del sensor Landsat 8 se presentan en la siguiente tabla (desde [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php)); además, la resolución temporal de Landsat es de 16 días (NASA, 2013).

#### *Bandas Landsat 8*

| Bandas Landsat 8                       | Longitud de Onda [micrómetros] | Resolución [metros]     |
|----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Banda 1 - Coastal aerosol              | 0.43 - 0.45                    | 30                      |
| Banda 2 - Azul                         | 0.45 - 0.51                    | 30                      |
| Banda 3 - Verde                        | 0.53 - 0.59                    | 30                      |
| Banda 4 - Rojo                         | 0.64 - 0.67                    | 30                      |
| Banda 5 - Infrarrojo Cercano (NIR)     | 0.85 - 0.88                    | 30                      |
| Banda 6 - SWIR 1                       | 1.57 - 1.65                    | 30                      |
| Banda 7 - SWIR 2                       | 2.11 - 2.29                    | 30                      |
| Banda 8 - Pancromática                 | 0.50 - 0.68                    | 15                      |
| Banda 9 - Cirrus                       | 1.36 - 1.38                    | 30                      |
| Banda 10 - Infrarrojo Térmico (TIRS) 1 | 10.60 - 11.19                  | 100 (remuestreada a 30) |
| Banda 11 - Infrarrojo Térmico (TIRS) 2 | 11.50 - 12.51                  | 100 (remuestreada a 30) |

Un vasto archivo de imágenes está disponible gratuitamente desde el Servicio Geológico de EE. UU. <<http://www.usgs.gov/>> .Para obtener más información sobre cómo descargar imágenes Landsat libremente, lea esto.

Las imágenes están identificadas por sus paths y rows del WRS (Worldwide Reference System for Landsat ).

## 4.2.2 Satélite Sentinel-2

**Sentinel-2** es un satélite multispectral desarrollado por la European Space Agency (ESA) en el marco del Copernicus land monitoring services. Sentinel-2 adquiere 13 bandas espectrales con resolución espectral de 10m, 20m y 60m dependiendo de la banda, como se ilustra en la siguiente tabla (ESA, 2015).

#### *Bandas Sentinel-2*

| Bandas Sentinel-2              | Longitud de Onda Central [micrómetros] | Resolución [metros] |
|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------|
| Banda 1 - Coastal aerosol      | 0.443                                  | 60                  |
| Banda 2 - Azul                 | 0.490                                  | 10                  |
| Banda 3 - Verde                | 0.560                                  | 10                  |
| Banda 4 - Rojo                 | 0.665                                  | 10                  |
| Banda 5 - Vegetation Red Edge  | 0.705                                  | 20                  |
| Banda 6 - Vegetation Red Edge  | 0.740                                  | 20                  |
| Banda 7 - Vegetation Red Edge  | 0.783                                  | 20                  |
| Banda 8 - NIR                  | 0.842                                  | 10                  |
| Banda 8A - Vegetation Red Edge | 0.865                                  | 20                  |
| Banda 9 - Water vapour         | 0.945                                  | 60                  |
| Banda 10 - SWIR - Cirrus       | 1.375                                  | 60                  |
| Banda 11 - SWIR                | 1.610                                  | 20                  |
| Banda 12 - SWIR                | 2.190                                  | 20                  |



Las imágenes de Sentinel-2 están disponibles gratuitamente en el sitio web de la ESA <https://scihub.copernicus.eu>.

### 4.2.3 Satélite Sentinel-3

\*\* Sentinel-3 \*\* es un satélite desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA) en el marco de *Copernicus* <<http://copernicus.eu/>> \_ servicios de monitoreo terrestre. Lleva varios instrumentos, en particular el Instrumento de color de mar y tierra (Ocean and Land Color Instrument OLCI) es un espectrómetro de imagen de escoba de empuje que adquiere 21 bandas en el rango de 0.4-1.02  $\mu\text{m}$  con un ancho de franja de 1,270 km y una resolución espacial de 300 m (ESA, 2013).

:guilabel:' Bandas Sentinel-3'

| Sentinel-3 Bands | Longitud de Onda Central [micrómetros] |
|------------------|----------------------------------------|
| Oa1              | 0.400                                  |
| Oa2              | 0.4125                                 |
| Oa3              | 0.4425                                 |
| Oa4              | 0.490                                  |
| Oa5              | 0.510                                  |
| Oa6              | 0.560                                  |
| Oa7              | 0.620                                  |
| Oa8              | 0.665                                  |
| Oa9              | 0.67375                                |
| Oa10             | 0.68125                                |
| Oa11             | 0.70875                                |
| Oa12             | 0.75375                                |
| Oa13             | 0.76125                                |
| Oa14             | 0.764375                               |
| Oa15             | 0.7675                                 |
| Oa16             | 0.77875                                |
| Oa17             | 0.865                                  |
| Oa18             | 0.885                                  |
| Oa19             | 0.900                                  |
| Oa20             | 0.940                                  |
| Oa21             | 1.020                                  |

### 4.2.4 Satélite ASTER

El satélite **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) fue lanzado en 1999 por la colaboración entre el Japanese Ministry of International Trade and Industry (MITI) y la NASA. ASTER tiene 14 bandas cuyas resoluciones espaciales varían con las longitudes de onda: 15m en el visible e infrarrojo cercano, 30m en el infrarrojo medio, y 90m en el infrarrojo térmico (USGS, 2015). Las bandas ASTER son presentadas en la siguiente tabla (debido a una falla del sensor **los datos SWIR adquiridos desde Abril 1, 2008 no están disponibles** ). La banda adicional 3B (backwardlooking near-infrared) proporciona una cobertura stereo.

*Bandas ASTER*

| Bandas ASTER                        | Longitud de Onda [micrómetros] | Resolución [metros] |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Banda 1 - Verde                     | 0.52 - 0.60                    | 15                  |
| Banda 2 - Rojo                      | 0.63 - 0.69                    | 15                  |
| Banda 3N - Infrarrojo Cercano (NIR) | 0.78 - 0.86                    | 15                  |
| Banda 4 - SWIR 1                    | 1.60 - 1.70                    | 30                  |
| Banda 5 - SWIR 2                    | 2.145 - 2.185                  | 30                  |
| Banda 6 - SWIR 3                    | 2.185 - 2.225                  | 30                  |
| Banda 7 - SWIR 4                    | 2.235 - 2.285                  | 30                  |
| Banda 8 - SWIR 5                    | 2.295 - 2.365                  | 30                  |
| Banda 9 - SWIR 6                    | 2.360 - 2.430                  | 30                  |
| Banda 10 - TIR 1                    | 8.125 - 8.475                  | 90                  |
| Banda 11 - TIR 2                    | 8.475 - 8.825                  | 90                  |
| Banda 12 - TIR 3                    | 8.925 - 9.275                  | 90                  |
| Banda 13 - TIR 4                    | 10.25 - 10.95                  | 90                  |
| Banda 14 - TIR 5                    | 10.95 - 11.65                  | 90                  |

## 4.2.5 Productos MODIS

El **\*\* MODIS \*\*** (Espectroradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada) es un instrumento que opera en los satélites Terra y Aqua lanzado por la NASA en 1999 y 2002, respectivamente. Sus resoluciones temporales permiten ver toda la superficie de la Tierra cada uno o dos días, con un ancho de franja de 2.330 km. Sus sensores miden 36 bandas espectrales en tres resoluciones espaciales: 250m, 500m y 1,000m. ( ver [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/)).

Hay varios productos disponibles, como la reflectancia de la superficie y los índices de vegetación. En este manual estamos considerando las bandas de reflectancia de superficie disponibles a una resolución espacial de 250 m y 500 m (Vermote, Roger, & Ray, 2015).

### *Bandas MODIS*

| Bandas MODIS                       | Longitud de Onda [micrómetros] | Resolución [metros] |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Banda 1 - Rojo                     | 0.62 - 0.67                    | 250 - 500           |
| Banda 2 - Infrarrojo Cercano (NIR) | 0.841 - 0.876                  | 250 - 500           |
| Banda 3 - Azul                     | 0.459 - 0.479                  | 500                 |
| Banda 4 - Verde                    | 0.545 - 0.565                  | 500                 |
| Band 5 - SWIR 1                    | 1.230 - 1.250                  | 500                 |
| Banda 6 - SWIR 2                   | 1.628 - 1.652                  | 500                 |
| Band 7 - SWIR 3                    | 2.105 - 2.155                  | 500                 |

Los siguientes productos (Versión 6, ver [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table)) están disponibles para descargar (Vermote, Roger, & Ray, 2015):

- MOD09GQ: reflectancia diaria a una resolución espacial de 250 m de Terra MODIS;
- MYD09GQ: reflectancia diaria a una resolución espacial de 250 m de Aqua MODIS;
- MOD09GA: reflectancia diaria a una resolución espacial de 500 m de Terra MODIS;
- MYD09GA: reflectancia diaria a una resolución espacial de 500 m de Aqua MODIS;
- MOD09Q1: reflectancia a una resolución espacial de 250 m, que es un compuesto de MOD09GQ (cada píxel contiene la mejor observación posible durante un período de 8 días);
- MYD09Q1: reflectancia a una resolución espacial de 250 m, que es una composición de MYD09GQ (cada píxel contiene la mejor observación posible durante un período de 8 días);
- MOD09A1: reflectancia a una resolución espacial de 250 m, que es una combinación de MOD09GA (cada píxel contiene la mejor observación posible durante un período de 8 días);

- MYD09A1: reflectancia a una resolución espacial de 250 m, que es una composición de MYD09GA (cada píxel contiene la mejor observación posible durante un período de 8 días);

## 4.3 Clasificación de la Cobertura Terrestre

Este capítulo proporciona definiciones básicas sobre las clasificaciones de cobertura del suelo.

### 4.3.1 Clasificación supervisada

Una **clasificación semi-automática** (también llamada una clasificación supervisada) es una técnica de procesamiento de imágenes que permite la identificación de materiales en una imagen a partir de sus firmas espectrales. Existen varios tipos de algoritmos de clasificación, pero el propósito general es producir un mapa temático de la cobertura del suelo.

El procesamiento de imágenes y el análisis espacial con SIG requieren de software específico, tal como el Semi-Automatic Classification Plugin de QGIS.

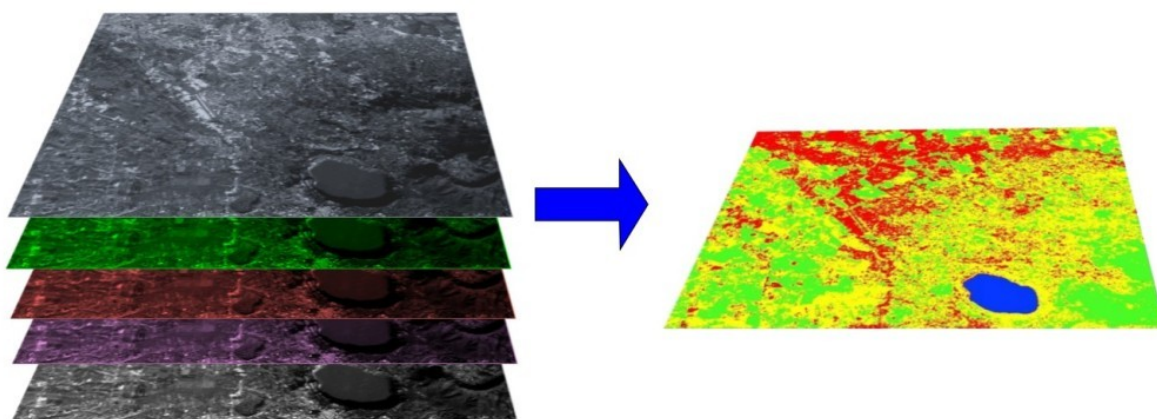


Figura 3: *Imagen multiespectral procesada para producir una clasificación de la cobertura del suelo*  
(Imagen Landsat proporcionada por USGS)

### 4.3.2 Composición de Color

A menudo se crea una combinación de tres imágenes individuales monocromáticas, en la cual cada una es asignada a un color. Esto es conocido como una **composición de color** y es útil para interpretación visual (NASA, 2013). Las composiciones de color son generalmente expresadas como:

« $R\ G\ B = Br\ Bg\ Bb$ »

donde:

- R significa Rojo;
- G significa Verde;
- B significa Azul;
- Br es el número de banda asociada al color Rojo;
- Bg es el número de banda asociada al color Verde;
- Bb es el número de banda asociada al color Azul;

La siguiente figura *Composición de color para una imagen Landsat 8* (página 120) muestra una composición de color «R G B = 4 3 2» de una imagen Landsat 8 (para Landsat 7 la misma composición de color es «R G B = 3 2 1», mientras que para Sentinel-2 es R G B = 4 3 2) y una composición de color «R G B = 5 4 3» (para Landsat 7 la misma composición de color es «R G B = 4 3 2», mientras que para Sentinel-2 es R G B = 8 4 3). La composición «R G B = 5 4 3» es útil para la interpretación de la imagen debido a que los píxeles de vegetación se muestran en colores rojos (la vegetación saludable refleja una gran parte de la luz incidente en la longitud de onda del infrarrojo cercano, resultando en valores de reflectancias más altos para la banda 5, dando por lo tanto valores más altos al rojo).

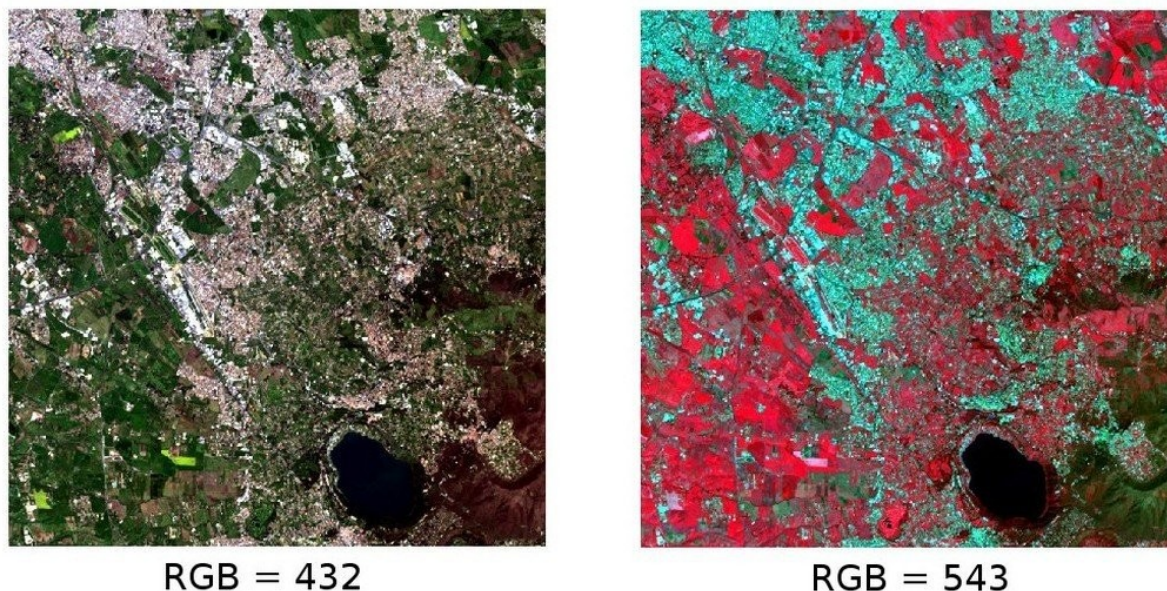


Figura 4: *Composición de color para una imagen Landsat 8*  
Datos onbtenidos de U.S. Geological Survey

### 4.3.3 Áreas de entrenamiento

Usualmente, la clasificación supervisada requiere que el usuario seleccione una o más Regiones de Interés (ROIs, o Áreas de Entrenamiento) para cada clase de cobertura del suelo identificada en la imagen. Las **ROIs** son polígonos dibujados sobre áreas homogéneas de la imagen que se superponen a píxeles pertenecientes a la misma clase de cobertura del suelo.

#### Algoritmo de Región Incremental

El Algoritmo de Región Incremental permite seleccionar los píxeles similares a un pixel semilla, considerando la **similitud espectral** (es decir, la distancia espectral) de los píxeles adyacentes. En *SCP*, el Algoritmo de Región Incremental está disponible para la creación de áreas de entrenamiento. El parámetro **distancia** está relacionado a la similitud de los valores de los píxeles al pixel semilla (mientras más bajo el valor, más similares serán los píxeles seleccionados). Un parámetro adicional es el **ancho máximo**, el cual es el lado de un cuadrado, centrado en el pixel semilla, el cual inscribe el área de entrenamiento (si todos los píxeles tuviesen el mismo valor, el área de entrenamiento sería este cuadrado). El **tamaño mínimo** es utilizado como restricción (para cada banda), seleccionando al menos los píxeles que son más similares al pixel semilla hasta que el número de píxeles seleccionados sean iguales al tamaño mínimo.

En la figura *Ejemplo de Región Incremental* (página 121) el pixel central es usado como semilla (imagen a), para la región incremental de una banda (imagen b) con el parámetro **distancia espectral** = 0.1; los píxeles similares son seleccionados para crear el área de entrenamiento (imagen c, e imagen d).



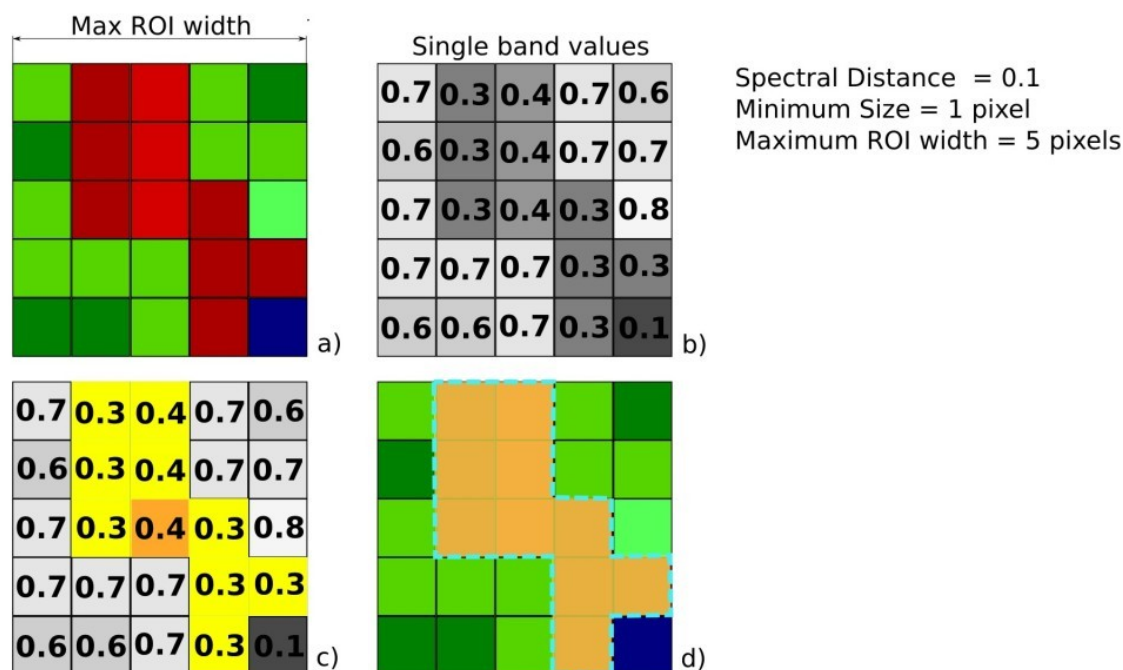


Figura 5: Ejemplo de Región Incremental

#### 4.3.4 Clases y Macroclases

Las clases de cobertura del suelo se identifican con un código ID arbitrario (identificador). SCP permite la definición de **Macroclase ID** (MC ID), y **Clase ID \*\*** (C ID), los cuales son los códigos de identificador de las clases de cobertura del suelo. Una **\*\*Macroclase** es un grupo de ROIs con diferente ID Clase, lo cual es útil cuando se necesita clasificar materiales que tienen diferente firma espectral en la misma clase de cobertura. Por ejemplo, es posible identificar pasto (e.g. Clase ID = 1 y Macroclase ID = 1) y árboles (ej. Clase ID = 2 y Macroclase ID = 1) como clase vegetación (ej. Macroclase ID = 1). Varios Clase IDs pueden ser asignados al mismo Macroclase ID, pero el mismo Clase ID no puede ser asignado a diferentes Macroclase IDs, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Ejemplo de Macroclases

| Nombre de la Macroclase | Macroclase ID | Nombre de clase | Clase ID |
|-------------------------|---------------|-----------------|----------|
| Vegetación              | 1             | Pasto           | 1        |
| Vegetación              | 1             | Árboles         | 2        |
| Construcciones          | 2             | Construcciones  | 3        |
| Construcciones          | 2             | Caminos         | 4        |

Por lo tanto, las Clases son subconjuntos de una Macroclase, como se muestra en la Figura *Ejemplo de Macroclases* (página 122).

Si el propósito del estudio no requiere el uso de Macroclases, entonces el mismo Macroclase ID puede ser utilizado para todos los ROIs (ej. Macroclase ID = 1) y las Macroclases serán ignoradas en el proceso de clasificación.

#### 4.3.5 Algoritmos de clasificación

Las **firmas espectrales** (características espectrales) de las clases de cobertura de referencia son calculadas considerando los valores de los píxeles de cada ROI que tengan el mismo Clase ID (o Macroclase ID). Por lo tanto, el algoritmo de clasificación, clasifica la imagen completa comparando las características de cada píxel con las características espectrales de las clases de referencia. SCP implementa los siguientes algoritmos de clasificación.

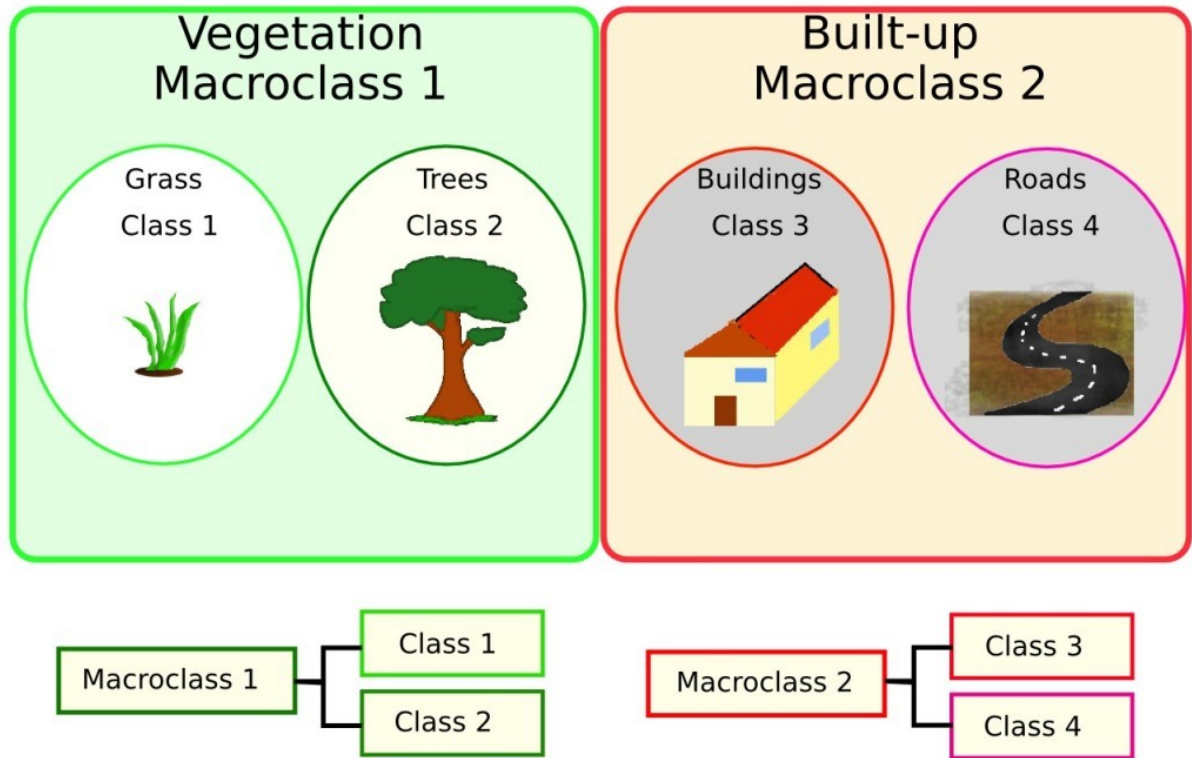


Figura 6: Ejemplo de Macroclases

### Distancia mínima

El algoritmo Distancia Mínima calcula la distancia Euclídea  $d(x, y)$  entre las firmas espectrales de los píxeles de la imagen y las firmas espectrales de entrenamiento, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

donde:

- $x$  = vector de firma espectral de un píxel de la imagen;
- $y$  = vector de firma espectral del área de entrenamiento;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

Por lo tanto, la distancia es calculada para cada píxel en la imagen, asignando la clase de la firma espectral más cercana de acuerdo a la siguiente función discriminante (adaptado de Richards and Jia, 2006):

$$x \in C_k \iff d(x, y_k) < d(x, y_j) \forall k \neq j$$

donde:

- $C_k$  = clase de cobertura  $k$ ;
- $y_k$  = firma espectral de la clase  $k$ ;
- $y_j$  = firma espectral de la clase  $j$ .

Es posible definir un umbral  $T_i$  para excluir de la clasificación los píxeles bajo este valor:

$$x \in C_k \iff d(x, y_k) < d(x, y_j) \forall k \neq j$$

and

$$d(x, y_k) < T_i$$

### Máxima Probabilidad

El algoritmo «Máxima Probabilidad» calcula las distribuciones de probabilidad para las clases, relacionado al teorema de Bayes, estimando si un pixel pertenece a una clase de cobertura. En particular, las probabilidades de distribución de las clases son asumidas de la forma de modelos normales multivariados (Richards & Jia, 2006). Para utilizar este algoritmo, se requiere un número lo suficientemente alto de píxeles para cada área de entrenamiento, lo cual permite el cálculo de la matriz de covarianza. La función discriminante, descrita por Richards and Jia (2006), se calcula para cada pixel como:

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^t \Sigma_k^{-1} (x - y_k)$$

donde:

- $C_k$  = clase de cobertura  $k$ ;
- $x$  = vector de firma espectral de un pixel de la imagen;
- $p(C_k)$  = probabilidad de que la clase correcta sea  $C_k$ ;
- $|\Sigma_k|$  = determinante de la matriz de covarianzas de los datos en la clase  $C_k$ ;
- $\Sigma_k^{-1}$  = inversa de la matriz de covarianzas;
- $y_k$  = vector de firma espectral de la clase  $k$ .

Por consiguiente:

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

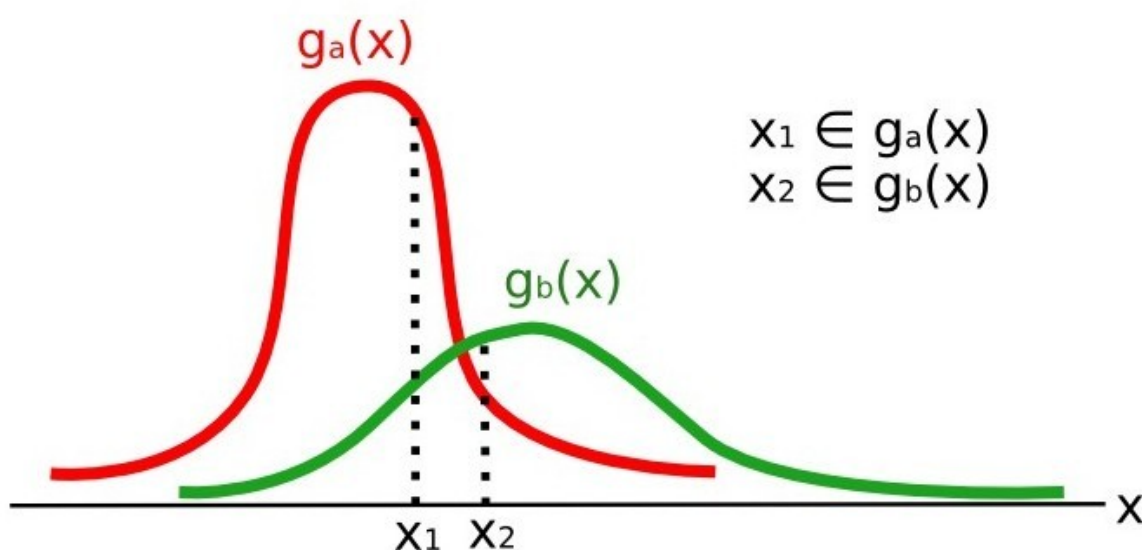


Figura 7: Ejemplo de Máxima Probabilidad



Adicionalmente, es posible definir un umbral de la función discriminante para excluir de la clasificación los píxeles bajo este valor. Considerando un umbral  $T_i$ , la condición de la clasificación resulta:

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

*and*

$$g_k(x) > T_i$$

Máxima probabilidad es uno de los algoritmos de clasificación supervisada más comunes, sin embargo el proceso de clasificación puede ser más lento que *Distancia mínima* (página 122).

## Mapeo del Angulo Espectral

El Mapeo de Ángulo Espectral calcula el ángulo espectral entre las firmas espectrales de los píxeles de la imagen y las firmas espectrales de entrenamiento. El ángulo espectral  $\theta$  es definido como (Kruse et al., 1993):

$$\theta(x, y) = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i^2)^{\frac{1}{2}} * (\sum_{i=1}^n y_i^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

Donde:

- $x$  = vector de firma espectral de un píxel de la imagen;
- $y$  = vector de firma espectral del área de entrenamiento;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

Por lo tanto un píxel pertenece a la clase teniendo el ángulo inferior, que es:

$$x \in C_k \iff \theta(x, y_k) < \theta(x, y_j) \forall k \neq j$$

donde:

- $C_k$  = clase de cobertura  $k$ ;
- $y_k$  = firma espectral de la clase  $k$ ;
- $y_j$  = firma espectral de la clase  $j$ .

Para excluir de la clasificación los píxeles bajo este valor, es posible definir un umbral  $T_i$ :

$$x \in C_k \iff \theta(x, y_k) < \theta(x, y_j) \forall k \neq j$$

*and*

$$\theta(x, y_k) < T_i$$

El Mapeo de Ángulo Espectral es ampliamente utilizado, especialmente con imágenes hiperespectrales.

## Clasificación de Paralelepípedo

La clasificación por paralelepípedos es un algoritmo que considera el rango de valores de cada banda, formando un paralelepípedo multidimensional que define la clase de cobertura. Un píxel es clasificado dentro de una clase, si sus valores están dentro del paralelepípedo correspondiente. Una de las mayores desventajas es que los píxeles cuyas firmas se superponen a dos o más paralelepípedos no pueden ser clasificados (Richards and Jia, 2006).

## Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo

*Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* está disponible en SCP (mira *Land Cover Signature Classification* (página 33)). Esta clasificación permite la definición de umbrales espectrales para cada firma de entrada (un valor mínimo y un valor máximo para cada banda). Los umbrales de cada firma de entrenamiento definen la región espectral perteneciente a cada clase de cobertura del suelo.

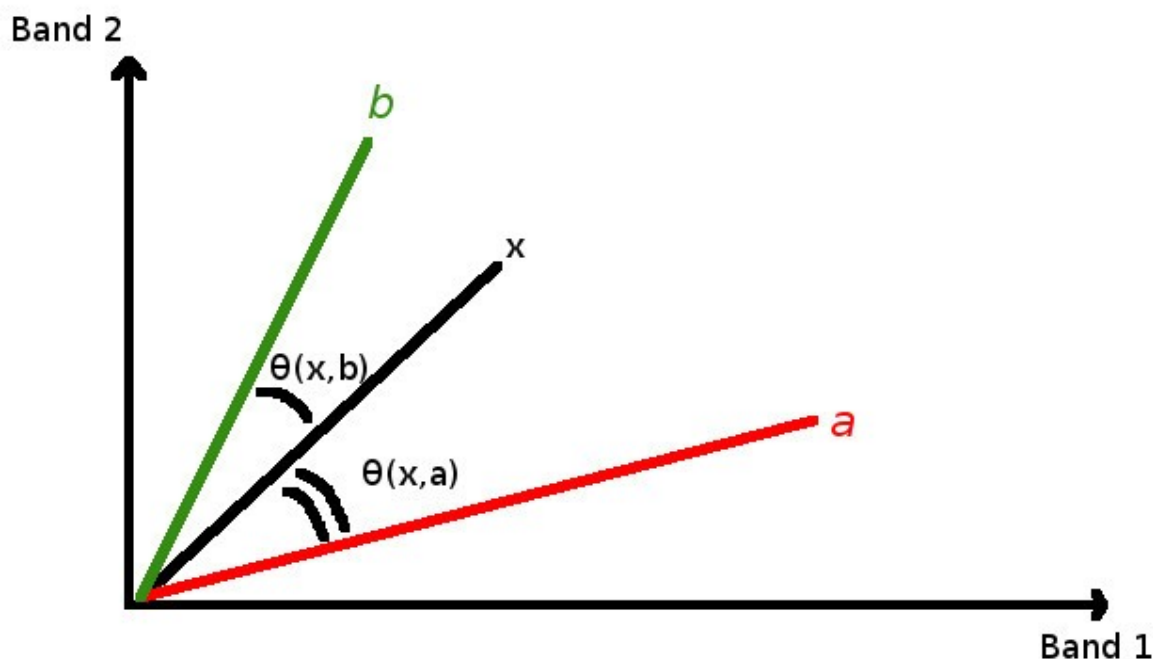


Figura 8: Ejemplo de Mapeo de Ángulo Espectral

Las firmas espectrales de los píxeles de la imagen son comparados con las firmas espectrales de entrenamiento; un pixel pertenece a la clase `X` si la firma espectral del pixel está completamente contenida en la región definida por la clase `X`. En caso de píxeles que coinciden dentro de regiones superpuestas o fuera de cualquier región espectral, es posible utilizar algoritmos de clasificación adicionales (ej. ref: *minimum\_distance\_algorithm*, *Máxima Probabilidad* (página 123), *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124)) considerando las características espectrales de la firma original.

La siguiente figura ilustra un esquema de *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* para un caso simple de dos bandas espectrales  $x$  y  $y$ . Las regiones espectrales definidas por el usuario definen tres clases ( $g_a$ ,  $g_b$ , and  $g_c$ ). El punto  $p_1$  pertenece a la clase  $g_a$  y el punto  $p_2$  pertenece a la clase  $g_b$ . Sin embargo, el punto  $p_3$  está dentro de ambas regiones espectrales  $g_b$  y  $g_c$  (regiones superpuestas); en este caso, el punto  $p_3$  quedará sin clasificar o será clasificado según un algoritmo adicional de clasificación. El punto  $p_4$  está fuera de cualquier región espectral, por lo tanto quedará sin clasificar o será clasificado según un algoritmo adicional de clasificación. Dado que el punto  $p_4$  pertenece a la clase  $g_c$ , la región espectral puede ser extendida para incluir el punto  $p_4$ .

Esto es similar a *Clasificación de Paralelepípedo* (página 124), con la excepción de que las regiones espectrales están definidas por el usuario y pueden ser asignadas independientemente para los límites mínimo y máximo. Es posible imaginar la región espectral como el conjunto de todas las firmas espectrales de los píxeles pertenecientes a una clase.

En la figura *Gráfico de rangos espectrales* (página 126) se muestran los rangos espectrales de tres clases ( $g_a$ ,  $g_b$ , y  $g_c$ ); las líneas de colores dentro de los rangos (el área semi-transparente) representa las firmas espectrales de los píxeles que definieron los límites superior e inferior del rango respectivo. El pixel  $p_1$  (línea interpunteada) pertenece a la clase  $g_b$  debido a que su firma espectral está completamente dentro del rango de la clase  $g_b$  (en el límite superior). El pixel  $p_2$  (línea entrecortada) queda sin clasificar debido a que su firma espectral no cae completamente dentro de ningún rango. El pixel  $p_3$  (línea interpunteada) pertenece a la clase  $g_a$ .

Es importante notar que estos umbrales espectrales pueden ser aplicados a cualquier forma espectral, independientemente de sus características espectrales. Esta función puede ser muy útil para separar firmas espectrales que difieren solamente en una banda, definiendo umbrales que incluyen o excluyen firmas específicas. De hecho, las clases se separan correctamente si sus rangos espectrales difieren en al menos una banda. Por supuesto, incluso si las regiones espectrales se superponen, es posible que ningún pixel caiga dentro del área superpuesta y sea clasificado incorrectamente. El límite superior o inferior de un rango no implica la existencia en la imagen de una

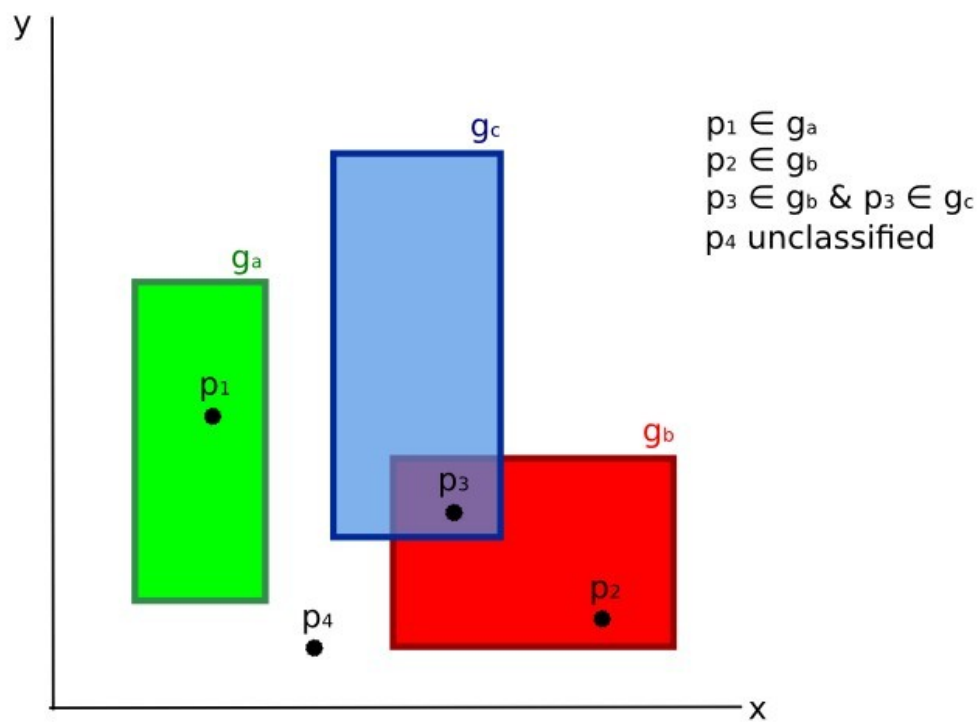


Figura 9: Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo

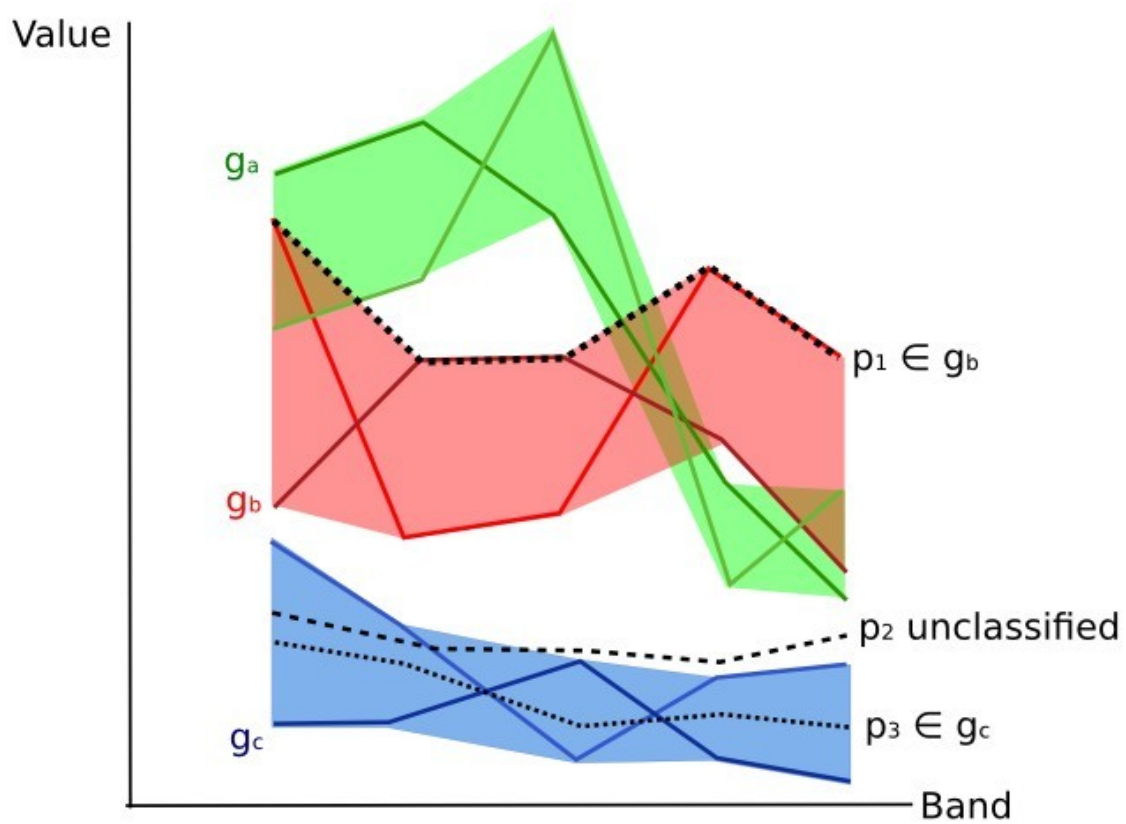


Figura 10: Gráfico de rangos espectrales

firma espectral que tenga valores de rango mínimo o máximo para todas las bandas (Por ejemplo el pixel  $p_1$  de la figura *Gráfico de rangos espectrales* (página 126) podría no existir).

Uno de los principales beneficios de la *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* es que es posible seleccionar píxeles e incluir su firma en un rango espectral. Por lo tanto, la clasificación debería ser la representación directa de las clases esperadas para cada firma espectral. Esto es muy útil para la clasificación de una única clase de cobertura del suelo (definida por umbrales espectrales específicos), y dejar sin clasificar el resto de la imagen que no sea de interés para el propósito de la clasificación.

## Ráster de Algoritmo

Un ráster de algoritmo representa la «distancia» (según la definición del algoritmo de clasificación) de un pixel de la imagen a una firma espectral específica.

En general, se genera un ráster de algoritmo por cada firma espectral utilizada como entrenamiento. El valor de cada pixel es el resultado del cálculo del algoritmo para una firma espectral definida. Por lo tanto, un pixel pertenece a la `class X` si el valor del ráster de algoritmo correspondiente a la `class X` es el menor en el caso de *Distancia mínima* (página 122) o *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124), o el mayor en el caso de *Máxima Probabilidad* (página 123).

Para una clasificación dada, la combinación de rásters de algoritmo puede ser generada para crear un raster con las menores «distancias» (es decir, los píxeles tienen el valor del ráster de algoritmo correspondiente a la clase a la que pertenecen en la clasificación). Por lo tanto, este raster puede ser útil para identificar píxeles que requieren la recolección de más firmas espectrales similares (ver *Clasificación preliminar* (página 35)).

### 4.3.6 Distancia Espectral

Es útil valorar la distancia espectral (o separabilidad) entre firmas de entrenamiento o píxeles para evaluar si diferentes clases que son muy similares entre sí podrían causar errores de clasificación. El :guilabel: 'SCP' implementa los siguientes algoritmos para evaluar la similitud de firmas espectrales.

#### Jeffries-Matusita Distance

La distancia de Jeffries-Matusita calcula la separabilidad de un par de distribuciones de probabilidad. Esto puede tener significado particularmente para evaluar los resultados de clasificaciones *Máxima Probabilidad* (página 123).

La distancia Jeffries-Matusita  $J_{xy}$  se calcula como (Richards and Jia, 2006):

$$J_{xy} = 2(1 - e^{-B})$$

donde:

$$B = \frac{1}{8}(x - y)^t \left( \frac{\Sigma_x + \Sigma_y}{2} \right)^{-1} (x - y) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|\frac{\Sigma_x + \Sigma_y}{2}|}{|\Sigma_x|^{\frac{1}{2}} |\Sigma_y|^{\frac{1}{2}}} \right)$$

donde:

- $x$  = primer vector de firma espectral;
- $y$  = segundo vector de firma espectral;
- $\Sigma_x$  = matriz de covarianza de la muestra  $x$ ;
- $\Sigma_y$  = matriz de covarianza de la muestra  $y$ ;

La distancia Jeffries-Matusita es asintótica a 2 cuando las firmas son completamente diferentes, y tiende a 0 cuando las firmas son idénticas.

## Angulo Espectral

El Ángulo Espectral es el más apropiado para evaluar los resultados de *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124). El ángulo espectral  $\theta$  es definido como (Kruse et al., 1993):

$$\theta(x, y) = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i^2)^{\frac{1}{2}} * (\sum_{i=1}^n y_i^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

Donde:

- $x$  = vector de firma espectral de un pixel de la imagen;
- $y$  = vector de firma espectral del área de entrenamiento;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

El ángulo espectral varía de 0 cuando las firmas son idénticas a 90 cuando las firmas son completamente diferentes.

## Distancia Euclidiana

La Distancia Euclidiana es particularmente útil para la evaluación de los resultados de la clasificación *Distancia mínima* (página 122). De hecho, la distancia es definida como:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

donde:

- $x$  = primer vector de firma espectral;
- $y$  = segundo vector de firma espectral;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

La Distancia Euclidiana es 0 cuando las firmas son idénticas y se incrementa según aumenta la distancia espectral entre las firmas.

## Similitud de Bray-Curtis

La Similitud de Bray-Curtis Similarity es un estadístico usado para evaluar la relación entre dos muestras (*leer*). Es útil en general para evaluar la similitud de firmas espectrales. La Similitud de Bray-Curtis  $S(x, y)$  se calcula como:

$$S(x, y) = 100 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n |(x_i - y_i)|}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i} \right) * 100$$

donde:

- $x$  = primer vector de firma espectral;
- $y$  = segundo vector de firma espectral;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

La Distancia de Bray-Curtis se calcula como porcentaje y varía de 0 cuando las firmas son completamente diferentes a 100 cuando las firmas son idénticas.

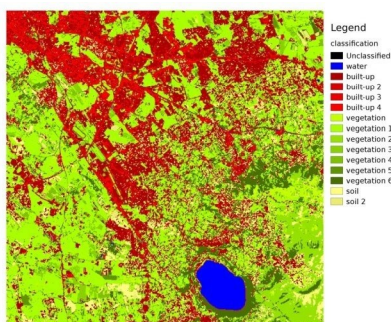


Figura 11: *Clasificación de Landsat*  
Datos onbtenidos de U.S. Geological Survey

### 4.3.7 Resultado de la Clasificación

El resultado del proceso de clasificación es un raster (ver un resultado de clasificación de Landsat en la Figura *Clasificación de Landsat* (página 129)), donde los valores de los pixeles corresponden a los Clase ID y cada color representa una clase de cobertura del suelo.

Un cierto número de errores pueden ocurrir durante la clasificación de cobertura del suelo (ej. algunos pixeles pueden haber sido asignados erróneamente a una clase de cobertura), debido a la similaridad espectral de las clases o a una definición incorrecta de las clases durante la recolección de ROIs.

### 4.3.8 Evaluación De la Exactitud

Luego del proceso de clasificación, es útil evaluar la exactitud de una clasificación de cobertura del suelo para identificar y medir los errores del mapa. Usualmente se realiza una **evaluación de exactitud** a través del cálculo de una matriz de errores, la cual consiste en una tabla que compara la información del mapa resultante de la clasificación con un conjunto de datos de referencia (ground truth) (Congalton and Green, 2009).

La siguiente tabla es un esquema de Matriz de Errores, donde k es el número de clases identificadas en la clasificación de cobertura del suelo, y n es el número total de unidades de muestreo recolectadas. Los números en la diagonal mayor ( $a_{ii}$ ) representan el número de muestras correctamente identificadas, mientras que los otros números son errores de clasificación.

*Esquema de Matriz de Errores*

|         | Referencia 1 | Referencia 2 | ... | Referencia k | Total    |
|---------|--------------|--------------|-----|--------------|----------|
| Clase 1 | $a_{11}$     | $a_{12}$     | ... | $a_{1k}$     | $a_{1+}$ |
| Clase 2 | $a_{21}$     | $a_{22}$     | ... | $a_{2k}$     | $a_{2+}$ |
| ...     | ...          | ...          | ... | ...          | ...      |
| Clase k | $a_{k1}$     | $a_{k2}$     | ... | $a_{kk}$     | $a_{k+}$ |
| Total   | $a_{+1}$     | $a_{+2}$     | ... | $a_{+k}$     | $n$      |

Por lo tanto es posible calcular la precisión global como el ratio entre el número de muestras clasificadas correctamente (la suma de la diagonal mayor) y el número total de unidades n (Congalton and Green, 2009).

La precisión general (también expresada en porcentaje) se define como:

$$O = \sum_{i=1}^k a_{ii} / n$$

La precisión del usuario para cada clase se define como la relación (también expresada en porcentaje) entre las muestras correctas y el total de la fila:

$$U_i = a_{ii} / a_{i+}$$

El error de omisión:  $CE_{il} = 1 - U_{-i}$  corresponde a píxeles clasificados como clase:  $i$  que en realidad pertenecen a una clase diferente.

La precisión del productor para cada clase se calcula como la relación (también expresada en porcentaje) entre las muestras correctas y el total de la columna:

$$P_i = a_{ii}/a_{+i}$$

El error de omisión:  $OE_{-i} = 1 - P_{-i}$  corresponde a los píxeles que realmente pertenecen a la clase:  $i$  que se clasificaron erróneamente como una clase diferente.

La precisión del usuario es recomendada calcular la matriz de error basada en el área (Olofsson, et al., 2014) donde cada elemento representa la proporción de área estimada de cada clase. Esto permite estimar la precisión del usuario imparcial y la precisión del productor, el área imparcial de clases de acuerdo con los datos de referencia y el error estándar de las estimaciones de área.

Para mayor información, la siguiente documentación se encuentra disponible de manera libre: [Landsat 7 Science Data User's Handbook](#), [Remote Sensing Note](#), o [Wikipedia](#).

## 4.4 Procesamiento de imágenes

Las imágenes de teledetección se pueden procesar de diversas formas para obtener una clasificación, índices u otra información derivada, que pueda ser útil para la caracterización de la cobertura del suelo.

### 4.4.1 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es un método para reducir la dimensionalidad de un conjunto de variables medidas (bandas) en sus componentes principales (JARS, 1993)

La transformación de componentes principales produce un nuevo conjunto de bandas (componentes principales) con las siguientes características: Los componentes principales no están correlacionados; cada componente tiene una varianza menor al componente previo. Por lo tanto, éste es un método eficiente para la extracción de información y comprensión de datos (Ready and Wintz, 1973).

Dada una imagen con N bandas espectrales, los componentes principales se obtienen por cálculo matricial (Ready and Wintz, 1973; Richards and Jia, 2006):

$$Y = D^t X$$

donde:

- $Y$  = vector de componentes principales
- $D$  = matriz de autovalores de la matriz de covarianza  $C_x$  en el espacio X
- $t$  denota la transposición vectorial

$Y X$  se calcula de la siguiente manera:

$$X = P - M$$

- $P$  = vector de valores espectrales asociados a cada píxel.
- $M$  = vector de la media asociada a cada banda

Por lo tanto, la media de  $X$  asociada a cada banda es 0.  $D$  está formado por los autovectores (de la matriz de covarianza  $C_x$ ) ordenados de valores máximos a mínimos de los autovalores, para así tener el máximo de varianza en el primer componente. De esta forma, los componentes principales no están correlacionados unos con otros, y cada componente tiene una varianza menor que el anterior (Ready and Wintz, 1973).

Usualmente, los dos primeros componentes contienen más del 90 % de la varianza. Por ejemplo, el primer componente principal puede ser visualizado en una [Composición de Color](#) (página 119) para resaltar las clases de una [Cobertura del suelo](#) (página 114), o utilizadas como entrada para una [Clasificación supervisada](#) (página 119).



### 4.4.2 Pan-sharpening

Pan-sharpening se refiere a la combinación de la información de las bandas multiespectrales (MS), las cuales tienen una menor resolución espacial (para Landsat, las bandas tienen una resolución espacial de 30m), con la resolución espacial de una banda pancromática (PAN), que para Landsat 7 y 8 es de 15m. El resultado es una imagen multiespectral con la resolución espacial de la banda pancromática (ej. 15m). En *SCP*, se aplica una transformación de Brovey, en la cual los valores de cada banda multiespectral con la nueva resolución se calculan de la siguiente manera (Johnson, Tateishi and Hoan, 2012):

$$MSpan = MS * PAN / I$$

Donde *I* es Intensidad, la cual es una función de las bandas multiespectrales.

Se definen los siguientes pesos para *I*, en base a varias pruebas utilizando el *SCP*. Para Landsat 8, la Intensidad es calculada como:

$$I = (0,42 * Blue + 0,98 * Green + 0,6 * Red) / 2$$

Para Landsat 7, la Intensidad es calculada de la siguiente manera:

$$I = (0,42 * Blue + 0,98 * Green + 0,6 * Red + NIR) / 3$$



Figura 12: ejemplo de pan-sharpening de una imagen Landsat 8. Izquierda, bandas originales multiespectrales (30m); derecha, bandas con nueva resolución (pan-sharpened, 15m)

Datos obtenidos de U.S. Geological Survey

### 4.4.3 Índices espectrales

Los índices espectrales son operaciones entre bandas espectrales que son útiles para extraer información como la cobertura vegetal (JARS, 1993). Uno de los índices espectrales más populares es el \*\* Índice de vegetación de diferencia normalizada \*\* (NDVI), definido como (JARS, 1993):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Los valores de NDVI oscilan entre -1 y 1. La vegetación densa y sana muestra valores más altos, mientras que las áreas sin vegetación muestran valores bajos de NDVI.

Otro índice es el **\*\* Índice de Vegetación Mejorado \*\*** (EVI) que intenta tener en cuenta los efectos atmosféricos, como el efecto bruma, calculando la diferencia entre las bandas azul y roja (Didan, et al., 2015). EVI se define como:

$$EVI = G(NIR - Red)/(NIR + C_1Red - C_2Blue + L)$$

donde:: matematico:  $G$  es un factor de escala,; matematico: ' $C_1$ ' y; math: ' $C_2$ ' son coeficientes para los efectos atmosféricos, y; matematico: ' $L$ ' es un factor para contabilizar el diferencial NIR y Red Transferencia radiante a través del dosel. Los valores típicos de los coeficientes son:: matemáticos:  $G = 2.5$ ; matemáticos: ' $L = 1$ '; matemáticos: ' $C_1 = 6$ '; matemáticos: ' $C_2 = 7.5$ ' (Didan, et al., 2015).

#### 4.4.4 Agrupamiento

La agrupación, es la agrupación de píxeles basada en la similitud espectral (por ejemplo: ref: «distancia euclidiana» o: ref: «ángulo espectral») calculada para una imagen multiespectral (Richards y Jia, 2006).

La agrupación puede ser utilizada para la clasificación sin supervisión o para la selección automática de firmas espectrales. Vale la pena notar que, si bien: ref: *supervised\_classification\_definition* produce una clasificación con las clases identificadas durante el proceso de capacitación, las clases producidas por agrupamiento (es decir, grupos) no tienen definición y, en consecuencia, el usuario debe asignar una etiqueta de cobertura del suelo a cada clase.

La principal ventaja de la agrupación en grupos reside en la automatización. Por supuesto, los conglomerados no representan necesariamente un tipo de cobertura del suelo en particular y podría requerirse un procesamiento adicional para producir una clasificación precisa.

Hay varios tipos de agrupamiento, principalmente basados en métodos iterativos; los siguientes son los algoritmos proporcionados en: guilabel: *SCP*.

#### K-medias

El método K-medias se basa en el cálculo de la firma espectral promedio de los grupos (Wikipedia, 2017; JARS, 1993).

Al inicio, el usuario define el número de grupos esperados en la imagen, que corresponden a tantas firmas espectrales (es decir, muestras). Las firmas espectrales iniciales se pueden seleccionar de varias formas (por ejemplo, aleatoriamente, proporcionadas por el usuario, calculadas automáticamente a partir de valores de imagen).

Durante la primera iteración se producen agrupaciones calculando la distancia espectral de píxeles con firmas espectrales iniciales. Los algoritmos: ref: *distancia euclidiana* o: ref: '*ángulo espectral*' se pueden utilizar para calcular la distancia. Los píxeles se asignan de acuerdo con la firma espectral más similar, por lo que se producen agrupaciones.

Luego, se calcula la firma espectral promedio para cada grupo de píxeles, lo que da como resultado las firmas espectrales que se utilizarán en la siguiente iteración.

Este proceso continúa produciendo de forma iterativa agrupaciones y firmas espectrales medias, hasta que se verifica una de las siguientes condiciones:

- la distancia espectral entre las firmas espectrales producidas en esta iteración con las correspondientes producidas en la iteración anterior es menor que un cierto umbral;
- se alcanza el número máximo de iteraciones.

Después de la última iteración, se genera un ráster de agrupaciones utilizando las firmas espectrales derivadas de la última iteración.

#### ISODATA

El método ISODATA (técnica iterativa de análisis de datos autoorganizados) es similar a K-medias pero con los pasos adicionales de fusionar grupos que tienen firmas espectrales similares y dividir grupos que tienen una varia-

bilidad demasiado alta (es decir, desviación estándar) de firmas espectrales (Ball & Hall, 1965). A continuación, se describe la implementación de: guilabel: SCP de ISODATA.

Al principio, el usuario define el número de grupos esperados en la imagen, que corresponden a tantas firmas espectrales (es decir, muestras). Las firmas espectrales iniciales se pueden seleccionar de varias formas (por ejemplo, aleatoriamente, proporcionadas por el usuario, calculadas automáticamente a partir de valores de imagen). Los parámetros iniciales proporcionados por el usuario son:

- : matemático:  $C$  = número de grupos deseados
- : matemático:  $N_{\{min\}}$  = número mínimo de píxeles para un clúster
- : matemático:  $\sigma_{\{t\}}$  = umbral de desviación estándar máxima para dividir
- : matemático:  $D_{\{t\}}$  = umbral de distancia para fusionar

Durante la primera iteración se producen clusters calculando la: ref: *euclidean\_distance* de píxeles con firmas espectrales iniciales. Los píxeles se asignan de acuerdo con la firma espectral más similar, por lo que se producen agrupaciones.

Por tanto, se calculan los siguientes parámetros:

- : matemático:  $N_{\{i\}}$  = número de píxeles del agrupamiento: matemático:  $i$
- : matemático:  $S_{\{i\}}$  = firma espectral promedio del agrupamiento: matemático:  $i$
- : matemático:  $AVERAGEDIST_{\{i\}}$  = distancia promedio del agrupamiento: matemático:  $i$  con la firma espectral de la muestra
- : matemático:  $AVERAGEDISTANCE$  = distancia promedio general de todos los agrupamientos
- : matemático:  $\sigma_{\{ij\}}$  = desviación estándar del agrupamiento: matemático:  $i$  en la banda: matemático: ' $j$ '
- : matemático:  $\sigma_{max_{\{i\}}}$  = desviación estándar máxima del agrupamiento: matemático:  $i$  (es decir: matemático: ' $\max(\sigma_{\{ij\}})$ ')
- : matemático:  $k_{\{i\}}$  = banda donde: matemático:  $\sigma_{max_{\{i\}}}$  ocurrió
- : matemático:  $Sk_{\{i\}}$  = valor de: matemático:  $S_{\{i\}}$  en la banda: matemático:  $k_{\{i\}}$
- : matemático:  $P$  = número de agrupamientos

Luego, para cada grupo: matemático:  $i$ , si: matemático: ' $N_{\{i\}} < \text{matemático: } N_{\{min\}} \text{ , entonces el grupo: matemático: } i \text{ se descarta.}$

Si: matemático:  $P \leq \text{matemático: } C$ , intente dividir los grupos. Para cada grupo: matemático:  $i$ :

- If: matemático:  $\sigma_{max_{\{i\}}} > \text{matemático: } \sigma_{\{t\}}$ :
  - If ((:**matemático: 'AVERAGEDIST\_{i}'** > :**matemático: 'AVERAGEDISTANCE'**) AND (:**matemático: 'N\_{i}'** > (2 \* :**matemático: 'N\_{min}'** + 2) )) OR (:**matemático: 'C'** > 2 \* :**matemático: 'P'**):
    - crear una nueva firma espectral: matemático:  $S_{\{p+1\}} = \text{matemático: } S_{\{i\}}$
    - in  $S_i$  set the value  $Sk_i = Sk_i + \sigma_{max_i}$
    - in  $S_{p+1}$  set the value  $Sk_{p+1} = Sk_i - \sigma_{max_i}$
    - $P = P + 1$
    - start a new iteration

If  $P > (2 * C)$  then try to merge clusters.

- For each combination  $xy$  of spectral signatures calculate  $D_{xy} = \text{Distancia Euclidiana}$  (página 128) of spectral signatures  $S_x$  and  $S_y$ .
- If the minimum  $D_{xy}$  is greater than  $D_t$ :
  - $S_{\{i\}} = (N_i * S_{\{i\}} + N_j * S_{\{j\}}) / (N_i + N_j)$
  - discard  $S_{\{j\}}$

- $P = P - 1$
- start a new iteration

After the last iteration, a raster of clusters is produced using the spectral signatures derived from the last iteration. The number of clusters can vary according to the processes of splitting and merging.

## 4.5 Conversión de la imagen a Reflectancia

Este capítulo provee información sobre la conversión a reflectancia implementada en *SCP*.

### 4.5.1 Radiancia en el sensor.

**Radiancia** es el «Flujo de energía (principalmente energía irradiante o incidente) por ángulo sólido que abandona una unidad de área de una superficie en una dirección dada», «Radiancia es lo que mide el sensor y depende en cierta medida de la reflectancia» (NASA, 2011, p. 47).

Imágenes como las de Landsat o Sentinel-2 están compuestas de diferentes bandas y un archivo de metadatos que contiene la información requerida para la reflectancia.

Las imágenes de Landsat son provistas en radiancia, escaladas previamente al resultado. Para imágenes Landsat, la **Radiancia espectral en el sensor** ( $L_\lambda$ , medida en [vatios/(metro cuadrado \* ster \*  $\mu m$ ))] está dada por ([https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)):

$$L_\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L$$

donde:

- $M_L$  = Factor multiplicativo de reescalamiento específico de la banda, proveniente de los metadatos (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de banda)
- $A_L$  = Factor aditivo de reescalamiento específico de la banda, proveniente de los metadatos (RADIANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de banda)
- $Q_{cal}$  = Valores de pixel discretizados y calibrados del producto estandar (valores digitales DN)

Imágenes Sentinel-2 (Level-1C) se proveen directamente en *Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA)* (página 134), escaladas previamente al resultado (ESA, 2015).

### 4.5.2 Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA)

Es posible convertir imágenes con valores de radiancia a valores de Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA), la cual combina la reflectancia de la superficie y la reflectancia atmosférica, para reducir la variabilidad inter-imagen a través de una normalización de la irradiancia solar. Esta reflectancia TOA ( $\rho_p$ ), la cual es el ratio de la energía reflejada con respecto al total de la energía incidente (NASA, 2011), puede ser calculada como:

$$\rho_p = (\pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * \cos\theta_s)$$

donde:

- $L_\lambda$  = Radiancia espectral en el sensor (Radiancia en el satélite)
- $d$  = Distancia Tierra-Sol en Unidades Astronómicas (la cual se encuentra en el archivo de metadatos de las imágenes Landsat 8, y un archivo de excel en [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/excel\\_docs/d.xls](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/excel_docs/d.xls))
- $ESUN_\lambda$  = Irradiancia Media Solar exo-atmosférica
- $\theta_s$  = Angulo zenital solar en grados, el cual es equivalente a:  $\theta_s = 90^\circ - \theta_e$  donde  $\theta_e$  es la elevación solar

Es importante notar que para las imágenes de Landsat 8 se proveen factores de reescalamiento para cada banda que permiten la conversión directa de valores digitales DN a Reflectancia TOA.

Las imágenes Sentinel-2 se distribuyen ya con valores de reflectancia TOA escalados, los cuales pueden ser convertidos a reflectancia TOA con un cálculo simple utilizando el Valor de Discretización provisto en los metadatos (ver [https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2\\_MSI\\_Product\\_Specification.pdf](https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_MSI_Product_Specification.pdf)).

Sentinel-3 images are already provided in scaled TOA radiance. Conversion to reflectance is performed applying the coefficients `scale_factor` and `add_offset` provided in the metadata of each band. The ancillary raster `tie_geometries.nc` provides the value of sun zenith angle and the ancillary raster `instrument_data` provides information about the solar flux for each band, which are used for the conversion to reflectance with the correction for sun angle. In addition, the georeferencing of the bands is performed using the ancillary raster `geo_coordinates.nc` which provides coordinates of every pixel.

### 4.5.3 Reflectancia de la Superficie

Los efectos de la atmósfera (i.e. la perturbación en los valores de reflectancia que varía con la longitud de onda) debe ser considerada para medir la reflectancia en la superficie.

La **reflectancia de la superficie** ( $\rho$ ), tal como lo describe Moran et al. (1992), es:

$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / [T_v * ((ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down})]$$

donde:

- $L_p$  es el efecto bruma, en inglés path radiance
- $T_v$  es la transmitancia de la atmósfera en la dirección de visión
- $T_z$  es la transmitancia atmosférica en la dirección de iluminación
- $E_{down}$  es la irradiancia difusa descendiente

Por lo tanto, necesitamos varias medidas atmosféricas para calcular  $\rho$  (correcciones basadas en medidas físicas). Alternativamente, es posible utilizar **técnicas basadas en imagen** para el cálculo de esos parámetros sin la necesidad de medidas in-situ durante la adquisición de la imagen. Vale la pena mencionar que el **Producto de Alto Nivel Landsat Reflectancia de Superficie** para Landsat 8 está disponible (para más información leer [http://landsat.usgs.gov/CDR\\_LSR.php](http://landsat.usgs.gov/CDR_LSR.php)).

### 4.5.4 Corrección DOS1

El **Dark Object Subtraction** (DOS) o substracción de objeto oscuro es una familia de correcciones atmosféricas basadas en imagen. Chavez (1996) explica que «la suposición básica es que en la imagen algunos píxeles están completamente en sombra, y sus radiancias recibidas en el satélite se deben a la dispersión atmosférica (efecto bruma). Esta suposición es combinada con el hecho de que muy pocos elementos en la superficie de la Tierra tienen un color negro absoluto, por lo tanto, una reflectancia asumida de uno por ciento es mejor que un cero por ciento». Es importante mencionar que la exactitud de las técnicas basadas en imagen es generalmente menor que las correcciones basadas en medidas físicas, pero son muy útiles cuando no están disponibles mediciones atmosféricas que puedan mejorar la estimación de la reflectancia de la superficie terrestre. El **efecto bruma** es dado por (Sobrino, et al., 2004):

$$L_p = L_{min} - L_{DO1} \%$$

donde:

- $L_{min}$  = «radiancia que corresponde a un valor digital para el cual la suma de todos los píxeles con valores digitales menores o iguales a este valor es igual al 0.01 % de todos los píxeles de la imagen considerada» (Sobrino, et al., 2004, p. 437), por lo tanto, la radiancia obtenida con ese valor de conteo digital ( $DN_{min}$ )
- $L_{DO1} \%$  = radiancia del objeto oscuro, con un valor asumido de reflectancia de 0.01

En particular para imágenes Landsat:

$$L_{min} = M_L * DN_{min} + A_L$$

Las imágenes Sentinel-2 son convertidas a radiancia antes del cálculo DOS1.

La **Radiancia de Objeto Oscuro** es dada por (Sobrino, et al., 2004):

$$L_{DO1} \% = 0,01 * [(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down}] * T_v / (\pi * d^2)$$

Por lo tanto, el **efecto bruma** es:

$$L_p = M_L * DN_{min} + A_L - 0,01 * [(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s * T_z) + E_{down}] * T_v / (\pi * d^2)$$

Existen varias técnicas DOS (ej. DOS1, DOS2, DOS3, DOS4), basadas en diferentes asunciones acerca de  $T_v$ ,  $T_z$ , y  $E_{down}$ . La técnica más simple es la **DOS1**, donde se hacen las siguientes suposiciones (Moran et al., 1992):

- $T_v = 1$
- $T_z = 1$
- $E_{down} = 0$

Por lo tanto, el **efecto bruma** es:

$$L_p = M_L * DN_{min} + A_L - 0,01 * ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s / (\pi * d^2)$$

Y la **reflectancia de la superficie terrestre** resultante está dada por:

$$\rho = [\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2] / (ESUN_{\lambda} * \cos\theta_s)$$

Los valores ESUN [W/(m<sup>2</sup> \* μm)] para sensores Landsat se encuentran en la siguiente tabla.

*Valores ESUN para bandas Landsat*

| Ban-da | Landsat 1<br>MSS | Landsat 2<br>MSS | Landsat 3<br>MSS | Landsat 4<br>TM | Landsat 5<br>TM* | Landsat 7<br>ETM+** |
|--------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| 1      |                  |                  |                  | 1983            | 1983             | 1970                |
| 2      |                  |                  |                  | 1795            | 1796             | 1842                |
| 3      |                  |                  |                  | 1539            | 1536             | 1547                |
| 4      | 1823             | 1829             | 1839             | 1028            | 1031             | 1044                |
| 5      | 1559             | 1539             | 1555             | 219.8           | 220              | 225.7               |
| 6      | 1276             | 1268             | 1291             |                 |                  |                     |
| 7      | 880.1            | 886.6            | 887.9            | 83.49           | 83.44            | 82.06               |
| 8      |                  |                  |                  |                 |                  | 1369                |

\* de Chander, Markham, & Helder (2009)

\*\* de [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data\\_prod/prog\\_sect11\\_3.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html)

Para **Landsat 8**,  $ESUN$  puede ser calculado como (from <http://grass.osgeo.org/grass65/manuals/i.landsat.toar.html>):

$$ESUN = (\pi * d^2) * RADIANCE\_MAXIMUM / REFLECTANCE\_MAXIMUM$$

donde  $RADIANCE\_MAXIMUM$  y  $REFLECTANCE\_MAXIMUM$  son provistas en los metadatos de la imagen.

Los valores de  $ESUN$  [W/(m<sup>2</sup> \* μm)] para el sensor **Sentinel-2** (provistos en los metadatos de la imagen) se muestran en la siguiente tabla.

*valores de ESUN para bandas de Sentinel-2*



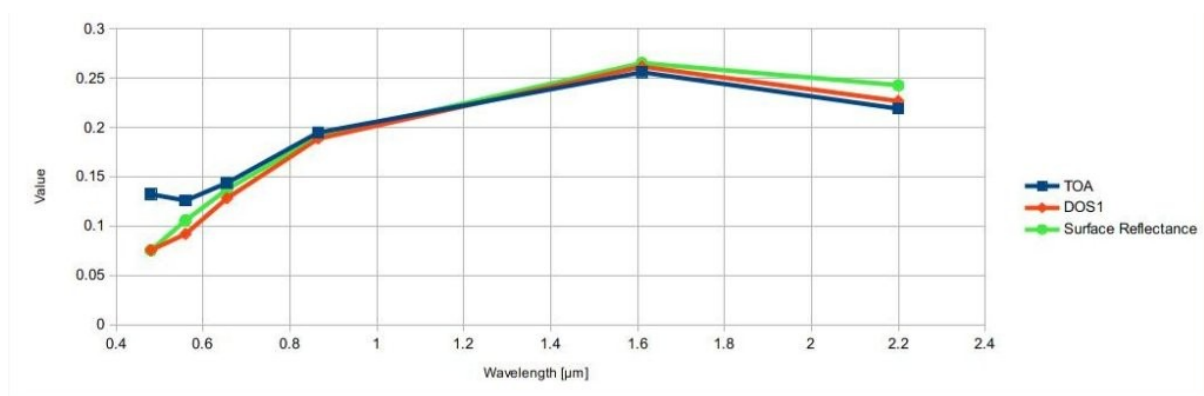
| Banda | Sentinel-2 |
|-------|------------|
| 1     | 1913.57    |
| 2     | 1941.63    |
| 3     | 1822.61    |
| 4     | 1512.79    |
| 5     | 1425.56    |
| 6     | 1288.32    |
| 7     | 1163.19    |
| 8     | 1036.39    |
| 8A    | 955.19     |
| 9     | 813.04     |
| 10    | 367.15     |
| 11    | 245.59     |
| 12    | 85.25      |

Los valores de ESUN [ $\text{W}/(\text{m}^2 * \mu\text{m})$ ] para el sensor **ASTER** se muestran en la siguiente tabla (de Finn, et al., 2012).

*Valores de ESUN para bandas ASTER*

| Banda | ASTER |
|-------|-------|
| 1     | 1848  |
| 2     | 1549  |
| 3     | 1114  |
| 4     | 225.4 |
| 5     | 86.63 |
| 6     | 81.85 |
| 7     | 74.85 |
| 8     | 66.49 |
| 9     | 59.85 |

Un ejemplo de comparación de valores de Reflectancia TOA, Reflectancia corregida con DOS1 y Producto de Alto Nivel Landsat Reflectancia de Superficie (datos de referencia) se puede ver en la figura *Firmas espectrales de un píxel de superficie construida* (página 137).



**Figura 13: Firmas espectrales de un píxel de superficie construida**

Comparación de valores de Reflectancia TOA, Reflectancia corregida con DOS1 y Producto de Alto Nivel Landsat Reflectancia de Superficie



## 4.6 Conversión a temperatura

Este capítulo proporciona información básica sobre la conversión a **Temperatura de Brillo en el Satélite** implementada en *SCP* y la estimación de la **Temperatura Superficial del Suelo**.

### 4.6.1 Conversión a Temperatura de Brillo en el Satélite

Para las bandas termales, la conversión de valores digitales DN a Temperatura de Brillo en el satélite es dada por (from [https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)):

$$T_B = K_2 / \ln[(K_1 / L_\lambda) + 1]$$

donde:

- $K_1$  = constante de conversión térmica específica de la banda (en vatios /metro cuadrado \* ster \*  $\mu m$ )
- $K_2$  = Constante de conversión térmica específica de la banda (en grados kelvin)

y  $L_\lambda$  es la radiancia espectral en el sensor, medida en vatios/(metro cuadrado \* ster \*  $\mu m$ ).

Las constantes  $K_1$  y  $K_2$  para sensores Landsat son proporcionadas en la siguiente tabla.

*Constantes de conversión térmica para Landsat*

| Constante | Landsat 4* | Landsat 5* | Landsat 7** |
|-----------|------------|------------|-------------|
| $K_1$     | 671.62     | 607.76     | 666.09      |
| $K_2$     | 1284.30    | 1260.56    | 1282.71     |

\* de Chander & Markham (2003)

\*\* de NASA (2011)

Para **Landsat 8**, los valores de  $K_1$  y  $K_2$  son proporcionadas en el archivo de metadatos de la imagen.

$K_1$  y  $K_2$  son calculadas como (Jimenez-Munoz & Sobrino, 2010):

$$K_1 = c_1 / \lambda^5$$

$$K_2 = c_2 / \lambda$$

donde (Mohr, Newell, & Taylor, 2015):

- $c_1$  = Primera constante de radiación =  $1,191 * 10^{-16} W m^2 sr^{-1}$
- $c_2$  = segunda constante de radiación =  $1,4388 * 10^{-2} mK$

Por lo tanto,  $K_1$  y  $K_2$  para bandas ASTER se proporcionan en la siguiente tabla.

*Constantes de conversión térmica para ASTER*

| Constante | Banda 10       | Banda 11       | Banda 12       | Banda 13       | Banda 14       |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $K_1$     | $3,024 * 10^3$ | $2,460 * 10^3$ | $1,909 * 10^3$ | $8,900 * 10^2$ | $6,464 * 10^2$ |
| $K_2$     | $1,733 * 10^3$ | $1,663 * 10^3$ | $1,581 * 10^3$ | $1,357 * 10^3$ | $1,273 * 10^3$ |

### 4.6.2 Estimación de la Temperatura de Superficie del Suelo

Varios estudios han descrito la estimación de la Temperatura de Superficie del Suelo. Ésta puede ser calculada a partir de la Temperatura de Brillo en el Satélite  $T_B$  como (Weng, et al. 2004):

$$T = T_B / [1 + (\lambda * T_B / c_2) * \ln(e)]$$

donde:

- $\lambda$  = longitud de onda de la radiancia emitida
- $c_2 = h * c / s = 1,4388 * 10^{-2} \text{ m K}$
- $h$  = Constante de Planck's =  $6,626 * 10^{-34} \text{ J s}$
- $s$  = constante de Boltzmann =  $1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$
- $c$  = velocidad de la luz  $2,998 * 10^8 \text{ m/s}$

Los valores de  $\lambda$  para las bandas térmicas de los satélites Landsat y ASTER pueden ser calculadas a partir de las tablas *Satélites Landsat* (página 115) y *Satélite ASTER* (página 117).

Varios estudios han utilizado el NDVI para la estimación de la emisividad de la superficie (Sobrino, et al., 2004); otros estudios han utilizado una clasificación de cobertura del suelo para la definición de la emisividad de cada clase (Weng, et al. 2004). Por ejemplo, los valores de emisividad ( $e$ ) de varios tipos de cobertura del suelo se proporcionan en la siguiente tabla (de Mallick, et al. 2012).

*Valores de emisividad*

| Superficie de la tierra | Emisividad e |
|-------------------------|--------------|
| Suelo                   | 0.928        |
| Pasto                   | 0.982        |
| Asfalto                 | 0.942        |
| Concreto                | 0.937        |

## 4.7 Referencias

- Ball, G. H. & Hall, D. J., 1965. ISODATA. A novel method of data analysis and pattern classification. Menlo Park: Stanford Research Institute.
- Chander, G. & Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 41, 2674 - 2677
- Chavez, P. S., 1996. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, [Falls Church, Va.] American Society of Photogrammetry, 62, 1025-1036
- Congalton, R. and Green, K., 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Boca Raton, FL: CRC Press
- Didan, K.; Barreto Munoz, A.; Solano, R. & Huete, A., 2015. MODIS Vegetation Index User's Guide. Collection 6, NASA
- ESA, 2015. Sentinel-2 User Handbook. Available at [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_User\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook)
- ESA, 2013. Sentinel-3 User Handbook. Available at [https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685236/Sentinel-3\\_User\\_Handbook](https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685236/Sentinel-3_User_Handbook)
- Finn, M.P., Reed, M.D, and Yamamoto, K.H., 2012. A Straight Forward Guide for Processing Radiance and Reflectance for EO-1 ALI, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and ASTER. Unpublished Report from USGS/Center of Excellence for Geospatial Information Science, 8 p, [http://cegis.usgs.gov/soil\\_moisture/pdf/A%20Straight%20Forward%20guide%20for%20Processing%20Radiance%20and%20Reflectance\\_V\\_24Jul12.pdf](http://cegis.usgs.gov/soil_moisture/pdf/A%20Straight%20Forward%20guide%20for%20Processing%20Radiance%20and%20Reflectance_V_24Jul12.pdf)
- Fisher, P. F. and Unwin, D. J., eds., 2005. Representing GIS. Chichester, England: John Wiley & Sons
- JARS, 1993. Remote Sensing Note. Japan Association on Remote Sensing. Available at [http://www.jars1974.net/pdf/rsnote\\_e.html](http://www.jars1974.net/pdf/rsnote_e.html)
- Jimenez-Munoz, J. C. & Sobrino, J. A., 2010. A Single-Channel Algorithm for Land-Surface Temperature Retrieval From ASTER Data IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 7, 176-179

- Johnson, B. A., Tateishi, R. and Hoan, N. T., 2012. Satellite Image Pansharpening Using a Hybrid Approach for Object-Based Image Analysis ISPRS International Journal of Geo-Information, 1, 228. Available at <http://www.mdpi.com/2220-9964/1/3/228>)
- Kruse, F. A., et al., 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer. Data Remote Sensing of Environment
- Mallick, J.; Singh, C. K.; Shashtri, S.; Rahman, A. & Mukherjee, S., 2012. Land surface emissivity retrieval based on moisture index from LANDSAT TM satellite data over heterogeneous surfaces of Delhi city International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 19, 348 - 358
- Mohr, P. J.; Newell, D. B. & Taylor, B. N., 2015. CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2014 National Institute of Standards and Technology, Committee on Data for Science and Technology
- Moran, M.; Jackson, R.; Slater, P. & Teillet, P., 1992. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output Remote Sensing of Environment, 41, 169-184
- NASA, 2011. Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt, 186 [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf)
- NASA, 2013. Landsat 7 Science Data User's Handbook. Available at <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>
- Olofsson, P.; Foody, G. M.; Herold, M.; Stehman, S. V.; Woodcock, C. E. & Wulder, M. A., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42 – 57
- Ready, P. and Wintz, P., 1973. Information Extraction, SNR Improvement, and Data Compression in Multispectral Imagery. IEEE Transactions on Communications, 21, 1123-1131
- Richards, J. A. and Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. Berlin, Germany: Springer
- Sobrino, J.; Jiménez-Muñoz, J. C. & Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 Remote Sensing of Environment, Elsevier, 90, 434-440
- USGS, 2015. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Level 1 Precision Terrain Corrected Registered At-Sensor Radiance Product (AST\_L1T). AST\_L1T Product User's Guide. USGS EROS Data Center.
- Vermote, E. F.; Roger, J. C. & Ray, J. P., 2015. MODIS Surface Reflectance User's Guide. Collection 6, NASA
- Weng, Q.; Lu, D. & Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Inc., Box 882 New York NY 10159 USA, 89, 467-483
- Wikipedia, 2017. k-means clustering. Available at [https://en.wikipedia.org/wiki/K-means\\_clustering](https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering)

## Tutoriales Básicos

The following are very basic tutorials for land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS (you can find a guide to QGIS interface [at this page](#)).

### 5.1 Tutorial 1

El siguiente es un tutorial básico sobre la clasificación de la cobertura del suelo utilizando Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). Se asume que tienes un conocimiento básico sobre QGIS.

- *Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo* (página 141)
  - *Descargar los Datos* (página 142)
  - *Recortar los Datos* (página 145)
  - *Convertir datos a Reflectancia de Superficie* (página 148)
  - *Defina el conjunto de bandas y cree el archivo de entrada de entrenamiento.* (página 149)
  - *Crear las ROIs* (página 153)
  - *Assess the Spectral Signatures* (página 163)
  - *Crear Vista Previa de la Clasificación* (página 169)
  - *Crear el resultado de la clasificación* (página 169)

#### 5.1.1 Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo

Este es un tutorial básico sobre el uso de *SCP* para la clasificación de una imagen multiespectral. Es recomendable que leas la *Breve Introducción a la Teledetección* (página 111) antes de este tutorial.

El propósito de la clasificación es identificar las siguientes clases de cobertura del suelo:

1. Agua;
2. Construcciones;

3. Vegetación;
4. Suelo desnudo.

El area de estudio de este tutorial es Greenbelt (Maryland, USA) que es el sitio del Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA (la institución que liderará el desarrollo del futuro segmento de vuelo Landsat 9).

Mira el vídeo de este tutorial.

<http://www.youtube.com/watch?v=fUZgYxgDjsk>

### Descargar los Datos

Vamos a descargar una *Satélites Landsat* (página 115) imagen (datos disponibles de el Servicio Geológico de EE. UU.) y usa las siguientes bandas:


1. Azul;
2. Verde;
3. Rojo;
4. Infrarrojo Cercano;
5. Infrarrojo de Onda Corta 1;
6. Infrarrojo de Onda Corta 2.

**Consejo:** En caso de que tenga una conexión lenta, puede descargar un subconjunto de imágenes desde este archivo <https://docs.google.com/uc?id=18CXceeQrjxQoM5Z80kvlvdTI4SmVBDZn> (de 5MB, datos disponibles de el Servicio Geológico de los EE.UU.), descomprima el archivo descargado, y pasar a *Convertir datos a Reflectancia de Superficie* (página 148).

Inicie QGIS y el SCP. Abra la pestaña *Descargar productos* (página 51) haciendo clic en el botón  en el *Home* (página 24), o en el *SCP menú* (página 21),


Estamos buscando una imagen específica adquirida el 16 de abril de 2017 porque está libre de nubes. En *Parámetros de búsqueda* (página 53) ingrese las coordenadas del punto:

- UL: -77 / 39
- LR: -76.9 / 38.9

**CONSEJO:** En general es posible definir las coordenadas del área haciendo clic en el botón , luego haga clic izquierdo en el mapa para el punto UL y haga clic derecho en el mapa para el punto LR.

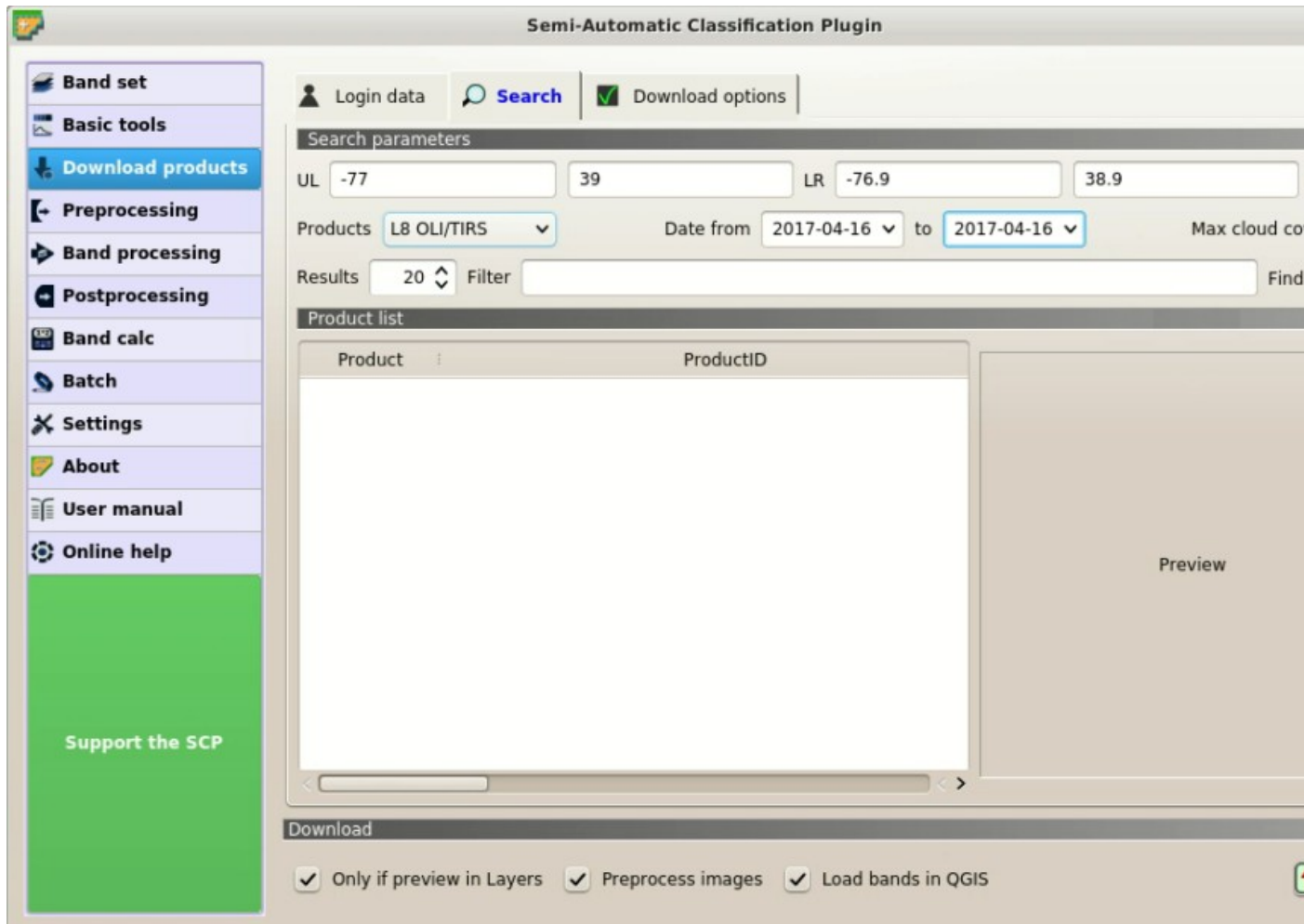
Seleccionar: guilabel:L8 OLI/TIRS desde la: guilabel:Products  y establecer:

- Date from: 2017-04-16
- to: 2017-04-16

Ahora da click en el botón *Buscar*  y luego de unos segundos la imagen se mostrará en el *Lista de productos* (página 55). Da click al elemento en la tabla para mostrar una miniatura de la imagen la cual es útil para verificar la calidad de la imagen y la cobertura de nubes.

Ahora da click en el botón  para cargar una muestra de la imagen en el mapa.

También podemos seleccionar las bandas a descargar de acuerdo a lo que queramos. En particular, selecciona el botón *Opciones de Descarga* (página 56) y selecciona solo las bandas de la imagen Landsat (Las que usaremos en este tutorial): 2, 3, 4, 5, 6, 7, y los datos auxiliares.

Figura 1: *Buscar productos*

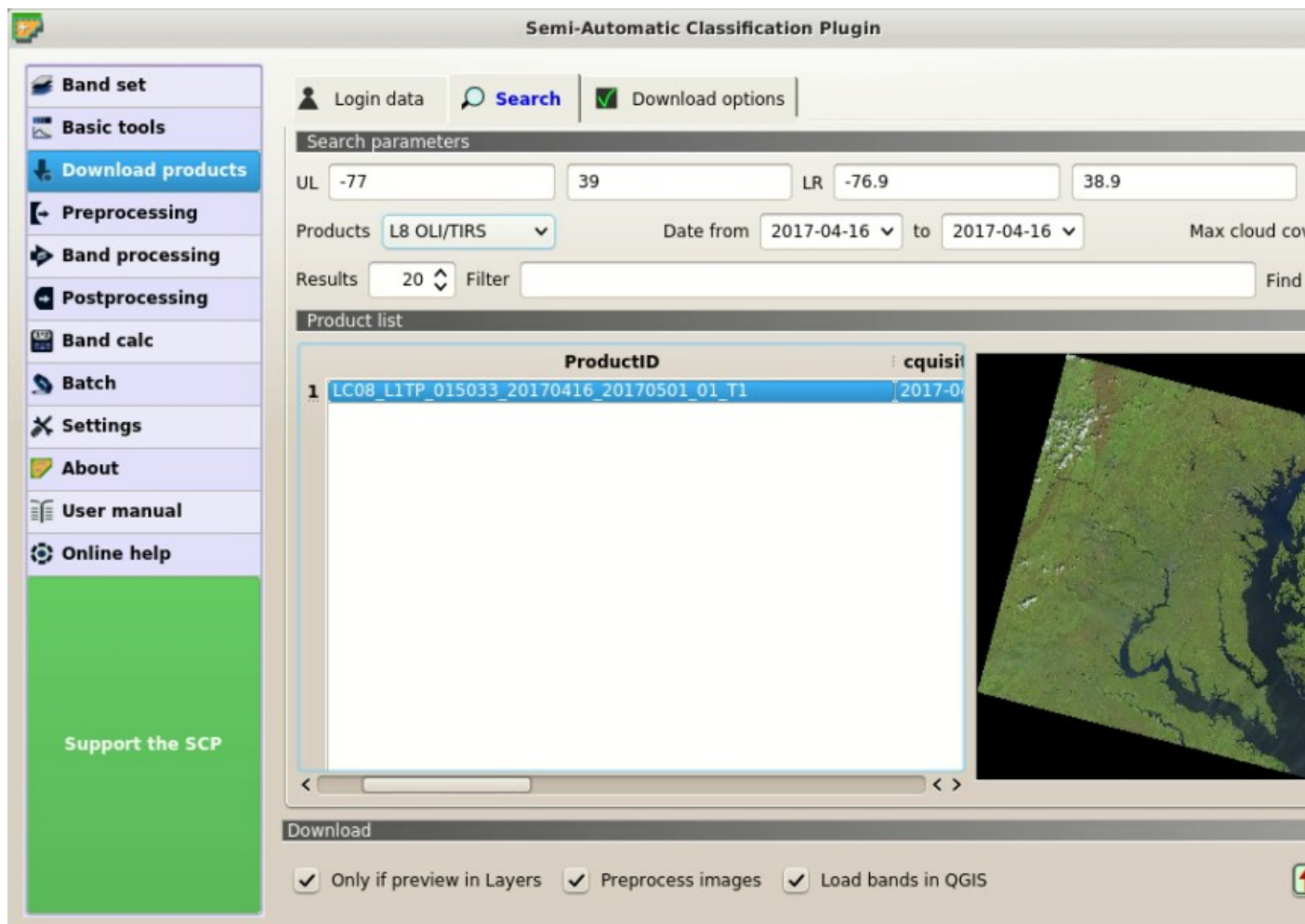


Figura 2: Buscar resultados



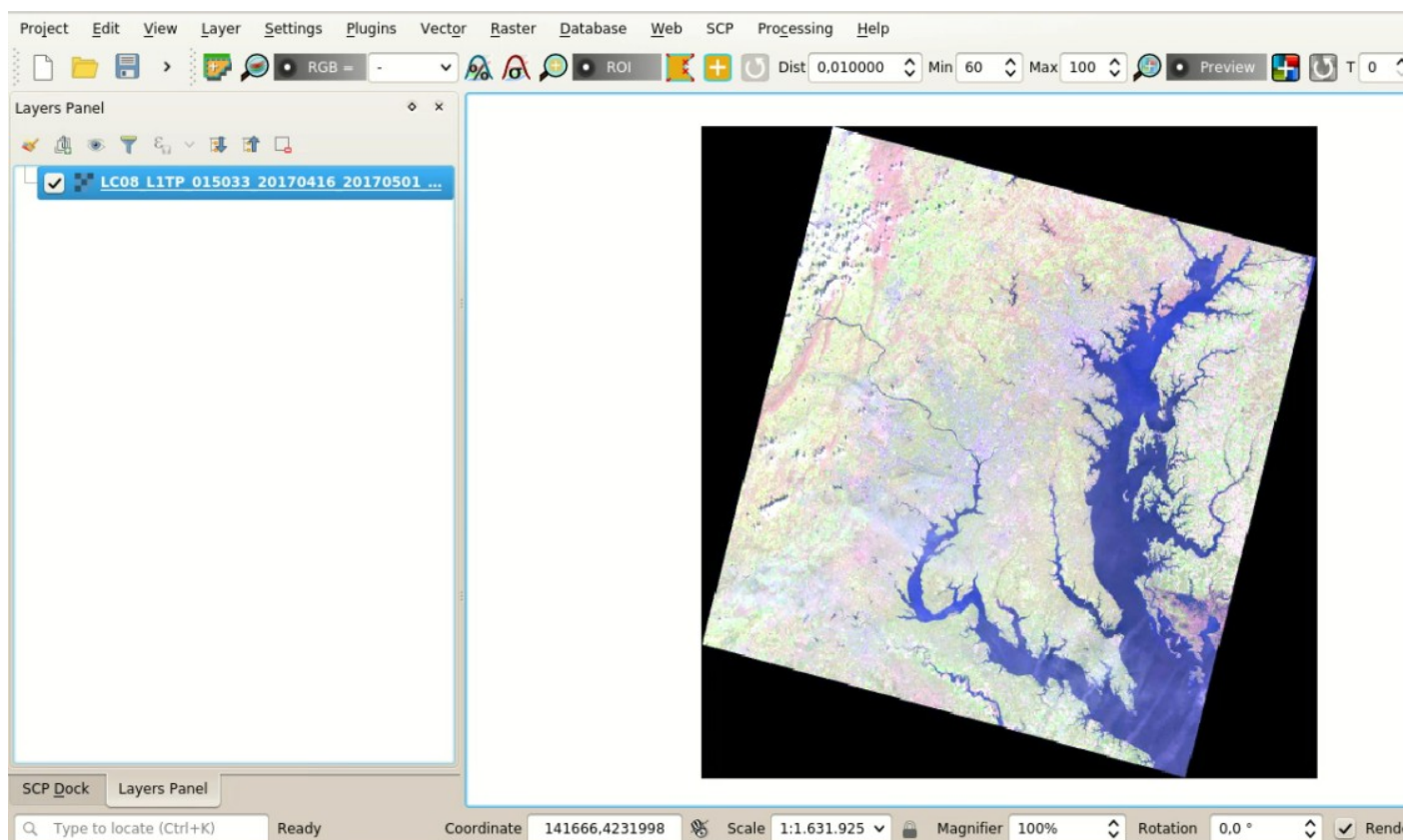



Figura 3: Vista previa de la imagen

A los efectos de este tutorial, desmarque la opción ☒ :guilabel: *Preprocesar imágenes* (por lo general, debe dejar esto marcado) porque vamos a preprocesar la imagen en *Convertir datos a Reflectancia de Superficie* (página 148).

Para comenzar la descarga de la imagen, haga clic en el botón: :guilabel: *RUN*  y seleccione un directorio donde se guardaran las bandas. La descarga podría durar unos minutos según la velocidad de su conexión a Internet. El progreso de la descarga se muestra en una barra.



«CONSEJO»: La opción ☒ :guilabel: «Solo si la vista previa en capas» permite descargar solo imágenes en la tabla de resultados que se cargan como vistas previas en el mapa. Si esta opción no está marcada, todos los productos de la lista se descargarán.

Después de la descarga, todas las bandas se cargan automáticamente en el mapa.

## Recortar los Datos

Para limitar el área de estudio (y reducir el tiempo de procesamiento) podemos recortar la imagen.

Primero, necesitamos definir un :guilabel: Conjunto de bandas que contienen las bandas que se van a recortar. Abra la pestaña *Conjunto de bandas* (página 38) haciendo clic en el botón *SCP menú* (página 21) o the *SCP dock* (página 23).

Clic en el botón  para actualizar el listado de capas, y seleccione las bandas: 2,3,4,5,6, y 7; luego haga clic  para agregar los raster a el :guilabel: *Band set 1*.

En: ref: *pre\_processing\_tab* abra la pestaña: ref: *clip\_multiple\_rasters\_tab*. Vamos a recortar el: :guilabel: *Band set 1* que contiene bandas Landsat.

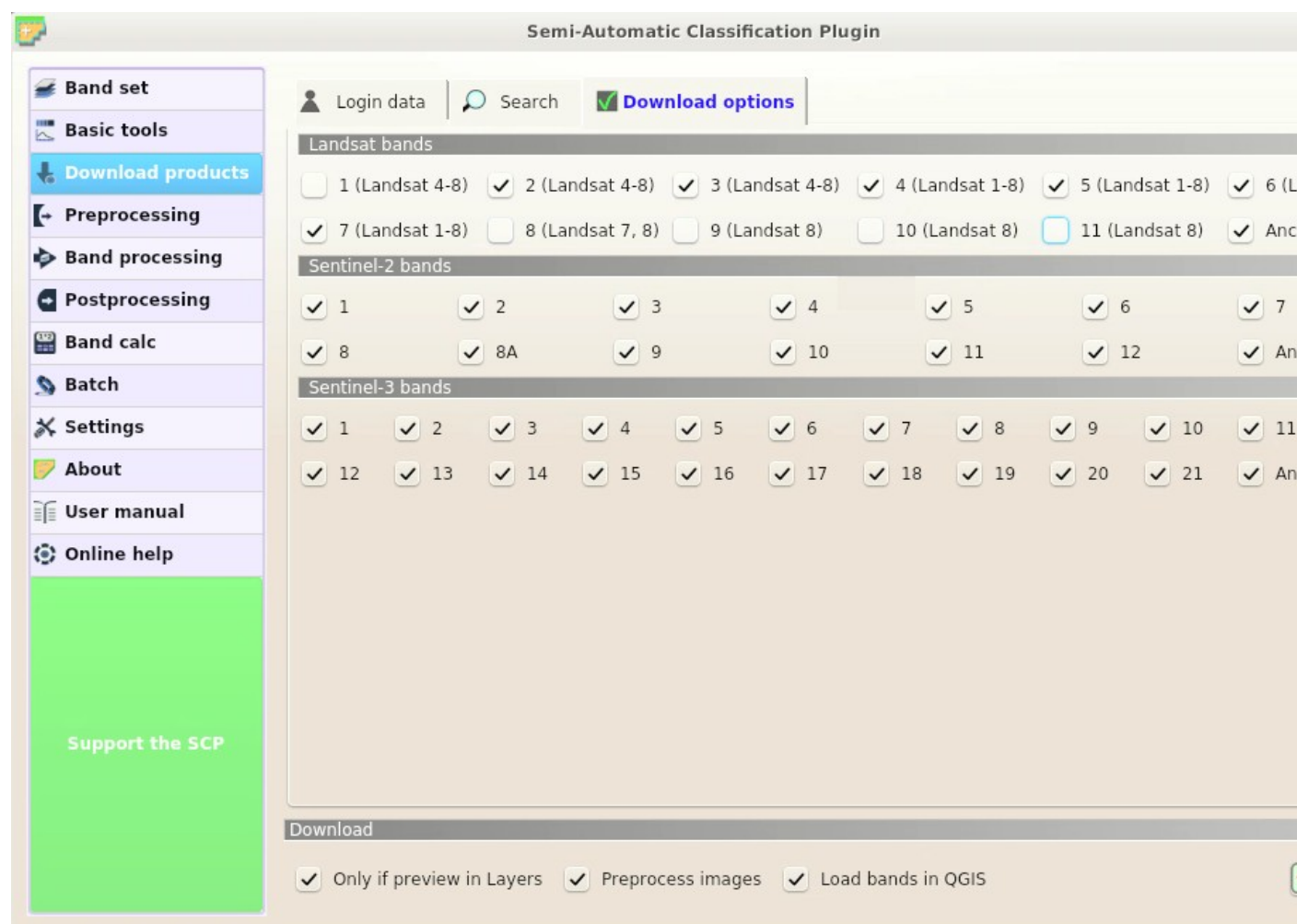


Figura 4: Opciones de Descarga

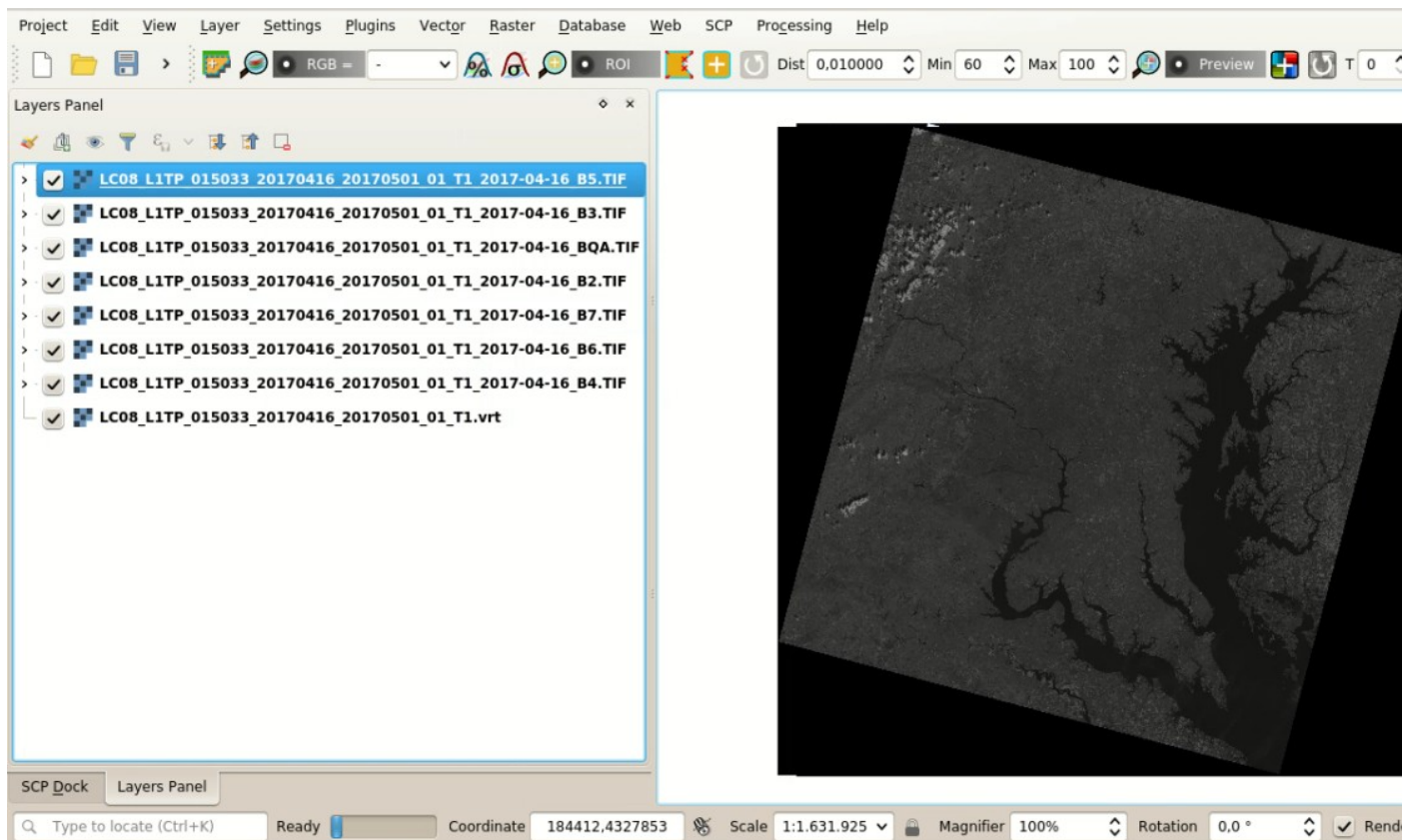


Figura 5: Download of Landsat bands

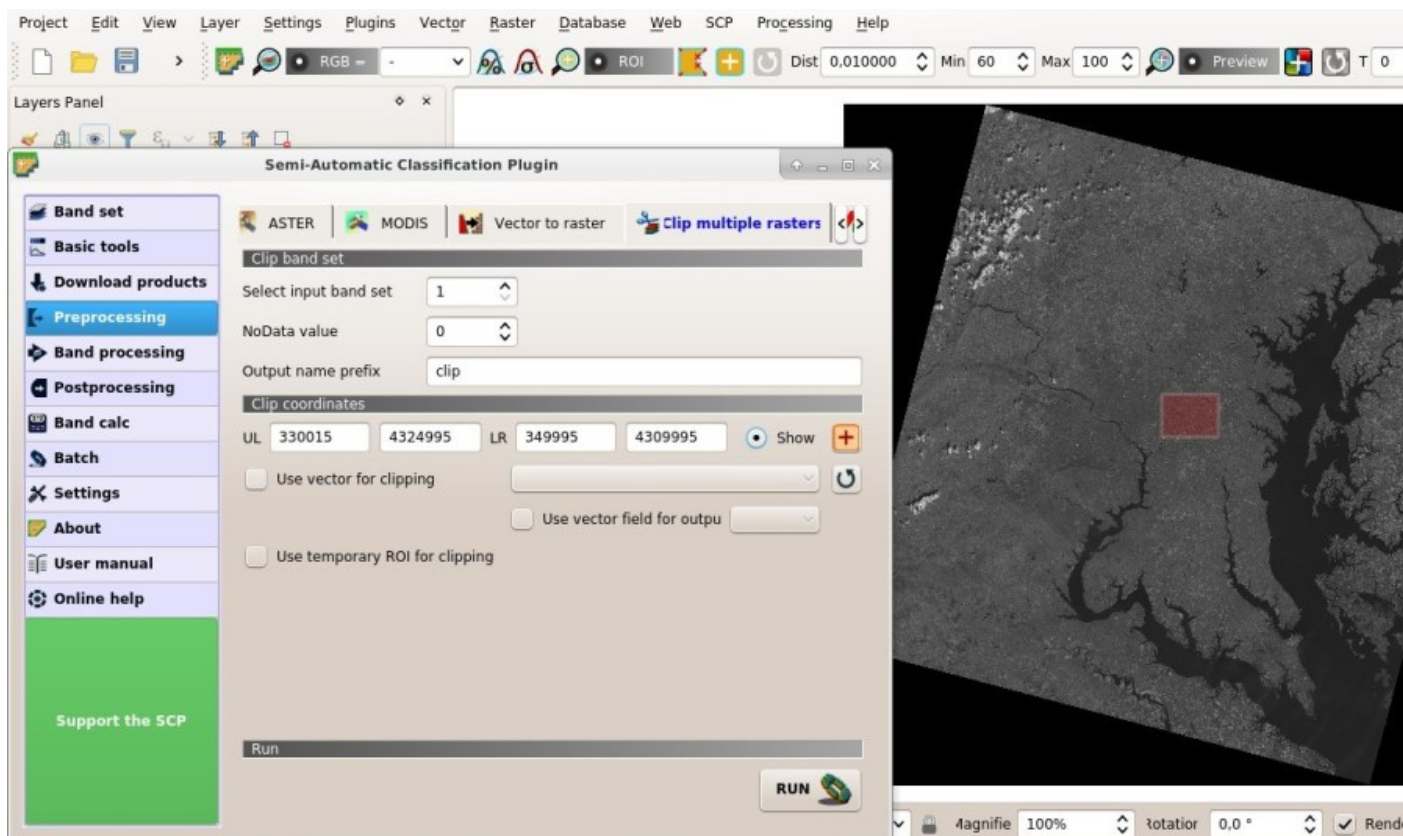


Figura 6: Band set for clipping

Haga clic en el botón | pointer | y seleccione un área como la siguiente imagen (clic izquierdo en el mapa para el punto UL y clic derecho en el mapa para el punto LR), o ingrese los siguientes valores:

- UL: 330015 / 4324995
- LR: 349995 / 4309995

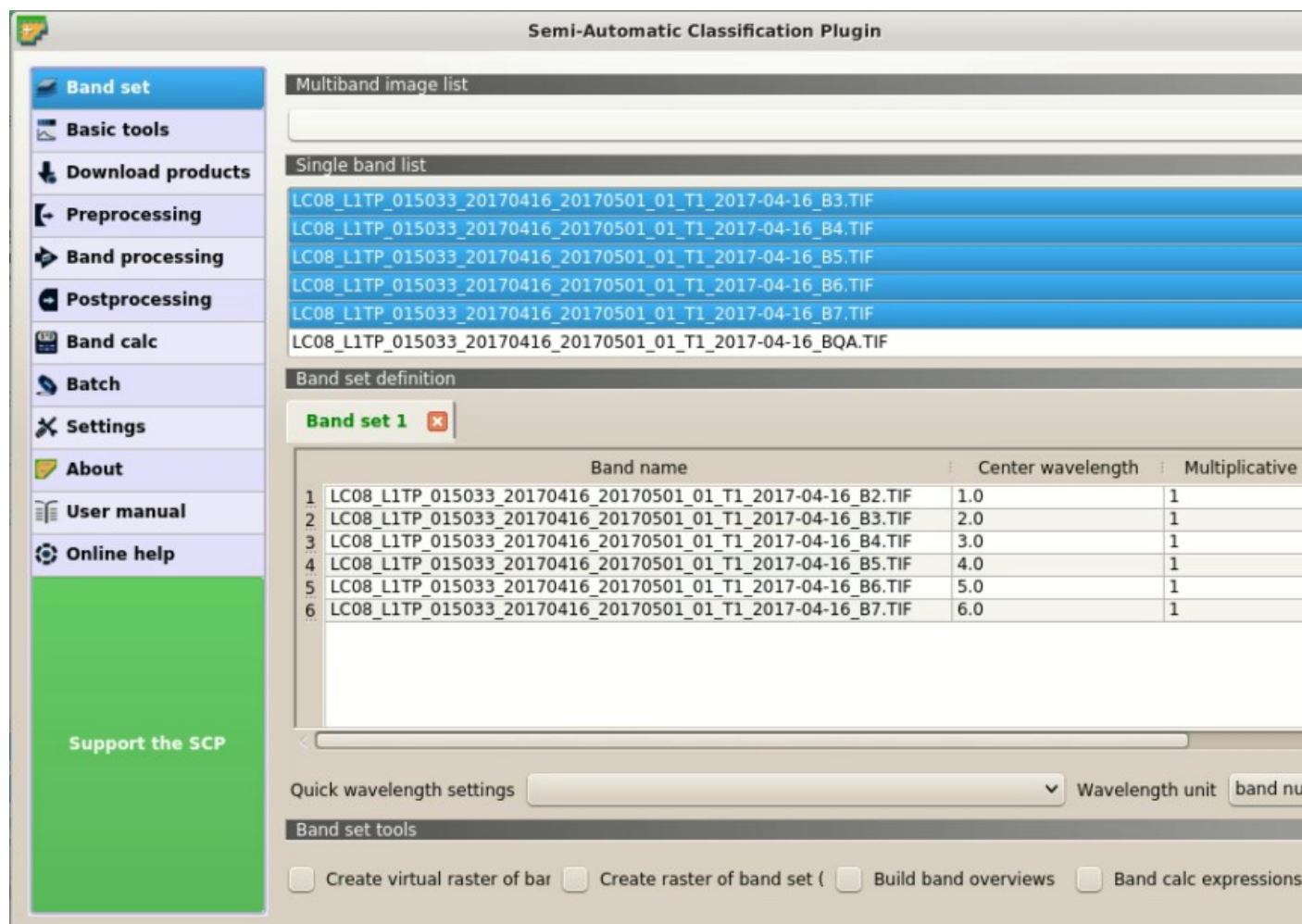



Figura 7: Recortar área

Clic en el botón  **RUN** y seleccione un directorio donde se guardaran las bandas recortadas. Se crearán nuevos archivos con el prefijo de nombre de archivo definido en *Output name prefix*. Cuando se completa el proceso, los rásters recortados se cargan y se muestran.

## Convertir datos a Reflectancia de Superficie

Convertir a reflectancia (see *Radiancia y Reflectancia* (página 114)) se puede realizar automáticamente. El archivo de metadatos (un archivo .txt cuyo nombre contiene “ MTL “”) descargado con las imágenes contiene la información requerida para la conversión. Leer *Conversión de la imagen a Reflectancia* (página 134) para obtener información sobre el *Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA)* (página 134) and *Reflectancia de la Superficie* (página 135).

Para convertir las bandas a reflectancia, abra: ref: *pre\_processing\_tab* haciendo clic en el botón | preprocessing | en el: ref: *SCP\_menu* o el: ref: ‘ SCP\_dock’, y seleccione la pestaña: ref: *landsat\_tab*.

haga clic en el botón *Directorio que contiene bandas Landsat*  y seleccione el directorio de bandas Landsat



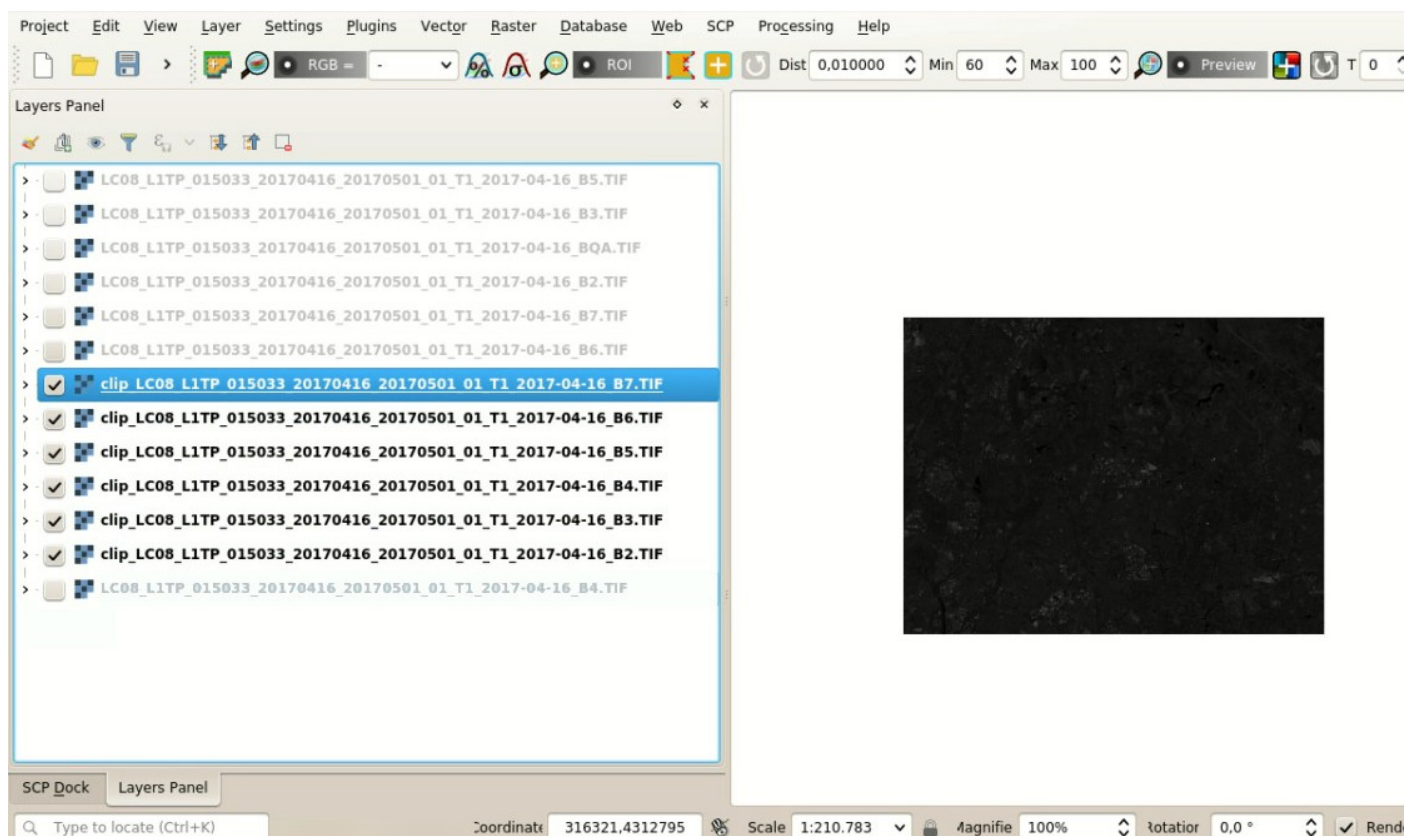



Figura 8: Bandas recortadas

recortadas. La lista de bandas se carga automáticamente en la tabla. [Metadatos](#) (página 58).

Haga clic en el botón *Seleccionar archivo MTL*  y seleccione el archivo de metadatos LC08\_L1TP\_015033\_20170416\_20170501\_01\_T1\_MTL.txt del directorio de imágenes descargadas de Landsat. La información de los metadatos se agrega a la tabla: [ref:landsat\\_metadata](#).

Para calcular: [ref: Surface\\_conversion](#) vamos a aplicar: [ref: DOS1 corrección](#); por lo tanto, habilite la opción | casilla de verificación | : [guilabel: Aplicar la corrección atmosférica DOS1](#).

**\*\* CONSEJO \*\***: en general, se recomienda realizar la corrección atmosférica de DOS1 para toda la imagen (antes de recortar la imagen) para mejorar el cálculo de los parámetros basados en la imagen.

para el propósito de este tutorial, desmarque la opción | casilla de verificación | [Crear conjunto de bandas y usar herramientas de conjuntos de bandas](#) porque vamos a definir esto en el siguiente paso [Defina el conjunto de bandas y cree el archivo de entrada de entrenamiento](#). (página 149).

Para comenzar el proceso de conversión, haga clic en el botón: [guilabel: RUN](#) | ejecutar | y seleccione el directorio donde se guardan las bandas convertidas.

Después de unos minutos, las bandas convertidas se cargan y se muestran (el nombre del archivo comienza con “RT\_”). Si | casilla de verificación | : [guilabel: Reproducir sonido cuando haya terminado](#) está marcado en: [ref: configuración de clasificación\\_proceso](#), se reproduce un sonido cuando finaliza el proceso.

Podemos eliminar todas las bandas cargadas en capas, en QGIS, excepto aquellas cuyo nombre comience con “RT\_”.

### Defina el conjunto de bandas y cree el archivo de entrada de entrenamiento.

Ahora necesitamos definir: [guilabel: Band set](#) que es la imagen de entrada para: [guilabel: SCP](#). Abra la pestaña: [ref: band\\_set\\_tab](#) haciendo clic en el botón | [bandset\\_tool](#) | en: [ref: SCP\\_menu](#) o en: [ref: SCP\\_dock](#).

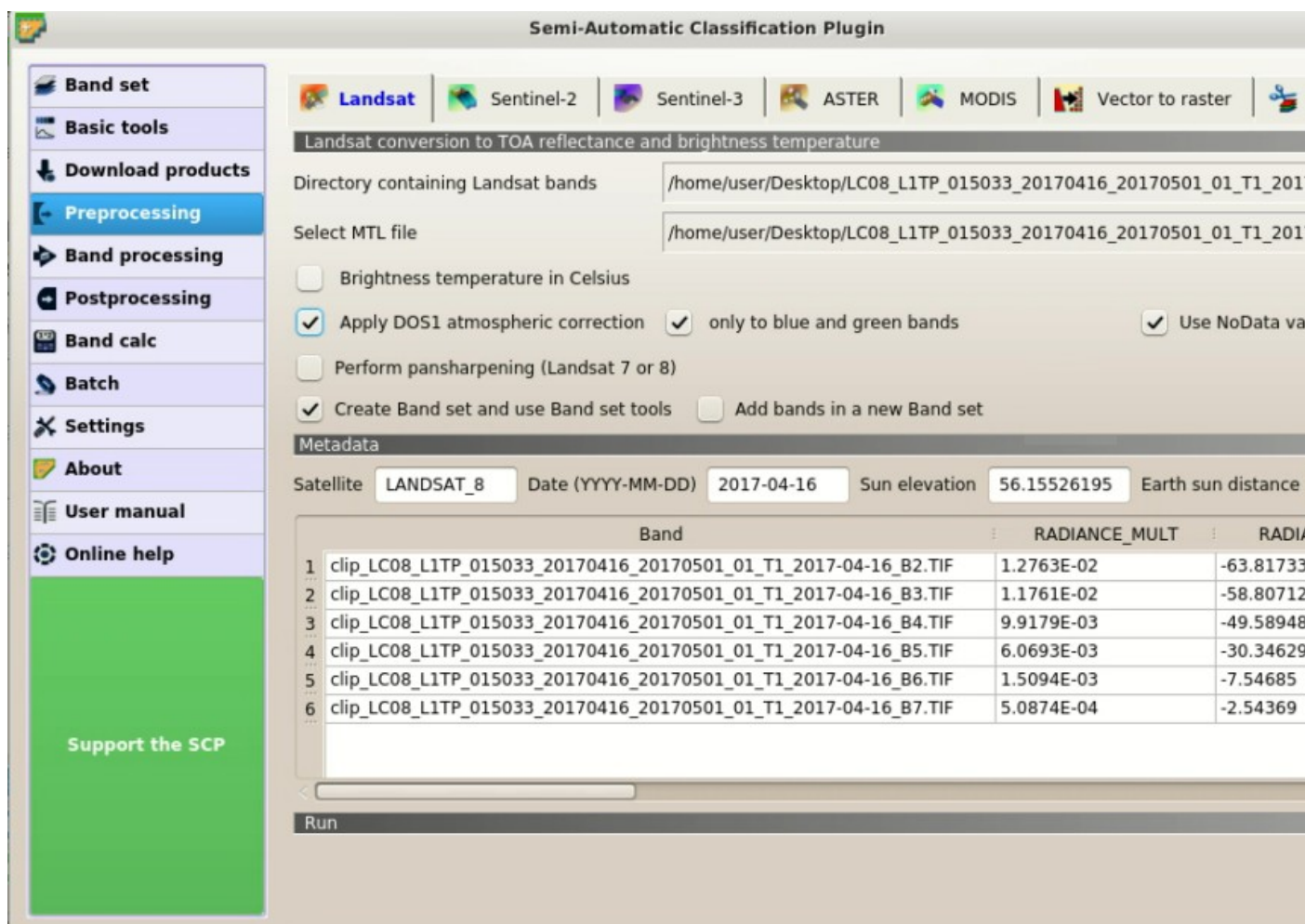


Figura 9: Conversión de Landsat 8 a reflectancia

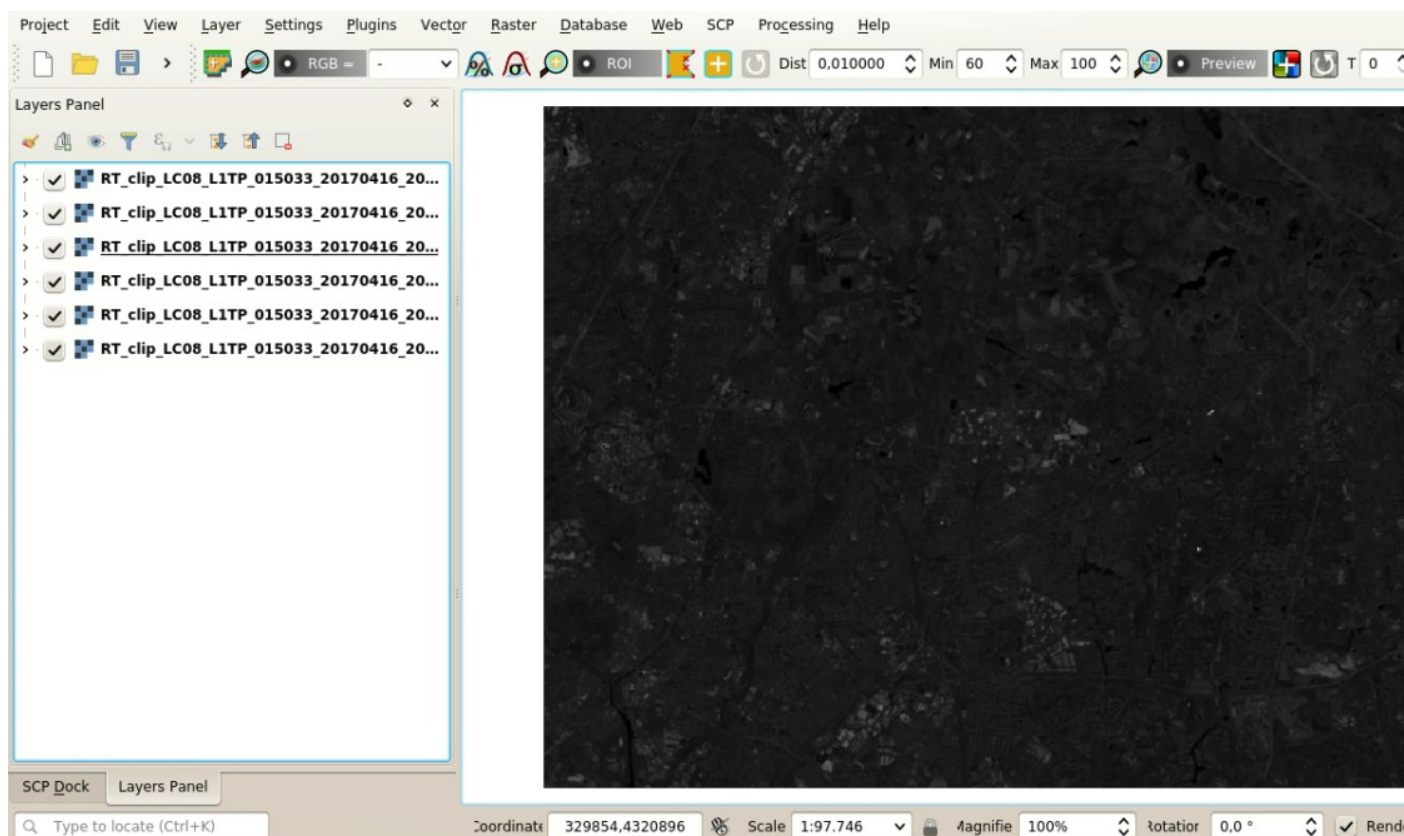



Figura 10: Landsat 8 bandas convertidas

En: guilabel: *Definición del conjunto de bandas* haga clic en el botón | reset | para borrar todas las bandas de: guilabel: *conjunto de bandas activas* creado durante los pasos anteriores.


Haga clic en el botón | reload | para actualizar la lista de capas, y seleccione todas las bandas convertidas; luego haga clic en | plus | para agregar los rásters seleccionados al: guilabel: *Conjunto de bandas*.

In the table *Band set definition* order the band names in ascending order (click  to sort bands by name automatically). Finally, select *Landsat 8 OLI* from the list *Quick wavelength settings*, in order to set automatically the *Center wavelength* of each band and the *Wavelength unit* (required for spectral signature calculation).

Podemos mostrar una *Composición de Color* (página 119) de las bandas: Infrarrojo Cercano, Rojo, y Verde: en la *Barra de Trabajo* (página 34), haz clic sobre el listado *RGB=* y selecciona el elemento 4-3-2 (correspondiente al número de banda en *Conjunto de bandas* (página 38)). Puedes ver que los colores de la imagen cambian en el mapa según las bandas seleccionadas, y la vegetación resalta en rojo (si la opción 3-2-1 fue seleccionada, se muestran los colores naturales).

**TIP** : If a *Conjunto de bandas* (página 38) is defined, a temporary virtual raster (named Virtual Band Set 1) is created automatically, which allows for the display of *Composición de Color* (página 119). In order to speed up the visualization, you can show only the virtual raster and hide all the layers in the QGIS Layers.

Ahora necesitamos crear un *Training input* (página 24) para recoger *Áreas de entrenamiento* (página 120) (ROIs) y por tanto calcular una *Firma Espectral* (página 114) (que será utilizada en la clasificación).

In the *SCP dock* (página 23) select the tab *Training input* (página 24) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `training.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).



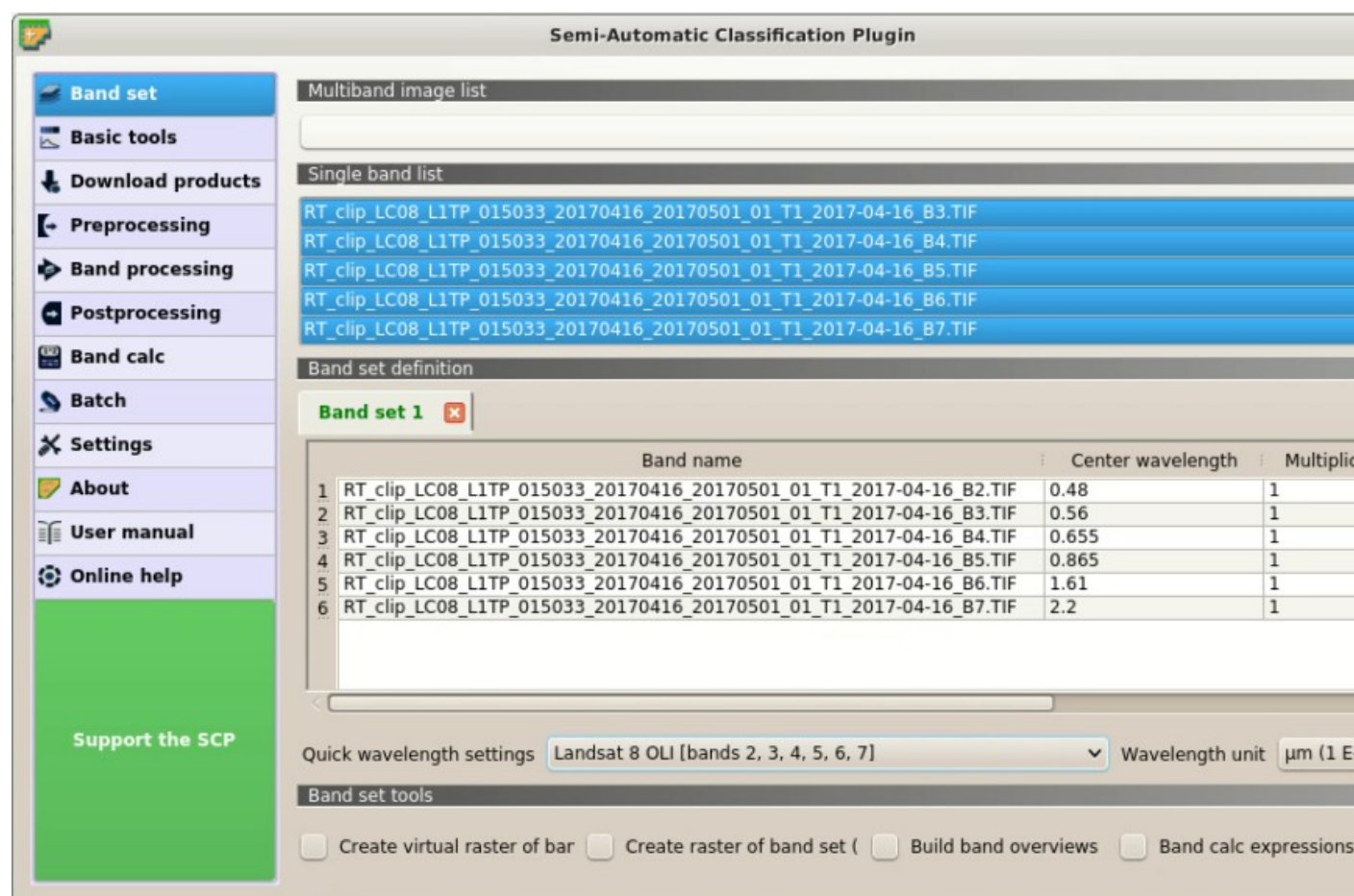


Figura 11: Definición de un conjunto de bandas

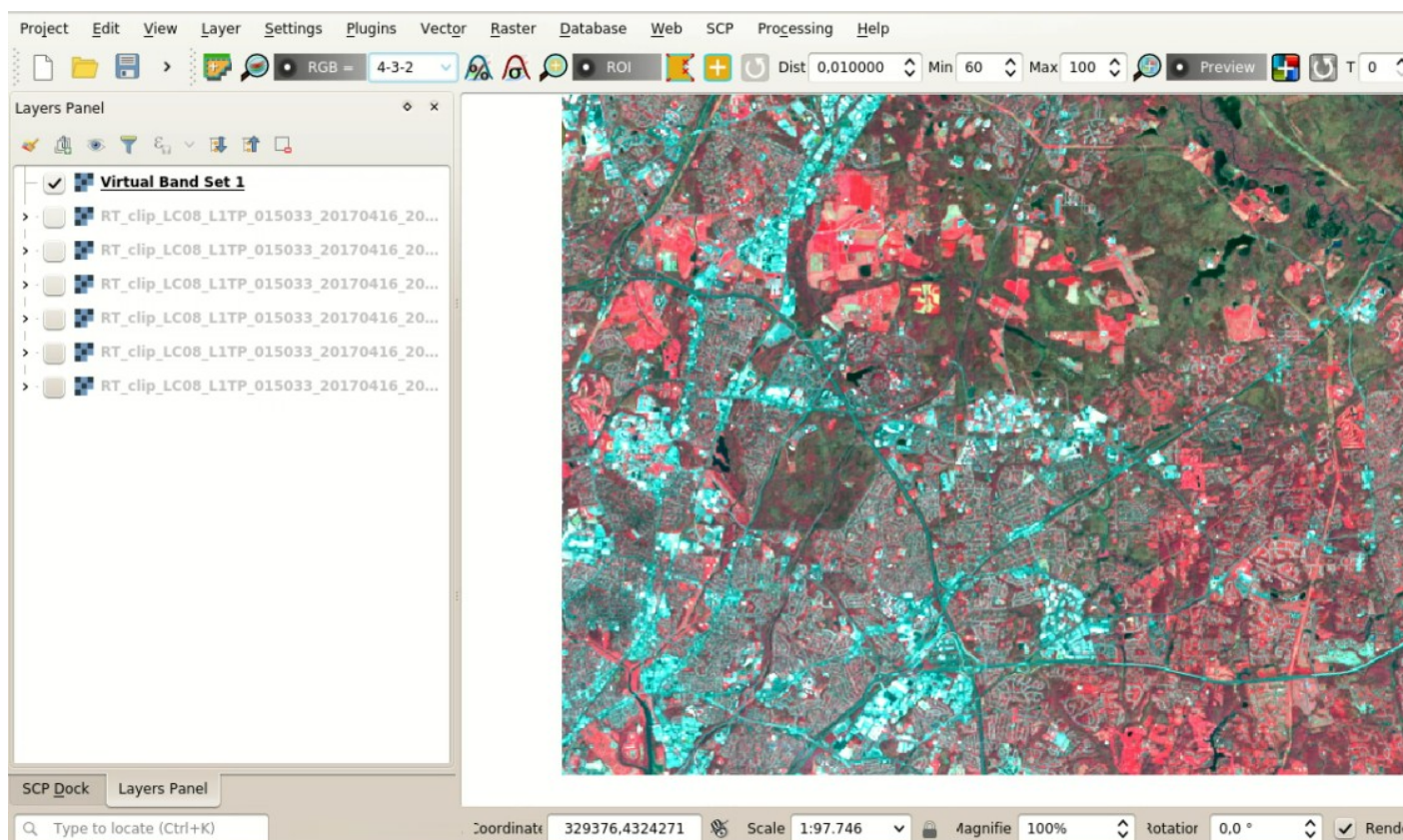


Figura 12: Composición de color RGB=4-3-2

## Crear las ROIs

We are going to create ROIs defining the *Clases y Macroclases* (página 121). Each ROI is identified by a Class ID (i.e. C ID), and each ROI is assigned to a land cover class through a Macroclass ID (i.e. MC ID).

Macroclasses are composed of several materials having different spectral signatures; in order to achieve good classification results we should separate spectral signatures of different materials, even if belonging to the same macroclass. Thus, we are going to create several ROIs for each macroclass (setting the same *MC ID*, but assigning a different *C ID* to every ROI).

Vamos a utilizar los ID de macroclases definidos en la siguiente tabla

### Macroclases

| Nombre de la Macroclase         | Macroclase ID |
|---------------------------------|---------------|
| Agua                            | 1             |
| Construcciones                  | 2             |
| Vegetación                      | 3             |
| Suelo desnudo (vegetación baja) | 4             |

Las ROIs pueden ser creadas, dibujando a mano un polígono o con un Algoritmo de Región Incremental automático.

Amplíe el mapa sobre el área oscura en la esquina superior derecha de la imagen, que es un cuerpo de agua. Para crear manualmente un ROI dentro del área oscura, haga clic en el botón `manual_ROI` en el: ref: *working\_toolbar*. Haga clic izquierdo en el mapa para definir los vértices de ROI y haga clic derecho para definir el último vértice que cierra el polígono. Se muestra un polígono naranja semitransparente sobre la imagen, que es un polígono temporal (es decir, no se guarda en: guilabel: *Entrada de Entrenamiento*).



Figura 13: Definición de la Entrada de Entrenamiento en SCP



**CONSEJO** : Puedes dibujar polígonos temporales (los anteriores serán eliminados) hasta que el polígono cubra adecuadamente la zona.

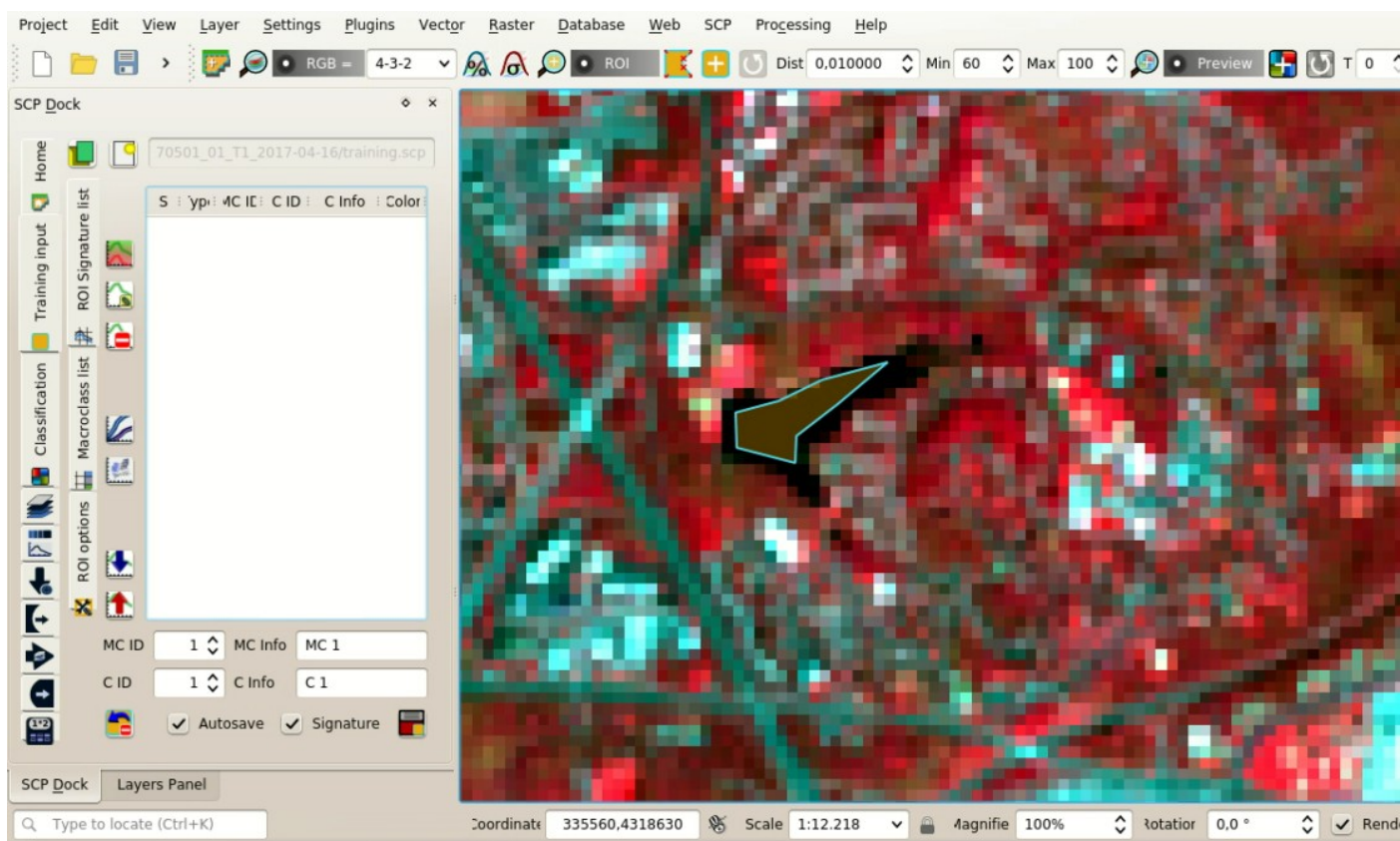




Figura 14: Una ROI temporal creada manualmente

Si la forma del polígono temporal es buena, podemos grabarlo en la *Entrada de Entrenamiento*.

Open the *Training input* (página 24) to define the *Clases y Macroclases* (página 121). In the *ROI Signature list* (página 27) set *MC ID* = 1 and *MC Info* = Water; also set *C ID* = 1 and *C Info* = Lake. Now click  to save the ROI in the *Training input*.

Después de unos segundos, el ROI aparece en la lista: ref: *ROI\_list* y se calcula la firma espectral (porque la casilla de verificación  guilabel: 'Firma' fue marcado).

As you can see, the *C ID* in *ROI Signature list* (página 27) is automatically increased by 1. Saved ROI is displayed as a dark polygon in the map and the temporary ROI is removed. Also, in the *ROI Signature list* (página 27) you can notice that the *Type* is *B*, meaning that the ROI spectral signature was calculated and saved in the *Training input*.

También puede ver en la pestaña: ref: *macroclasses\_tab* que la primera macroclase se ha agregado a la tabla: guilabel: 'Macroclasses'.

Ahora vamos a crear un segundo ROI para la clase desarrollada utilizando el Algoritmo de Región Incremental. Zoom en la región inferior de la imagen. En: ref: *working\_toolbar* establece el valor: guilabel: 'Dist' en 0.08. Haga clic en el botón *roi\_single* en: ref: *working\_toolbar* y haga clic sobre el área morada del mapa. Después de un tiempo, el polígono naranja semitransparente se muestra sobre la imagen.

**Consejo:** El valor *Dist* debe definirse según el rango de valores de los píxeles. En general, al incrementar este valor, se crearán ROIs más grandes.

In the *ROI Signature list* (página 27) set *MC ID* = 2 and *MC Info* = Built-up; also set *C ID* = 2 (it should be already set) and *C Info* = Buildings.

Again, the *C ID* in *ROI Signature list* (página 27) is automatically increased by 1.

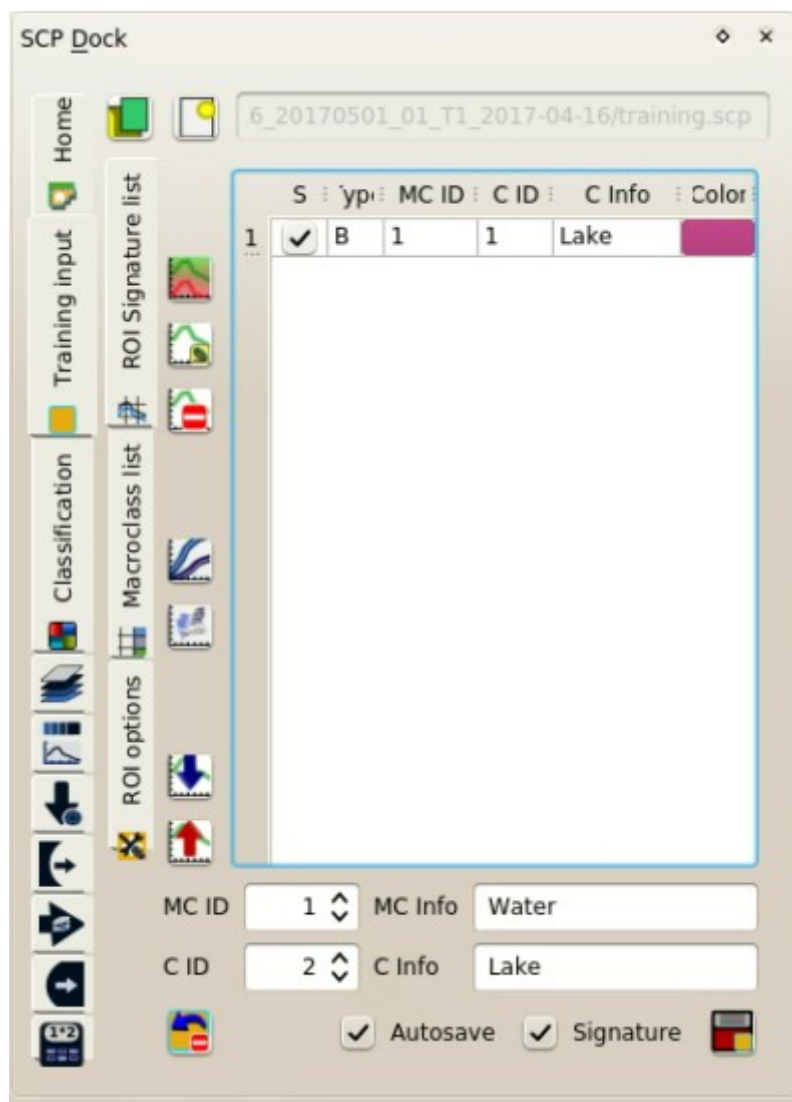
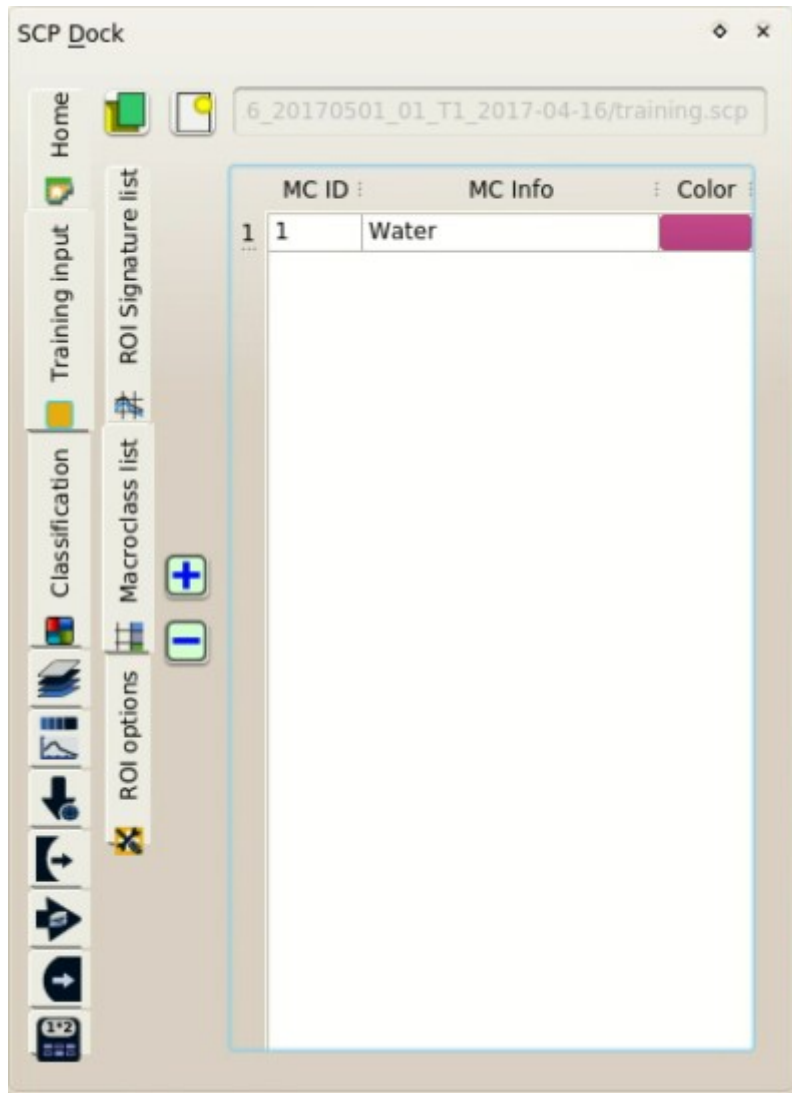


Figura 15: La ROI grabada en la Entrada de Entrenamiento

Figura 16: *Macroclases*

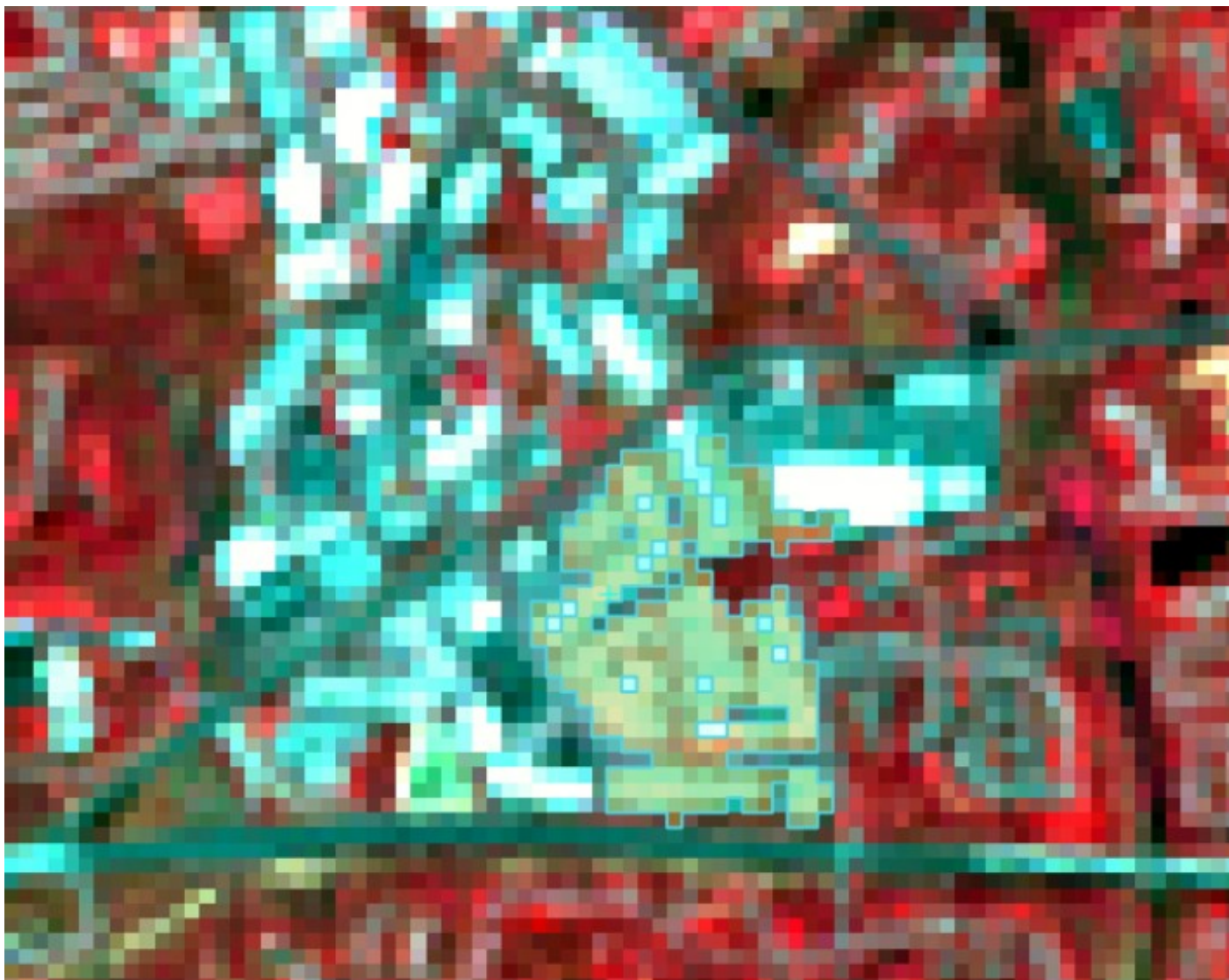


Figura 17: *Una ROI temporal creada con el algoritmo automático de región incremental*



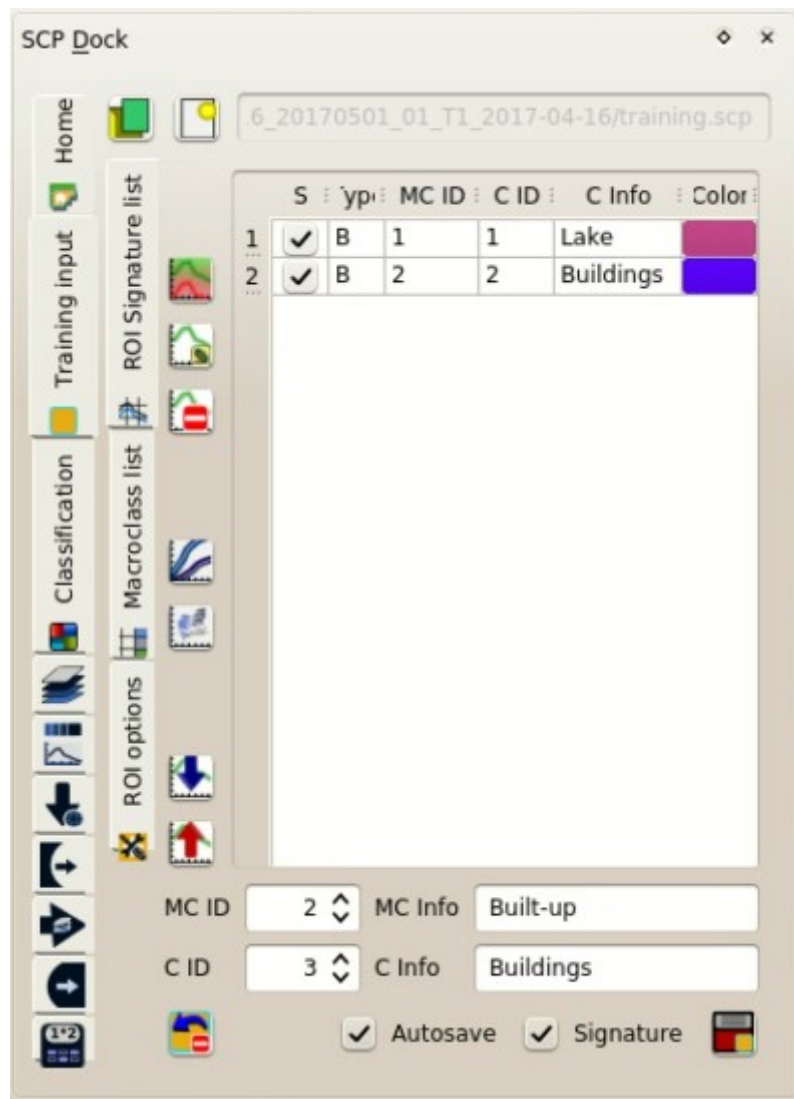


Figura 18: La ROI grabada en la Entrada de Entrenamiento

Después de hacer clic en el botón `roi_single` en: ref: *working\_toolbar* deberías notar que el cursor en el mapa muestra un valor que cambia sobre la imagen. Este es el valor NDVI del píxel debajo del cursor (NDVI se muestra porque la función `casilla de verificación` `!:` guilabel: *Display* está seleccionada: ref: `'training_input'`). El valor NDVI puede ser útil para identificar píxeles espectralmente puros, de hecho, la vegetación tiene valores NDVI más altos que el suelo.

Por ejemplo, mueve el ratón sobre un área de vegetación y haz clic para crear una ROI cuando veas un valor máximo local. De esta manera, la ROI creada y su firma espectral será por lo tanto representativa de vegetación saludable.



Figura 19: *NDVI value of vegetation pixel displayed in the map. Color composite RGB = 4-3-2*

Create a ROI for the class Vegetation (red pixels in color composite RGB=4-3-2) and a ROI for the class Bare soil (low vegetation) (green pixels in color composite RGB=4-3-2) following the same steps described previously. The following images show a few examples of these classes identified in the map.

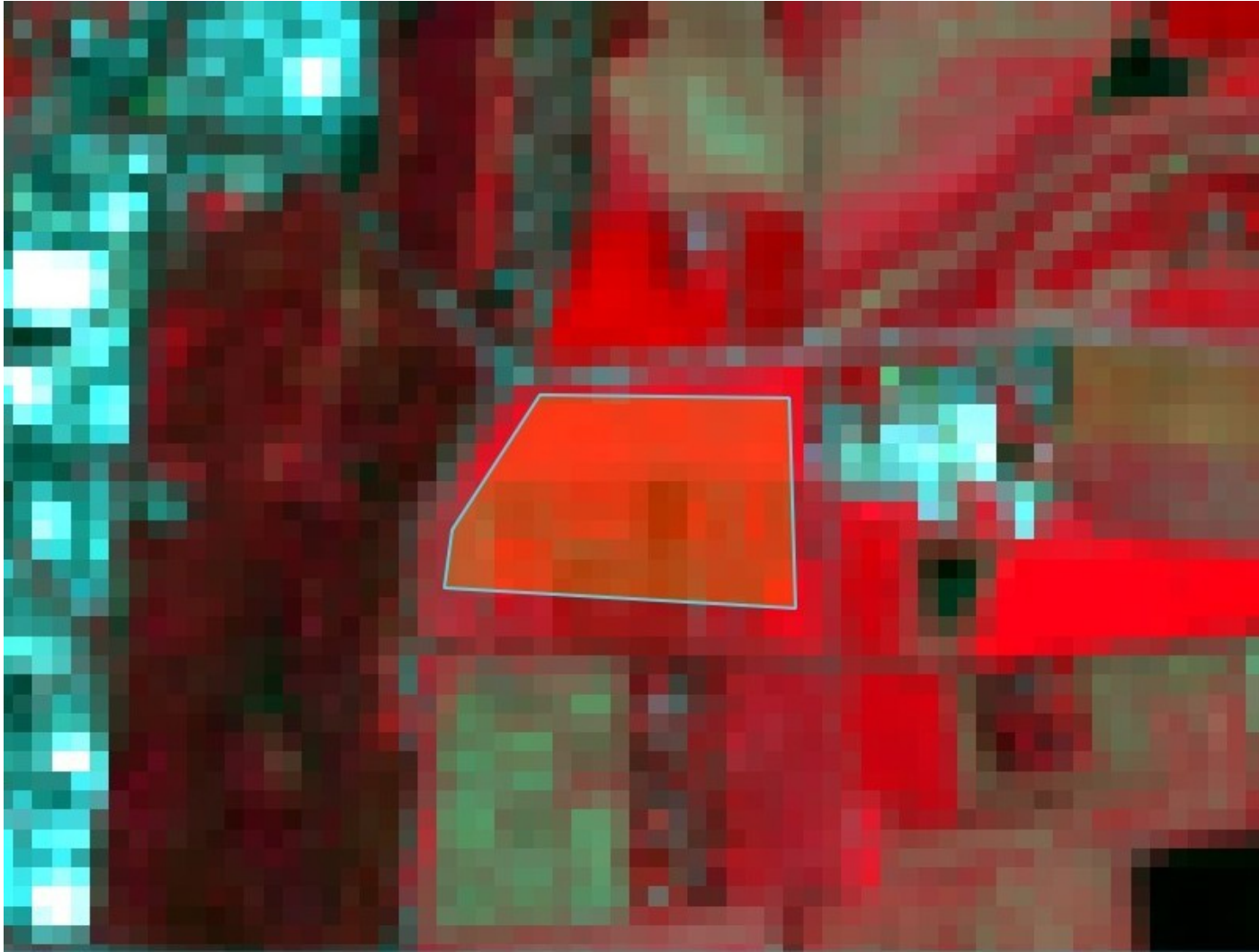


Figura 20: *Vegetation. Color composite RGB = 4-3-2*






Figura 21: *Bare soil (low vegetation)*. Color composite  $RGB = 4-3-2$

## Assess the Spectral Signatures

Las firmas espectrales son usadas por *Algoritmos de clasificación* (página 121) para etiquetar los píxeles de la imagen. Diferentes materiales pueden tener firmas espectrales similares (especialmente considerando imágenes multispectrales), tales como construcción y suelo desnudo. Si las firmas espectrales usadas para la clasificación son demasiado similares, los píxeles podrían ser clasificados erróneamente debido a que el algoritmo no puede discriminar correctamente esas firmas. Por lo tanto, es útil evaluar la ref:*spectral\_distance\_definition* para encontrar firmas similares que deban ser eliminadas. Por supuesto, el concepto de distancia varía de acuerdo al algoritmo seleccionado para la clasificación.

One can simply assess spectral signature similarity by displaying a signature plot. In order to display the signature plot, in the *ROI Signature list* (página 27) highlight two or more spectral signatures (with click in the table), then

click the button . The *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100) is displayed in a new window. Move and zoom inside the *Gráfico* (página 102) to see if signatures are similar (i.e. very close). Double click the color in the *Lista de Firmas* (página 100) to change the line color in the plot.

Podemos ver en la siguiente figura la firma espectral de diferentes materiales

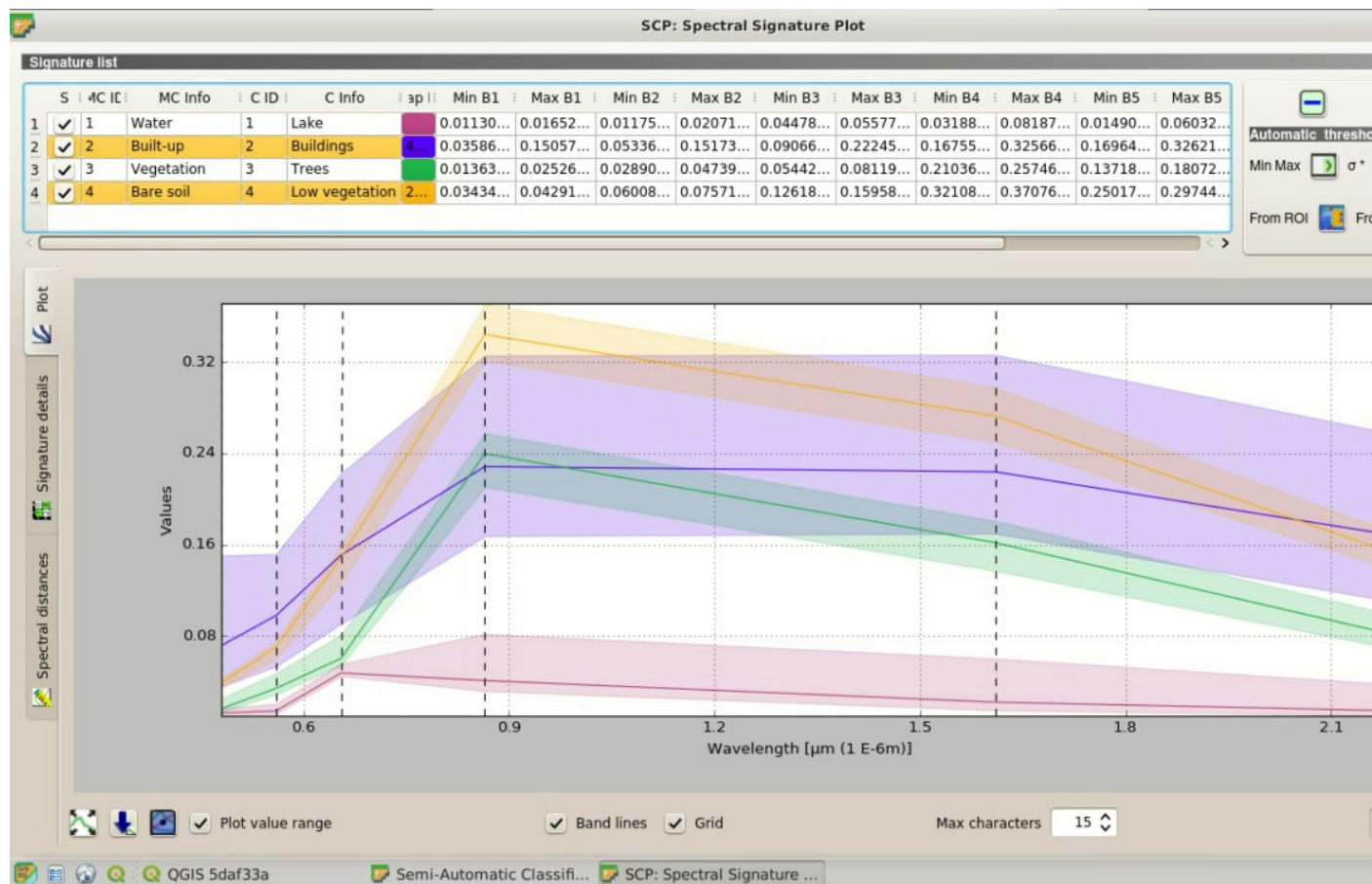



Figura 22: Gráfico de firmas espectrales

In the plot we can see the line of each signature (with the color defined in the *ROI Signature list* (página 27)), and the spectral range (minimum and maximum) of each band (i.e. the semi-transparent area colored like the signature line). The larger is the semi-transparent area of a signature, the higher is the standard deviation, and therefore the heterogeneity of pixels that composed that signature. Spectral similarity between spectral signatures is highlighted in orange in the *Lista de Firmas* (página 100).

Adicionalmente, podemos calcular las distancias espectrales de las firmas (para más información ver ref:*spectral\_distance\_definition*). Selecciona dos o más firmas espectrales haciendo clic en la tabla *Lista de Fir-*

*mas* (página 100), luego pulsa el botón ; las distancias serán calculadas para cada par de firmas. Ahora abre

la pestaña *Distancias espectrales* (página 103). Podemos notar que la similaridad entre firmas varía de acuerdo al algoritmo considerado.

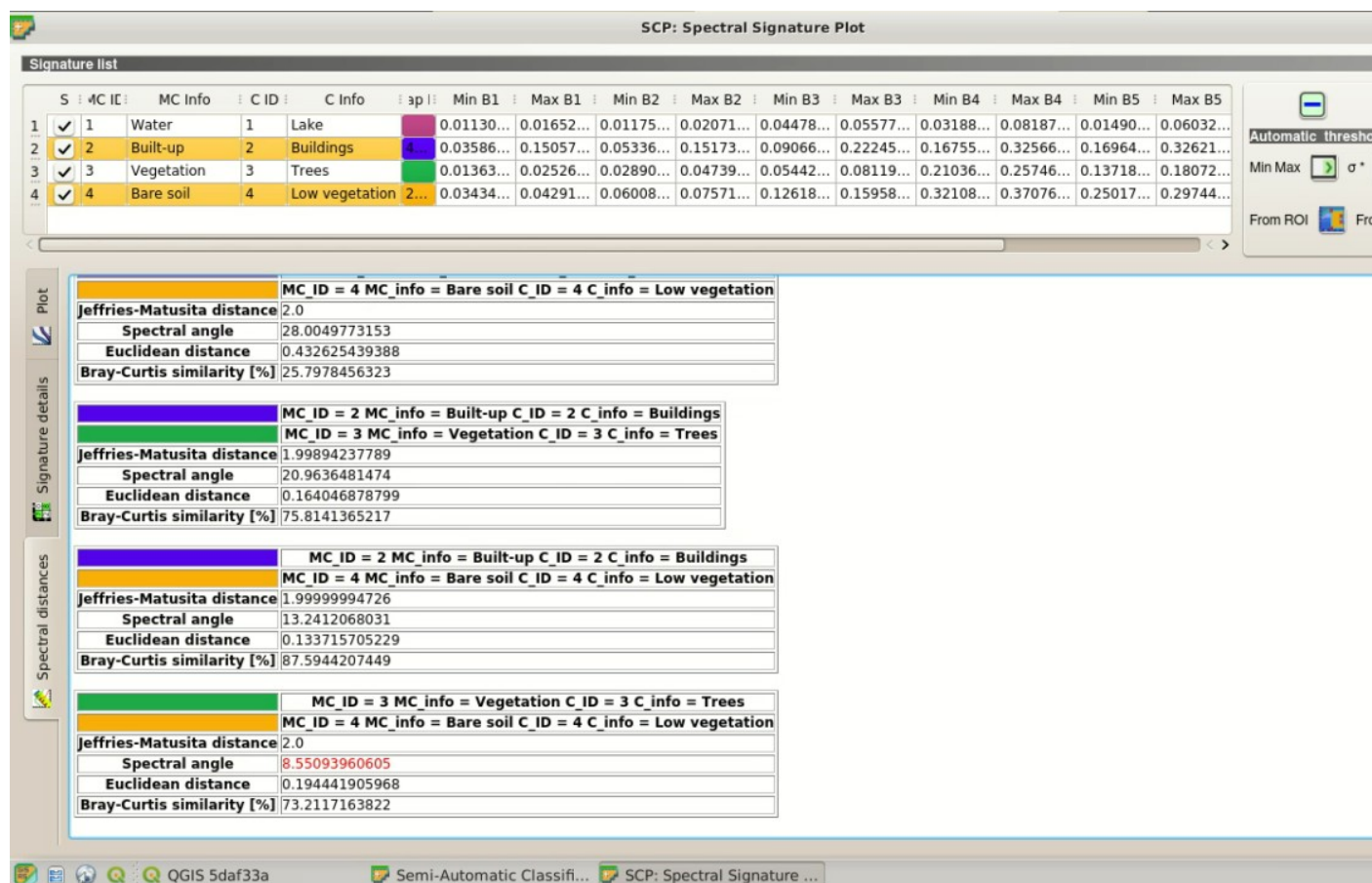


Figura 23: *Distancias espectrales*

For instance, two signatures can be very similar for *Mapeo del Angulo Espectral* (página 124) (very low *Angulo Espectral* (página 128)), but quite distant for the *Máxima Probabilidad* (página 123) (*Jeffries-Matusita Distance* (página 127) value near 2). The similarity of signatures is affected by the similarity of materials (in relation to the number of spectral bands available); also, the way we create ROIs influences the signatures.



Spectral signature values, standard deviation and other details such as the number of ROI pixels are displayed in the *Detalles de firmas* (página 103).


**We need to create several ROIs (i.e. spectral signatures) for each macroclass** (repeating the steps in *Crear las ROIs* (página 153)), assigning a unique C ID to each spectral signature, and assess the spectral distance thereof in order to avoid the overlap of spectral signatures belonging to different macroclasses.

In the list *RGB=* of the *Barra de Trabajo* (página 34) type 3-4-6 (you can also use the tool *Lista RGB* (página 41)). Using this color composite, urban areas are purple and vegetation is green. You can notice that this color composite  $RGB = 3-4-6$  highlights roads more than natural color ( $RGB = 3-2-1$ ).

Los siguientes ejemplos muestran algunas composiciones de color RGB para imágenes Landsat.

**CONSEJO :** Cambiar frecuentemente la *Composición de Color* (página 119) para identificar claramente los materiales en la superficie; usa la rueda del ratón en la lista *RGB=* de la *Barra de Trabajo*

(página 34) para cambiar la composición de color rápidamente. También usa los botones  y  para mejorar la visualización de la *Input image* (i.e. estiramiento del histograma).

Es importante mencionar que puedes mostrar u ocultar las ROIs temporales pulsando el botón  *ROI* en *Barra de Trabajo* (página 34).



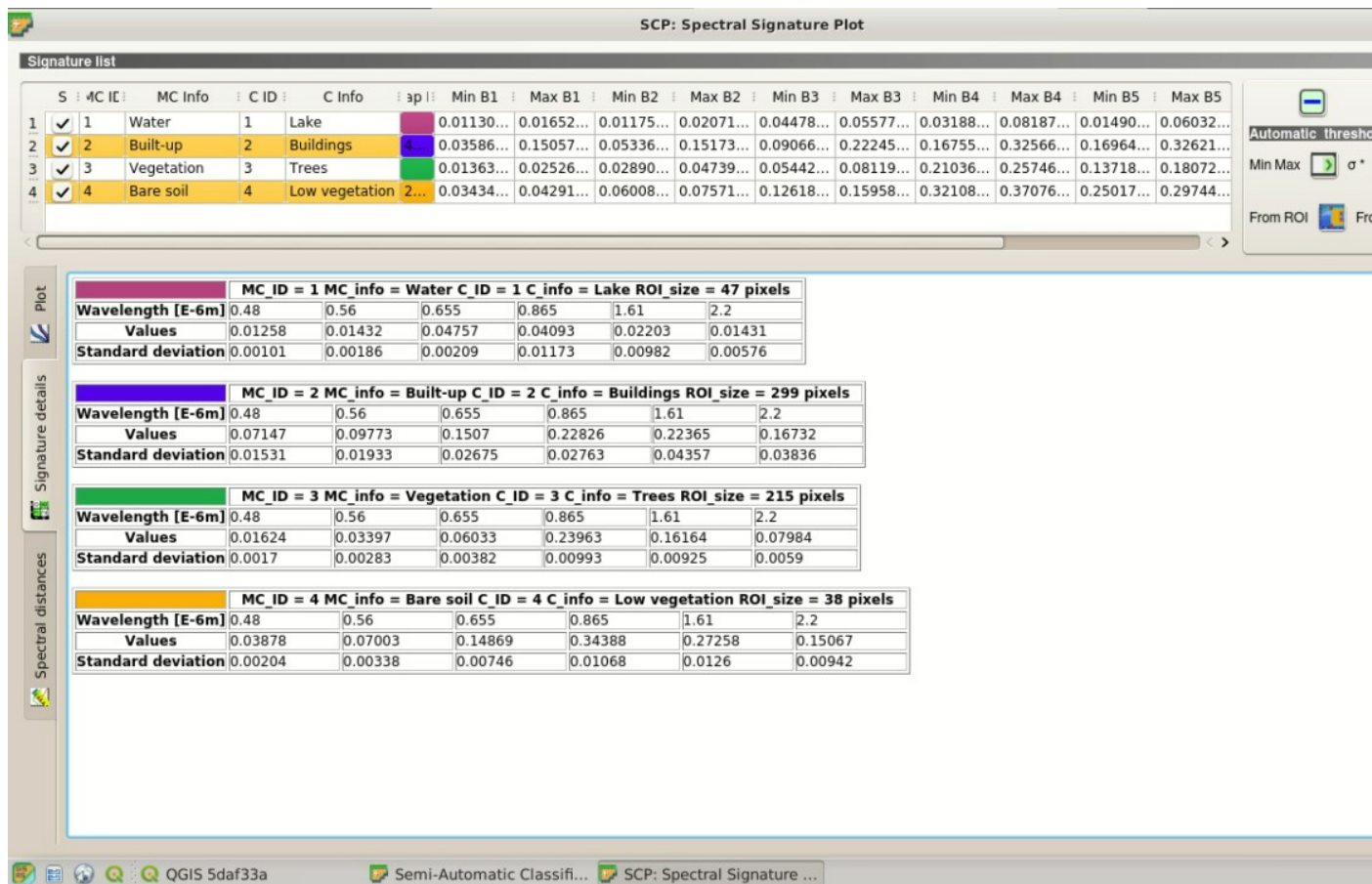


Figura 24: Valores de firma espectral



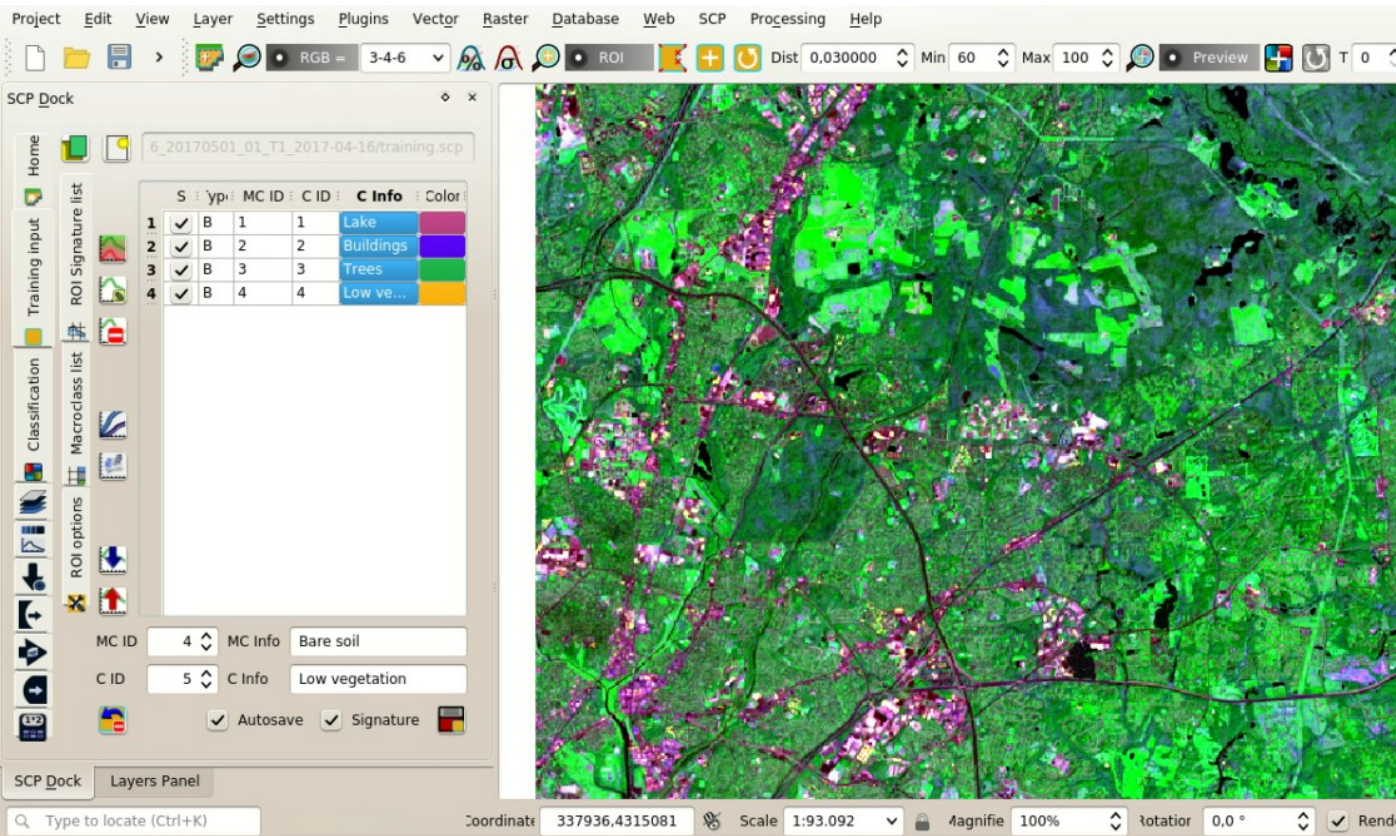


Figura 25: Color composite RGB = 3-4-6

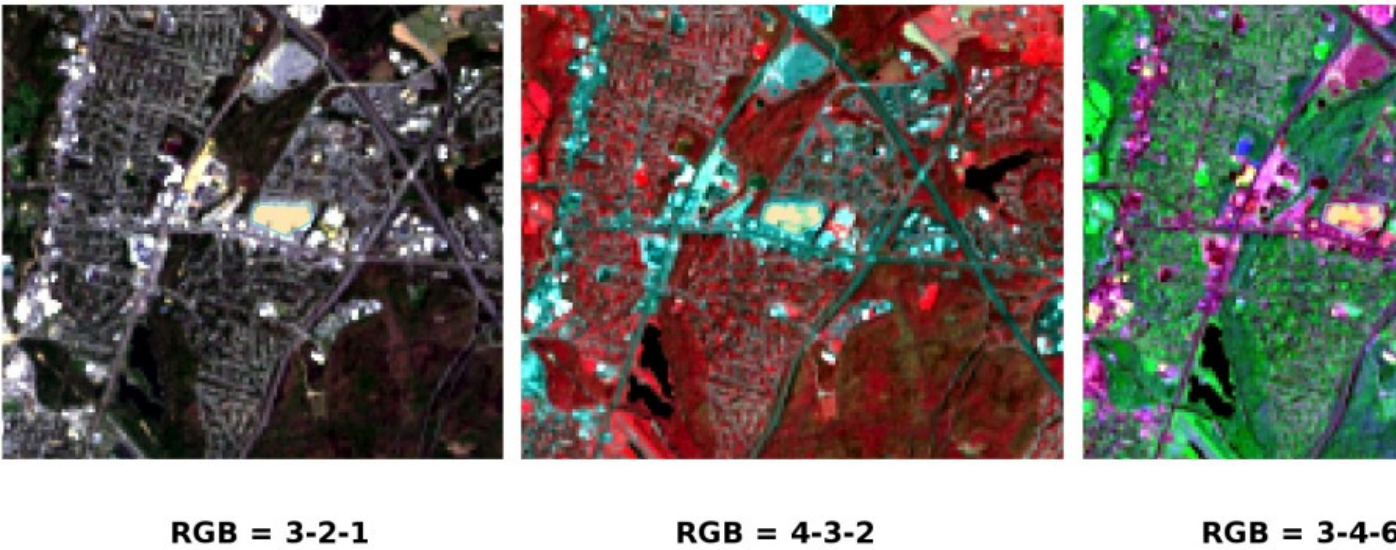
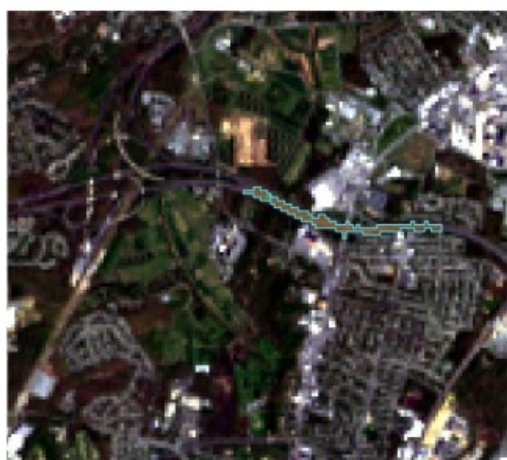
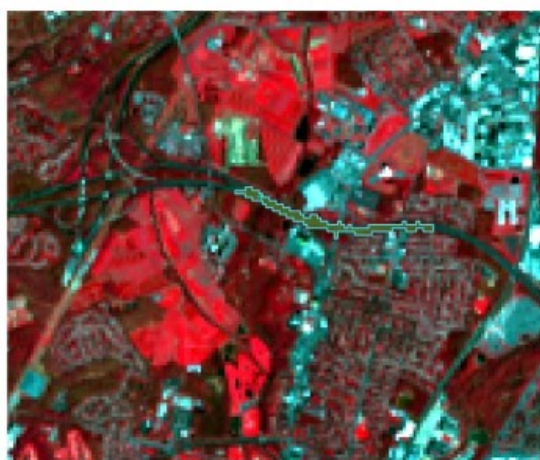


Figura 26: ROI Construido: edificaciones grandes

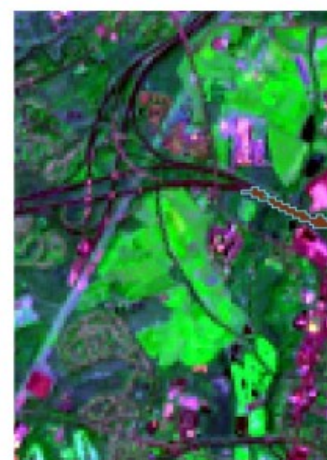




**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**



**RGB = 3-4-6**

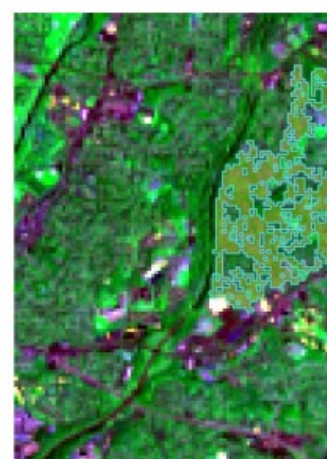
Figura 27: *ROI Construido: Carretera*



**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**

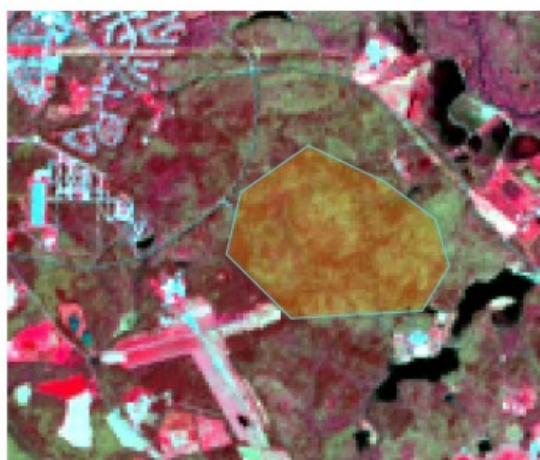


**RGB = 3-4-6**

Figura 28: *Built-up ROI: buildings, narrow roads*



**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**

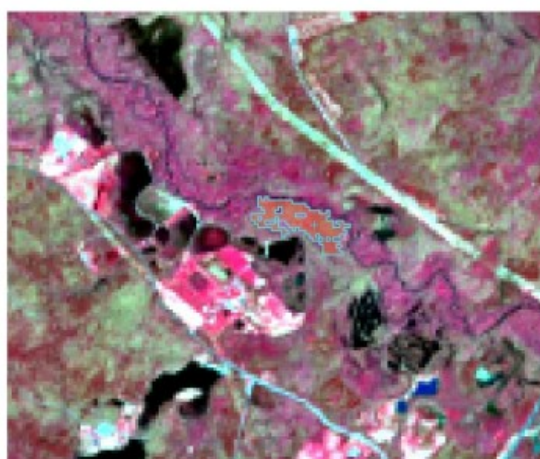


**RGB = 3-4-6**

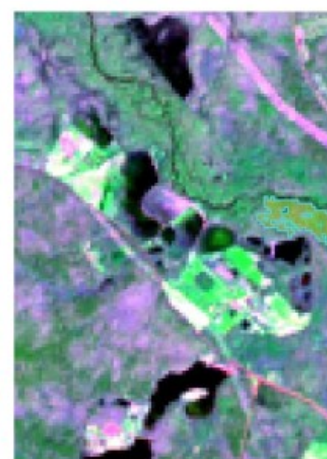
Figura 29: ROI Vegetación: *bosque caducifolio*



**RGB = 3-2-1**



**RGB = 4-3-2**



**RGB = 3-4-6**

Figura 30: Vegetation ROI: *riparian vegetation*



**TIP** : Instala el plugin [QuickMapServices](#) in QGIS, y añade un mapa (e.g. [OpenStreetMap](#)) para facilitar la identificación de ROIs usando datos de alta resolución.


## Crear Vista Previa de la Clasificación


El proceso de clasificación está basado en la recolección de ROIs (y por lo tanto de firmas espectrales). Es útil crear una *Clasificación preliminar* (página 35) para evaluar los resultados (influenciados por las firmas espectrales) antes de la clasificación final. En caso que los resultados no sean buenos, podemos coleccionar más ROIs para obtener una mejor clasificación de la cobertura del suelo.



Antes de ejecutar una clasificación (o una vista previa), define el color de las clases de cobertura del suelo que serán mostradas en el ráster de clasificación. En *ROI Signature list* (página 27), haz doble clic en el color (en la columna *Color*) de cada ROI para seleccionar un color representativo de cada clase.

Also, we need to set the color for macroclasses in table *Macroclasses* (página 28).

Now we need to select the classification algorithm. In this tutorial we are going to use the *Máxima Probabilidad* (página 123).

Open the *Classification* (página 30) to set the use of classes or macroclasses. Check *Use*  *C ID* and in *Algorithm* (página 30) select the *Maximum Likelihood*.

In *Clasificación preliminar* (página 35) set *Size* = 300; click the button  and then left click a point of the image in the map. The classification process should be rapid, and the result is a classified square centered in clicked point.

Previews are temporary rasters (deleted after QGIS is closed) placed in a group named *Class\_temp\_group* in the QGIS panel Layers. Now in *Classification* (página 30) check *Use*  *MC ID* and click the button  in *Clasificación preliminar* (página 35).

We can see that now there are only 4 colors representing the macroclasses.

**TIP** : When loading a previously saved QGIS project, a message could ask to handle missing layers, which are temporary layers that SCP creates during each session and are deleted afterwards; you can click *Cancel* and ignore these layers; also, you can delete these temporary layers clicking the button






in *Barra de Trabajo* (página 34).

En general, es bueno realizar una vista previa de la clasificación cada vez que se añade un ROI (o una firma espectral) a la *ROI Signature list* (página 27). Por lo tanto, las fases *Crear las ROIs* (página 153) y *Crear Vista Previa de la Clasificación* (página 169) deben ser procesos iterativos y concurrentes.

## Crear el resultado de la clasificación

Asumiendo que el resultado de la clasificación fuese bueno (i.e. píxeles asignados correctamente a su clase definida en la *ROI Signature list* (página 27)), podemos realizar la clasificación de coberturas para toda la imagen.

In *Classification* (página 30) check *Use*  *MC ID*. In the *Classification output* (página 33) click the button  and define the path of the classification output, which is a raster file (.tif). If  *Play sound when finished* is checked in *Procesos para la Clasificación* (página 97) settings, a sound is played when the process is finished.

**¡Bien echo!** Acabas de terminar tu primera clasificación de cobertura del suelo.

Sin embargo, puedes ver que hay varios errores de clasificación, debido a que el numero de ROIs (Firmas espectrales) son insuficientes.

Podemos mejorar la clasificación usando algunas de las herramientas que serán descritas en otros tutoriales.

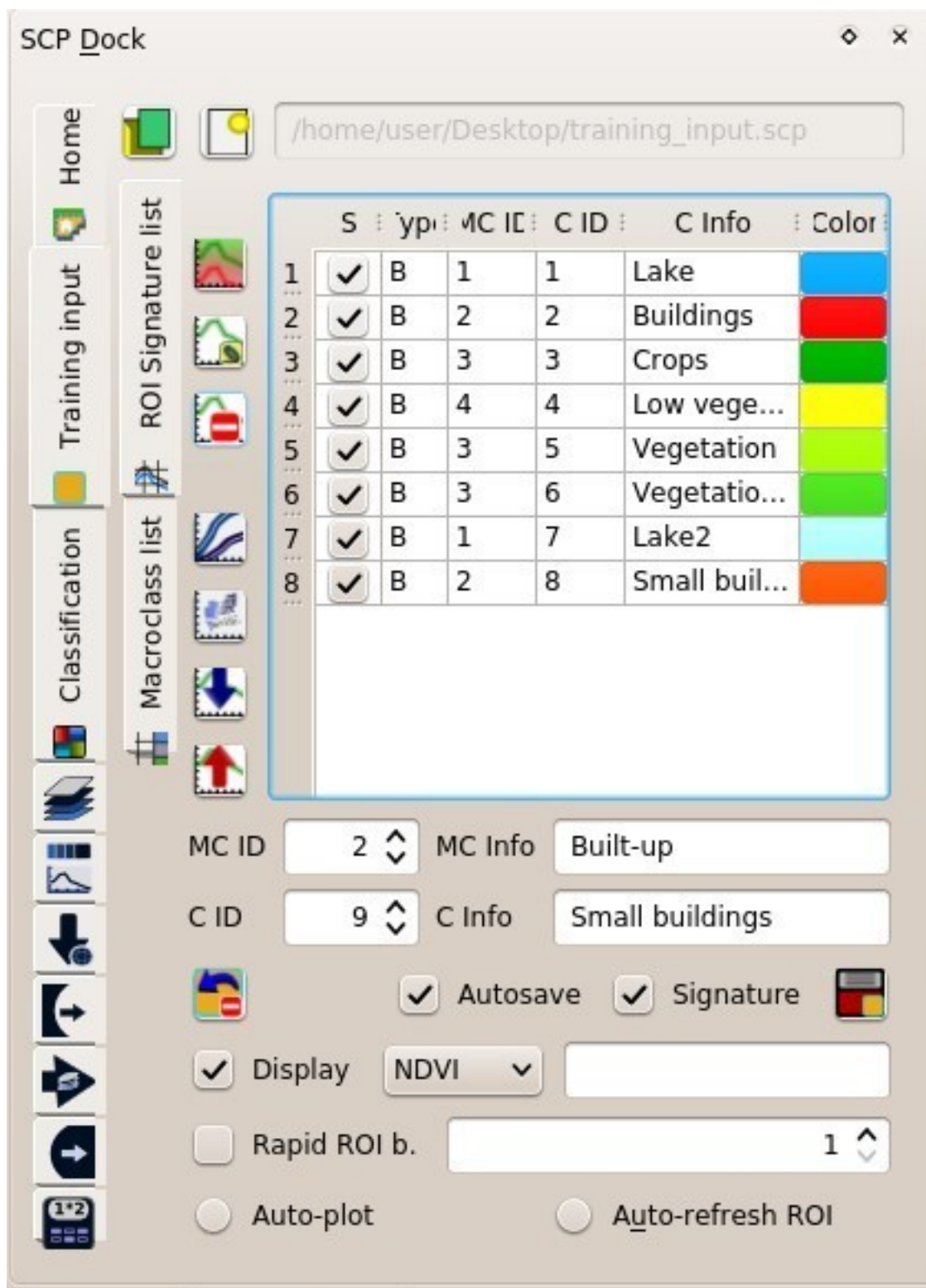


Figura 31: Definición de los colores de las clases

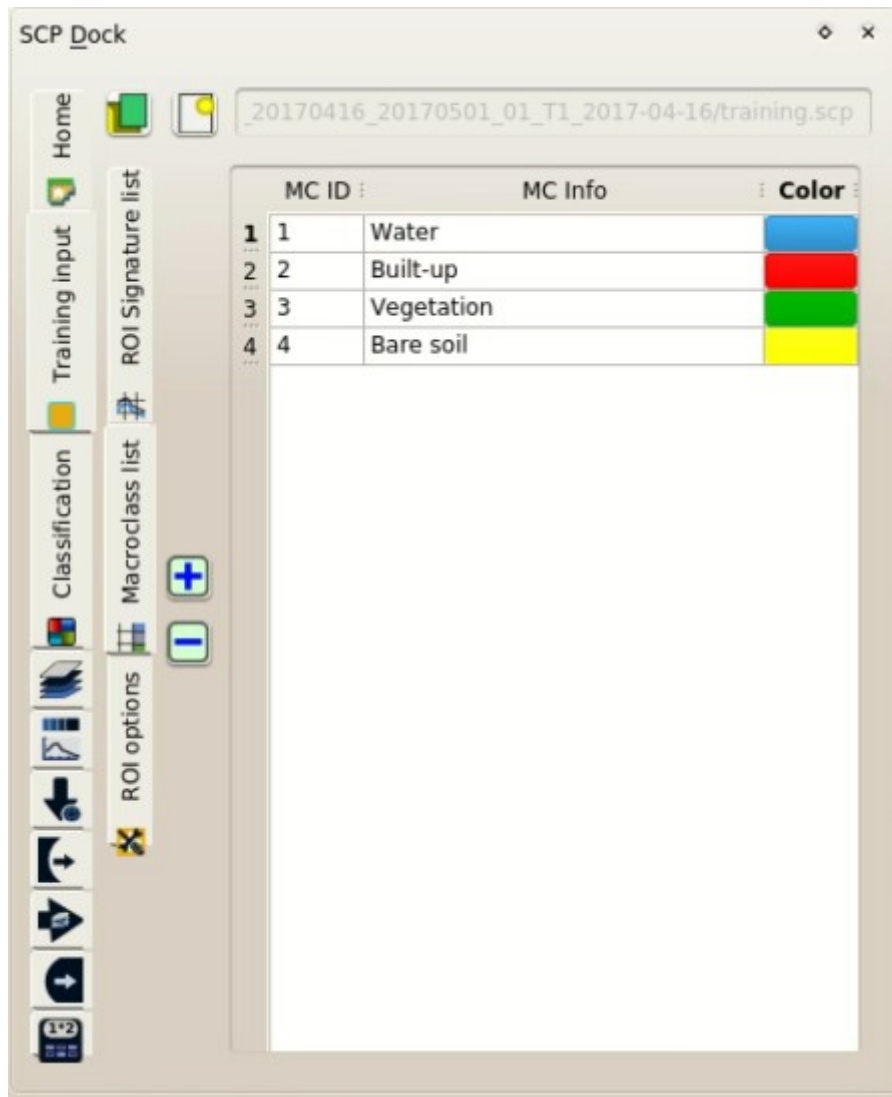


Figura 32: Definition of macroclass colors



Figura 33: Setting the algorithm and using C ID



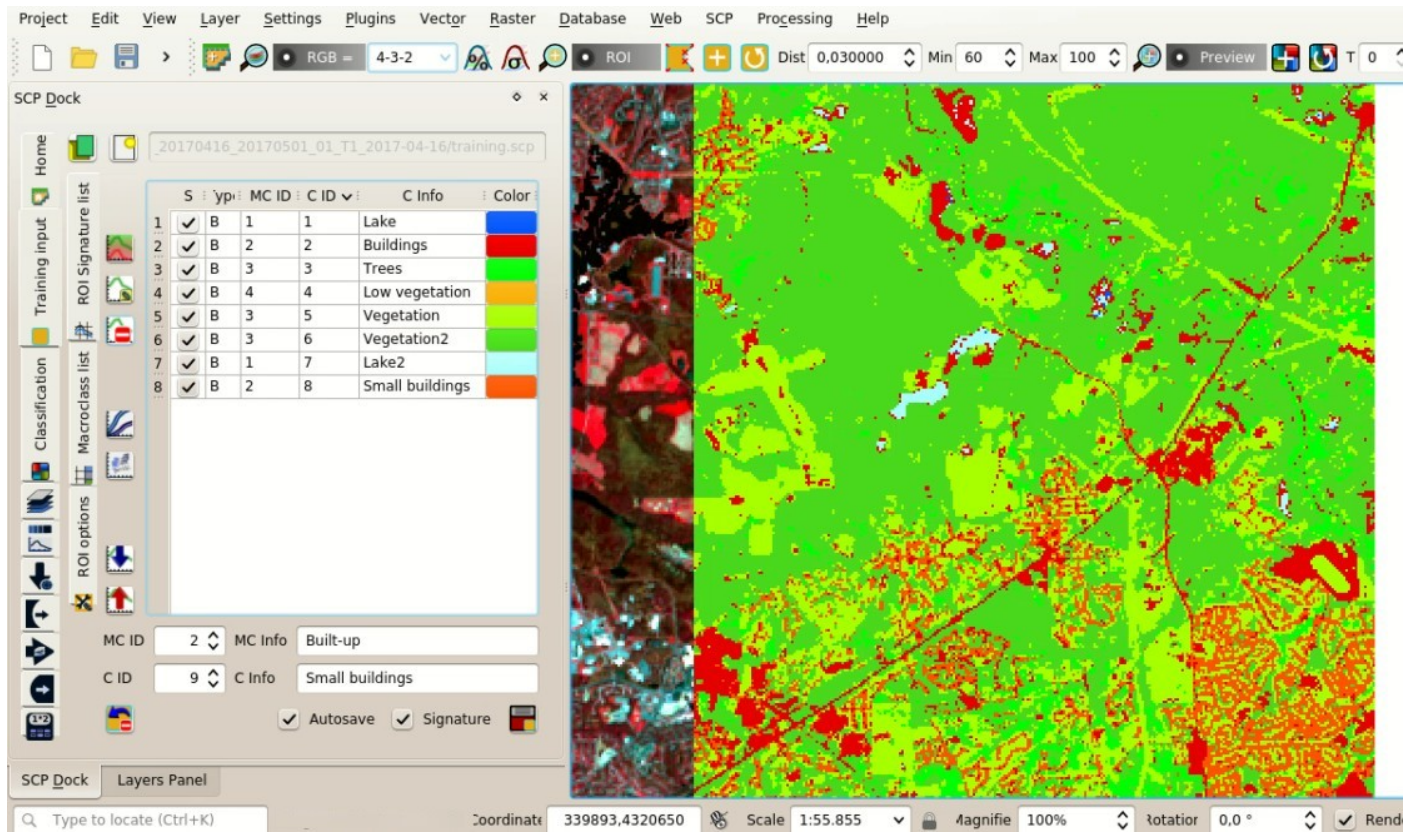


Figura 34: Classification preview displayed over the image using C ID

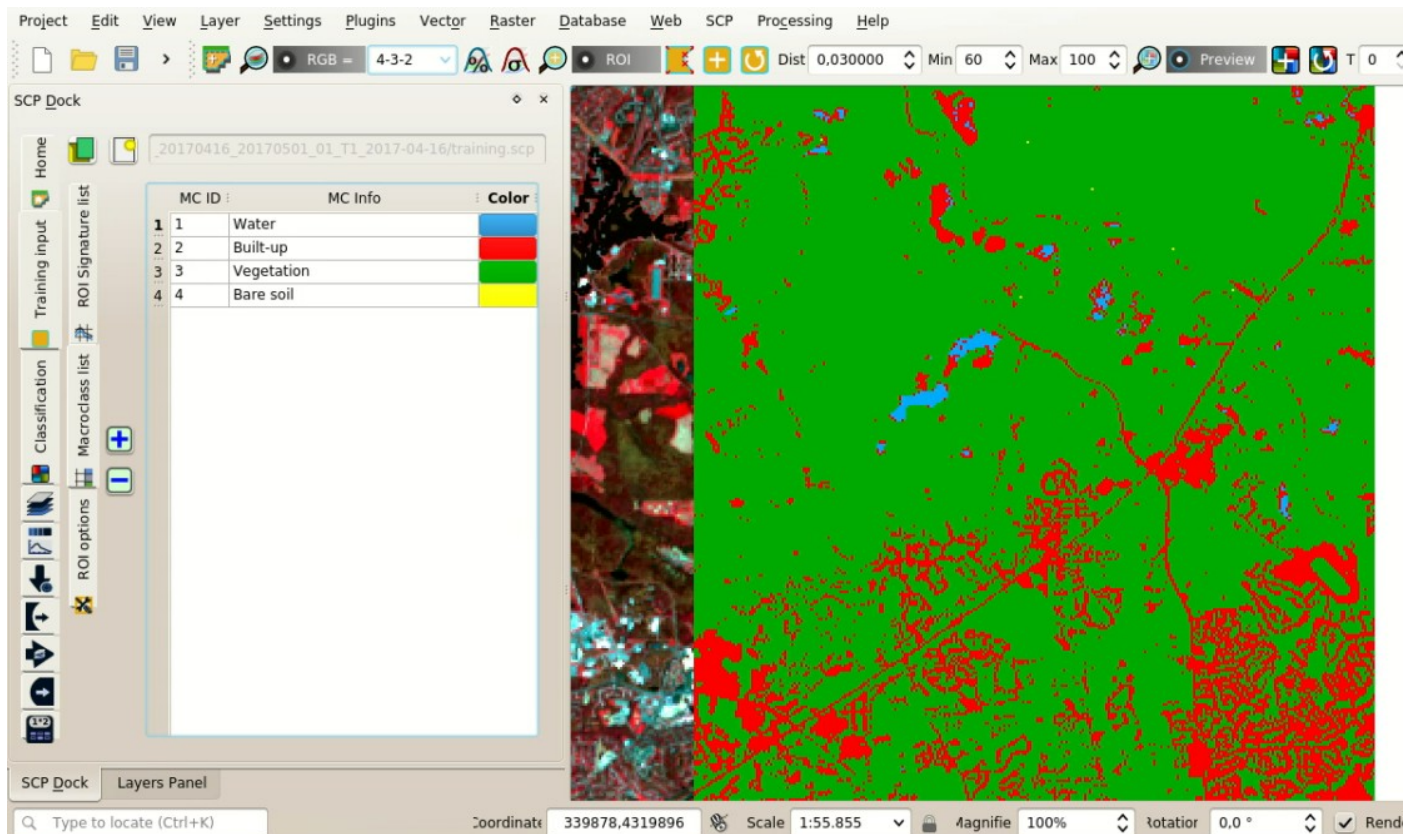


Figura 35: Classification preview displayed over the image using MC ID



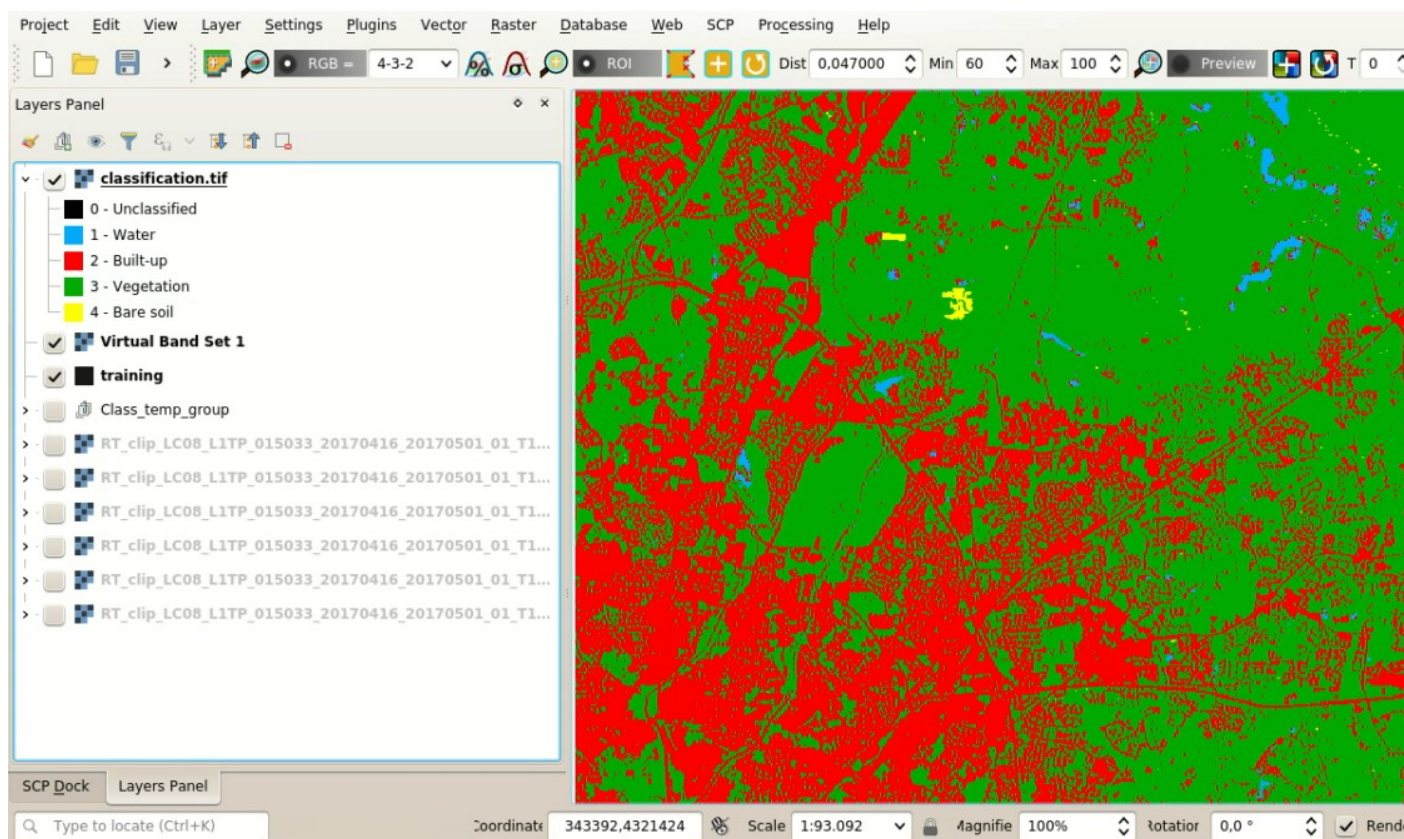
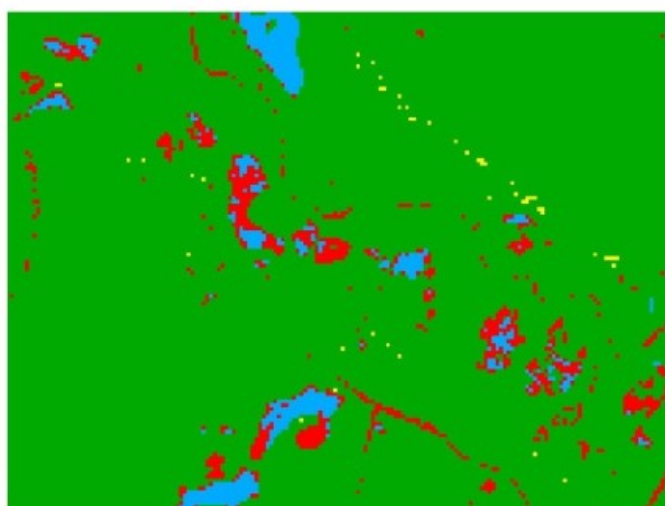


Figura 36: Resultado de clasificación de cobertura del suelo

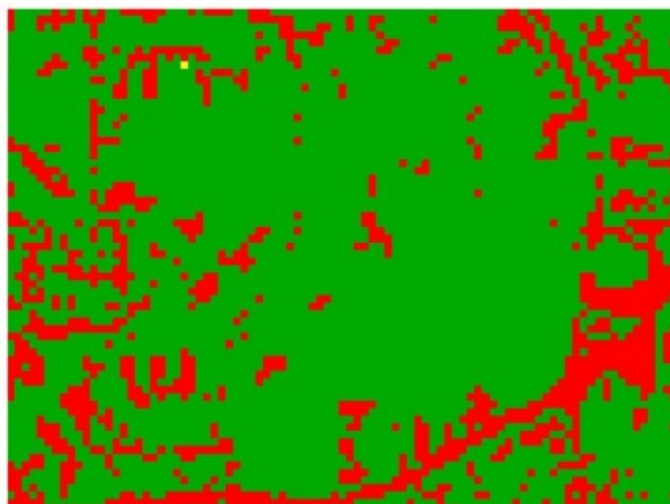


**Classification**



**RGB = 3-2-1**

Figura 37: Ejemplo de error: Cuerpos de agua clasificados como construcciones

**Classification****RGB = 3-2-1**Figura 38: *Ejemplo de error: Construcciones clasificadas como vegetación*

## 5.2 Tutorial 2

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 2: Cloud Masking, Image Mosaic, and Land Cover Change Location* (página 175)
  - *Download the Data* (página 177)
  - *Create the cloud cover mask* (página 183)
  - *Mask clouds in the Sentinel-2 image* (página 184)
  - *Mosaic the Sentinel-2 images* (página 184)
  - *Land cover change* (página 187)

### 5.2.1 Tutorial 2: Cloud Masking, Image Mosaic, and Land Cover Change Location

This tutorial is about the use of *SCP* for the assessment of land cover change of a multispectral image. It is recommended to complete the *Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo* (página 141) before this tutorial.

The purpose of this tutorial is to locate land cover change over one year (between 2017 and 2018), using free Sentinel-2 images.

Following the video of this tutorial.

<http://www.youtube.com/watch?v=xm9s97GP0Y>

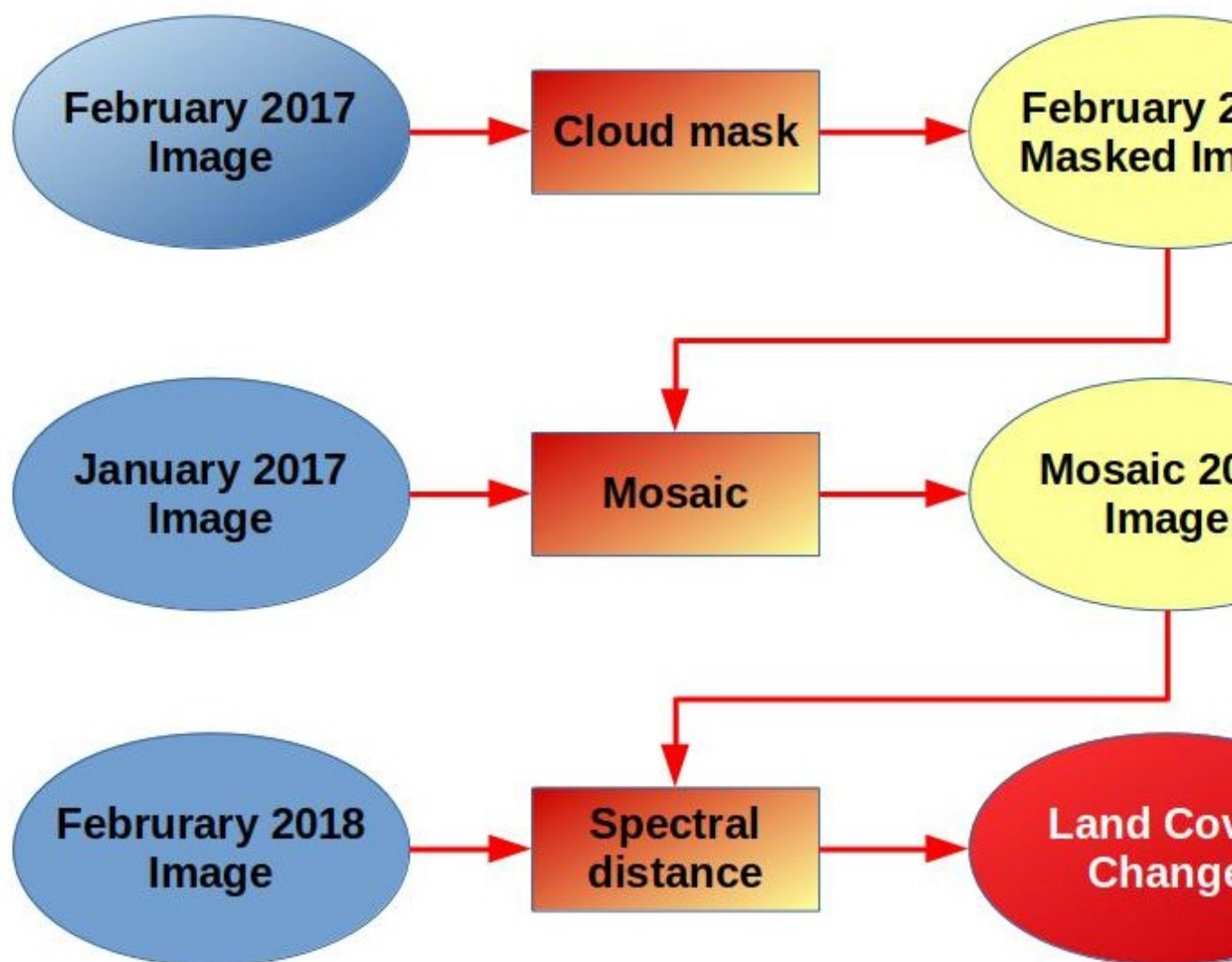




Figura 39: *Workflow*




## Download the Data

We are going to download a *Satélite Sentinel-2* (página 116) image (Copernicus land monitoring services) and use the bands illustrated in the following table.

| Sentinel-2 Bands              | Central Wavelength [micrometers] | Resolution [meters] |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Band 2 - Blue                 | 0.490                            | 10                  |
| Band 3 - Green                | 0.560                            | 10                  |
| Band 4 - Red                  | 0.665                            | 10                  |
| Band 5 - Vegetation Red Edge  | 0.705                            | 20                  |
| Band 6 - Vegetation Red Edge  | 0.740                            | 20                  |
| Band 7 - Vegetation Red Edge  | 0.783                            | 20                  |
| Band 8 - NIR                  | 0.842                            | 10                  |
| Band 8A - Vegetation Red Edge | 0.865                            | 20                  |
| Band 11 - SWIR                | 1.610                            | 20                  |
| Band 12 - SWIR                | 2.190                            | 20                  |

Start QGIS and the SCP . Open the tab *Descargar productos* (página 51) clicking the button  in the *Home* (página 24), or in the *SCP menú* (página 21). In the tab *Descargar productos* (página 51) click the button  to display the OpenStreetMap tiles (© OpenStreetMap contributors) in the QGIS map, licensed as CC BY-SA (Tile Usage Policy ).

In general it is possible to define the area coordinates clicking the button , then left click in the map for the UL point and right click in the map for the LR point. In this tutorial the study area is Rome (Italy), therefore click in the map to define the search area, or alternatively, enter these point coordinates in *Parámetros de búsqueda* (página 53):

- UL: 12.4 / 41.9
- LR: 12.5 / 41.8


The purpose of this tutorial is to map the land cover change between 2017 and 2018, therefore we need to download at least two images. Because of cloud cover, we are going to download an additional image for 2016, which will be used to replace pixels covered by clouds in the first image. We are searching for three images (tile 33TTG) acquired on:

- 01 January 2017
- 10 February 2017
- 10 February 2018

Therefore, we need to perform three searches. Select *Sentinel-2* from the *Products*  and set:

- *Date from:* 2017-01-01
- *to:* 2017-01-01

In this case, enter L1C\_T33TTG in *Filter* to filter the results only for the tile 33TTG.

Now click the button *Find*  and after a few seconds the image will be listed in the *Lista de productos* (página 55). Click the item in the table to display a preview that is useful for assessing the quality of the image and the cloud cover.

Repeat the date definition and the search also for the 2017-02-10 image. You can notice that there are a few clouds over the area, therefore we are going to mosaic this image with the one acquired on 2017-01-01.

Finally, repeat the search for the 2018-02-10 image.

We can also select the bands to be downloaded according to our purpose. In particular, select the tab *Opciones de Descarga* (página 56) and check only the Sentinel-2 bands that will be used in this tutorial and the ancillary data.

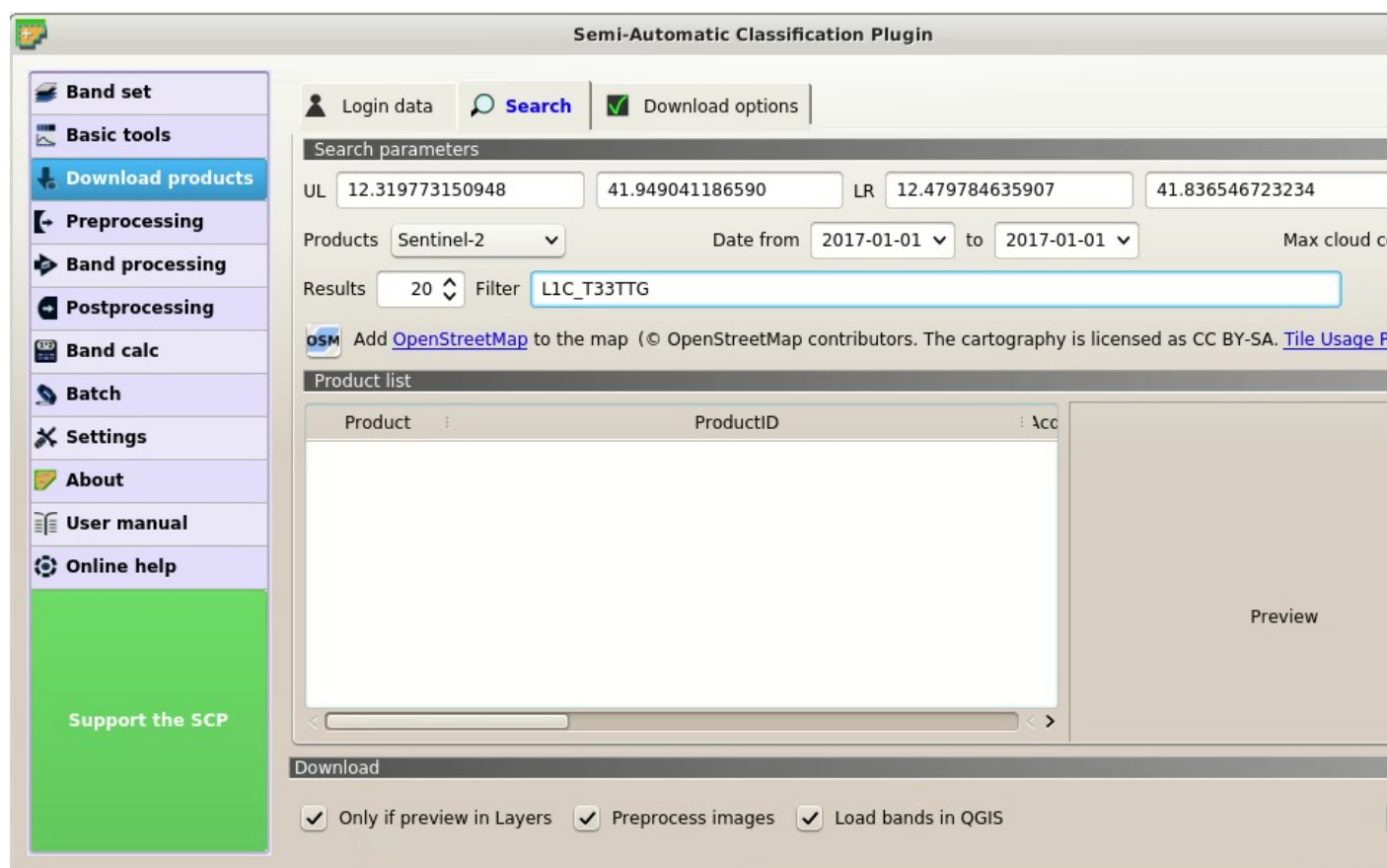


Figura 40: Search products



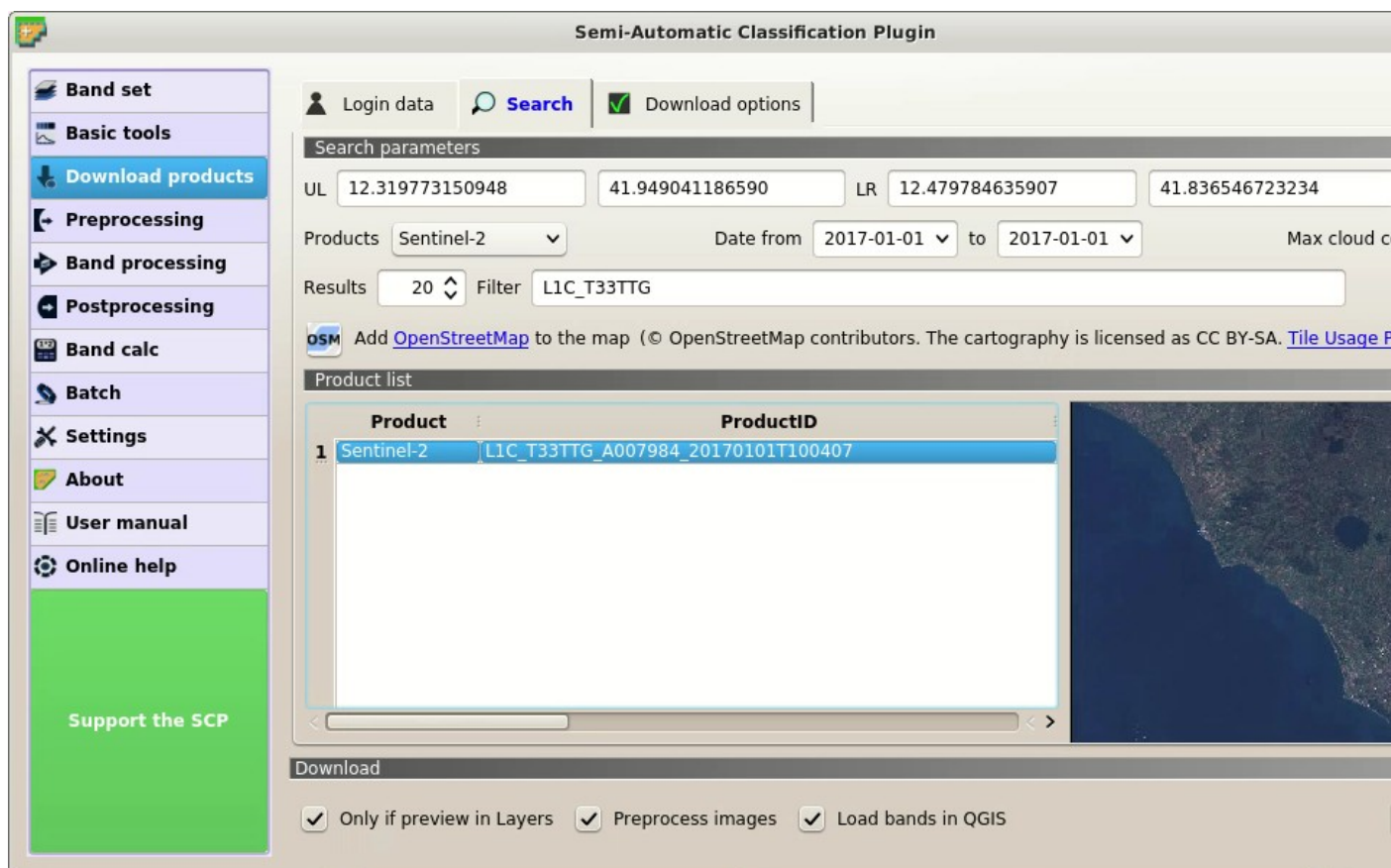


Figura 41: Search result

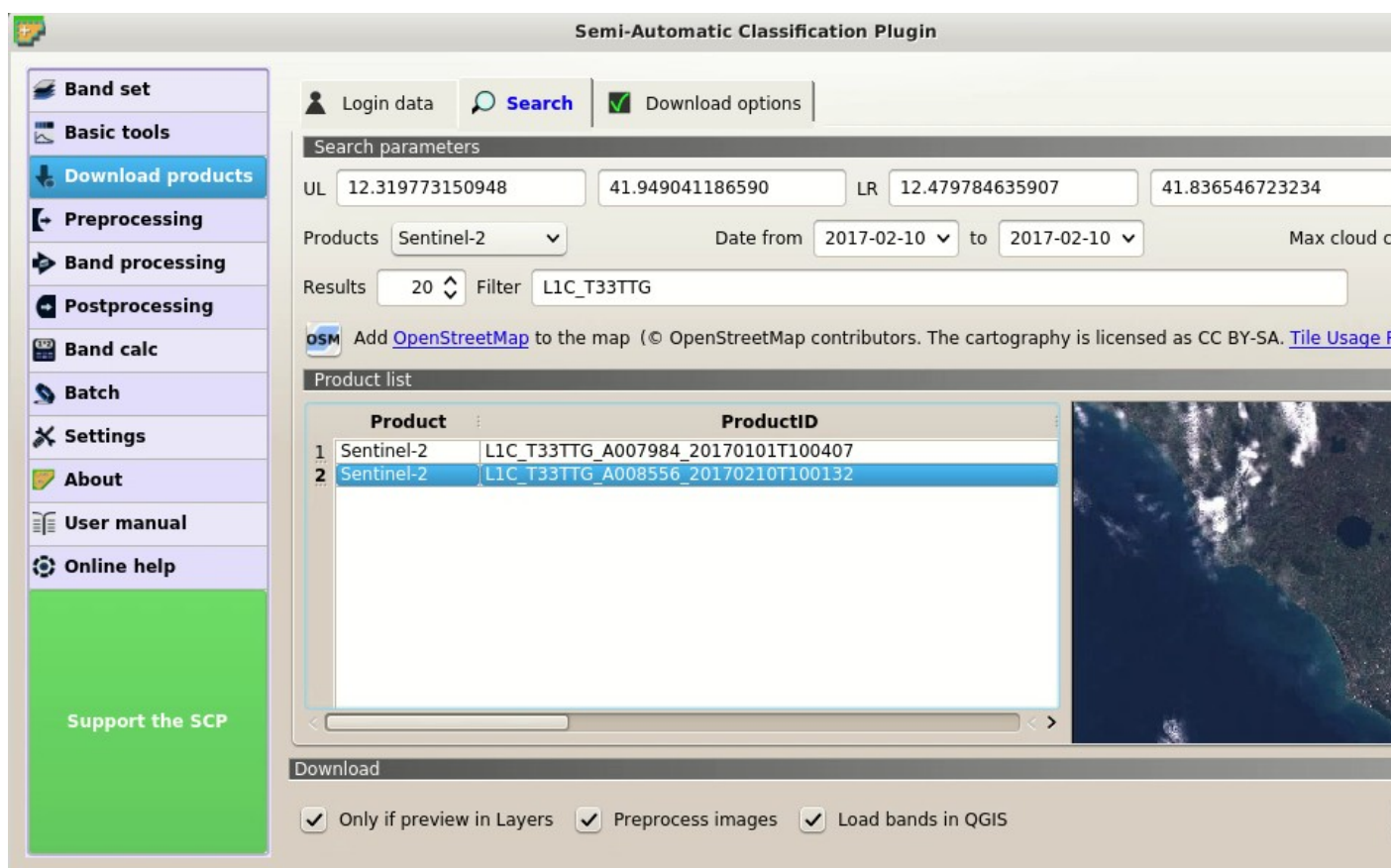


Figura 42: Search result of second image

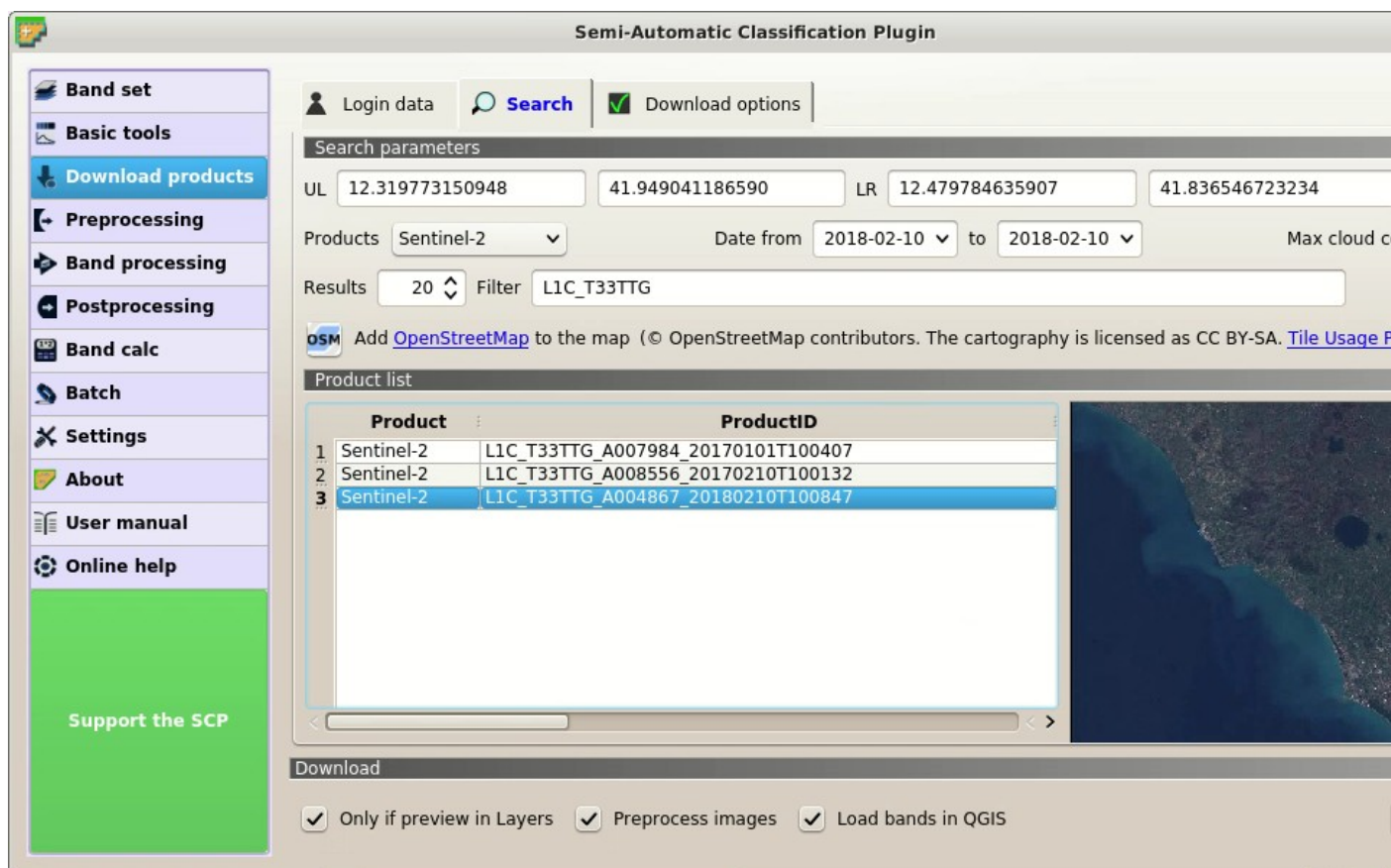
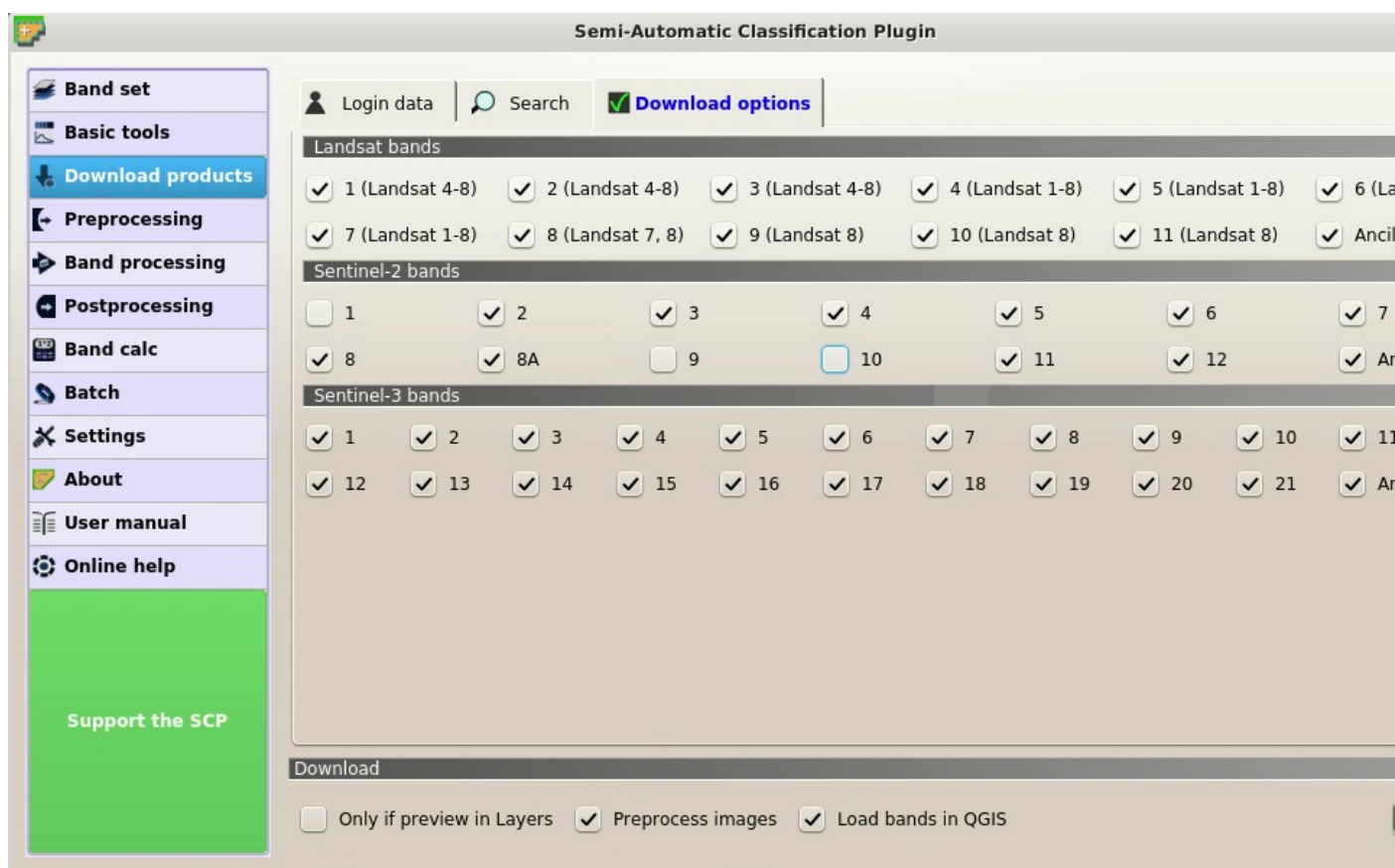


Figura 43: Search results

Figura 44: *Download options*

For the purpose of this tutorial, uncheck the option ☒ *Only if preview in Layers* because we want to download and preprocess all the images listed in the table.

Before starting the download we need to set the preprocessing options in the tab *Sentinel-2* (página 59) for performing the *Corrección DOS1* (página 135). Check the options ☒ *Apply DOS1 atmospheric correction* and ☒ *Add bands in a new Band set* to automatically create a *Band set* for each image.

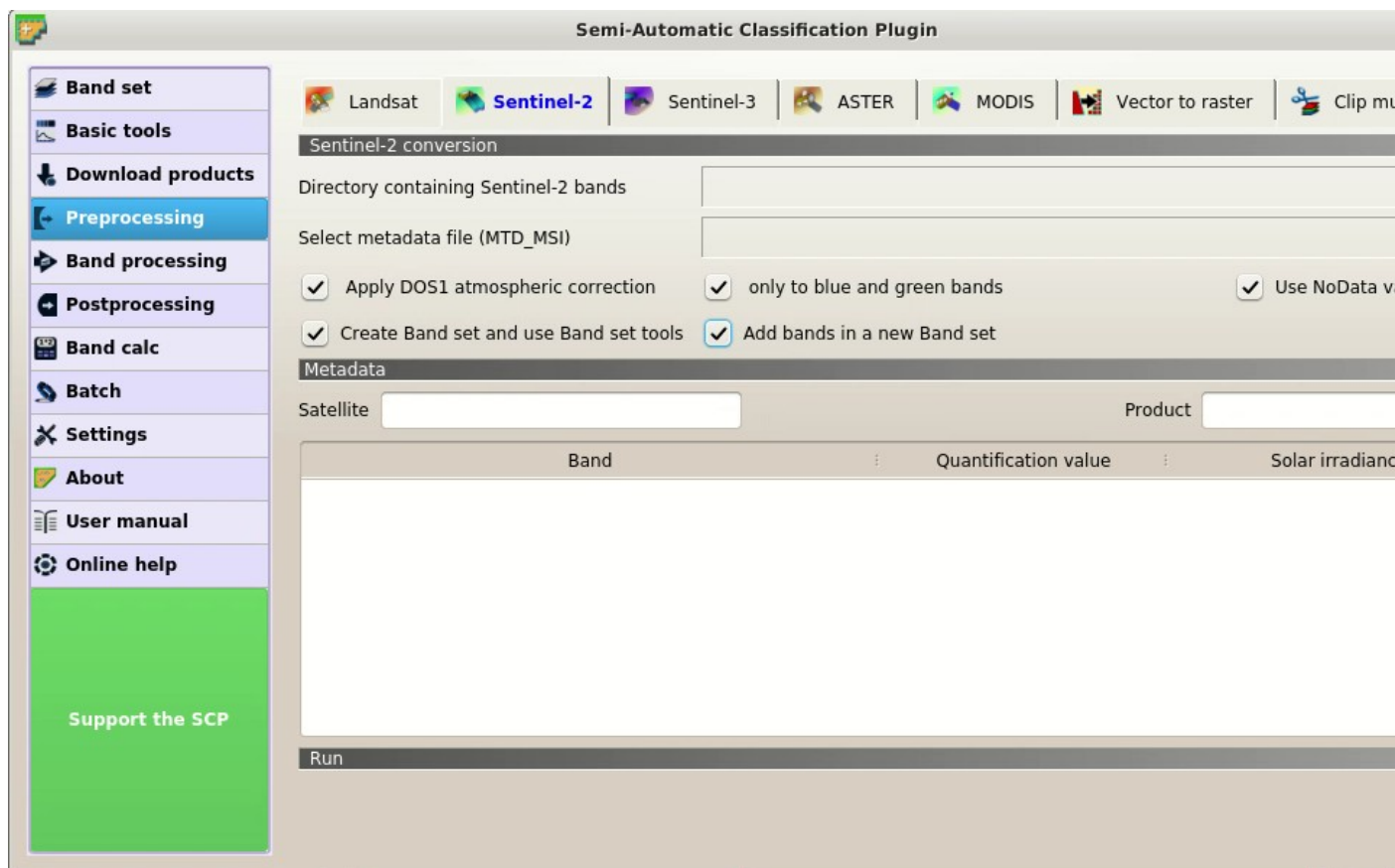



Figura 45: *Preprocessing options*

To start the image download, in the tab *Descargar productos* (página 51) click the button *RUN*  and select a directory where bands are saved (a new directory will be created for each image). The download could last a few minutes according to your internet connection speed. The download progress is displayed in a bar.

After the download, all the bands of all the Sentinel-2 images (© Copernicus Sentinel data 2018) are automatically loaded in the map. We can also display the RGB color composite of the *Band sets* clicking the list *RGB=* in the *Barra de Trabajo* (página 34), and selecting the item 3-2-1.

### Create the cloud cover mask

Before the land cover change assessment, we need to remove cloud cover pixels in the image acquired on 2017-02-10. Of course we could perform the same process for all the other images.

In QGIS, load the file `MSK_CLOUDS_B00.gml` that should be inside the directory `L1C_T33TTG_A008556_20170210T100132_2017-02-10`. This vector file represents most of the cloud cover in the image. In QGIS Layers Panel, left click the vector `MSK_CLOUDS_B00 MaskFeature` and select `Export > Save Feature as` to save this gml file to shapefile (e.g. `clouds.shp`).

We can convert this vector file to raster using the tab *Vectorial a ráster* (página 65).



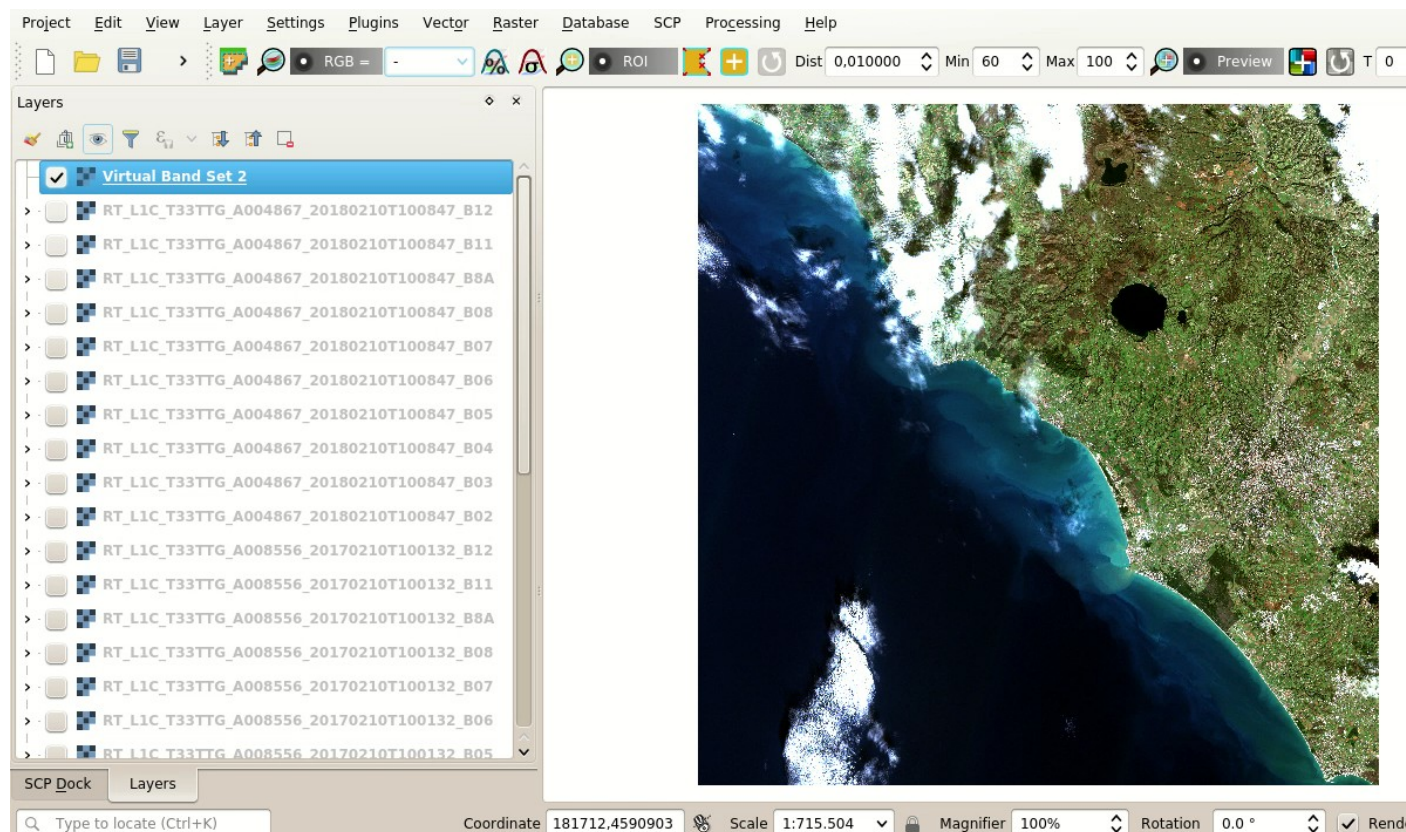




Figura 46: Download of Sentinel-2 bands

Click the button  to refresh the layer list, and select the vector `clouds`. Check the ☒ *Use constant value* to set the raster value 1 for clouds. Also, in *Select the reference raster* select the name of a band. This will create

a raster with the same size and aligned to the Sentinel-2 image. Finally click the button *RUN*  to create the mask.


We could also improve the mask by manually editing the pixel of the raster using the tool *Editar ráster* (página 84) or creating a semi-automatic classification of clouds.

### Mask clouds in the Sentinel-2 image

We are going to mask all the pixels covered by clouds in all the bands composing the *Band set* of the image acquired on 2017-02-10.

In the tab *Enmascaramiento de nubes* (página 70), set the number of the 2017-02-10 *Band set* in *Select input band set*. In *Select the classification* we select the mask created at the previous step. Enter 1 in *Mask class values*.

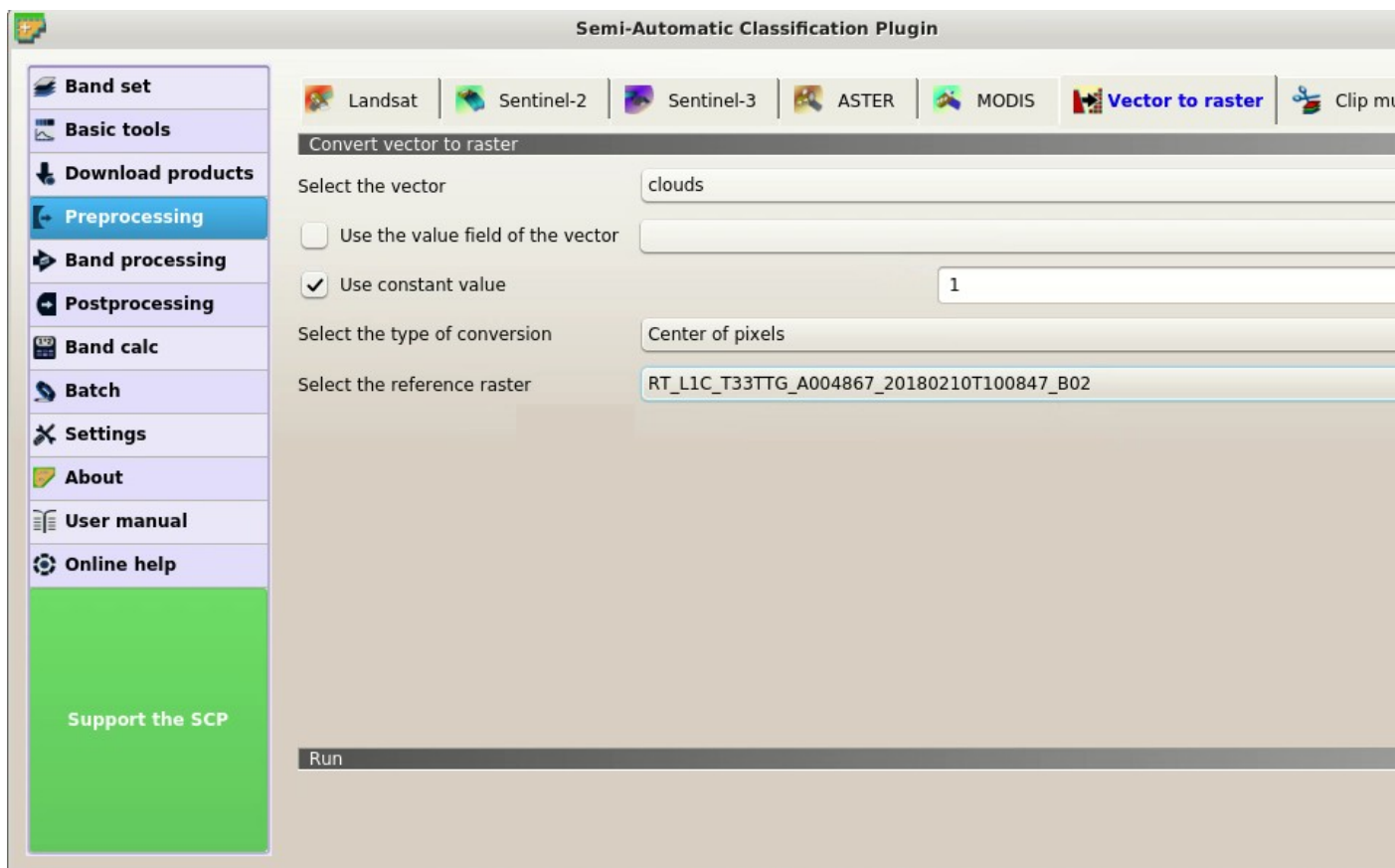
Finally, uncheck ☒ *Use buffer of pixel size* to speed up the masking process.

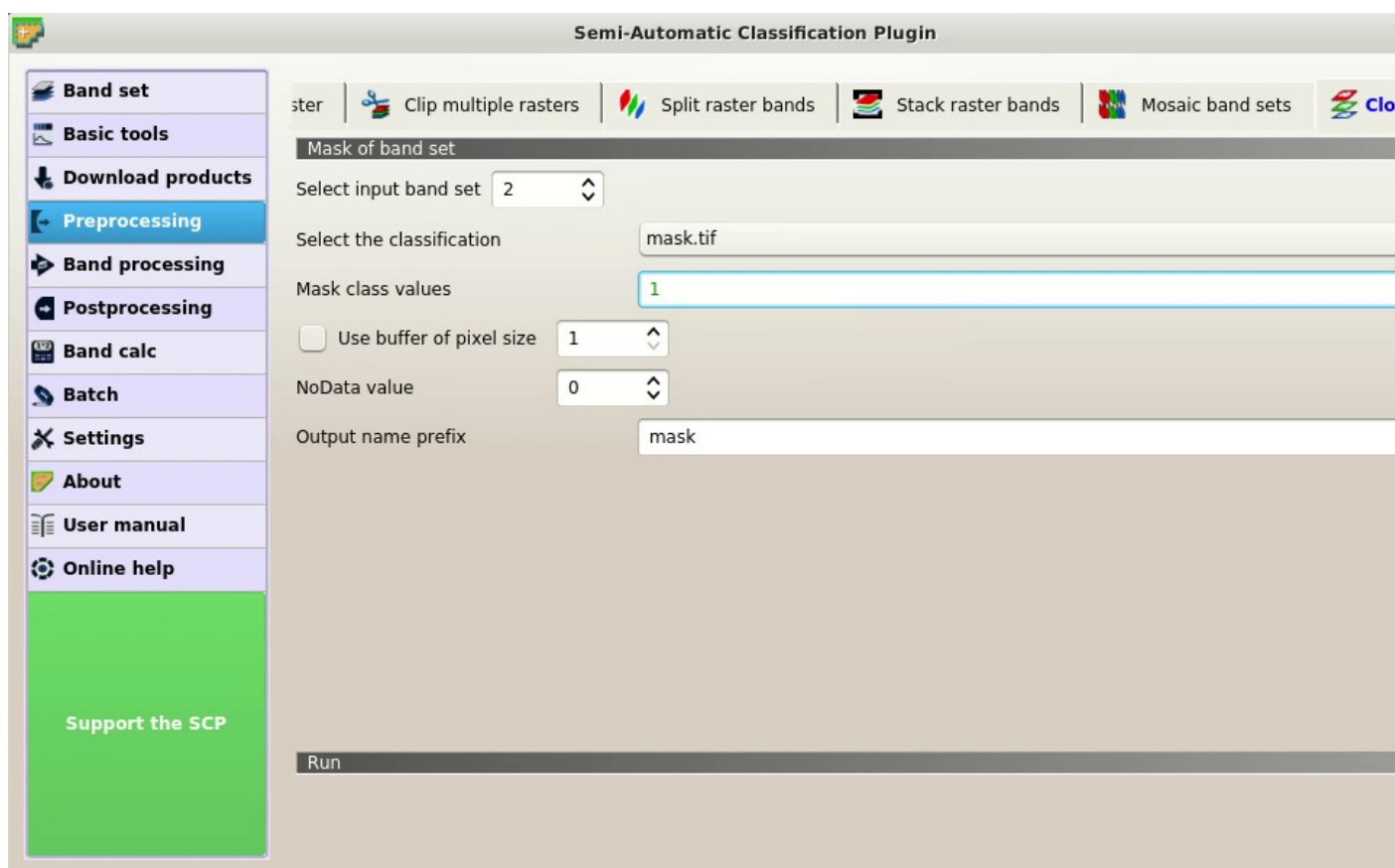
Now click the button *RUN*  to select the output directory and start the masking process.


### Mosaic the Sentinel-2 images

We are going to mosaic the 2017 images in order to create a cloud free image to be used for land cover change.



Figura 47: *Vector to raster mask*

Figura 48: *Mask clouds*

We use the image acquired on 2017-01-01 to fill the gaps in the 2017-02-10 image. In the tab *Conjunto de bandas* (página 38), add a new *Band set* with the button  and add the masked bands.

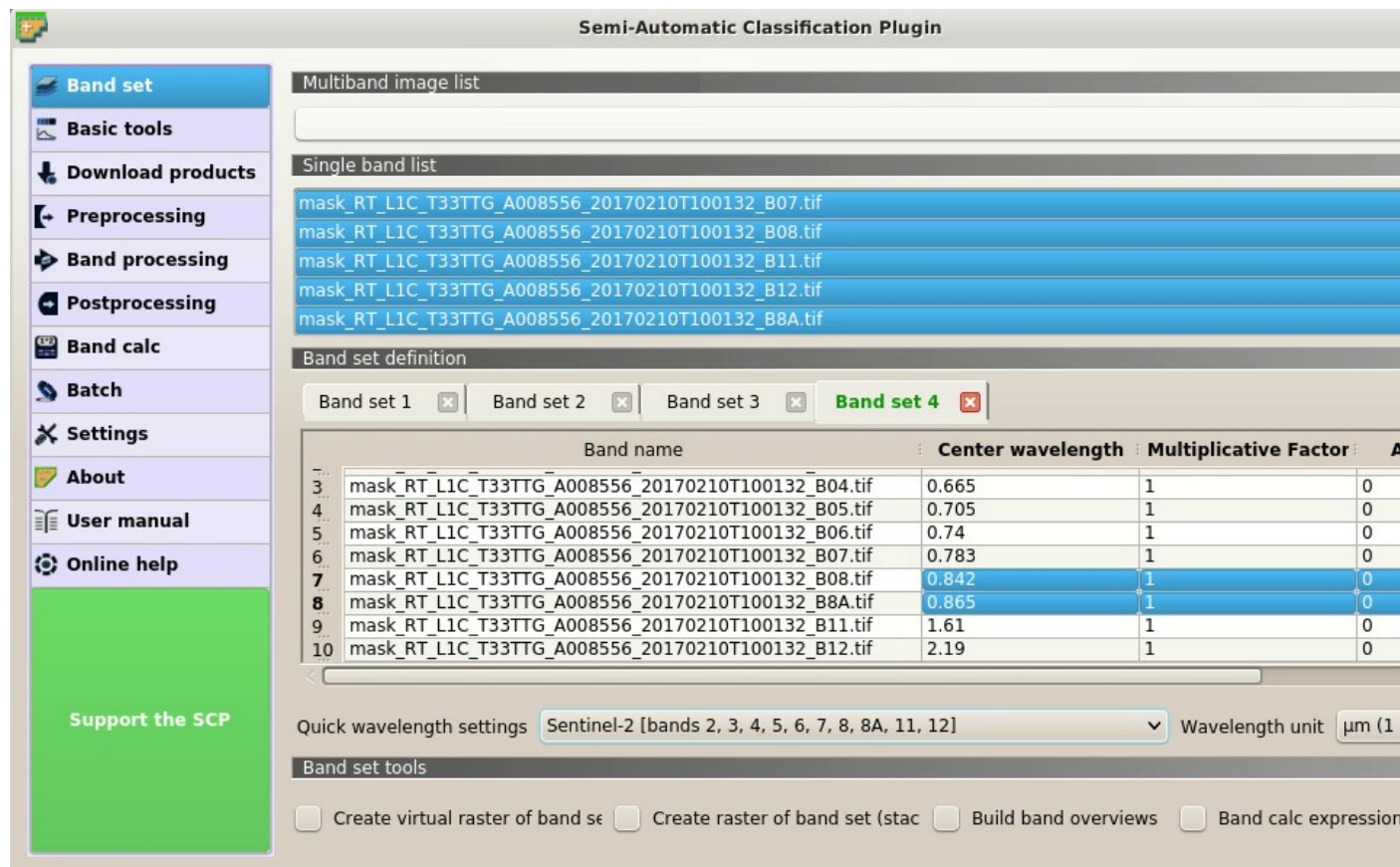


Figura 49: New Band set

Now we can mosaic the 2017 images.

In the tab *Mosaico de conjuntos de bandas* (página 70), in the *Band set list* enter the number of the 2017-02-10 masked *Band set*, followed by comma, followed by the number of the 2017-01-01 *Band set*. Now click the button

 **RUN** to select the output directory and start the masking process.

We could have used more than 2 *Band sets*. The process automatically mosaic the corresponding bands of the input *Band sets* filling the NoData gaps of the first *Band set* with the pixels of the following *Band sets*. The mosaic bands are automatically added to the map.



## Land cover change

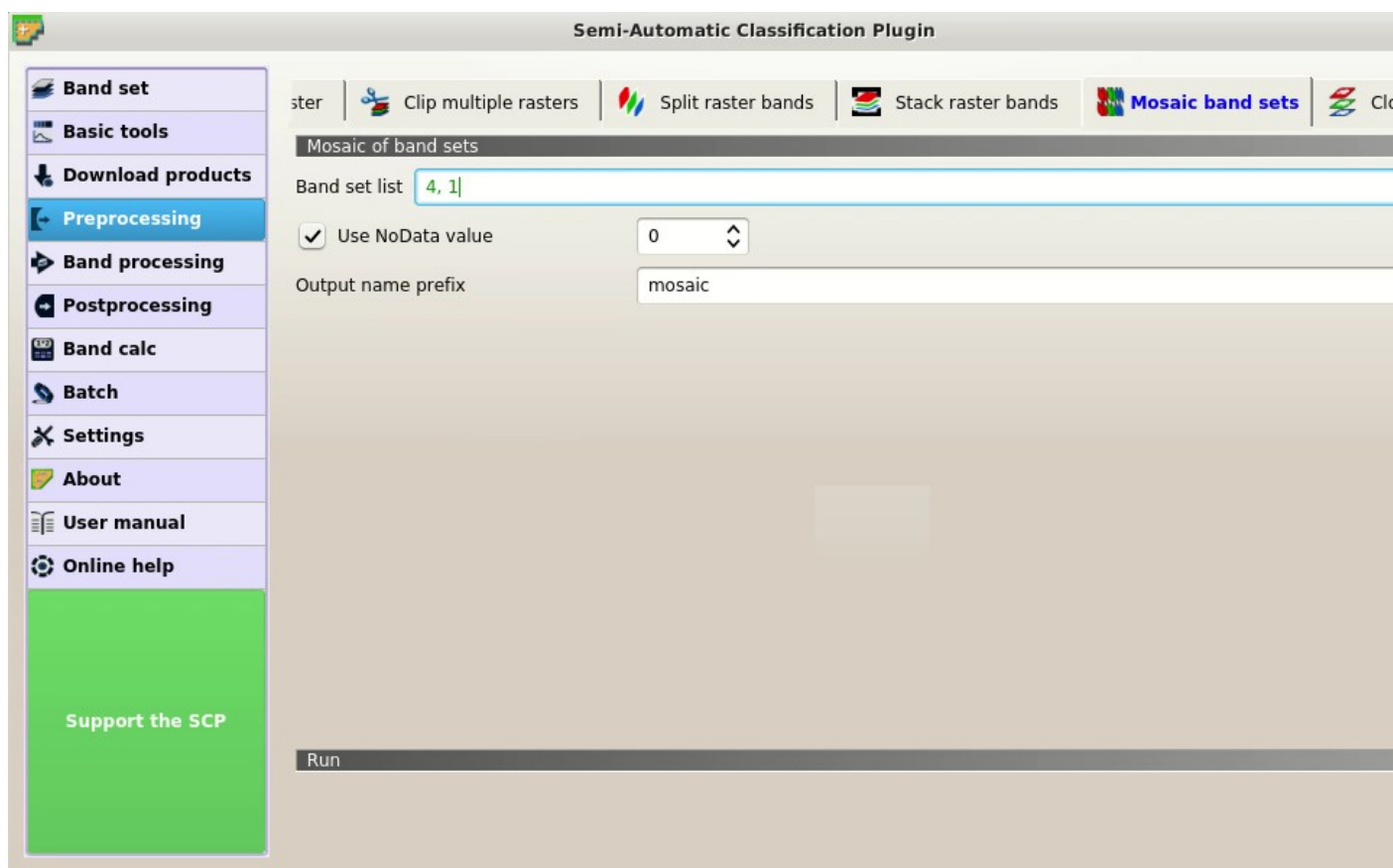
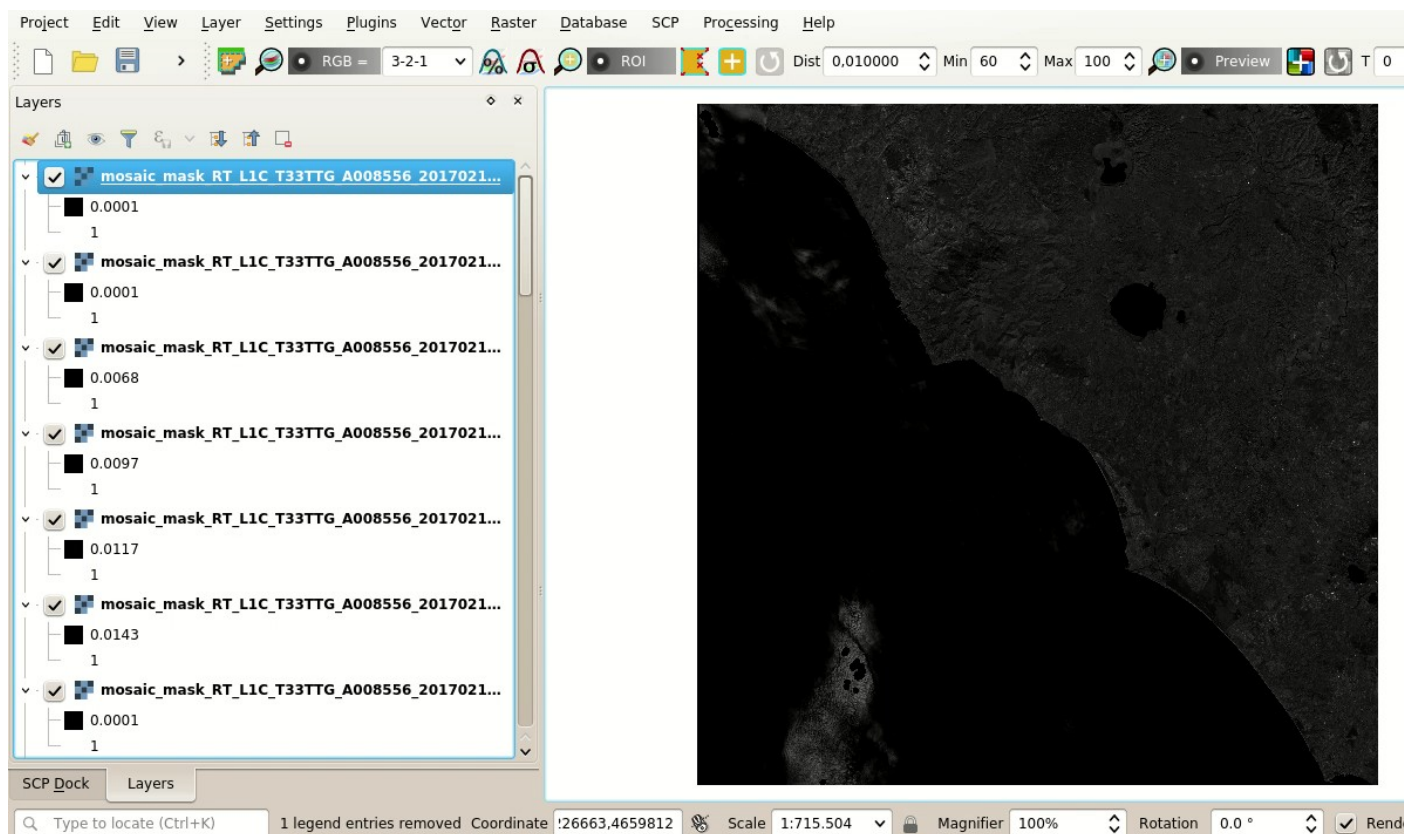
We are going to automatically locate the land cover change between the image mosaic of 2017 and the 2018 image.

SCP includes a tool that allows for calculating the spectral distance between every corresponding pixel of two *Band sets*, and creating a raster of changes through a spectral distance threshold.

In the tab *Conjunto de bandas* (página 38), add a new *Band set* with the button  and add the mosaic bands.

In the tab *Distancia espectral* (página 74), set the number of the 2017 mosaic *Band set* in *Select first input band set*, and set the number of the 2018 *Band set* in *Select second input band set*. In *Distance algorithm* check the

 *Spectral Angle Mapping*. Check the  *Distance threshold* and set the value 10 that is the threshold used for creating the raster of changes.

Figura 50: *Mosaic Band sets*Figura 51: *Mosaic of 2017 images*

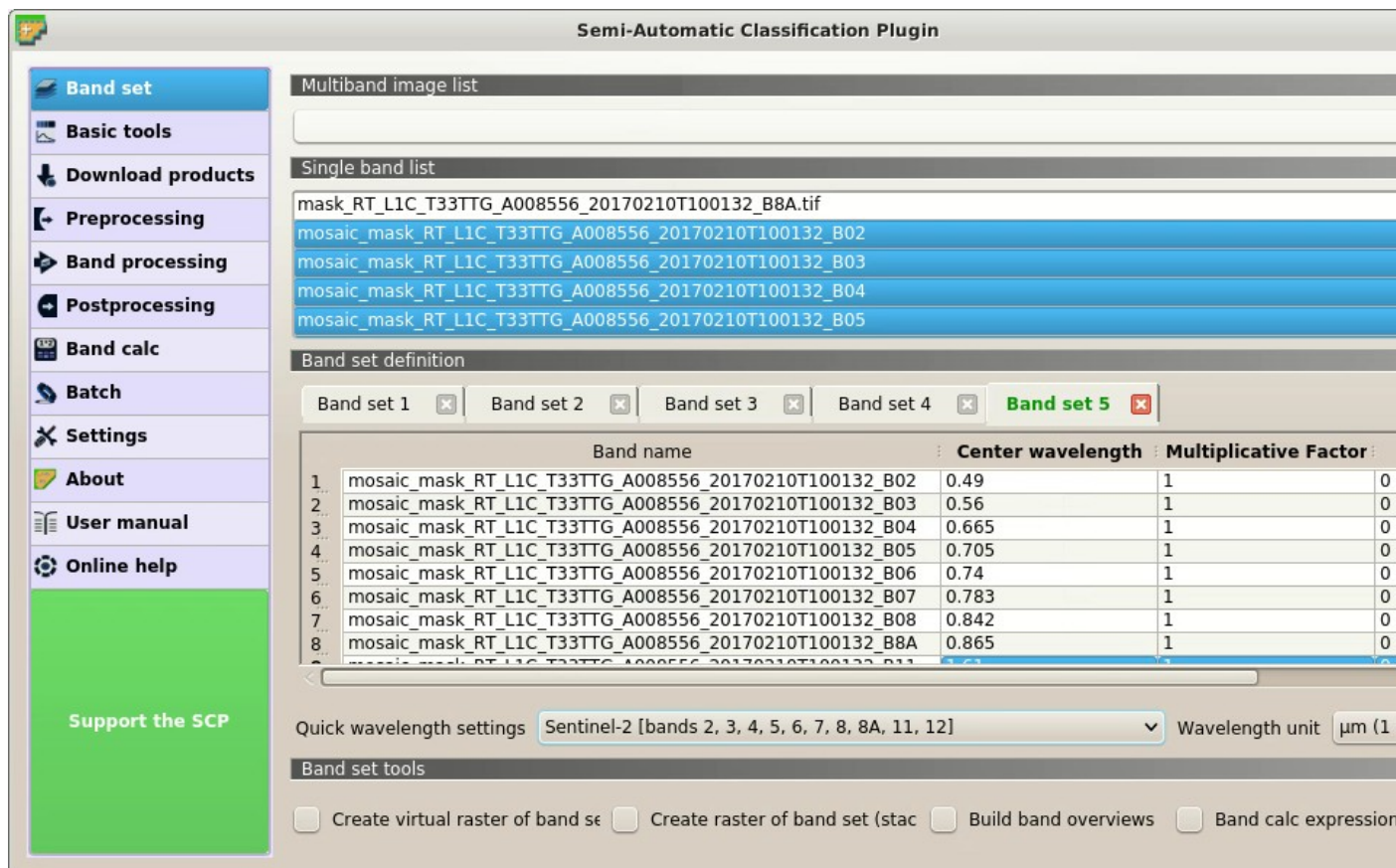



Figura 52: New Band set



Now click the button *RUN*  to select the output directory and start the masking process.

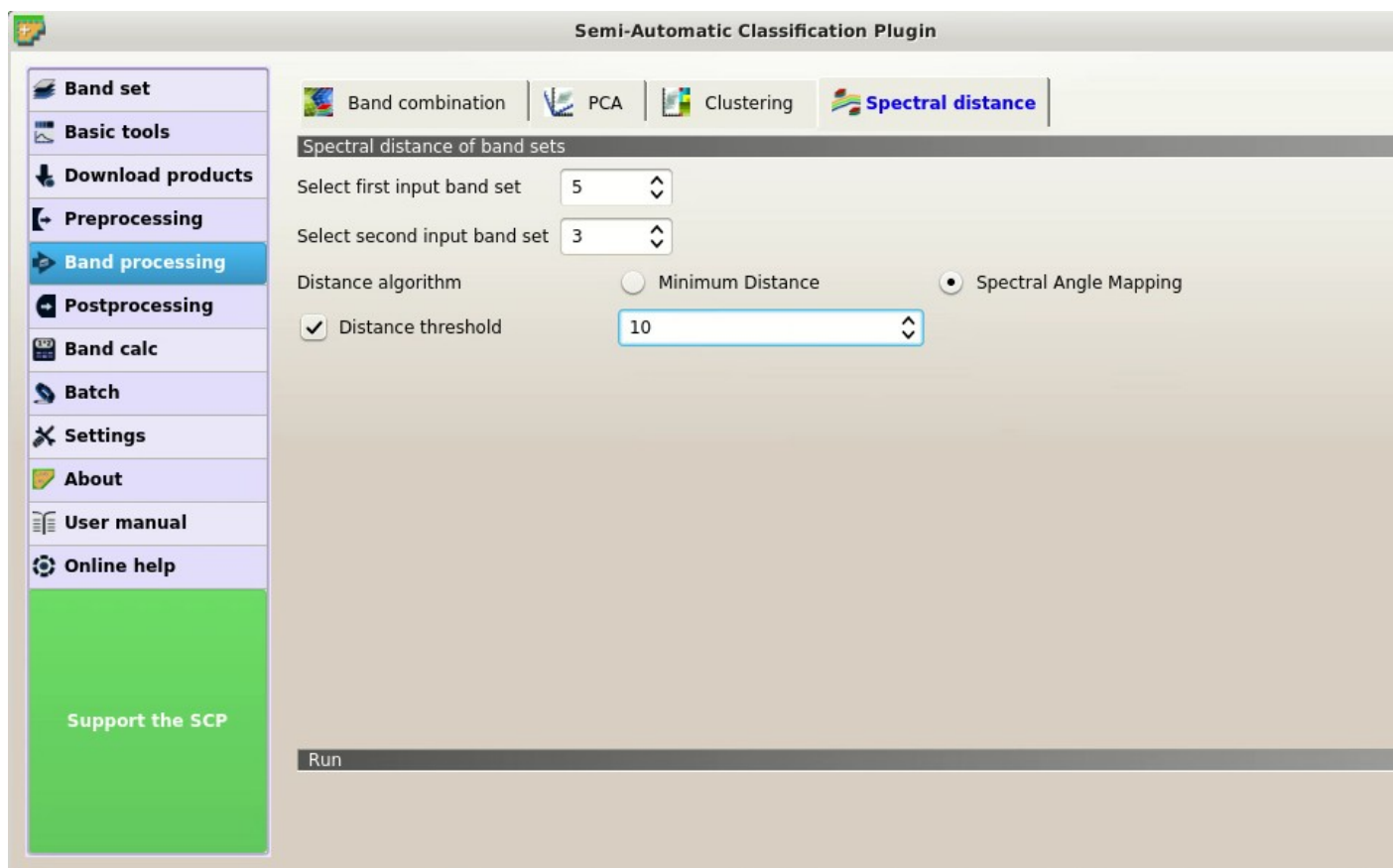


Figura 53: *Spectral distance*

After a while, the spectral distance raster and the raster of changes are added to the map

This is an automatic method for locating land cover changes. We can see that most land cover changes are due to crop variations.

For instance, this method could be useful to assess vegetation burnt area or forest logging. We could set a different threshold value for increasing or reducing the number of pixels identified as changes.

Of course, in order to identify the type of land cover change we should identify the land cover classes of the images through photo-interpretation or with semi-automatic classification.





Figura 54: *Raster of changes*



The following are advanced tutorials using the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). It is assumed that you have already performed the *Tutoriales Básicos* (página 141).

### 6.1 Tutorial 3

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 3: Accuracy Assessment of a Land Cover Classification* (página 193)
  - *Sample Design* (página 194)
  - *Sample Collection and Photo-Intepretation* (página 196)
  - *Calculation of Accuracy Statistics* (página 202)

#### 6.1.1 Tutorial 3: Accuracy Assessment of a Land Cover Classification

Accuracy assessment is a fundamental step after land cover classification in order to evaluate errors, globally and for each class, and finally evaluate the reliability of the map.

This post is a tutorial about accuracy assessment of a land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) for QGIS. We are going to use the function of SCP to create ROIs using stratified random points (a new function of SCP 6.4.0), which will be photo-interpreted and used as reference for the accuracy assessment. The SCP tool *Exactitud* (página 76) will take care of the rest, providing the error matrix and the accuracy estimates.

The following is the video tutorial, and the following text illustrates the phases in detail.

<http://www.youtube.com/watch?v=H1cL0yhIygg>

Accuracy assessment is performed comparing a sample of points (ground truth) to the classification. There are several ways to choose the sample size and the allocation thereof (sample scheme). The sample should be designed in order to achieve low standard errors of accuracy estimates, and usually this is achieved by random selection of samples.

Sample design depends on several variables such as the proportions of land cover classes and the standard errors that we expect for the overall land cover classification and single classes. In order to reduce standard errors of class specific estimates, it is recommended to stratify the sample. For further details about how to determine the sample size and the stratification, please refer to «Olofsson, et al., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42 – 57».

## Sample Design

This tutorial assumes that you have already performed the classification of a Landsat image following the instructions of this previous [Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo](#) (página 141). You can download the classification raster from [this archive](#).

The land cover classes are described in the following table.

*Classes*

| Macroclass name            | Class ID |
|----------------------------|----------|
| Water                      | 1        |
| Built-up                   | 2        |
| Vegetation                 | 3        |
| Bare soil (low vegetation) | 4        |

Basically, the main requirement is to provide an adequate number of samples for each class, even if the class area proportion ( $W_i$ ) is low. The number of samples ( $N$ ) should be calculated as (Olofsson, et al., 2014):



$$N = \left( \sum_{i=1}^c (W_i - S_i) / S_o \right)^2$$



where:


- $W_i$  = mapped area proportion of class  $i$ ;
- $S_i$  = standard deviation of stratum  $i$ ;
- $S_o$  = expected standard deviation of overall accuracy;
- $c$  = total number of classes;

This requires some conjectures about overall accuracy and user's accuracy of each class. We should base these conjectures on previous studies. One can hypothesize that user's accuracy is lower and standard deviations  $S_i$  is higher for classes having low area proportion, but of course these values should be carefully evaluated.

To get  $W_i$  start QGIS and load the classification raster.

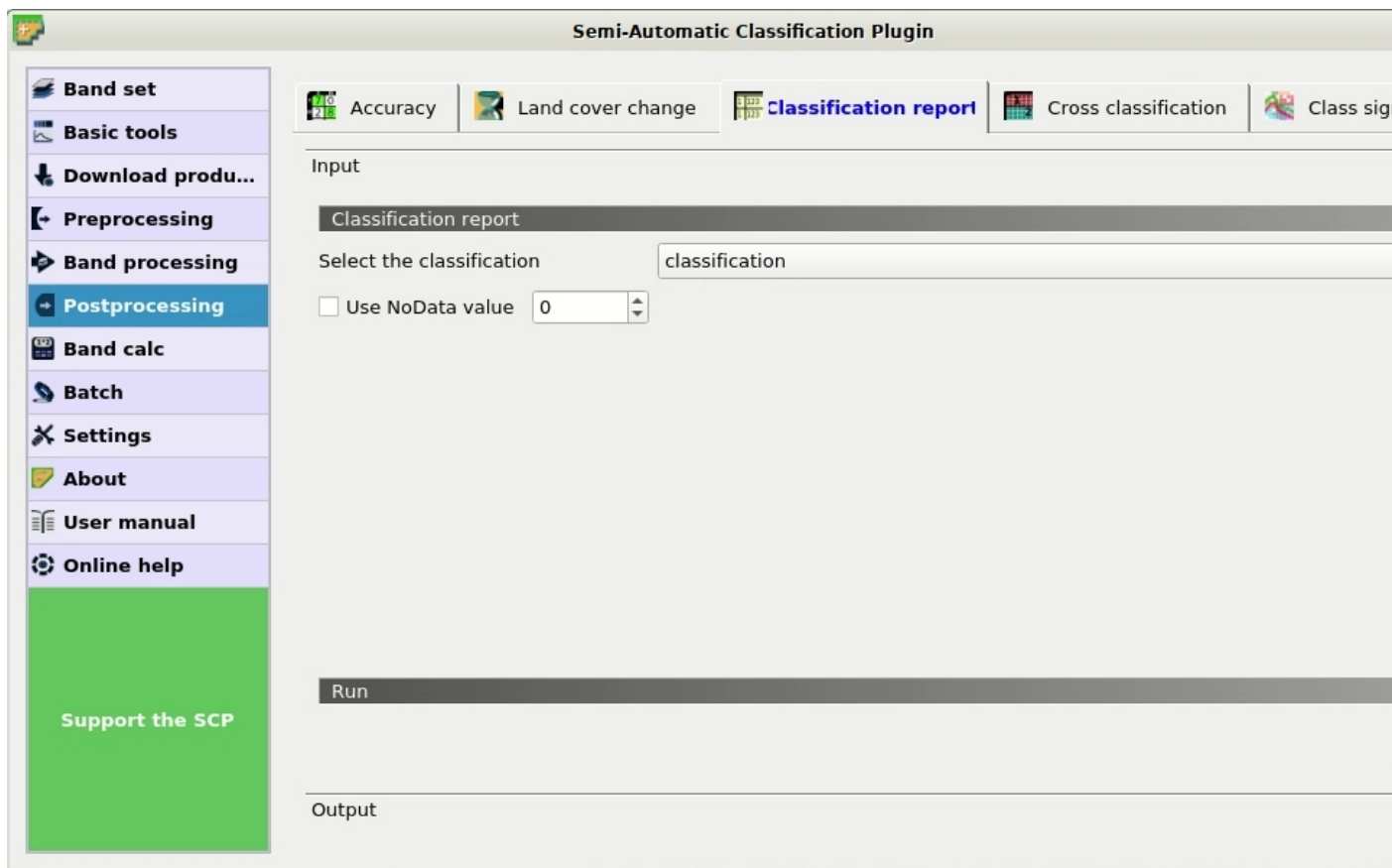
Open the [SCP menú](#) (página 21) and click the tab  [Reporte de la clasificación](#) (página 78) under the submenu  [Postprocessing](#). This tool allows for estimating class area and class percentage.

Click the button  to refresh the layer list, and select the classification raster in *Select the classification* .

; next click *RUN*  to start the calculation; the output report is saved in a text file and displayed in the tab *Output*.

The report table contains the percentage of each class, which we divide by 100 to get the required  $W_i$ . In this tutorial we assume  $S_o = 0,01$  and conjecture the  $S_i$  values reported in the following table (of course, these assumptions are specific of this classification, other assumptions should be made for other classifications).

*Conjectured standard deviations*

Figura 1: *Classification report*



| Land Cover Class | Area $m^2$  | $W_i$  | $S_i$ | $W_i * S_i$ |
|------------------|-------------|--------|-------|-------------|
| 1                | 976,500     | 0.0033 | 0.4   | 0.0013      |
| 2                | 111,267,000 | 0.3713 | 0.3   | 0.1114      |
| 3                | 187,018,200 | 0.6240 | 0.2   | 0.1248      |
| 4                | 438,300     | 0.0015 | 0.5   | 0.0007      |
| Total            |             |        |       | 0.2382      |

Therefore,  $N = (0,2382/0,01)^2 = 567$  is the number of samples that we should distribute among classes.

To stratify the sample we should conjecture user's accuracy and standard deviations of strata (Olofsson, et al., 2014).

A rough approximation is considering the mean value between equal distribution ( $N_i = N/c$ ) and weighted distribution ( $N_i = N * W_i$ ), which is  $N_i = (N/c + N * W_i)/2$  as illustrated in the following table.




#### Sample stratification

| Land Cover Class | Weighted | Equal | Mean |
|------------------|----------|-------|------|
| 1                | 2        | 142   | 72   |
| 2                | 210      | 142   | 176  |
| 3                | 354      | 142   | 248  |
| 4                | 1        | 142   | 71   |
| Total            |          |       | 567  |


## Sample Collection and Photo-Interpretation

This phase involves the creation of (randomly selected) single pixel *Áreas de entrenamiento* (página 120) (ROIs), and the attribution of a land cover class based on photo-interpretation of each ROI.


First, we need to define a *Band set* containing the classification raster that is an input required by the other tools we are going to use.

Open the tab *Conjunto de bandas* (página 38) clicking the button  in the *SCP menú* (página 21) or the *SCP dock* (página 23). Click the button  to refresh the layer list, and select the classification raster; then click  to add selected raster to the *Band set 1*.

We need to create the *Training input* (página 24) in order to collect ROIs that will be the actual samples.

In the *SCP dock* (página 23) select the tab *Training input* (página 24) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `sample.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).

Now we are going to create the stratified random sample using the SCP tool Multiple ROI creation. This tool allows for the random creation of point coordinates according to the sample scheme previously defined.

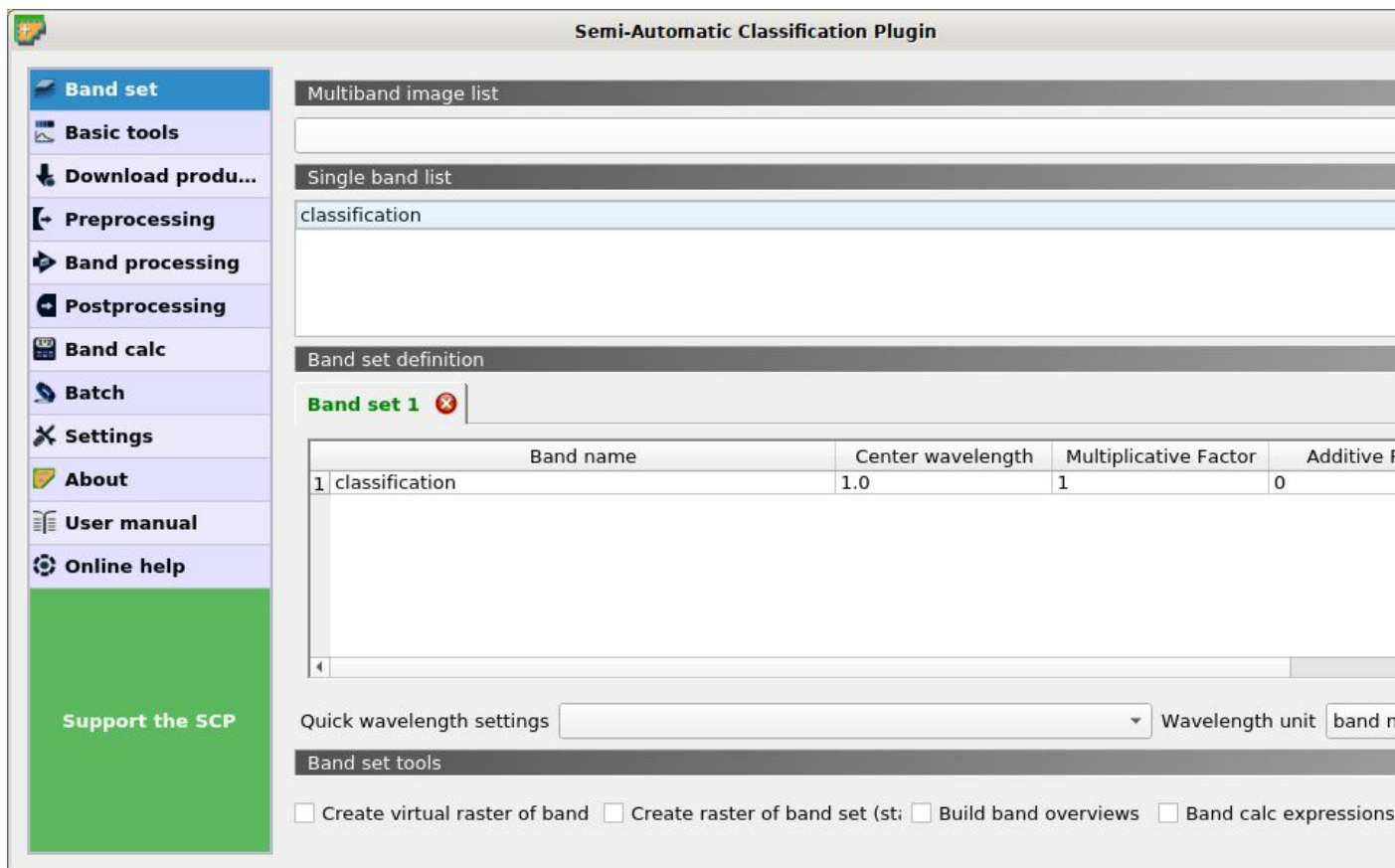
**TIP :** In case you have already collected samples you can import (using the button ) a shapefile or a csv file containing the coordinates and the classification codes.

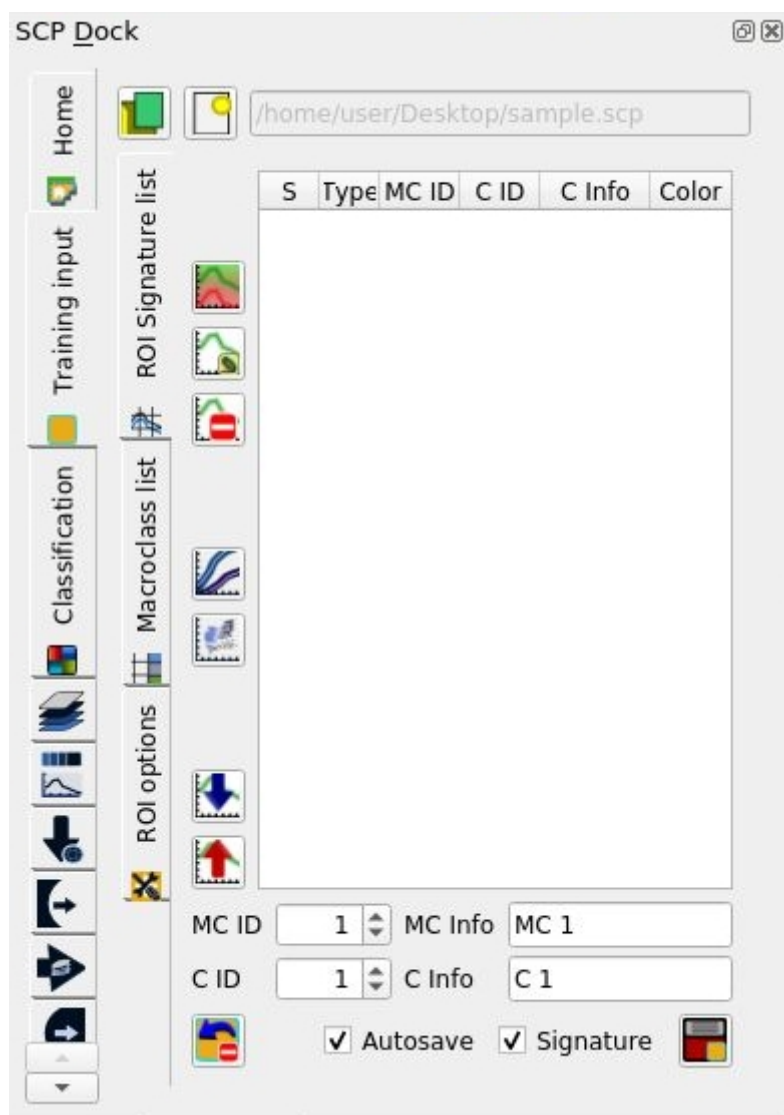
This tool works in two steps:

1. randomly select point coordinates defining ROI parameters;
2. actually create ROI polygons based on point coordinates;



During the first step, in addition to point coordinates, other fields are automatically filled in the table from the parameters set in the *Barra de Trabajo* (página 34), such as the minimum and maximum ROI size. In this tutorial we use single pixel ROIs, although cluster sampling (several pixels per ROI) is also used for accuracy assessment.



Figura 2: *Band set definition*

Figura 3: *Training input*

To avoid manually editing these fields after the random point creation, in *ROI Temporal* (página 34) we need to set the parameters *Min* = 1 and *Max* = 1. Created random samples will have the size of 1 pixel.

Now, open the *SCP menú* (página 21) and click the tab  *Creación de ROI Múltiples* (página 43) under the submenu  Basic tools.

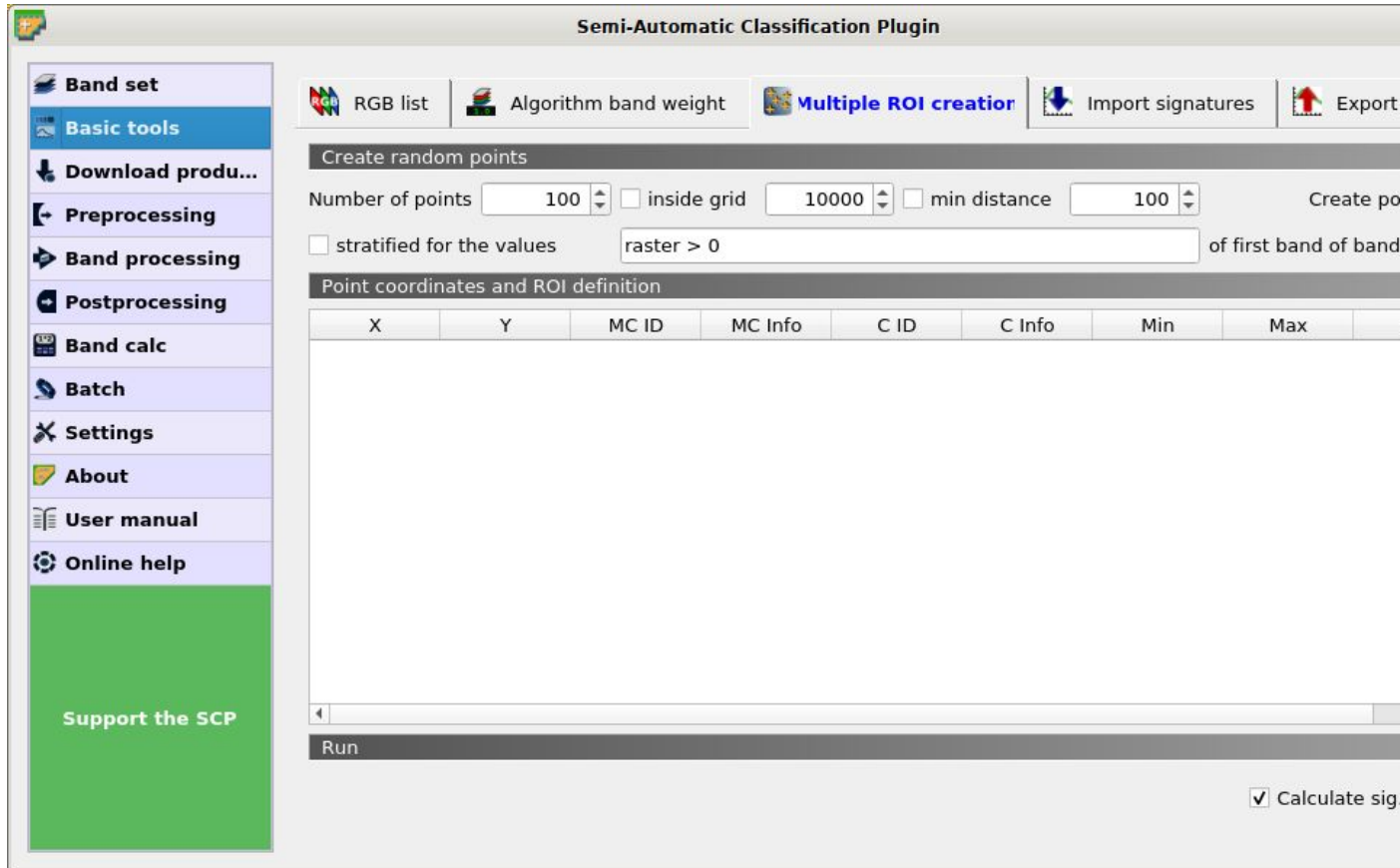





Figura 4: *Multiple ROI creation*

To reduce the photo-interpretation time (considering the illustrative purpose of this tutorial and that the classification is a subset of a Landsat image), we are going to divide the number of samples by 10 according to the following table (of course, in real cases we must use all the samples as designed).

*Number of stratified samples*

| Land Cover Class | Samples |
|------------------|---------|
| 1                | 7       |
| 2                | 18      |
| 3                | 25      |
| 4                | 7       |
| Total            | 57      |

In *Number of points* enter 7 that is the number of samples designed for class 1. In the tab  *Creación de ROI Múltiples* (página 43) check the option  *stratified for the values* and enter the first expression `raster == 1` (notice the double «=»). This expression means that we are going to randomly select points that fall over pixels having value 1 of the classification (that is the first band of the Band set 1).

Therefore click *Create points*  to start the random creation. After a while point coordinates will be added to

the table *Coordenadas de punto y definición de ROI* (página 44).

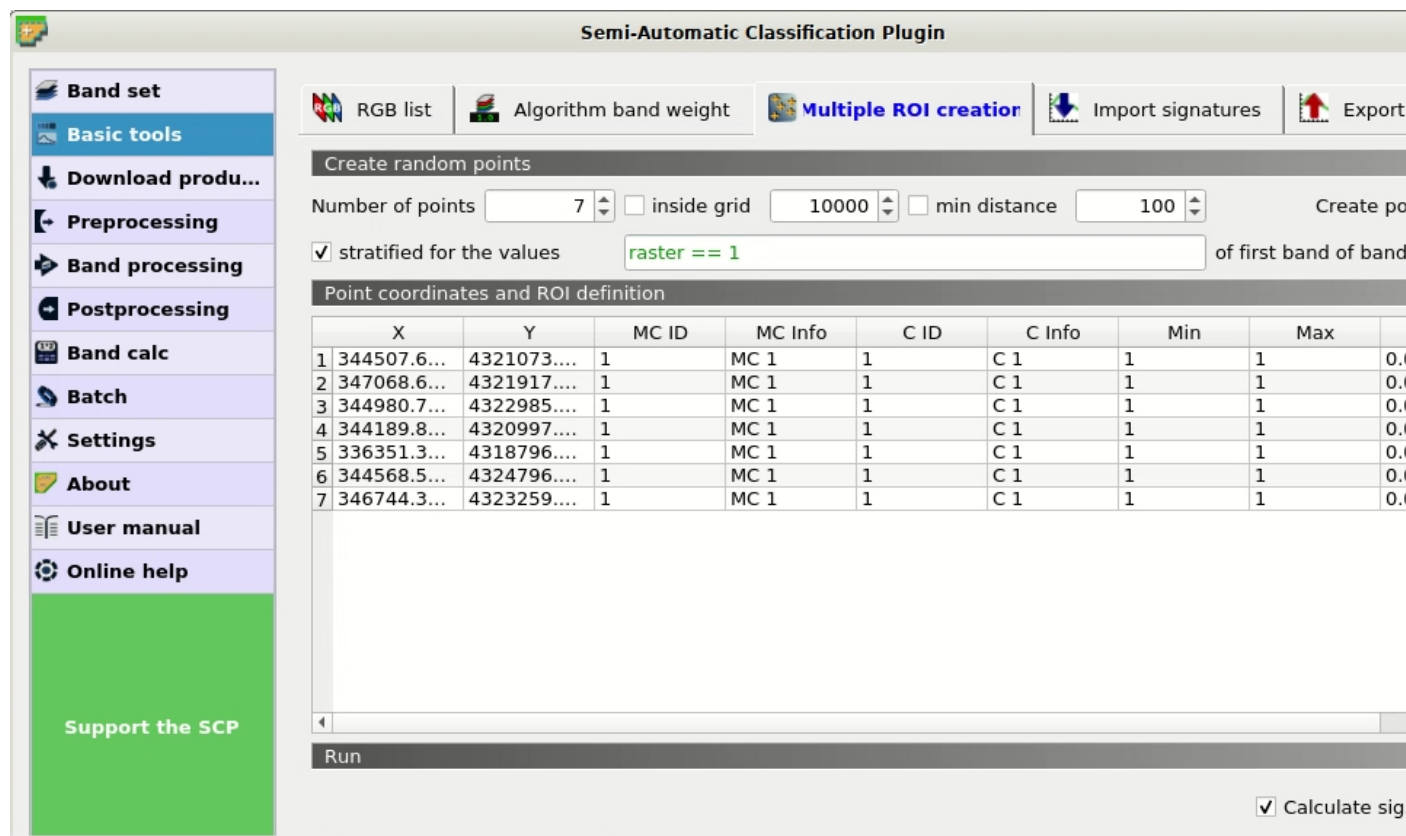





Figura 5: Samples for class 1

Now we repeat the above steps for class 2. In *Number of points* enter 18 and in *stratified for the values* enter `raster == 2`. Click *Create points*  and the samples will be added to the table.

Repeat the same steps for class 3 (25 points and `raster == 3`) and for class 4 (57 points and `raster == 4`). Now that we have all the required samples we can create the ROIs (the single pixel polygons that will be photo-interpreted).

Uncheck the option  *Calculate sig.* because we don't need the spectral signature of ROIs and click *RUN* . After a while the ROIs will be added to the *Training input*.

The type R means that, of course, spectral signatures were not calculated. All the created ROIs have the same MC ID (i.e. macroclass ID) and C ID (i.e. class ID); now we can assign the correct class (MC ID) to each ROI with photo-interpretation using images with resolution higher than the classification, or other services such as [OpenStreetMap](#)).

In the *ROI Signature list* (página 27), double click on the first ROI in order to zoom to the ROI; after photo-interpreting the class we can assign the correct MC ID and C ID with a click on the corresponding field in the ROI list.

Of course we need to perform the photo-interpretation of all the samples, assigning the correct code. The photo-interpretation should be performed without considering the classification raster. It is worth highlighting that spatial resolution (i.e. 30m) implies mixed pixels (i.e. pixels made of multiple materials at ground); therefore, during the photo-interpretation we must consider the most prevalent land cover in the ROI area.

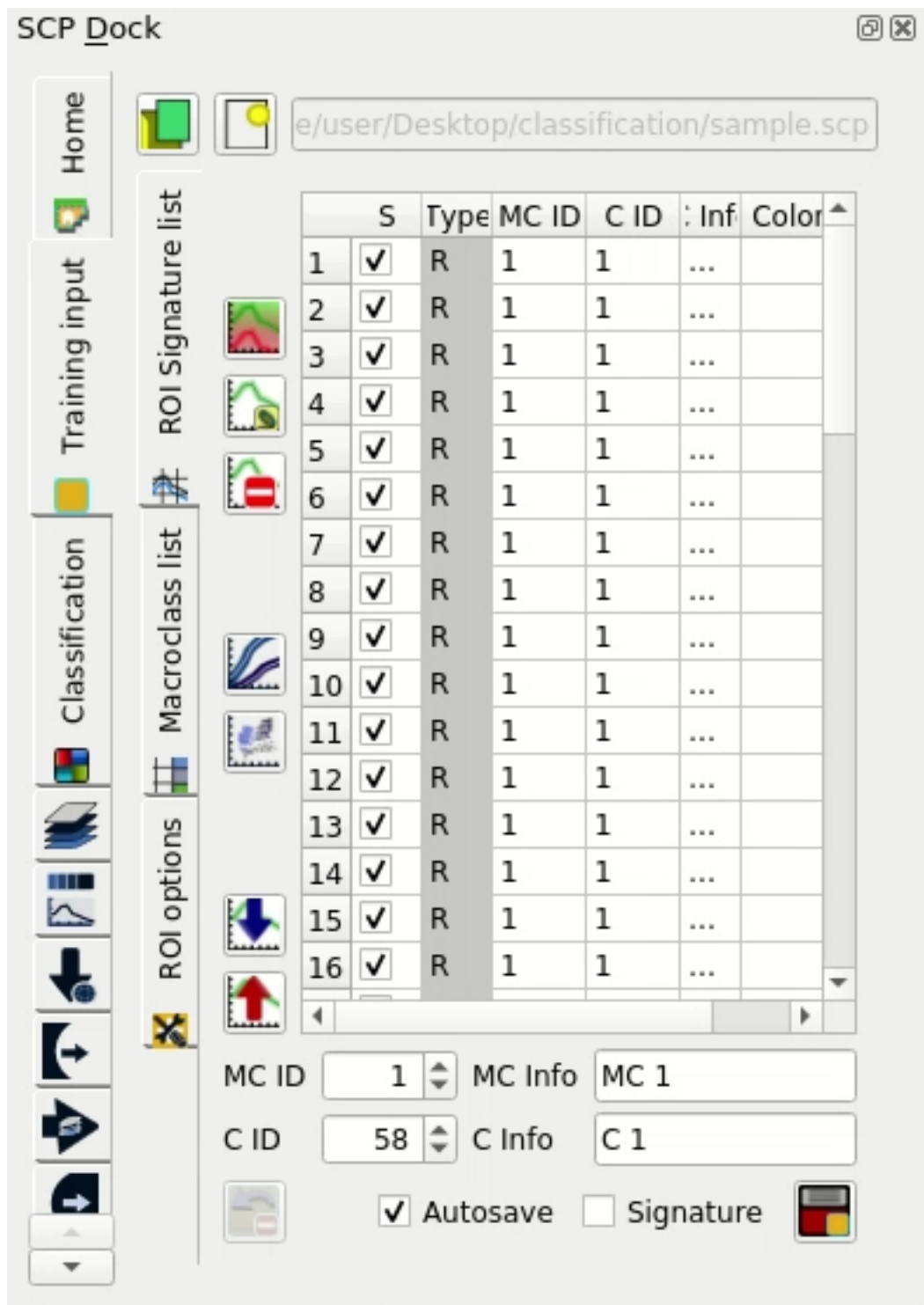


Figura 6: Samples added to the training input

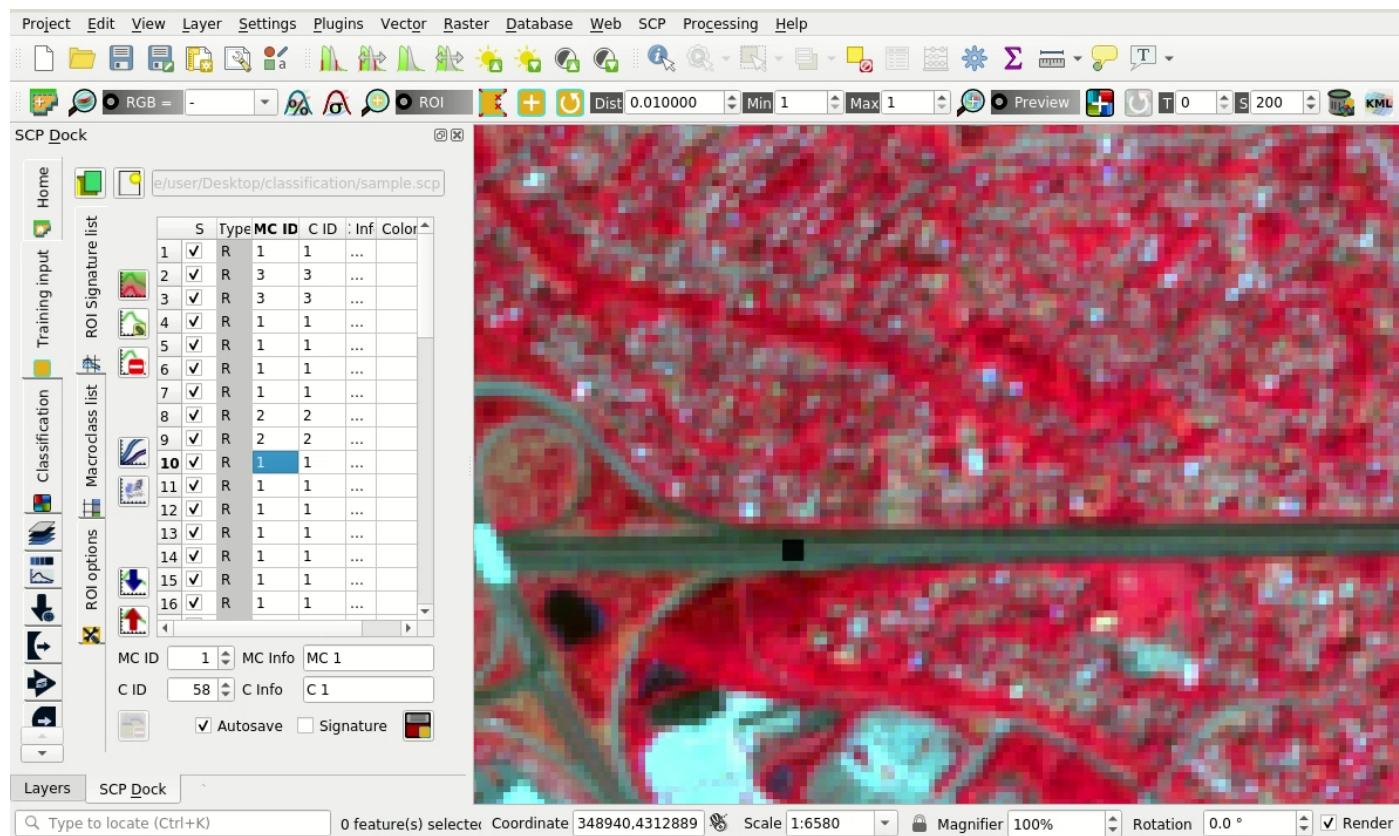



Figura 7: A sample over a road photo-interpreted using a Copernicus Sentinel-2 image



## Calculation of Accuracy Statistics

After the photo-interpretation of all the samples, we can perform the accuracy assessment by comparing the ROIs to the classification. If you have skipped the previous step, you can download the photo-interpreted sample from [here](#).

The process will produce an error raster (a .tif file showing the errors in the map, where pixel values represent the combinations between the classification and reference identified by the `ErrorMatrixCode` in the error matrix) and a text file (i.e. a .csv file separated by tab) containing the error matrix and the accuracy statistics.

Open the *SCP menú* (página 21) and click the tab  *Exactitud* (página 76) under the submenu  *Postprocessing*.

In *Select the classification to assess*  select the classification (click the button  if the raster isn't in the list).

In *Select the reference vector or raster*  select the sample vector that is the *Training input* (página 24), and in *Vector field*  select MC\_ID that is the vector field containing the class values.

Now we can click *RUN*  to start the raster processing.

After the calculation the accuracy statistics are displayed in the output interface and the error raster is loaded in QGIS.

Several statistics are calculated such as overall accuracy, user's accuracy, producer's accuracy, and Kappa hat. In particular, these statistics are calculated according to the area based error matrix (Olofsson, et al., 2014) where each element represents the estimated area proportion of each class. This allows for estimating the unbiased user's accuracy and producer's accuracy, the unbiased area of classes according to reference data, and the standard error



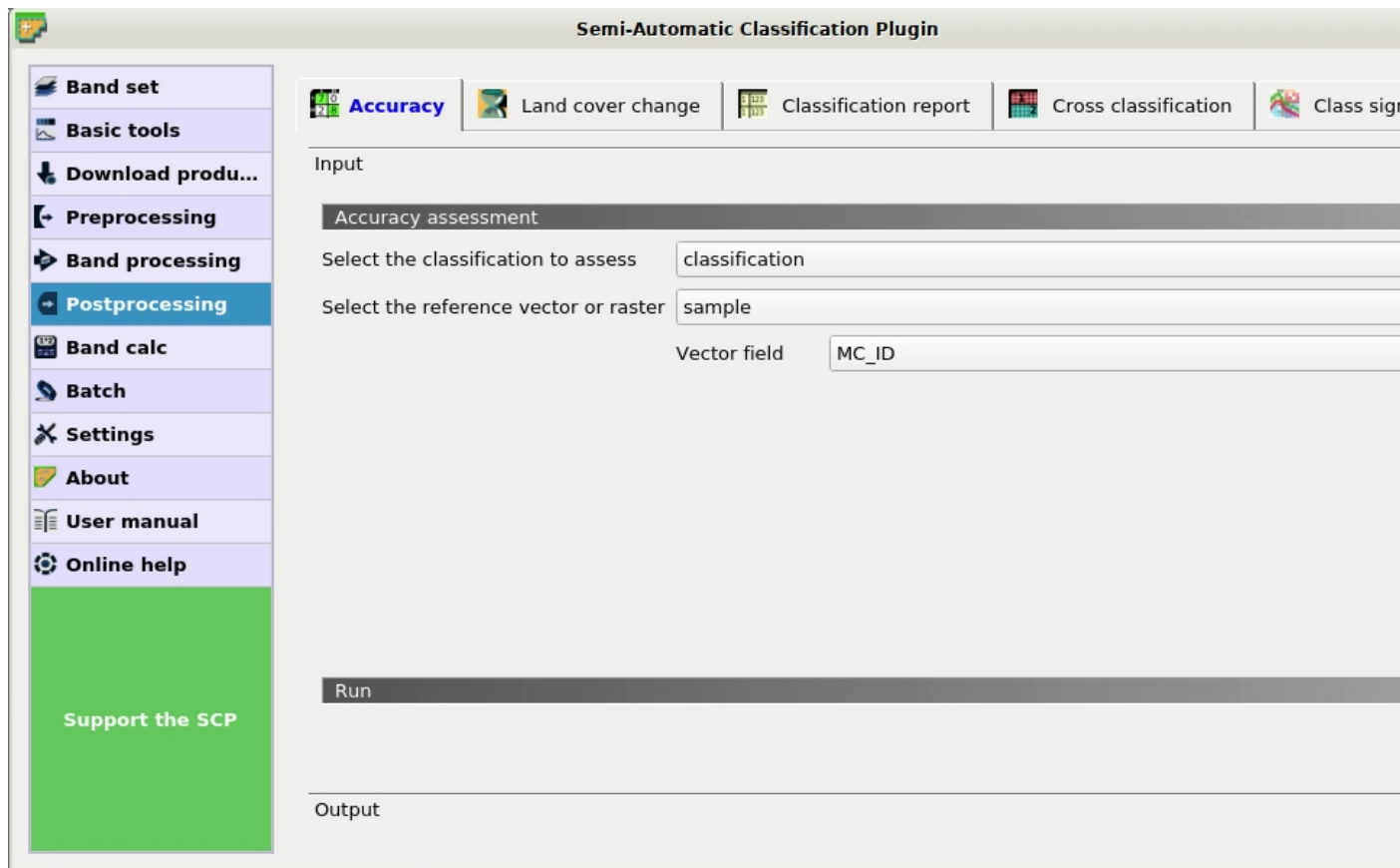


Figura 8: The tool Accuracy

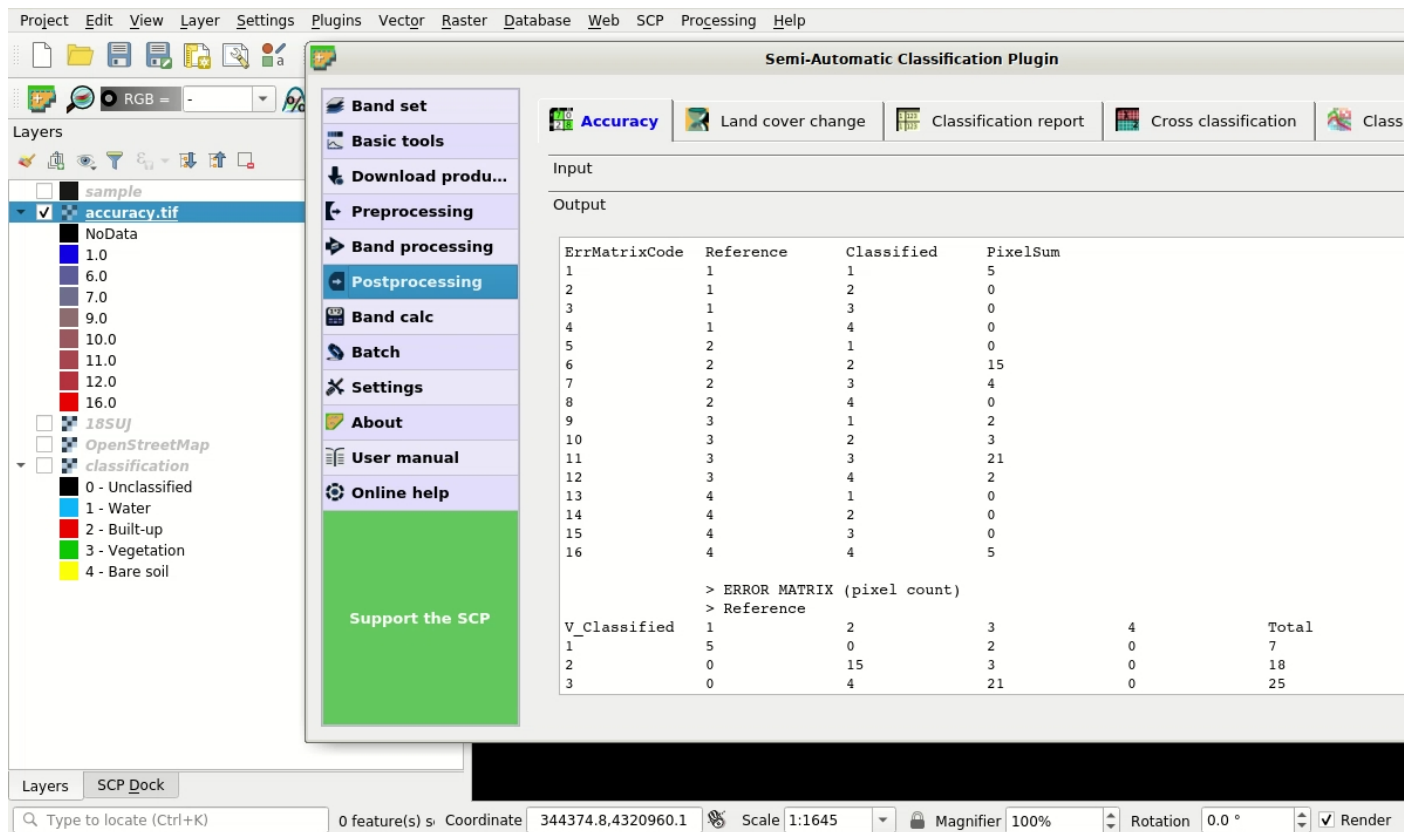


Figura 9: Output

of area estimates and the confidence intervals. Of course the standard errors are influenced by the low number of samples that we have collected in this tutorial.

*Area based error matrix*

|            |   | Reference |        |        |        |
|------------|---|-----------|--------|--------|--------|
|            |   | 1         | 2      | 3      | 4      |
| Classified | 1 | 0.0023    | 0      | 0.0009 | 0      |
|            | 2 | 0         | 0.3094 | 0.0619 | 0      |
|            | 3 | 0         | 0.0998 | 0.5242 | 0      |
|            | 4 | 0         | 0      | 0.0004 | 0.0010 |
| Total      |   | 0.0023    | 0.4092 | 0.5874 | 0.0010 |

The overall accuracy is 83.7 % that is a good result (above 80 %). However, this classification was produced for the first basic tutorial, therefore the classification could be improved. Also, note that we used a number of samples lower than designed sample.

The user's and producer's accuracy are provided for each class.

*Producer's and user's accuracy*

|                     | 1     | 2    | 3    | 4     |
|---------------------|-------|------|------|-------|
| Producer's accuracy | 100.0 | 75.6 | 89.2 | 100.0 |
| User's accuracy     | 71.4  | 83.3 | 84.0 | 71.4  |

We can see that classes 1 and 4 (bare soil and water respectively) have low user's accuracy, while class 2 (built-up) has low producer's accuracy. We also get the unbiased area estimates (in  $m^2$ ) and the confidence intervals.

*Unbiased area estimates*

|                               | 1       | 2           | 3           | 4       |
|-------------------------------|---------|-------------|-------------|---------|
| Area                          | 697,500 | 122,645,412 | 176,044,017 | 313,071 |
| 95 % Confidence interval Area | 352,984 | 33,778,661  | 33,780,877  | 158,436 |

These estimates are quite different from the ones directly derived from the classification raster (in the classification report), but are based on reference data. For instance, the class 2 (built-up) has an estimated area of 122,645,412  $m^2$ , while it resulted 111,267,000  $m^2$  from the classification raster. Also, the confidence intervals provide information about the uncertainty of these estimates.

## 6.2 Tutorial 4

The following is a tutorial about the functions of the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS.

- *Tutorial 4: Postprocessing tools for assessing land cover change* (página 205)
  - *Refine the classifications with direct editing* (página 205)
  - *Classification report* (página 208)
  - *Reclassification* (página 208)
  - *Remove isolated pixels* (página 211)
  - *Assess land cover change* (página 212)
  - *Analyze the context of land cover changes* (página 214)

- *Assess the spectral signature of changes* (página 216)
- *Export the changes to vector format* (página 219)

### 6.2.1 Tutorial 4: Postprocessing tools for assessing land cover change

This tutorial aims to analyze land cover change using SCP Postprocessing tools. Basically, we are going to assess land cover change from two raster classifications, and relate the changes to a land use vector file. An overview of several postprocessing tools is also provided.

The following is the video tutorial, and the following text illustrates the phases in detail.

<http://www.youtube.com/watch?v=0IUosyr4pRw>

The tools can be applied to any land cover classification, but we are going to use **Copernicus data**, which are freely available (as established by the EU Regulation No 1159/2013 of 12 July 2013) and cover the European countries. Of course, this tutorial is designed for demonstration purposes and it is not endorsed by the European Union. The original Copernicus data (produced with funding by the European Union) are downloaded from <https://land.copernicus.eu/> and remain the sole property of the European Union.

Following, a brief description of the data we are going to use.

The **Copernicus High Resolution Layers** are raster classifications with 20m spatial resolution. Several land cover classes are available, but in this tutorial we are going to use the Imperviousness Density for 2012 and 2015. These data classify the degree of imperviousness (0-100 % of impermeable cover of soil), which is the artificially sealed area. The Imperviousness Density was produced using automatic derivation based on calibrated Normalized Difference Vegetation Index. You can find the detailed product specifications [here](#).

The **Copernicus Corine Land Cover** is a land use/land cover vector produced by standard methodology of photo-interpretation of satellite images. The vector is classified in 44 classes divided in 3 hierarchical levels with minimum mapping unit of 25 hectares. In this tutorial we are considering only the first level of Corine Land Cover 2012, divided in these classes:

1. artificial surfaces
2. agricultural areas
3. forests and semi-natural areas
4. wetlands
5. water bodies

#### Refine the classifications with direct editing

You can download the data for this tutorial from [this archive](#) , or use your own data (two classification rasters and a land use vector).




For this tutorial, the original Copernicus data were modified by clipping the rasters to a small area over Florence (Italy).

Start QGIS and load the two rasters `IMD_2012.tif` and `IMD_2015.tif` that are Copernicus Imperviousness Density for 2012 and 2015 respectively. As you can see, the rasters have values from 0 to 100, representing the degree of imperviousness.

It is useful to refine the classification by photo-interpretation, especially for data produced by semi-automatic processing.

We can use high resolution images or other services such as [OpenStreetMap](#). For example you can follow this tutorial [Descargar los Datos](#) (página 142) to download satellite images, or you can download a subset of a Landsat 8 image, already converted to reflectance, from [this link](#) (about 27 MB, data available from the U.S. Geological Survey), unzip the downloaded file, and load the bands in QGIS.

First, we need to define a *Band set* containing a classification raster (this is required for drawing ROIs).

Open the tab *Conjunto de bandas* (página 38) clicking the button  in the *SCP menú* (página 21) or the *SCP dock* (página 23). Click the button  to refresh the layer list, and select the *IMD\_2012* raster (just this raster is sufficient); then click  to add selected raster to the *Band set 1*.

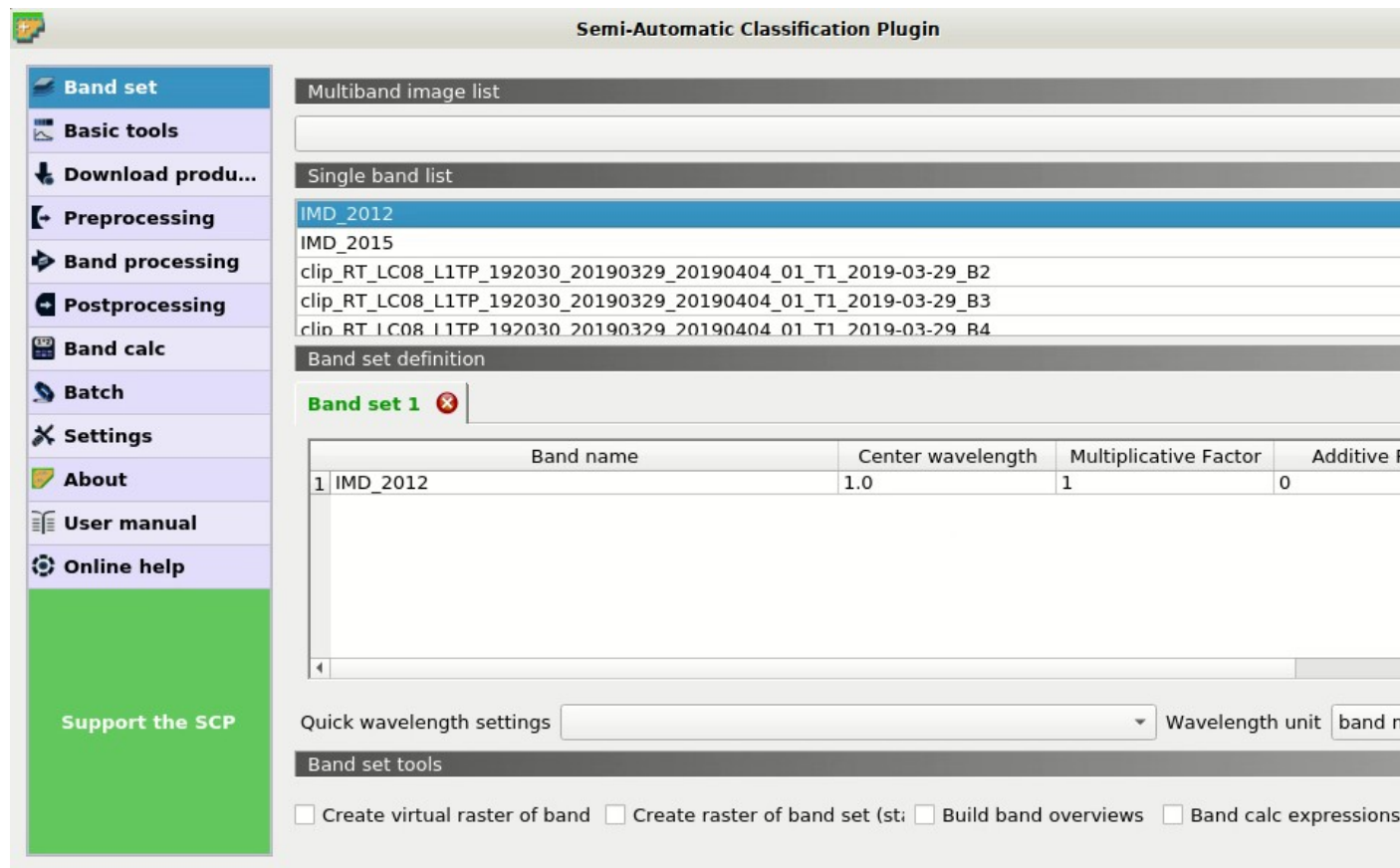








Figura 10: *Band set definition*

Optionally, we can create a band set for the satellite image to display a color composite; open the tab *Conjunto de bandas* (página 38) and select all the Landsat bands in the list; click  to add a new band set, then click  to add selected rasters to the *Band set 2*.

In QGIS zoom to an area where we want to correct the classification. In this case we are going to manually remove a few pixels pretending they are classification errors.

We need to manually create a ROI, but first check that the *Band set 1* is active. Now click the button  in the *Barra de Trabajo* (página 34). Left click on the map to define the ROI vertices and right click to define the last vertex closing the polygon. An orange semi-transparent polygon is displayed over the image, which is a temporary polygon (in this case we don't need to define the *Training input*).

Now open the tool  *Editar ráster* (página 84) opening the *SCP menú* (página 21) and the submenu *Postprocessing*. Select the *Input raster*, for instance *IMD\_2012*. According to the legend of Imperviousness Density, in  *Use constant value* enter 100 (we want to correct impervious pixels; in case we would like to

correct not impervious pixels we would enter the value 0). The other options are fine. Therefore, click *RUN*  to edit the raster.



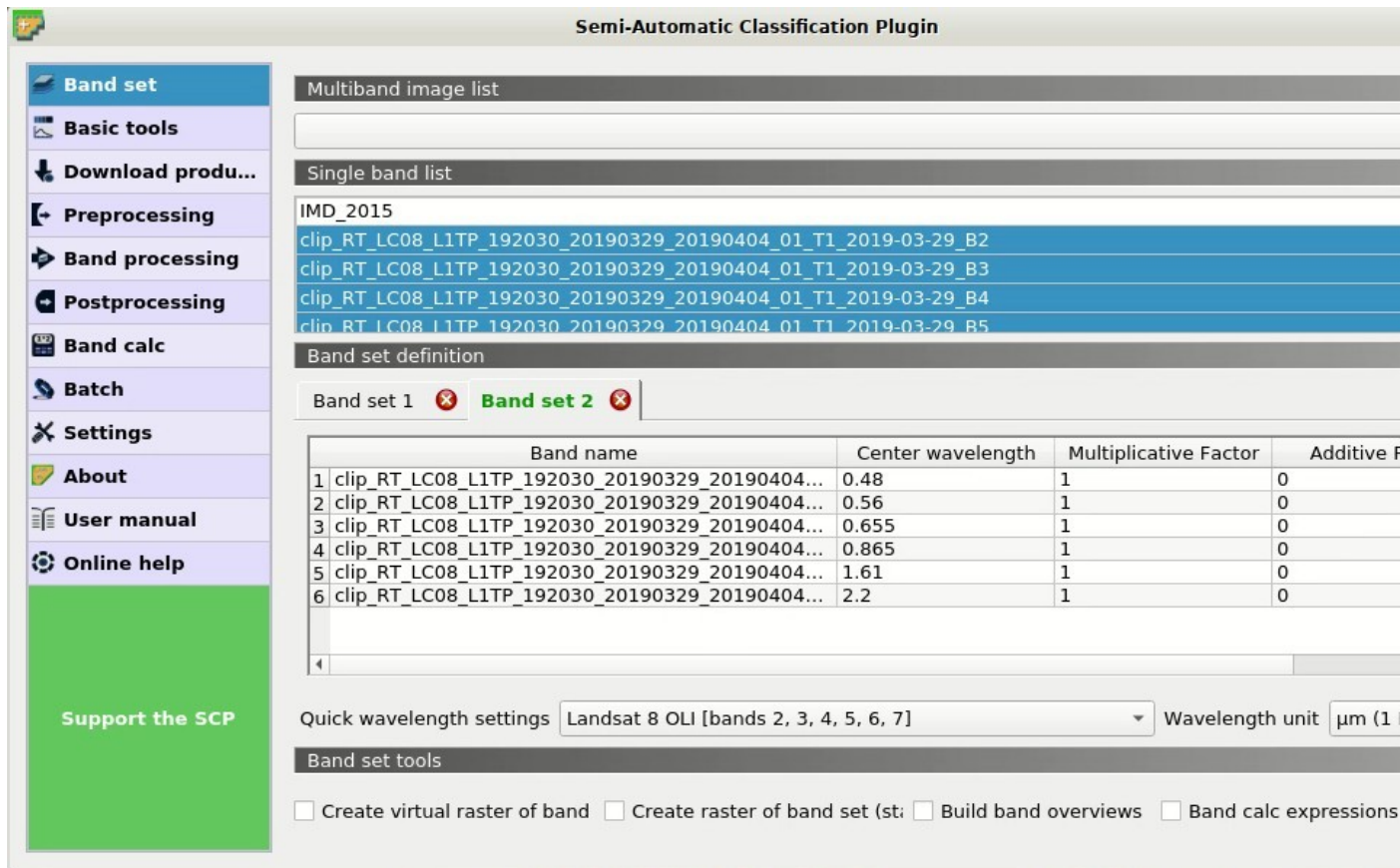


Figura 11: Band set of the Landsat image

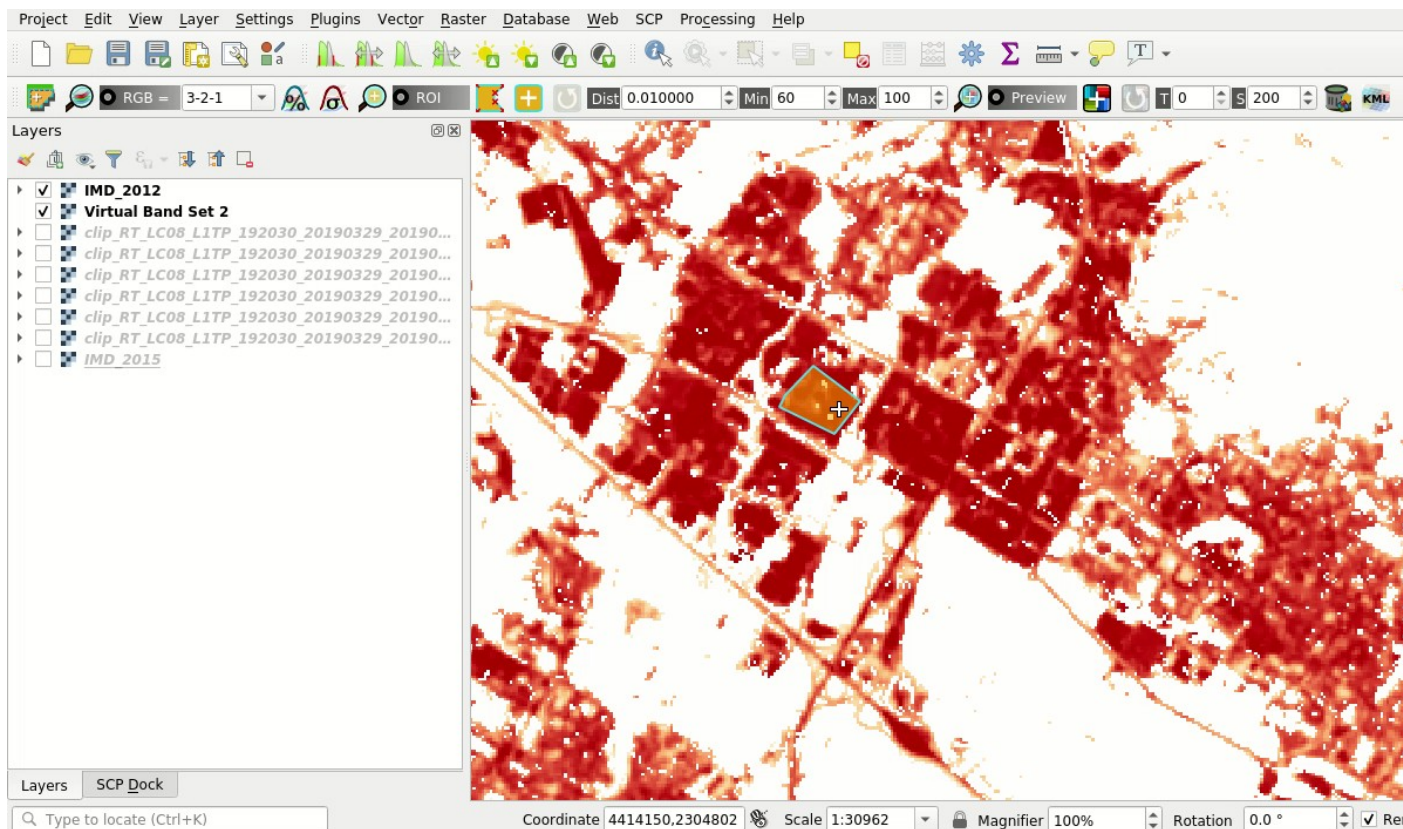


Figura 12: Manual ROI polygon

**Attention:** the input raster is directly edited; it is recommended to create a **backup copy** of the input raster before using this tool in order to prevent data loss.

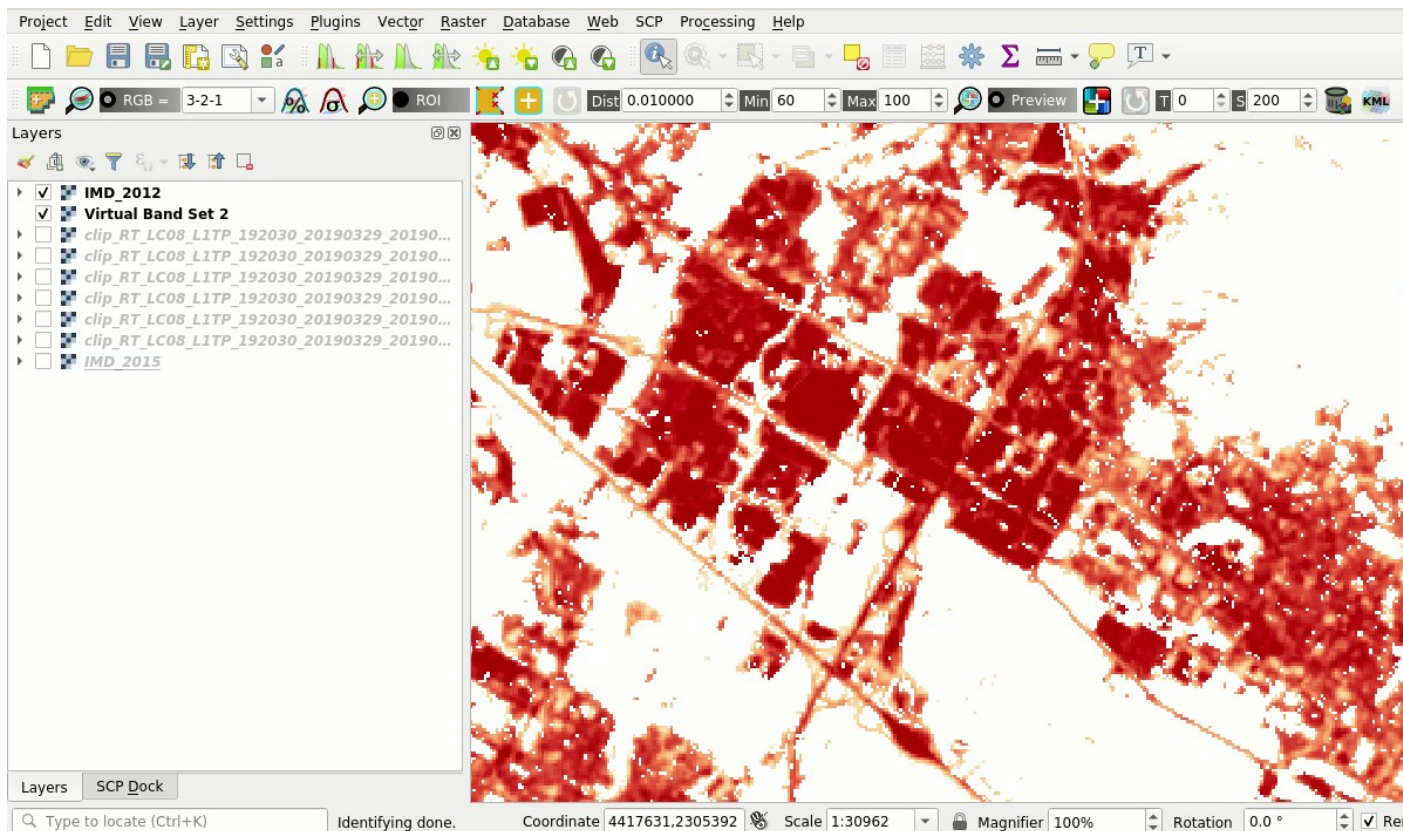







Figura 13: *The raster modified*

Of course we could repeat these steps to edit any area of the raster.

**TIP :** Sometimes changes are not immediately visible because the raster is not refreshed; try to zoom out and zoom in to refresh the view.

## Classification report

It could be interesting to know the area of each land cover class. In order to get the area statistics, open the *SCP menú* (página 21) and click the tab  *Reporte de la clasificación* (página 78) under the submenu  *Postprocessing*.

Click the button  to refresh the layer list, and select the `IMD_2012` raster in *Select the classification* ; next click *RUN*  to start the calculation; the output report is saved in a text file and displayed in the tab *Output*.

We can repeat the same steps for the `IMD_2015` raster. Over the 86 % of the area is not impervious.

## Reclassification

Before calculating land cover change it is convenient to reclassify the imperviousness degree into two classes: built-up and not built-up. A possible threshold for the distinction between built-up and not built-up is 30 % (for further information read [this document](#) ). We can reclassify the raster using the SCP tool, obtaining the simple classification 1 = built-up and 0 = not built-up.



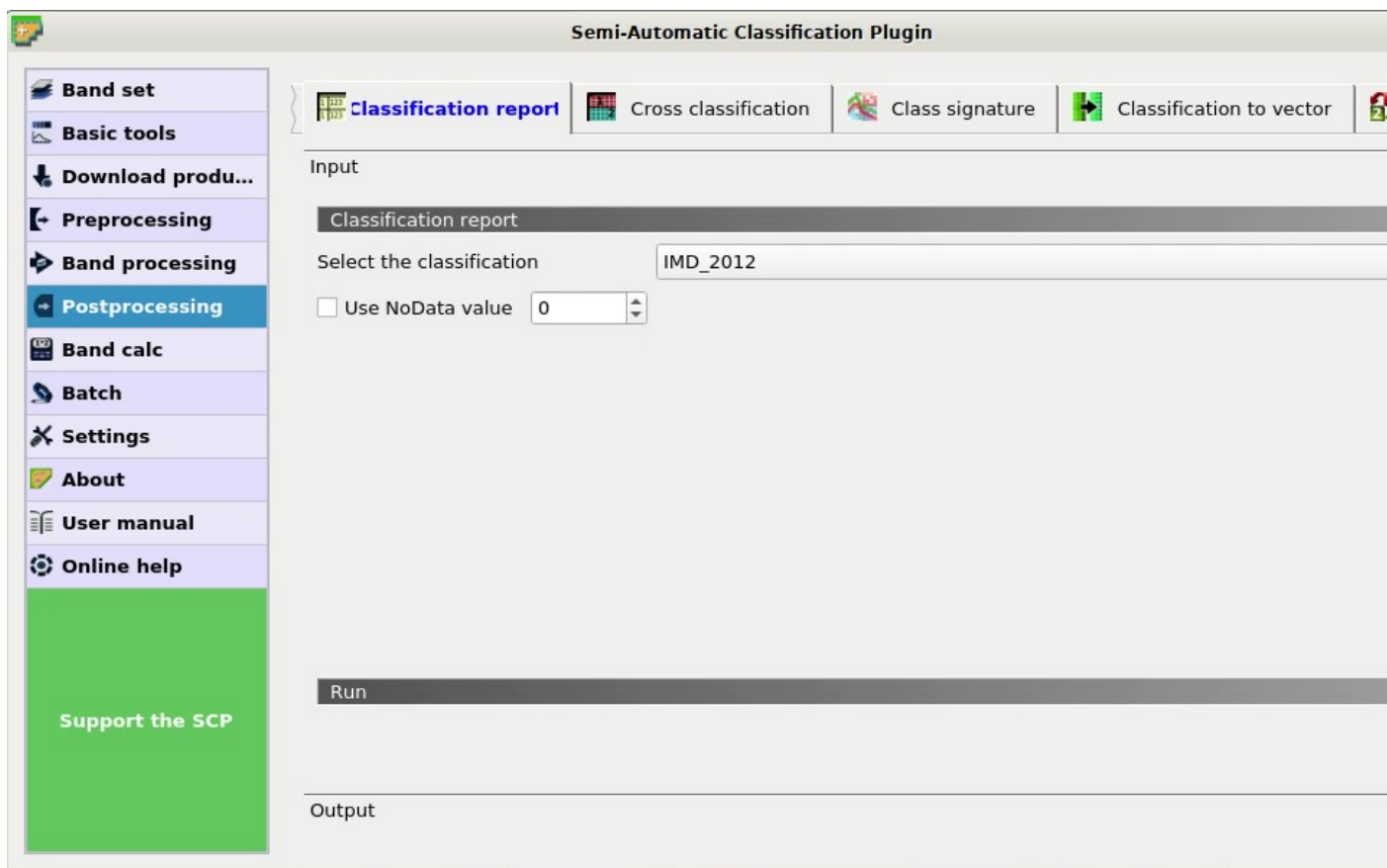


Figura 14: Report tool

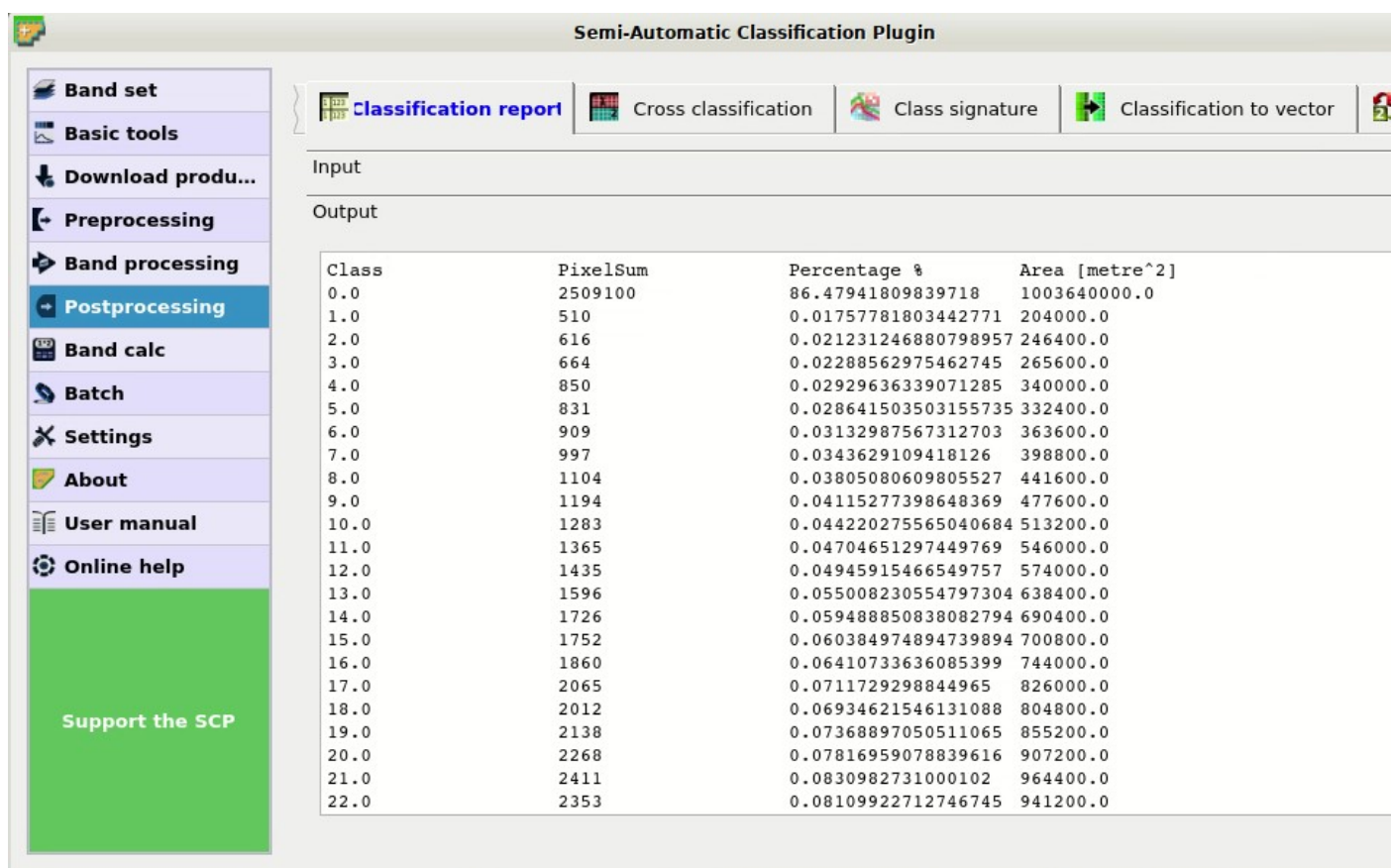






Figura 15: The classification report

Open the tool  *Reclasificación* (página 82). In *Select the classification* select the raster IMD\_2012. Click the button  twice to add two rows to the table. We need to enter the expressions illustrated in the following table.

*Reclassification table*

| Old value    | New value |
|--------------|-----------|
| raster < 30  | 0         |
| raster >= 30 | 1         |

Uncheck the options  *Use code from Signature list* and click *RUN*  to start the reclassification. A new raster will be created (e.g. BU\_2012).

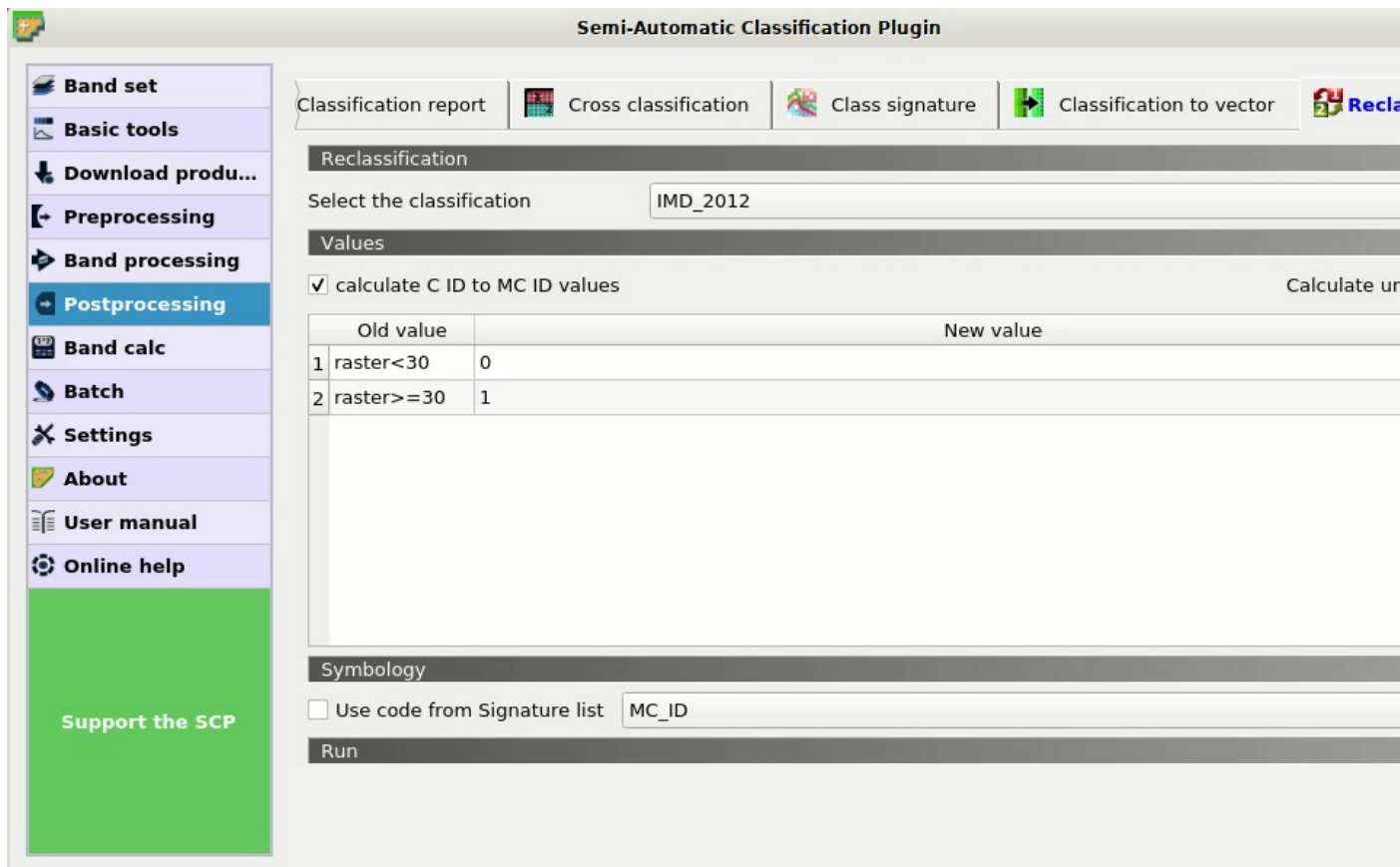



Figura 16: *Reclassification tool*

Now select the IMD\_2015 (the reclassification table is the same as before) and click *RUN*  to reclassify the 2015 raster (e.g. BU\_2015). Now the two reclassified rasters are loaded in the map and we can assign an appropriate symbology.

## Remove isolated pixels

We are going to compute the land cover change, but first we may want to remove isolated pixels in order to improve the analysis. In fact, single pixels may not represent real changes between the two classifications, because of geometrical shifts or isolated classification errors. Of course, this step is not always required, and it should be avoided if the purpose of the analysis is to find also the smallest changes.

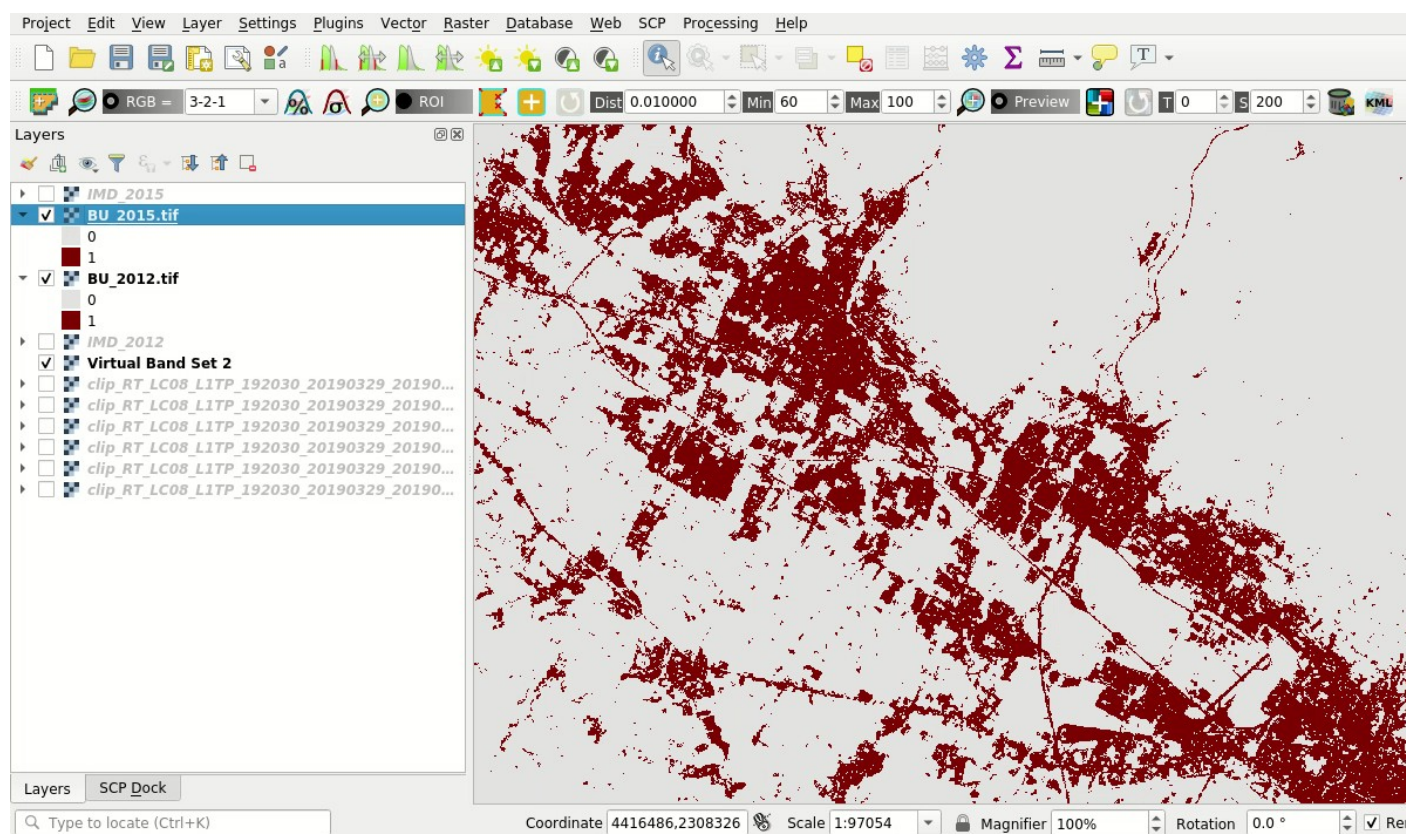




Figura 17: Reclassified rasters

We are going to use classification sieve for removing single pixels. Open the tool  *Filtrado de la Clasificación* (página 85).

In *Size threshold* leave 2; all patches smaller than the selected number of pixels (i.e. single pixels) will be replaced by the value of the largest neighbour patch. Of course we could increase this value if we want to remove larger patches.

In *Select the classification* select the raster BU\_2012. The option 4 in *Pixel connection* determines how pixels are considered connected, that is in a 3x3 window diagonal pixels are not considered connected. If we select the option 8 also diagonal pixels are considered connected.

Now click *RUN*  to create the new raster BU\_2012\_sieve.


Of course, we should repeat these steps also for raster BU\_2015 to create the new raster BU\_2015\_sieve.


### Assess land cover change

Now we can use the tool to assess land cover change between the two classifications 2012 and 2015. Open the tool



*Cambio de cobertura del suelo* (página 77).

This tool is quite straightforward. Click the button  to refresh the layer list. In *Select the reference classification* select the BU\_2012\_sieve raster, that is the first classification. In *Select the new classification* select the BU\_2015\_sieve raster, that is the latest classification.

Uncheck the option  *Report unchanged pixels*, because we want to report only the pixels where the classifi-



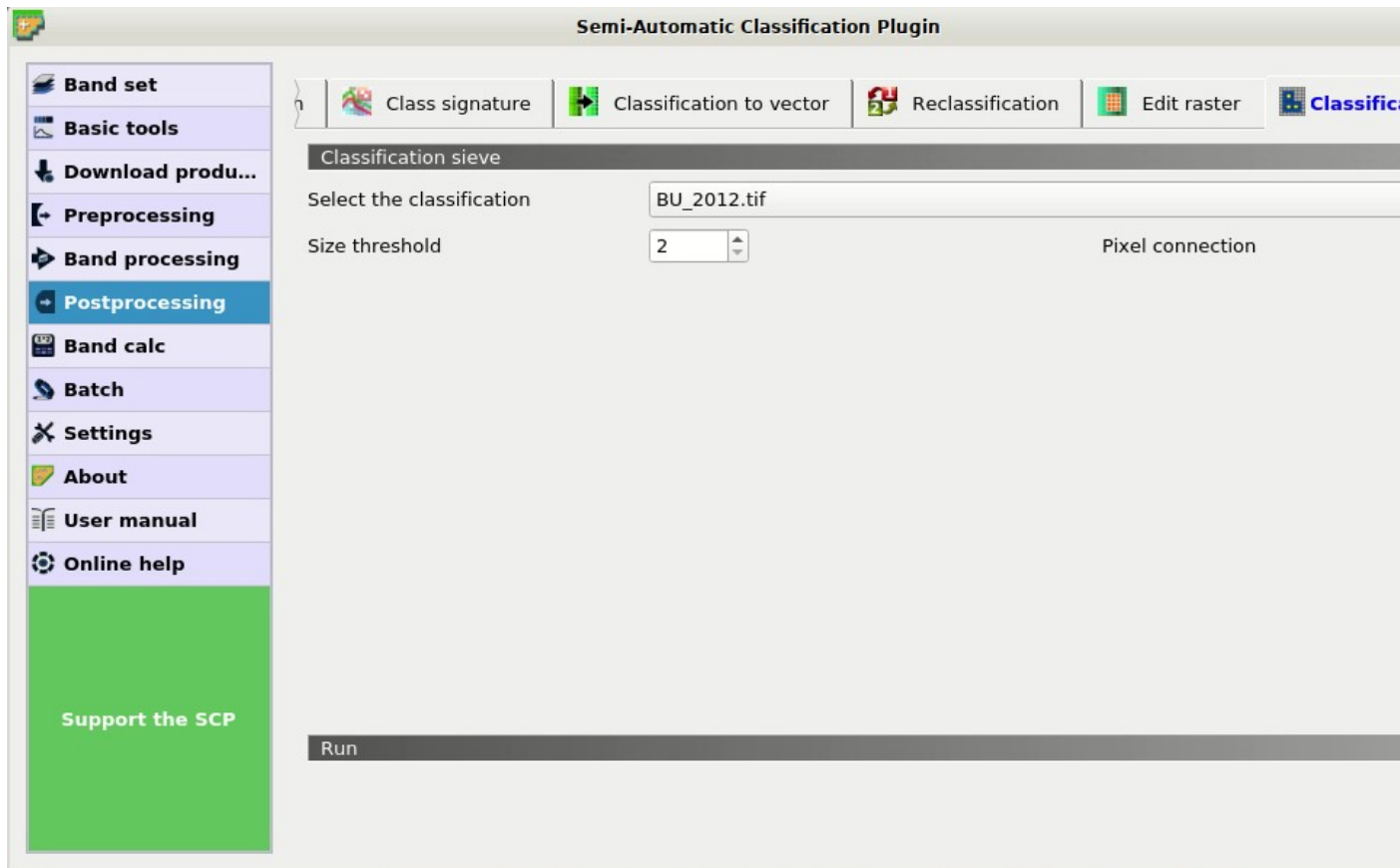


Figura 18: Tool classification sieve

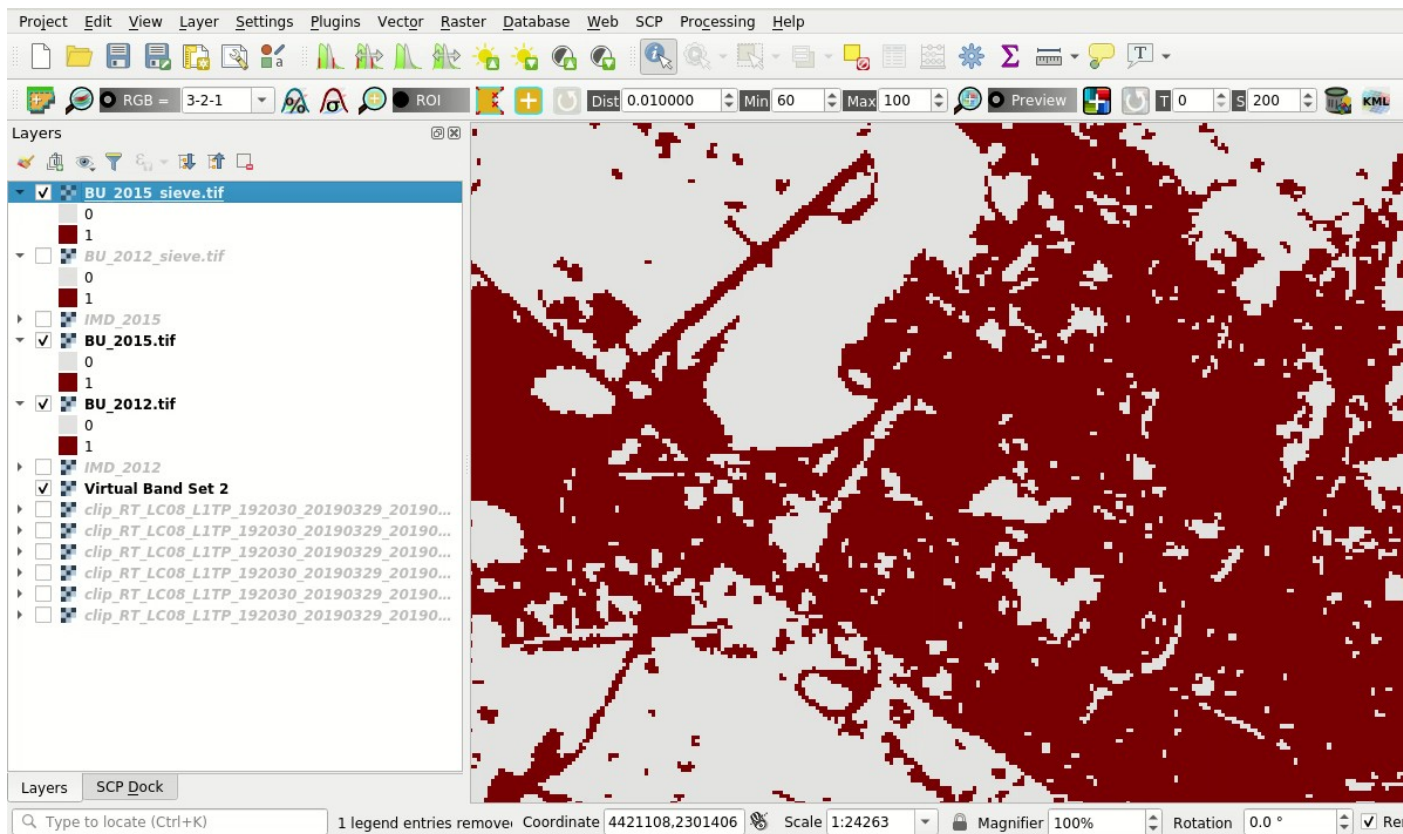


Figura 19: The rasters after removing isolated pixels

cation changed between 2012 and 2015. Now click **RUN**  to create the new land cover change raster (e.g. change). Also, a text file is created (i.e. a file .csv separated by tab) containing the land cover change statistics.

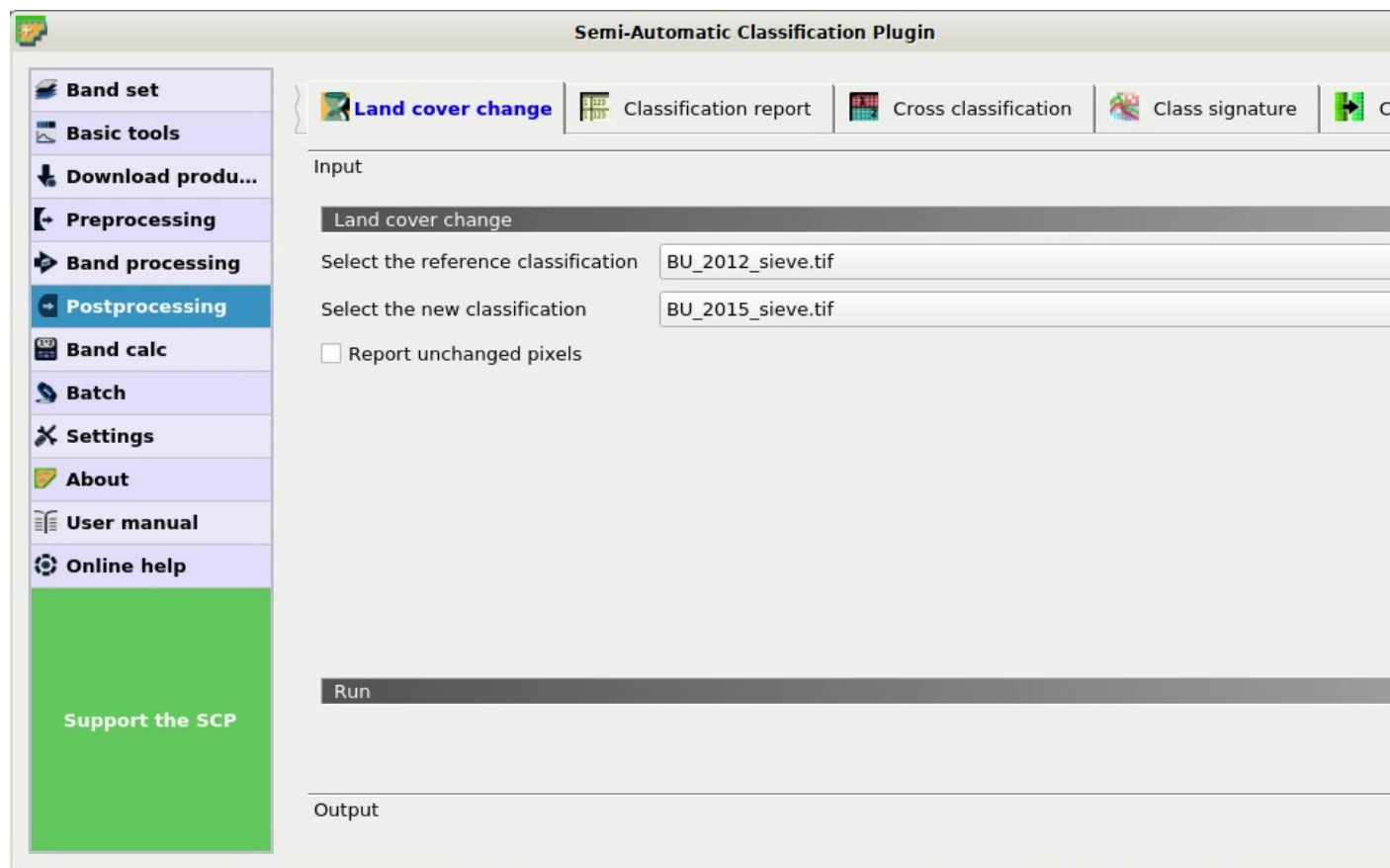


Figura 20: *Land cover change tool*

The values of the land cover change raster represent a combination between reference and new classification, as described in the text file. In this case, only the value 1 is present that is the condition where  $BU_{2012\_sieve} = 0$  and  $BU_{2015\_sieve} = 1$ .

From the report we can read that 520 pixels changed from 0 to 1, while no pixel changed from 1 to 0 between years 2012 and 2015.

### Analyze the context of land cover changes

Now, it could be interesting to compare land cover change to other data such as land use, in order to analyze the context of new built-up areas. We are going to cross the land cover changes to the vector of Corine Land Cover; this way we can differentiate the new built-up areas according to Corine Land Cover classification system.

The original Corine Land Cover data were modified by clipping to a small area over Florence (Italy) and adding a field `Class_1` filled with the first level of classification.

Load in QGIS the Copernicus Corine Land Cover shapefile `CLC_2012.shp` previously downloaded. You can see the symbology of the first level Corine Land Cover classes that are:

1. artificial surfaces
2. agricultural areas
3. forests and semi-natural areas
4. wetlands



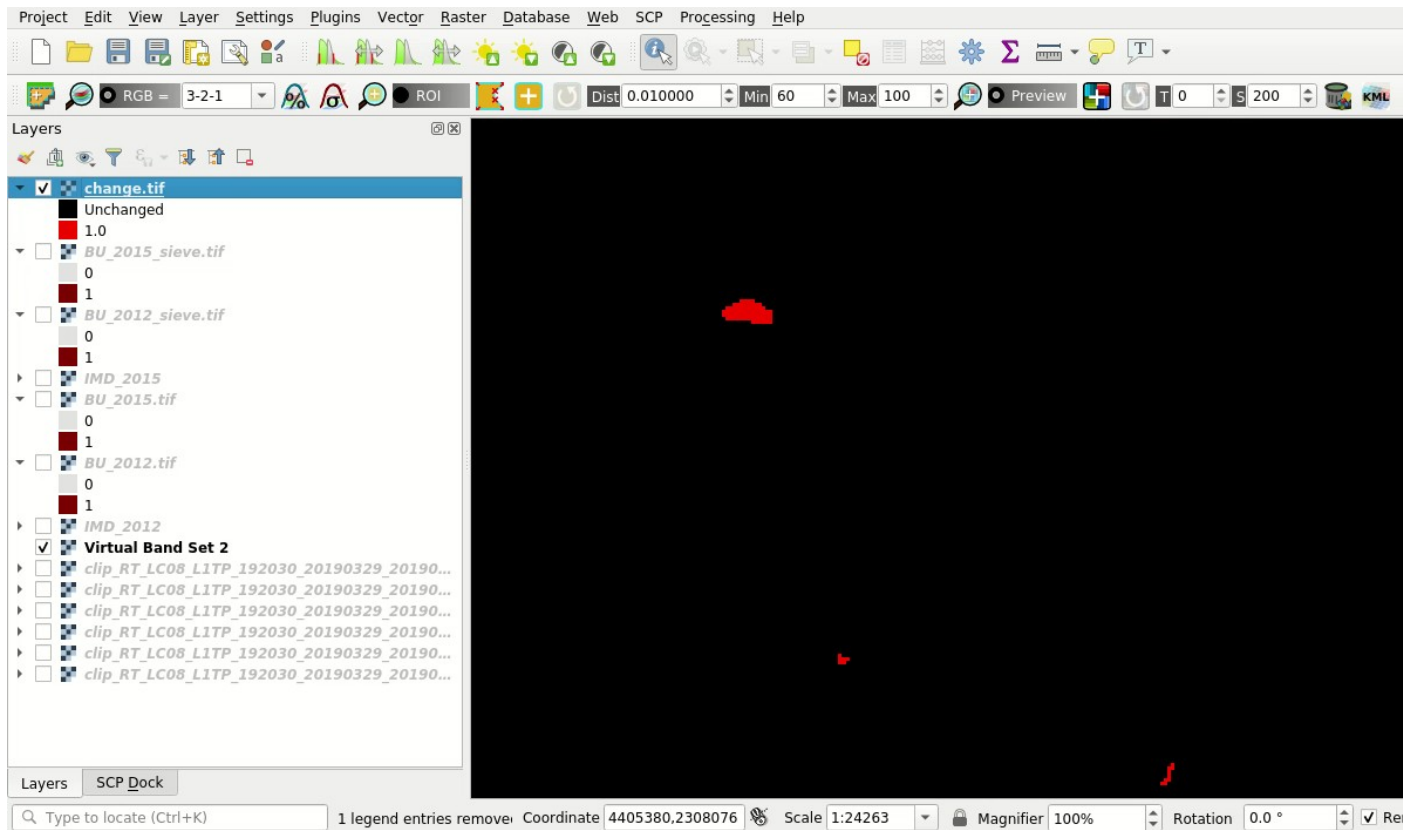


Figura 21: Land cover change raster

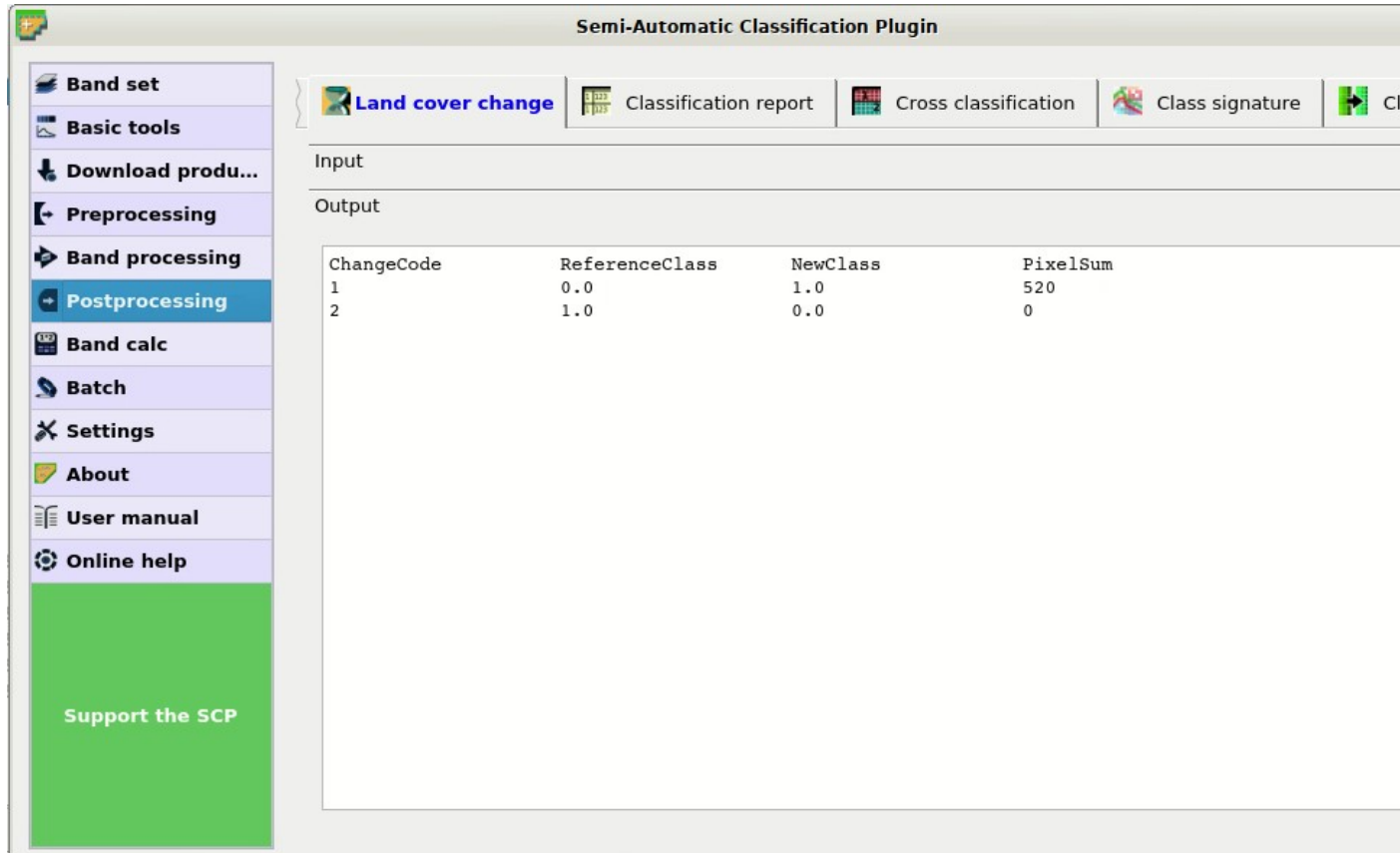


Figura 22: Land cover change report

## 5. water bodies

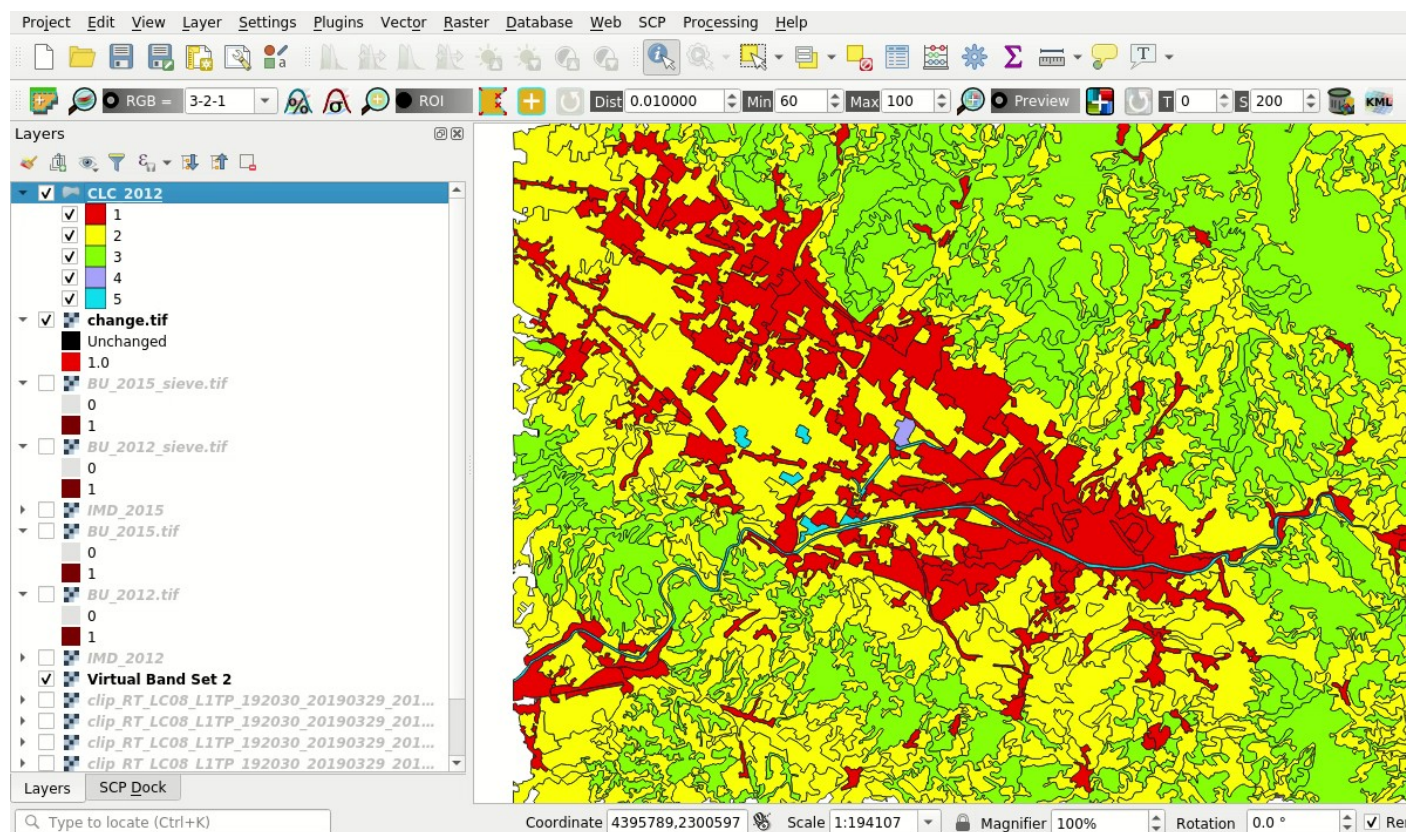





Figura 23: A subset of Corine Land Cover

Open the tool  *Clasificación cruzada* (página 79). Click the button  to refresh the layer list. In *Select the classification* select the *change* raster, that is our land cover change. Check  *Use NoData value* and set the value 0, in order to exclude unchanged pixels (having value 0 in the change raster) from the analysis.

In *Select the reference vector or raster* select the vector *CLC\_2012* and in *Vector field* select the field *Class\_1*, containing the code of first level classes.

Now click *RUN*  to create a new raster of comparison (e.g. *change\_CLC*). The output will report the area of each combination between change code and *CLC\_2012* code.

From the cross matrix we can evaluate the area in  $m^2$  of built-up changes occurred in the 5 classes of Corine Land Cover classification.

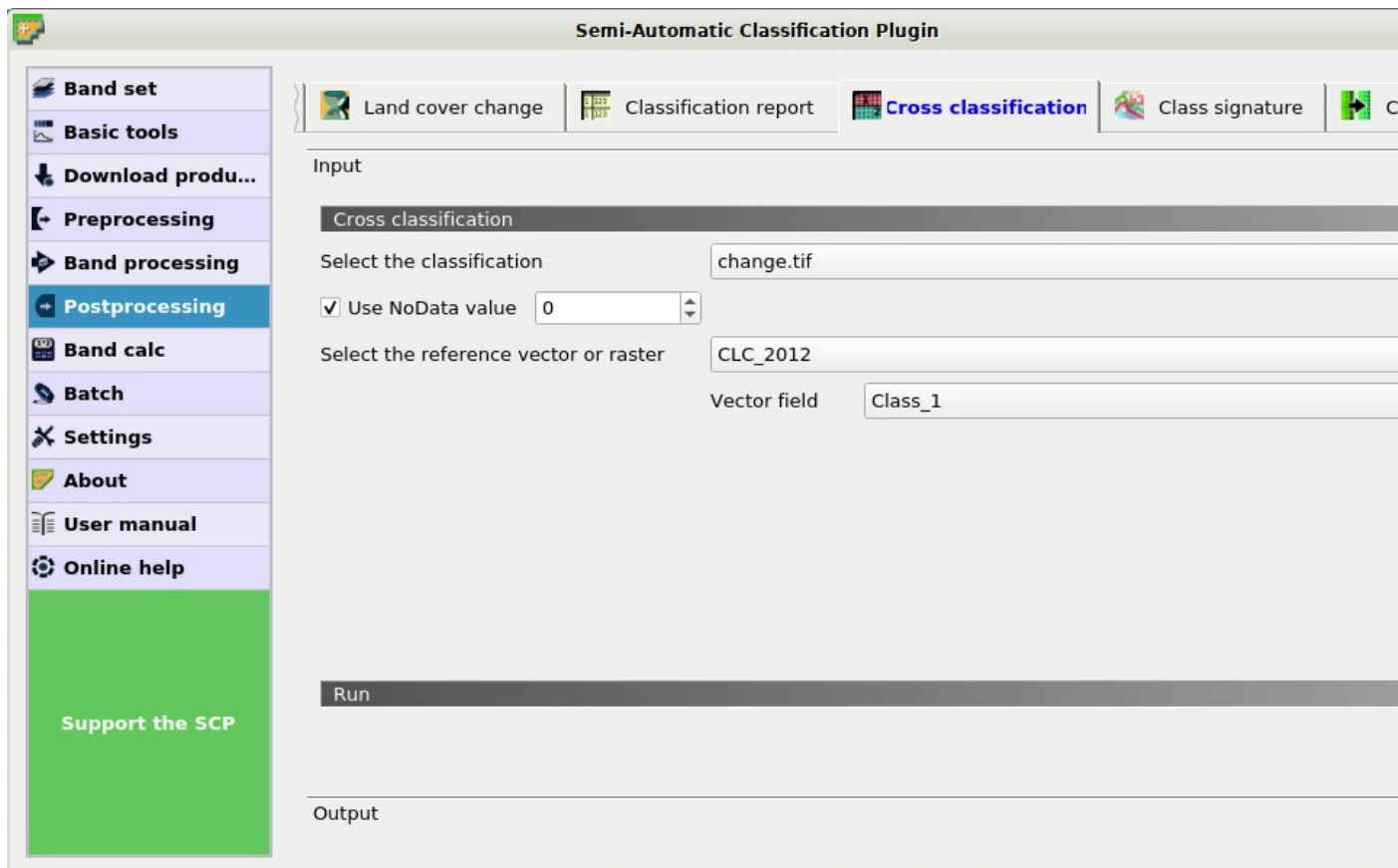
*Cross matrix*

|        |   | CLC_2012 |       |      |   |   |
|--------|---|----------|-------|------|---|---|
|        |   | 1        | 2     | 3    | 4 | 5 |
| Change | 1 | 157600   | 48400 | 2000 | 0 | 0 |

The tool *Clasificación cruzada* (página 79) can be very useful also for other analyses that involve the comparison with other data, such as population or flood risk, but this could be the subject of other tutorials.


### Assess the spectral signature of changes



An optional step could be the assessment of the spectral signature of changes. We can download satellite images (see *Tutorial 1: Tu Primera Clasificación de la Cobertura del Suelo* (página 141) for the details) and calculate

Figura 24: *Cross classification tool*

spectral signatures for monitoring the changes through time.

We are going to use the Landsat 8 image downloaded at the beginning of this tutorial for calculating the spectral signature of changes. First, we need to create a *Training input* to store the spectral signatures calculated from the

classes. In the *SCP dock* (página 23) select the tab *Training input* (página 24) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `signatures.scp`). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input* (in order to prevent data loss, you should not edit this layer using QGIS functions).

Now open the tool  *Clase de firma* (página 80) opening the *SCP menú* (página 21) and the submenu  *Postprocessing*. In *Select the classification* select the raster `change_CLC`, thus we can distinguish the spectral signatures of changes. In *Select input band set* enter the number of the band set containing the Landsat 8

bands (i.e. 2). Now click *RUN*  to start the calculation.

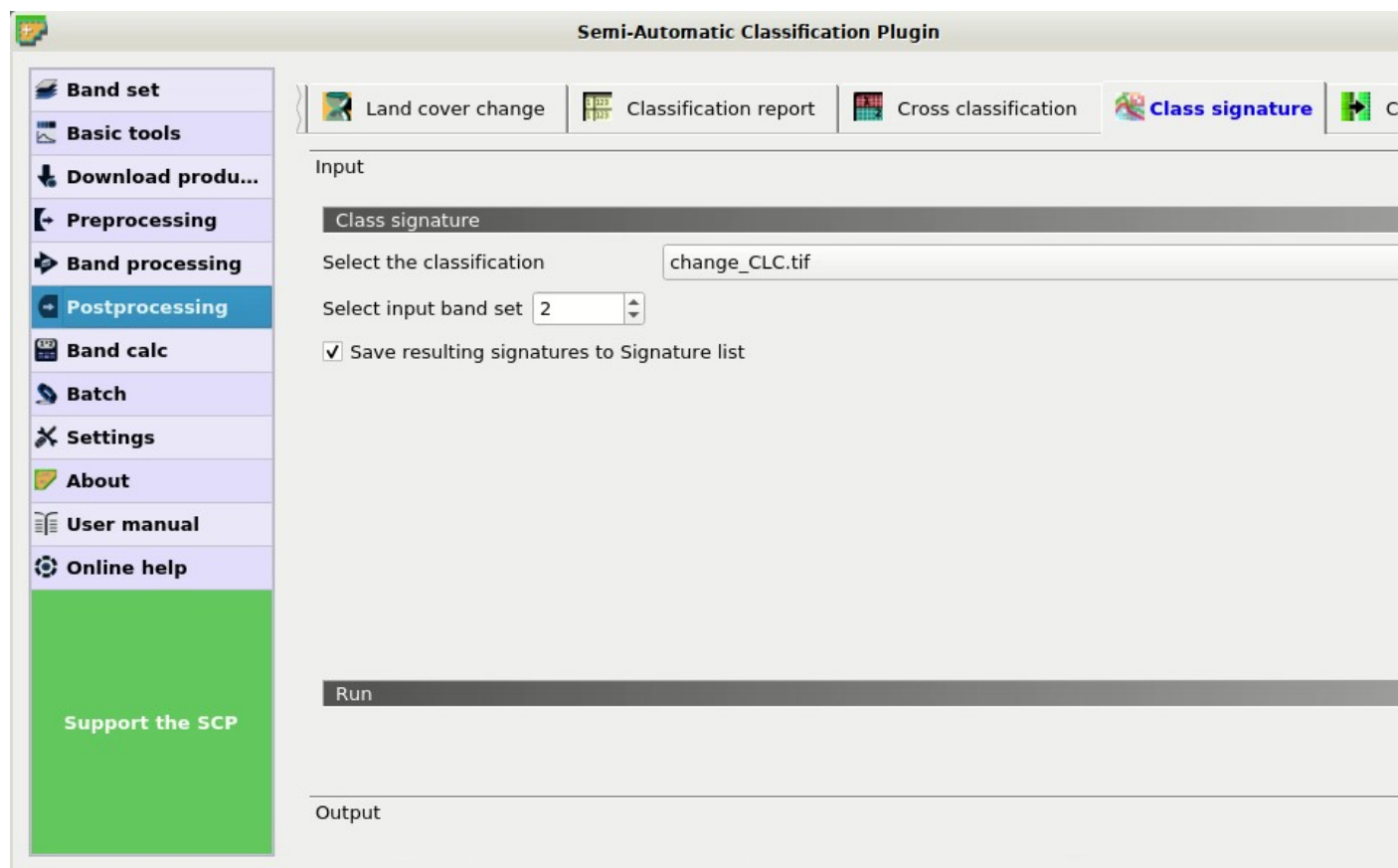


Figura 25: The tool for extracting spectral signatures from classes

After a while the spectral signatures are loaded in the *Training input*.

If the changes involved vegetation, we could calculate spectral signatures for images acquired in different seasons and assess the phenological variations of vegetation through spectral signatures. Also, these spectral signatures could be used as training input for further land cover classifications.

In order to display the signature plot, in the *ROI Signature list* (página 27) highlight two or more spectral signatures (with click in the table), then click the button . The *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100) is displayed in a new window.



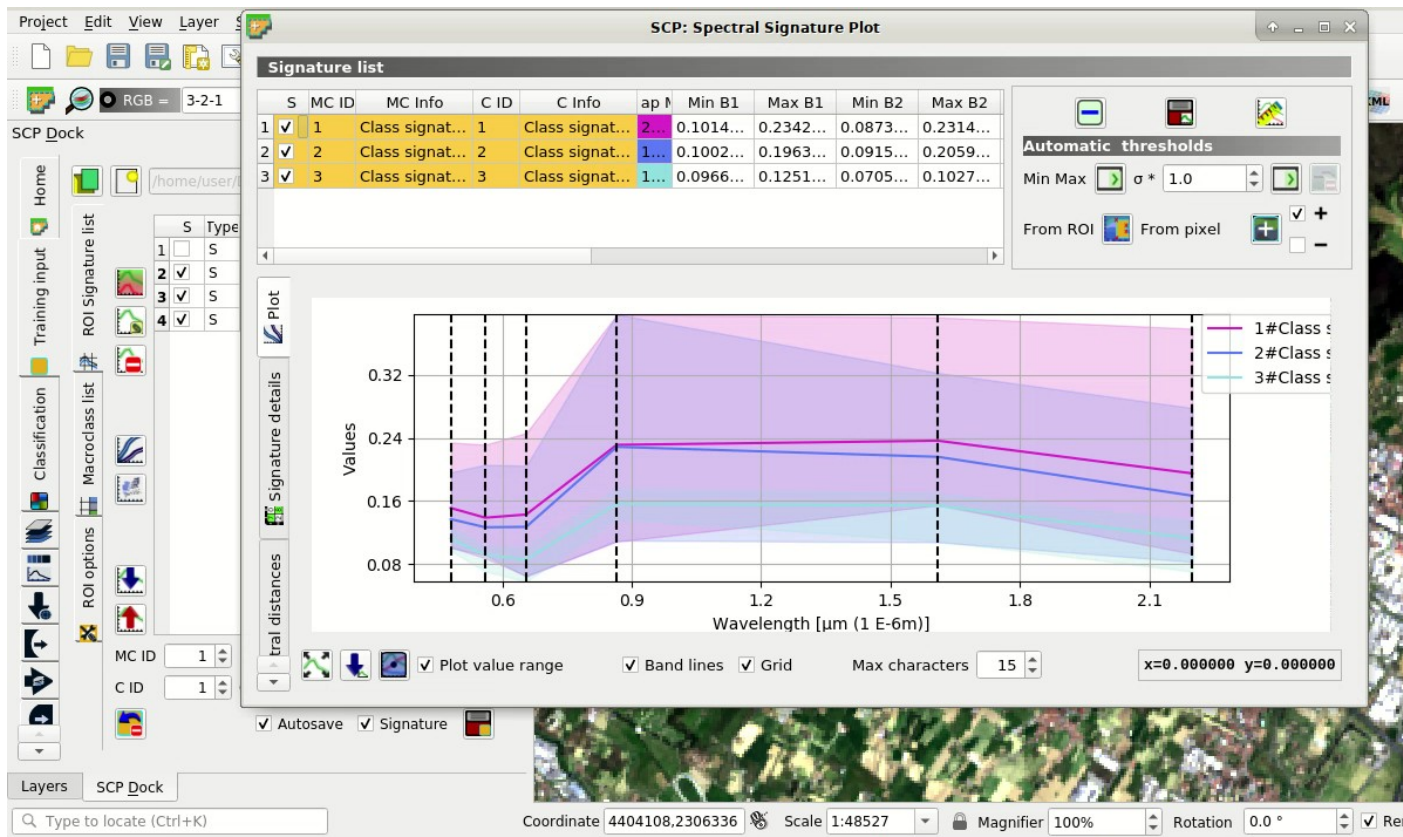





Figura 26: The calculated spectral signatures

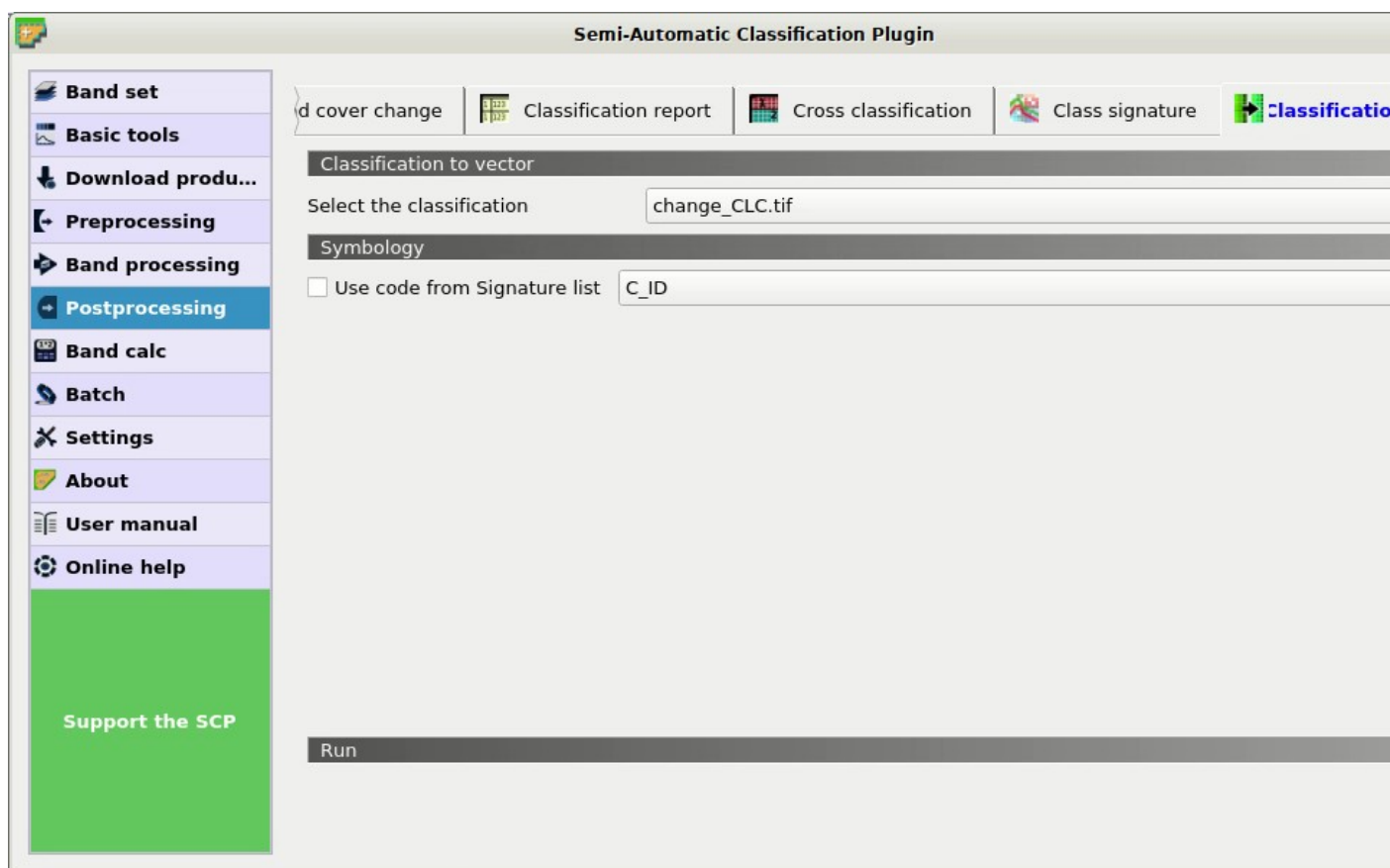
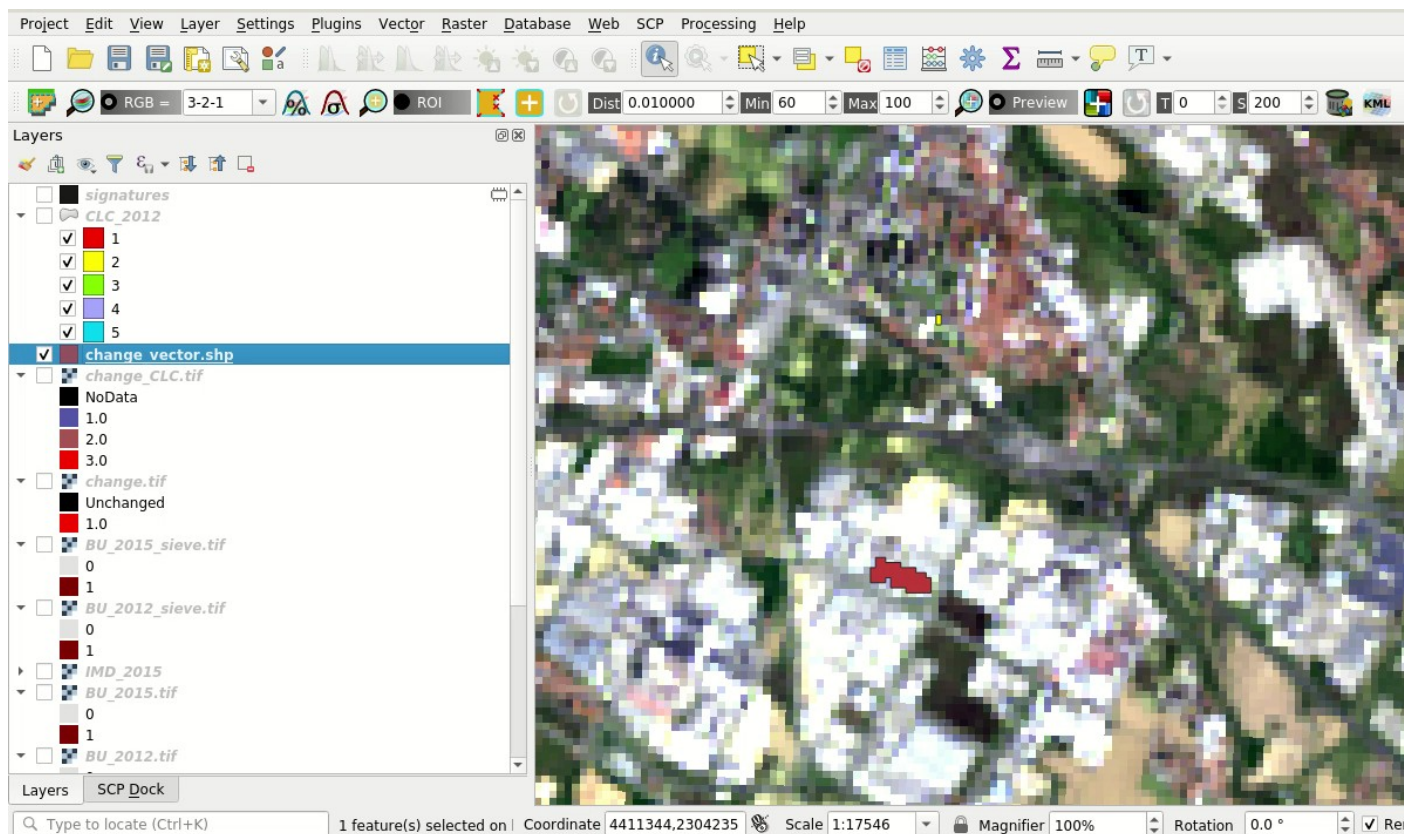
## Export the changes to vector format

This is an optional step that may be useful for further analyses and integration with other data. We are going to convert the change raster to vector.

Open the tool  *Clasificación a vectorial* (página 81). In *Select the classification* select the change\_CLC

raster and uncheck the  *Use code from Signature list*. Now click *RUN*  to create a new vector (e.g. change\_vector).

In the attribute table of this change\_vector you can see the field C\_ID that represents the code of the change raster as described in *Assess land cover change* (página 212). Of course we could delete the polygons with code 0 (unchanged area), displaying only changes with code 1.

Figura 27: *Raster to vector tool*Figura 28: *The vector of changes over the Landsat image*



---

### Semi-Automatic OS

---

A ser actualizado

El Semi-Automatic OS es una máquina virtual ligera para la clasificación de la cobertura del suelo de imágenes de teledetección. Incluye el Plugin Semi-Automatic Classification (SCP) para QGIS, ya configurado junto con todas las dependencias requeridas.

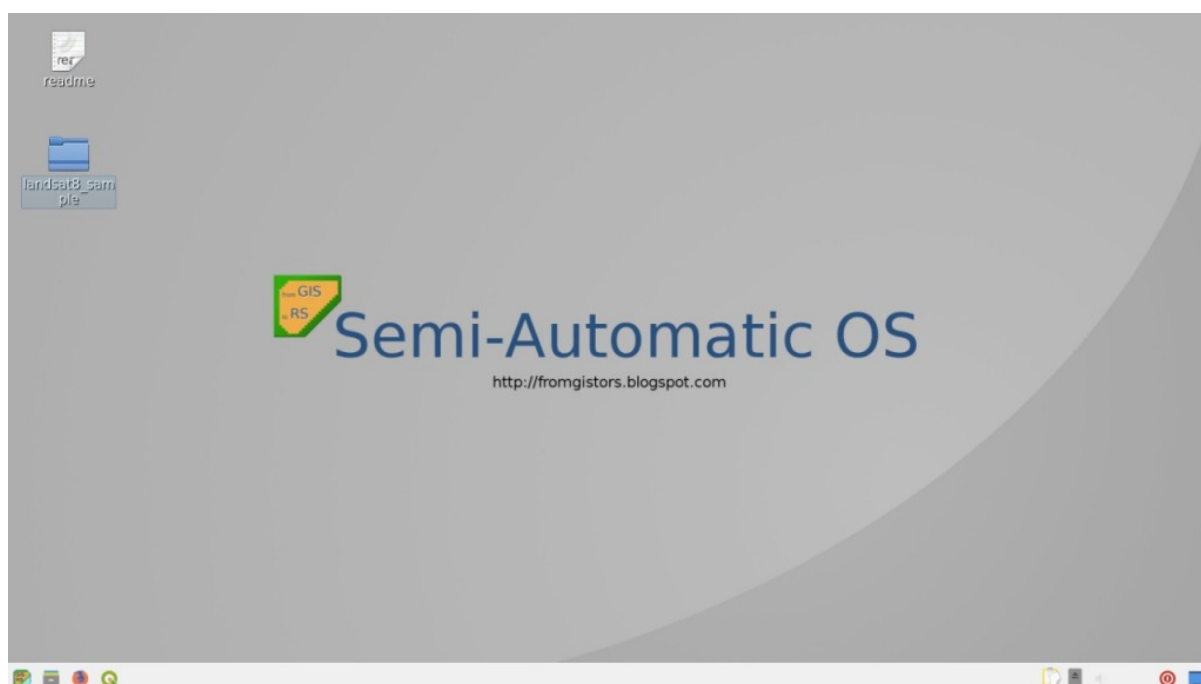


Figura 1: *Semi-Automatic OS desktop*

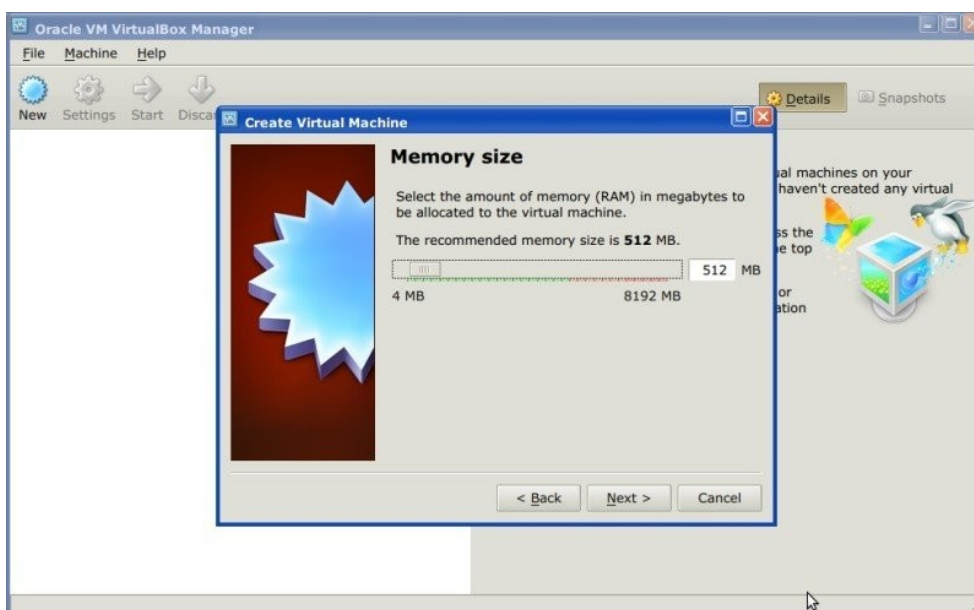
El Semi-Automatic OS está basado en [Debian](#) ,y está diseñado para ocupar muy pocos recursos de hardware. Usa [LXQT](#) como entorno de escritorio principal. Esta máquina virtual puede ser utilizada para probar el Plugin Semi-Automatic Classification, o cuando la instalación de los programas requeridos en el sistema host es problemática. El Semi-Automatic OS está disponible como máquina virtual de 64 bit que puede ser ejecutada en el VirtualBox de código abierto, o en otro programa de virtualización. Lo siguiente es una guía para la instalación de el Semi-Automatic OS en el programa de código abierto de virtualización VirtualBox.

## 7.1 Instalación en VirtualBox

1. Descarga [VirtualBox](#) software de código abierto (selecciona la versión adecuada dependiendo de tu SO) e instálalo, al final de la instalación reinicia el sistema;
2. Descarga el Semi-Automatic OS máquina virtual desde aquí <https://sourceforge.net/projects/semi-automatic-os/files/latest/download> '\_';
3. Extraer el contenido de la maquina virtual en un directorio; el archivo esta comprimido en formato 7z(si necesitas, descarga el programa de codigo abierto para la extracción desde <http://www.7-zip.org/>);
4. Inicia VirtualBox y crea una nueva máquina virtual Debian;
  1. Haz clic en el botón Nueva;
  2. Escribe un nombre para la máquina virtual (por ejemplo Semi-Automatic OS); elige Linux y Debian (32 o 64 bit) como Tipo y la versión correspondiente; haz clic en Siguiente;



3. Selecciona el tamaño de memoria; más es mejor, pero este parámetro no debe exceder la mitad de la memoria RAM del sistema anfitrión (por ejemplo si el sistema anfitrión tiene 1GB de RAM, escribe 512 MB); clic en Siguiente;

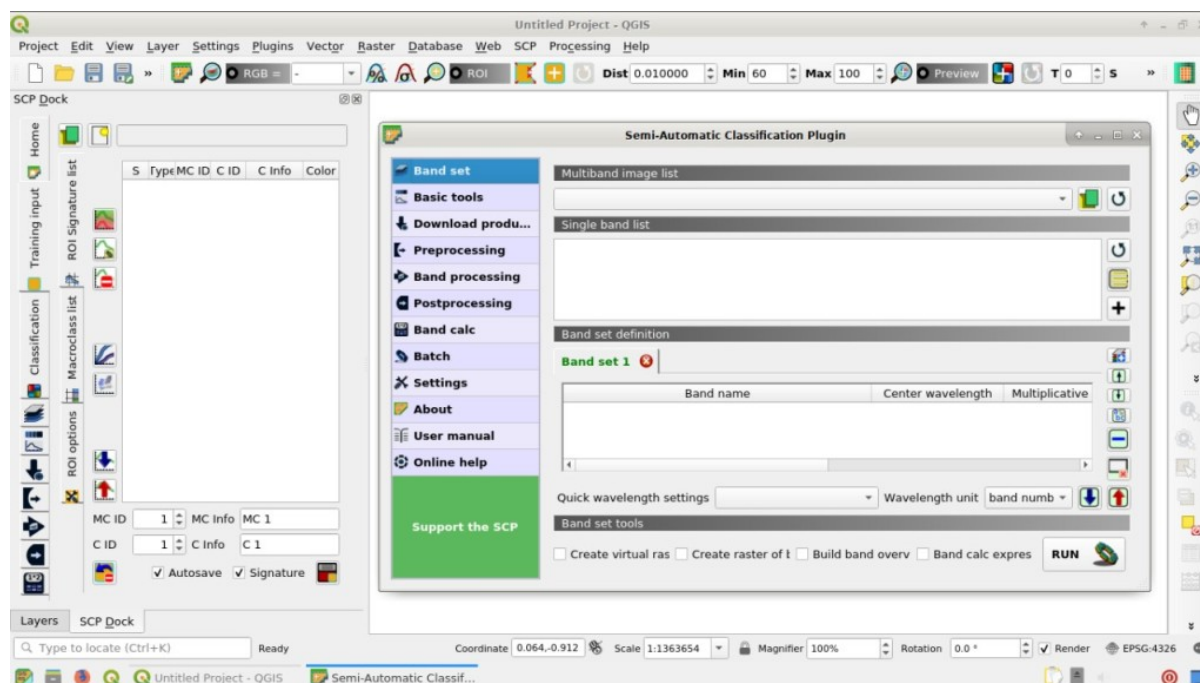


- En la configuración de Disco Duro selecciona Usar un archivo de disco duro virtual existente y selecciona el archivo descargado SemiAutomaticOS.vmdk; clic en Crear;



- Inicio el Semi-Automatic OS haciendo clic en el botón Iniciar;
- Es recomendable instalar en la máquina virtual las virtualbox-guest-utils, en el Menu > Preferences > Synaptic Package Manager; que permiten una mejor integración del Semi-Automatic OS con el sistema anfitrión, como: cambiar el tamaño de la ventana del sistema, también compartir carpetas.

El Semi-Automatic OS incluye un conjunto de datos de muestra de una imagen Landsat (disponible de el Servicio Geológico de los EE.UU.) esa es la entrada para el primer tutorial básico del manual del usuario.



*Semi-Automatic OS es software libre: puedes redistribuirlo y/o modificarlo bajo los términos de la Licencia Pública General de GNU como está publicada por Free Software Foundation, Versión 3.0 de la Licencia. Semi-Automatic OS es distribuido con la esperanza de que sea útil, pero SIN NINGUNA GARANTÍA; incluso sin la implícita garantía de COMERCIALIZACIÓN o ADAPTARLA PARA PROPÓSITOS ESPECÍFICOS. Lee la Licencia Pública General de GNU para mayores detalles. Mira <http://www.gnu.org/licenses/>.*



---

### Preguntas Frecuentes

---

Si tiene comentarios o preguntas, por favor únase al grupo de Facebook <<https://www.facebook.com/groups/SemiAutomaticClassificationPlugin>>

Antes de preguntar, por favor revisa el sitio oficial [From GIS to Remote Sensing](#) y las siguientes Preguntas Frecuentes.

- *Instalación del Complemento* (página 226)
  - *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (página 226)
  - *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (página 226)
- *Pre procesamiento* (página 228)
  - *¿Qué bandas de la imagen debería utilizar para la clasificación semi-automática?* (página 228)
  - *¿Qué bandas Landsat pueden convertirse a reflectancia con el SCP?* (página 228)
  - *¿Puedo realizar la conversión de imágenes Sentinel-2 descargadas desde la web?* (página 229)
  - *¿Cómo son convertidas las imágenes Sentinel-2 que tienen diferente resolución?* (página 229)
  - *¿Se puede aplicar la conversión Landsat y la corrección DOS a bandas recortadas?* (página 229)
  - *¿Puedo aplicar la corrección DOS a bandas con borde negro (Ej. con el valor SinDatos)?* (página 229)
  - *¿Cómo quitar la cobertura de nubes a las imágenes?* (página 229)
  - *Después del pan-sharpening de imágenes Landsat 8 ¿por qué las bandas NIR siguen teniendo 30m de resolución?* (página 229)
- *Procesamiento* (página 230)
  - *Obtengo errores en la clasificación. ¿Cómo puedo mejorar la precisión?* (página 230)
  - *¿Es posible usar los mismos datos de entrada para otras imágenes?* (página 230)
  - *¿Cual es la diferencia entre clases y macroclases?* (página 230)
  - *¿Puedo usar el SCP con imágenes de drones o fotografías aéreas?* (página 230)

- *¿Por qué solo usar la banda 10 del Landsat 8 en la estimación de la temperatura de la superficie?* (página 230)
- **Advertencias** (página 230)
  - *Advertencia [12]: La siguiente firma será excluida si se usa Máxima Probabilidad. ¿Por qué?* (página 230)
- **Errores** (página 231)
  - *¿Cómo puedo reportar un error?* (página 231)
  - *Problemas con la creación de ráster virtual. ¿Por qué?* (página 232)
  - *Error “Plugin is damaged. Python said: ascii”. ¿Por qué?* (página 232)
  - *Error [50] “Internet error”. No se puede descargar imágenes Sentinel-2. ¿Por qué?* (página 232)
  - *Error al instalar el plugin, posiblemente faltan dependencias. ¿Por qué?* (página 232)
- **Varios** (página 233)
  - *¿Qué puedo hacer con SCP?* (página 233)
  - *Cómo contribuir a SCP* (página 234)
  - *Recursos gratis y valiosos sobre teledetección y SIG* (página 234)
  - *Other tutorials about SCP, also in languages other than English* (página 234)
  - *¿Cómo puedo traducir este manual del usuario a otro lenguaje?* (página 235)
  - *¿Dónde está el código fuente de SCP?* (página 235)
  - *How to install QGIS using OSGeo4W?* (página 236)

## 8.1 Instalación del Complemento

### 8.1.1 ¿Cómo instalar el complemento manualmente?

El SCP puede instalarse manualmente (puede ser útil cuando no esté disponible una conexión a internet o se desea instalar en varias computadoras) siguiendo estos pasos:

1. Descarga el archivo zip de SCP desde <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin/archive/master.zip> ;
2. extraer el contenido del archivo (varios archivos como COPYING.txt y carpetas como ui) en una nueva carpeta llamada SemiAutomaticClassificationPlugin (sin el -master);
3. open the QGIS plugins directory (in Windows usually C:\Users\username\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\p in Linux and Mac usually /home/username/.local/share/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins) and delete the folder SemiAutomaticClassificationPlugin if present;
4. copia la carpeta SemiAutomaticClassificationPlugin dentro del directorio plugins de QGIS;
5. el complemento debería estar instalado; inicia QGIS, abre el Administrador de complementos y asegúrate que está seleccionado Semi-Automatic Classification Plugin.

### 8.1.2 ¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?

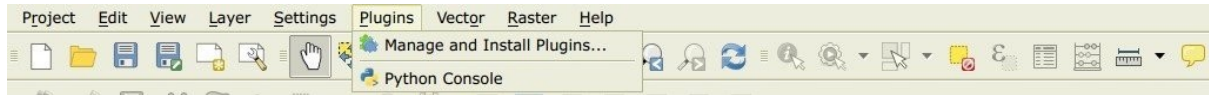
Es posible instalar el SCP usando el repositorio oficial. Este repositorio permite la instalación de la última versión del SCP (master), en algunos casos incluso antes de que esté disponible en el repositorio oficial de QGIS. Por esto, puede ser útil si necesitas una corrección o una nueva función que todavía no está disponible en el repositorio



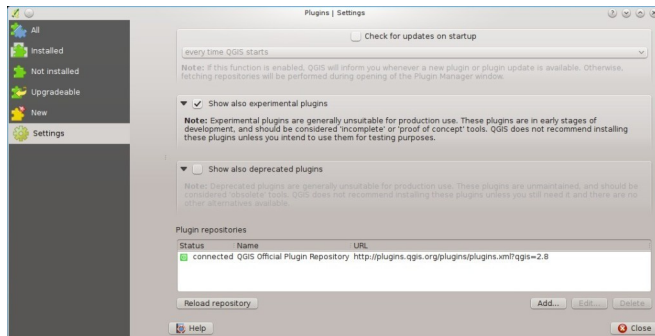
de QGIS. Además, la versión “master” en el repositorio de SCP puede ser instalada junto a la versión disponible en el repositorio de QGIS.

Para configurar el repositorio de SCP sigue estos pasos:

- Ejecuta QGIS;
- Desde el menú principal, selecciona Complementos > Administrar e instalar complementos;



- Clic en Configuración luego clic en el botón Añadir;



- Dentro del cuadro Detalles del repositorio ingresa:

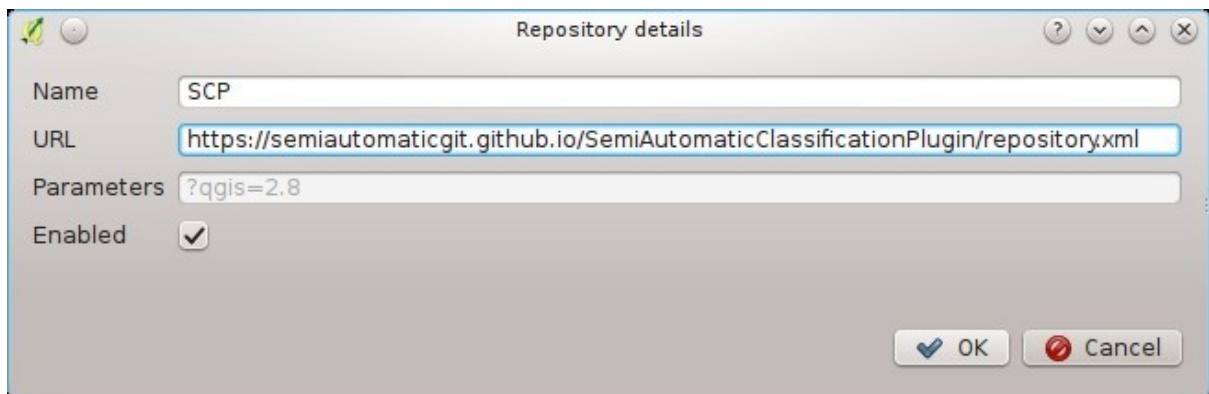
Nombre:

SCP

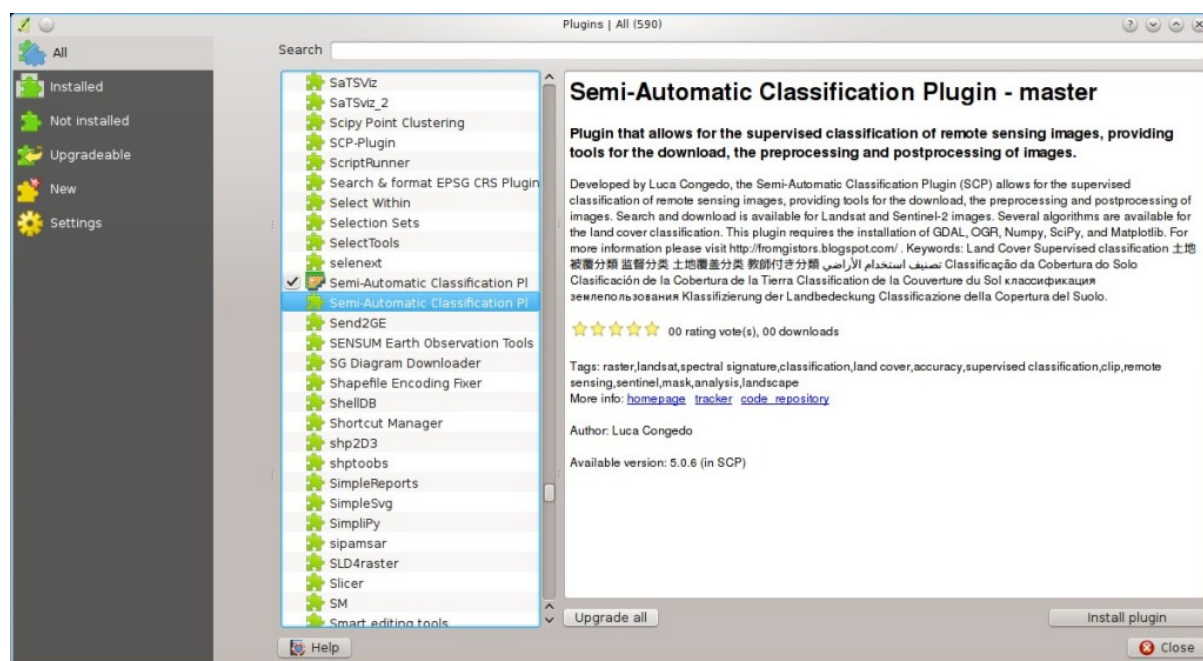
URL:

<https://semiautomaticgit.github.io/SemiAutomaticClassificationPlugin/repository.xml>

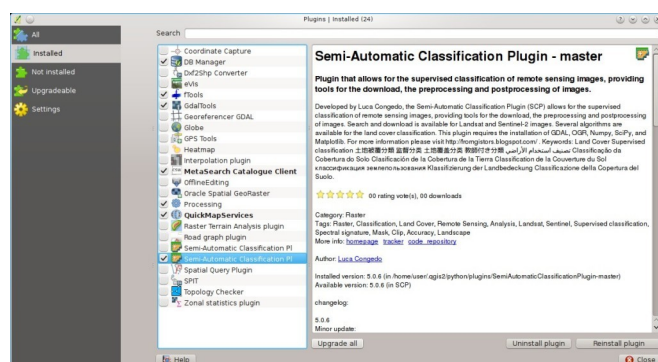
clic en Aceptar;



- Después que el repositorio se actualice, el elemento Semi-Automatic Classification Plugin – master estará listado junto con los otros complementos;



- Desde el menú Todos, selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin – master y da clic en el botón Instalar complemento; la última versión de SCP se activará automáticamente (ignora los errores, reiniciar QGIS es necesario para completar la instalación de SCP); es posible desactivar el otro SCP instalado en el repositorio de QGIS;



## 8.2 Pre procesamiento

### 8.2.1 ¿Qué bandas de la imagen debería utilizar para la clasificación semi-automática?

En general, es preferible evitar las bandas del infrarojo térmico. Si está usando Landsat 4, 5 o 7 debería seleccionar las bandas: 1, 2, 3, 4, 5, 7 evitando usar la banda 6 que es la del infrarojo térmico; para Landsat 8 debería elegir las bandas: 2, 3, 4, 5, 6, 7. Generalmente se evita utilizar la banda 1 de Landsat 8 debido a que ésta es muy similar a la banda azul, y es principalmente utilizada para el estudio de aerosoles costeros. Las bandas termales de Landsat también se excluyen de las clasificaciones debido a que sus valores están principalmente relacionados a la temperatura de los objetos.

Para imágenes Sentinel-2 puedes usar las bandas: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11, 12.

### 8.2.2 ¿Qué bandas Landsat pueden convertirse a reflectancia con el SCP?

Todas las imágenes Landsat MSS 1, 2 y 3; TM 4 y 5; ETM 7 y OLI 8 descargadas desde <http://earthexplorer.usgs.gov/> y procesadas con el nivel 1 del Sistema de Generación de Producto (LPGS) pueden ser automáticamente

convertidas a reflectancia por SCP; los productos generados por LPGS tienen un archivo MTL incluido que es requerido para dicha conversión.

### 8.2.3 ¿Puedo realizar la conversión de imágenes Sentinel-2 descargadas desde la web?

Sí, puedes también convertir imágenes descargadas desde la web (de hecho es recomendable hacerlo). Debes mover todas las bandas (archivos .jp2) con el archivo .xml si está presente cuyo nombre contiene MDT\_SAFL1C en el mismo directorio. Luego selecciona este directorio en *Conversión de Sentinel-2* (página 59). Las imágenes se convertirán a reflectancia.

### 8.2.4 ¿Cómo son convertidas las imágenes Sentinel-2 que tienen diferente resolución?

Durante la conversión a reflectancia los píxeles de las bandas de 20m son separados en 4 píxeles de 10m cuyos valores son los mismos del píxel de 20m original. El propósito de esta operación es permitir el cálculo entre bandas sin cambiar sus valores originales.

### 8.2.5 ¿Se puede aplicar la conversión Landsat y la corrección DOS a bandas recortadas?

Sí, se puede recortar las imágenes antes de la conversión a reflectancia, después copiar el archivo MTL (incluido en el conjunto de datos Landsat) dentro del directorio que tiene las bandas recortadas. Si desea aplicar la corrección DOS (la cual es una técnica basada en imagen) deberá convertir las bandas Landsat originales (la imagen completa) y luego recién recortar las bandas resultantes de la conversión (Ej. bandas convertidas a reflectancia).

### 8.2.6 ¿Puedo aplicar la corrección DOS a bandas con borde negro (Ej. con el valor SinDatos)?

Si quieres aplicar la corrección DOS a una banda entera que tiene valores SinDatos (borde negro con valor = 0) tienes que marcar la casilla «Usar valor SinDatos» y poner el valor en 0. Es así porque DOS es una técnica basada en imagen y los valores SinDatos deben ser excluidos del cálculo.

### 8.2.7 ¿Cómo quitar la cobertura de nubes a las imágenes?

La corrección DOS1 no remueve las nubes de una imagen. Sin embargo, las imágenes Landsat 8 incluyen la banda 9 que identifica las nubes (vea este enlace [NASA site](#)). Puede usar esta banda para crear una máscara.

Para otros satélites Landsat, las nubes pueden ser enmascaradas usando el enfoque descrito en el siguiente [artículo](#).

Also, see the following [video-tutorial](#).

### 8.2.8 Después del pan-sharpening de imágenes Landsat 8 ¿por qué las bandas NIR siguen teniendo 30m de resolución?

La banda Landsat 8 pancromática no es adquirida en la región del Infrarrojo Cercano (NIR) (mira *Satélites Landsat* (página 115)). Por lo tanto el proceso pan-sharpening puede mejorar la resolución de bandas NIR y SWIR (mira *Pan-sharpening* (página 131)), para que parezca tener 30m de resolución. Sin embargo todas las ráster pan-sharpened tienen 15m de resolución que permiten realizar cálculos ráster.

## 8.3 Procesamiento

### 8.3.1 Obtengo errores en la clasificación. ¿Cómo puedo mejorar la precisión?

Muchos materiales tienen firmas espectrales similares (Ej. suelo y construcciones; o bosque y arbustos densos), que pueden causar errores en la clasificación si los ROIs y sus firmas espectrales no son adquiridos correctamente. Para mejorar los resultados, puedes intentar coleccionar más ROIs sobre esas áreas, de este modo enseñarás al algoritmo sobre esas áreas similares; también despliega las firmas espectrales de esas áreas en [Gráfico de Firmas Espectrales](#) (página 100) para analizar sus similitudes. También puedes usar la [Umbral de firma](#) (página 48) para esas firmas y reducir la variabilidad de las mismas (solo los píxeles similares a las firmas de entrada serán clasificados). El [Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo](#) (página 124) es también útil para clasificar materiales específicos que pueden ser espectralmente similares a otros.

### 8.3.2 ¿Es posible usar los mismos datos de entrada para otras imágenes?

Sí, es posible si todas las imágenes tienen el mismo número de bandas. Sin embargo, si las imágenes son adquiridas en diferentes meses, los cambios en la cobertura del suelo (especialmente el estado de la vegetación) afectarán la firma espectral (Ej. el mismo píxel tiene diferente firma espectral en diferentes períodos). Los efectos atmosféricos pueden afectar las imágenes de modo diferente. Eso puede reducir la precisión en la clasificación. Por lo tanto, es recomendable siempre coleccionar ROIs y firmas espectrales para cada imagen.

### 8.3.3 ¿Cual es la diferencia entre clases y macroclases?

Por favor mira [Clases y Macroclases](#) (página 121).

### 8.3.4 ¿Puedo usar el SCP con imágenes de drones o fotografías aéreas?

Sí, puedes usarlo si tienen por lo menos 4 bandas. Con menos de 4 bandas, los algoritmos semi-automatic classification son incapaces de clasificar la cobertura del suelo correctamente. Existen métodos alternativos de clasificación, como las clasificaciones orientadas a objetos que no están implementadas en SCP.

### 8.3.5 ¿Por qué solo usar la banda 10 del Landsat 8 en la estimación de la temperatura de la superficie?

Muchos métodos han sido desarrollados para estimar la temperatura de la superficie. El método descrito en el tutorial para la estimación de temperatura requiere solo una banda. Por otro lado, USGS recomienda a los usuarios abstenerse de confiar en los datos de la Banda 11 de Landsat 8 en análisis cuantitativos de datos del Sensor Infrarrojo Térmico (mira [Changes to Thermal Infrared Sensor \(TIRS\) data by USGS](#)).

## 8.4 Advertencias


### 8.4.1 Advertencia [12]: La siguiente firma será excluida si se usa Máxima Probabilidad. ¿Por qué?

El ROI es muy pequeño (o demasiado homogéneo) para el [Máxima Probabilidad](#) (página 123) algoritmo porque ese ROI tiene una matriz de covarianza singular. Deberías crear ROIs más grandes o no usar el algoritmo de Máxima Probabilidad en el proceso de clasificación.

## 8.5 Errores

### 8.5.1 ¿Cómo puedo reportar un error?

Si encuentra un error con el Semi-Automatic Classification Plugin por favor siga estos pasos para obtener la información necesaria (archivo log):

1. cierra QGIS si está abierto;
2. inicia QGIS, abre la pestaña del Complemento *Depurar* (página 99) y marca la casilla de verificación  *Guardar eventos en un archivo log* ;

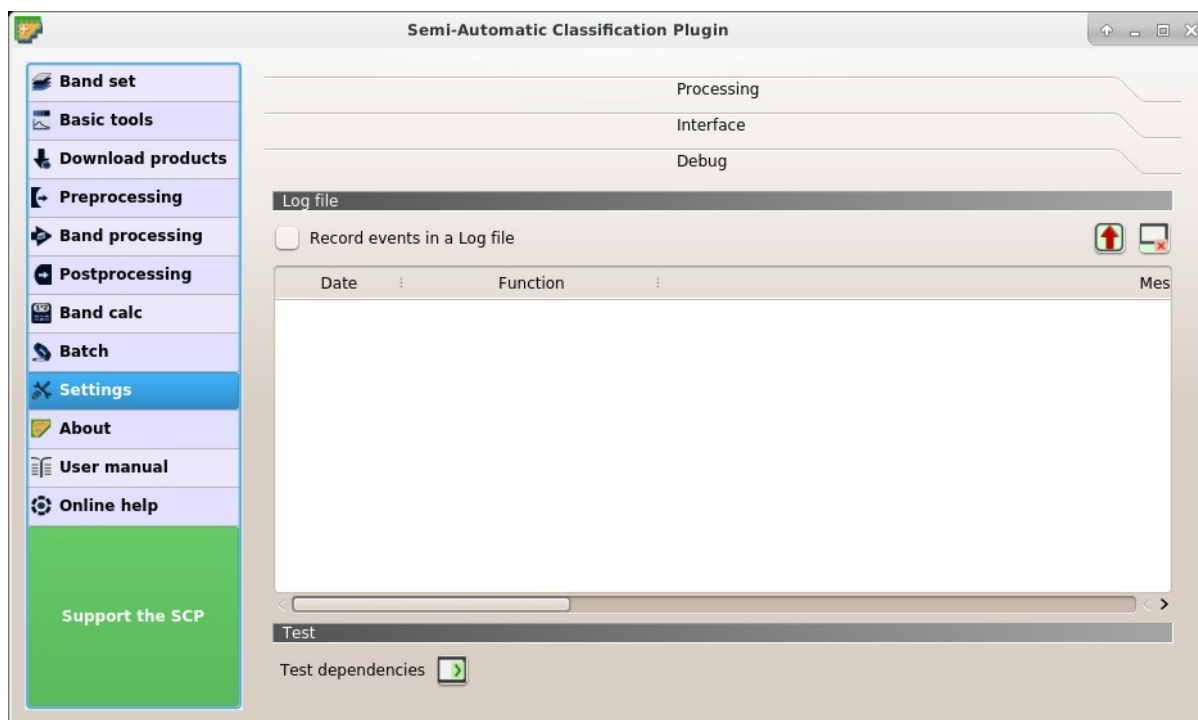





Figura 1: *Debug*

3. click the button *Test dependencies*  in the tab *Depurar* (página 99) ;
4. **carga los datos en QGIS (o abre un proyecto de QGIS grabado con anterioridad) y repite los pasos que causaron el error**
  - si el problema pudiera estar relacionado con los datos de la imagen, por favor usa [este conjunto de datos](#) ;
5. si un mensaje de error aparece (como el de la siguiente imagen), copia todo el contenido del mensaje en un archivo de texto;
6. open the tab *Depurar* (página 99) and uncheck the checkbox  *Records events in a log file*, then click the button  and save the **log file** (which is a text file containing information about the Plugin processes);
7. abra el **log file** y copie todo el contenido del archivo;
8. join the Facebook [group](#) , create a new post and copy the error message and the **log file** (or attach them).



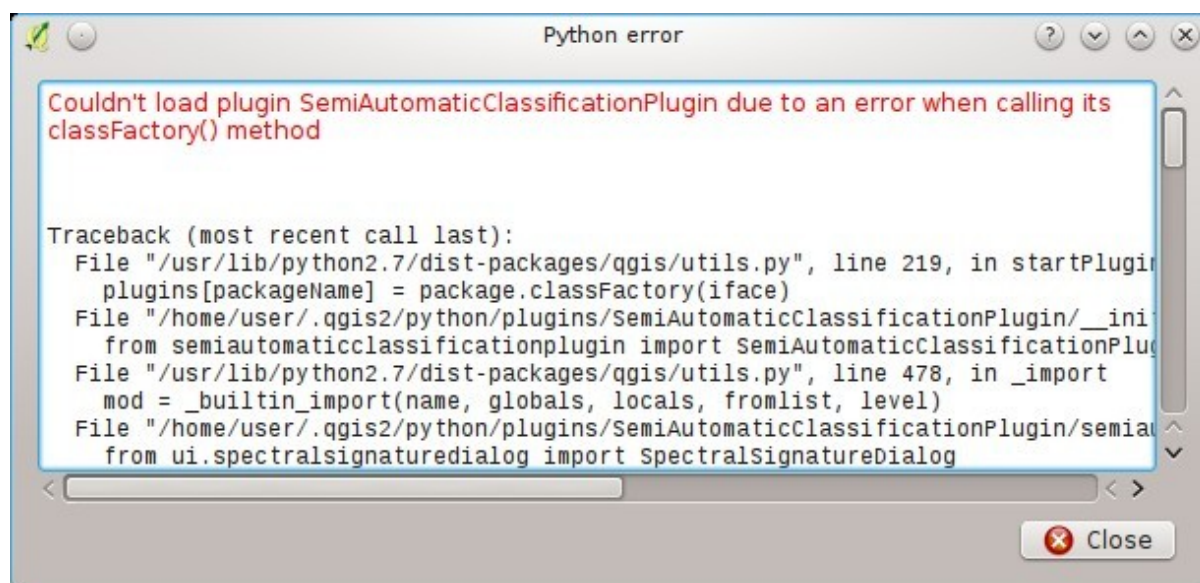


Figura 2: Error message

### 8.5.2 Problemas con la creación de ráster virtual. ¿Por qué?

La creación automática de un ráster virtual después de la conversión a reflectancia de una imagen Landsat, no es requerida para la clasificación. Pueden ocurrir errores si la ruta de destino contiene caracteres especiales (como letras acentuadas) o espacios; intenta renombrar directorios (Ej. cambia «nuevo directorio» por «nuevo\_directorio»). Si continúas teniendo el mismo error puedes crear un ráster virtual manualmente.

### 8.5.3 Error “Plugin is damaged. Python said: ascii”. ¿Por qué?

It could be related to a wrong installation. Please, uninstall QGIS and install it again with administrative rights. Then run QGIS and try to install the plugin following the *Instalación del Complemento* (página 3) guide.

También puede estar relacionado al nombre de usuario que contiene caracteres especiales. Por favor intenta la instalación creando un nuevo usuario sin caracteres especiales (Ej. «usuario»).

### 8.5.4 Error [50] “Internet error”. No se puede descargar imágenes Sentinel-2. ¿Por qué?

El mensaje de error generalmente incluye alguna información sobre el problema. Primero, verifica el nombre de usuario y la contraseña. Si la creación de la cuenta fue reciente, el proceso puede llevar algunos días hasta que SCP tenga permitida la descarga.

También, podría haber una interrupción del servicio. Para imágenes Sentinel-2 revisa este sitio web <https://scihub.copernicus.eu/news/> por mensajes sobre el estado del servicio.

En caso de continuar el mismo error, por favor sigue estos pasos *¿Cómo puedo reportar un error?* (página 231).

### 8.5.5 Error al instalar el plugin, posiblemente faltan dependencias. ¿Por qué?

El plugin requiere la instalación de librerías GDAL, NumPy, SciPy y Matplotlib, las cuales deberían haber sido parte del instalador de QGIS. Si la instalación del plugin falla, y obtiene un mensaje acerca de posibles dependencias faltantes, usted debería intentar instalar o actualizar QGIS y las dependencias requeridas. Nótese que para evitar este error, las dependencias Python no deberían ser instaladas a través de Anaconda.



## 8.6 Varios

### 8.6.1 ¿Qué puedo hacer con SCP?

SCP posibilita la **clasificación de la cobertura del suelo** en imágenes de sensores remotos mediante *Clasificación supervisada* (página 119). Puedes producir un ráster de cobertura terrestre usando uno de los *Algoritmos de clasificación* (página 121) disponibles en SCP. Estos algoritmos requieren firmas espectrales de ROIs como entrada (para las definiciones lee *Breve Introducción a la Teledetección* (página 111)) que definen las clases de cobertura terrestre que serán identificadas en la imagen.

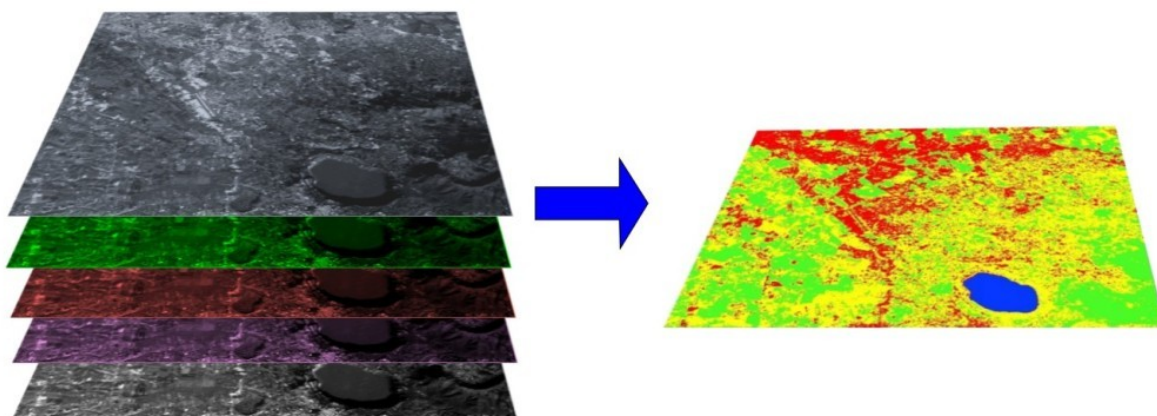


Figura 3: Imagen multiespectral procesada para producir una clasificación de la cobertura del suelo  
(Imagen Landsat proporcionada por USGS)

SCP puede trabajar con **imágenes multiespectrales** adquiridas por satélites, aviones, o drones. También SCP permite la búsqueda y descarga de imágenes gratis (mira *Descargar productos* (página 51)). No puedes usar con SCP, ortofotos con menos de 4 bandas, datos SAR y LIDAR.

**Imagen de entrada** en SCP se denomina *Conjunto de bandas* (página 38), la cual es usada como entrada para la clasificación. SCP dispone de varias herramientas para el *Preprocesamiento* (página 56) de imágenes descargadas, como la conversión a reflectancia y la manipulación de bandas.

**Resultados de la clasificación** pueden ser evaluados con las herramientas *Exactitud* (página 76) y *Reporte de la clasificación* (página 78). Los rásters también pueden ser manipulados usando herramientas de *Postprocesamiento* (página 76) como *Clasificación a vectorial* (página 81), *Reclasificación* (página 82), *Editar ráster* (página 84) directamente, *Filtrado de la Clasificación* (página 85), *Erosión de la clasificación* (página 86), y *Dilatación de la Clasificación* (página 87).

El *Gráfico de Firmas Espectrales* (página 100) y el *Gráfico de Dispersión* (página 106) permiten el **análisis de firmas espectrales y ROIs**. También varias *Herramientas Básicas* (página 41) están disponibles para la creación fácil de un ROI y edición de firmas espectrales.

**Calculadora Ráster** está disponible a través de la perfecta integración de *Calculadora de Bandas* (página 88) con las bandas de *Conjunto de bandas* (página 38), calculando expresiones matemáticas e índices espectrales. También se puede calcular un ráster de salida basados en *Reglas de decisión* (página 91).

La herramienta *En Lotes* (página 92) permite la ejecución automática de varias funciones de SCP usando una interfaz de script.

Ver los *Tutoriales Básicos* (página 141) para más información y ejemplos.

## 8.6.2 Cómo contribuir a SCP

Puedes contribuir con *SCP* corrigiendo o agregando funcionalidades (mira *¿Dónde está el código fuente de SCP?* (página 235)), o traduciendo el manual de usuario (mira *¿Cómo puedo traducir este manual del usuario a otro lenguaje?* (página 235)).

Además, usted puede donar a este proyecto en el siguiente enlace: <https://fromgistors.blogspot.com/p/donations.html>.

## 8.6.3 Recursos gratis y valiosos sobre teledetección y SIG

Los siguientes enlaces son recursos valiosos:

- The Landsat 8 Data Users Handbook by USGS;
- The Landsat 7 Science Data Users Handbook by NASA;
- Webinar: Fundamentals of Remote Sensing by NASA.
- Webinar: NASA Remote Sensing for Land Management by NASA.
- Webinar: Creating and Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Satellite Imagery by NASA.
- Webinar: Remote Sensing of Forest Cover and Change Assessment for Carbon Monitoring by NASA.
- Webinar: Introduction to Remote Sensing for Conservation Management by NASA.

## 8.6.4 Other tutorials about SCP, also in languages other than English

Existen varios tutoriales sobre *SCP* en internet. A continuación una lista incompleta de esos recursos (por favor nota que esos recursos podrían usar versiones antiguas de *SCP*):

- English: Webinar by NASA ARSET about Land Cover Classification with Satellite Imagery;
- English: Recommended Practice by UN-SPIDER about Burn Severity Mapping Burn Severity with QGIS;
- English: Using the SCP QGIS plugin to download and process Sentinel 2 imagery;
- French: Télédétection des feux de forêts;
- Alemán: 2015 Jakob Erfassung von Landnutzungsveränderungen mit FOSS Image Processing Tools;
- Indonesian: Koreksi Radiometrik Menggunakan QGIS:Semi Automatic Classification;
- Italiano: Classificazione e Mosaico di Varie Immagini Landsat;
- Coreano: QGIS Semi-Automatic Classification Plugin;
- Portuguese: Workshop de Detecção Remota e Processamento Digital de Imagem com o QGIS e o Semi-Automatic Classification Plugin;
- Portugués: Classificacao supervisionada de imagens Sentinel-2 com QGIS e SCP;
- Portugués: Avaliação do erro de uma imagem de satélite usando o QGIS e o SCP;
- Portugués: Conversão Sentinel-2 para refletância com QGIS SCP;
- Portugués: Criar composições coloridas no QGIS com SCP;
- Portugués: Corte de imagem Sentinel-2 usand QGIS e SCP;
- Portuguese: Detecção Remota Com O QGIS;
- Russian: Sentinel- 2a Semi-Automatic Classification Plugin QGIS;
- Spanish: Descarga de imágenes de satélite desde servidores públicos;
- Sueco: Landsat 8 och fjärranalys med QGIS;

- Ukrainian: Semi-Automatic Classification 5.0;
- Ukrainian: Qgis ;

### 8.6.5 ¿Cómo puedo traducir este manual del usuario a otro lenguaje?

Es posible traducir fácilmente el Manual del Usuario a cualquier idioma, debido a que está escrito en lenguaje reestructurado de marcas (usando Sphinx). Sin embargo tu contribución es fundamental para la traducción del manual a tu lenguaje. Las siguientes guías ilustran los pasos principales para la traducción. La cual puede efectuarse:

- usando el servicio en línea gratuito Transifex;
- usando los archivos gettext.po.

Antes de traducir, por favor lee este documento <[http://docs.qgis.org/testing/en/docs/documentation\\_guidelines/do\\_translations.html#translate-a-manual](http://docs.qgis.org/testing/en/docs/documentation_guidelines/do_translations.html#translate-a-manual)>\_ de la guía de traducción de QGIS, la cual te ayudará a comprender reStructuredText.

#### Método 1. Traducción usando el servicio en línea gratuito Transifex

Esta probablemente es la forma más fácil de traducir el manual usando un servicio en línea.

1. únete al proyecto del Manual de Semi-automatic Classification

Ve a la página <https://www.transifex.com/semi-automatic-classification/semi-automatic-classification-plugin-manual> . Haz clic en el botón `Help translate`. Puedes suscribirte usando tus cuentas de Google o Facebook, o registrando una nueva cuenta gratuita.

2. Selecciona tu idioma

Selecciona tu idioma y haz clic en el botón `Join team`. Si tu idioma no está en el listado, clic en el botón `Request language`.

3. Traducción

Existen varios archivos para traducir, los cuales se refieren a las secciones de la documentación de SCP. Para traducir la interfaz de SCP, debes seleccionar el archivo `semiautomaticclassificationplugin.ts`.

#### Método 2. Traducir usando los archivos gettext.po

Para elegir usar este método, deberías estar familiarizado con GitHub. Este método de traducción permite la traducción de los archivos PO en modo local.

1. Descargar los archivos de traducción

Ve hasta el proyecto GitHub [https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationManual\\_v4/tree/master/locale](https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationManual_v4/tree/master/locale) y descarga los archivos .po para tu lenguaje (puedes añadir tu lenguaje si no está listado), o puedes bifurcar el repositorio. Cada archivo .po es un archivo de texto que se refiere a una sección del Manual del Usuario.

2. Edita los archivos de traducción

Ahora puedes editar los archivos .po. Es conveniente editar estos archivos usando uno de los siguientes programas: por ejemplo `Poedit` para Windows y Mac OS X, o `Gtranslator` para Linux o `OmegaT` (basado en Java) para Windows, Linux y Mac OS X.

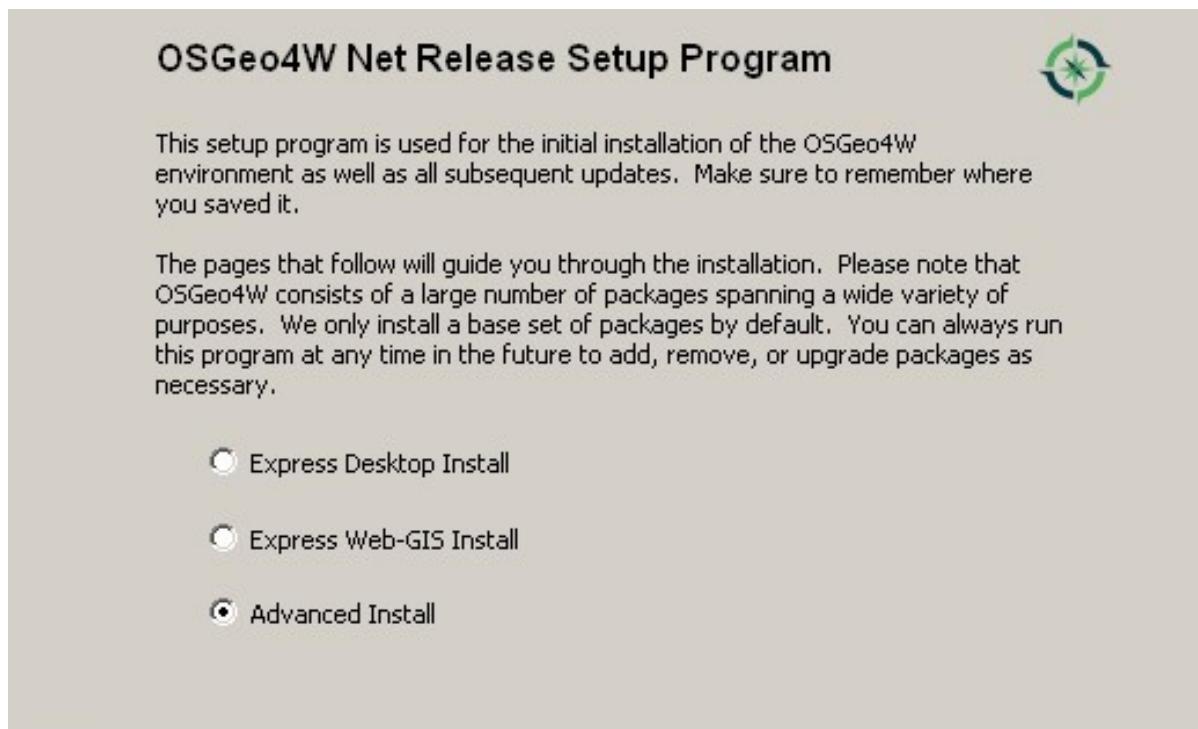
### 8.6.6 ¿Dónde está el código fuente de SCP?

Puedes encontrar el código fuente de SPC en el siguiente enlace <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin>

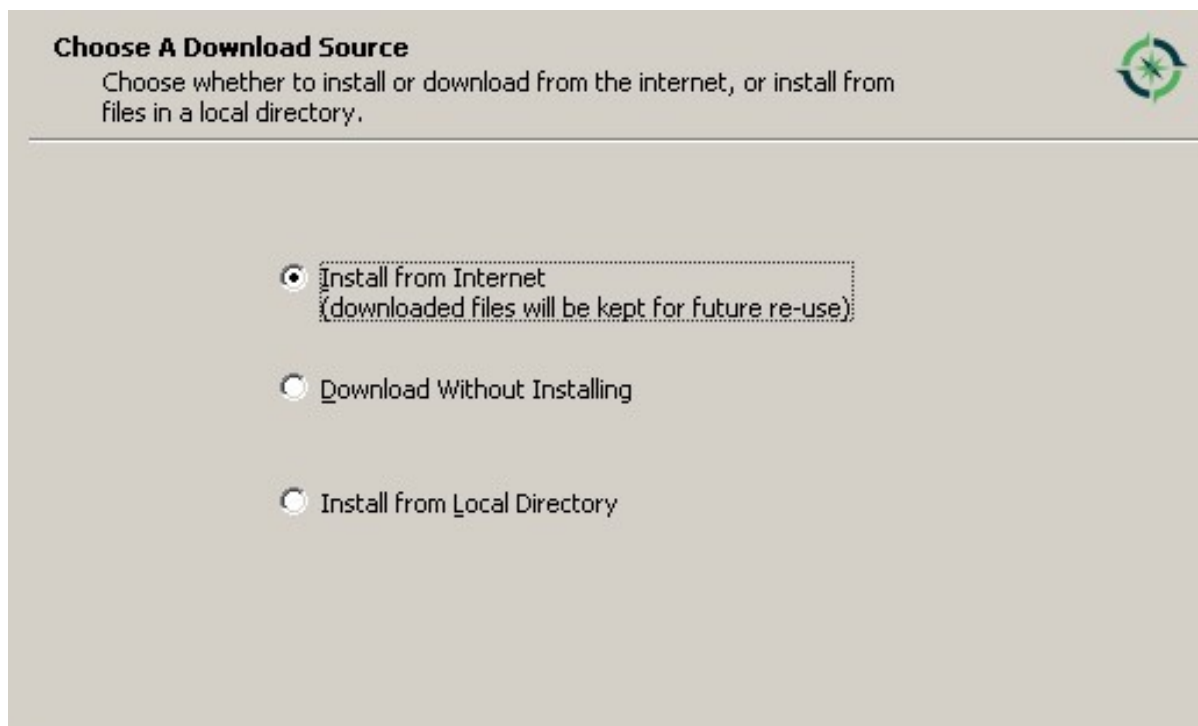
### 8.6.7 How to install QGIS using OSGeo4W?

Para instalar QGIS, primero descargue el instalador OSGeo4W x86 <<http://download.osgeo.org/osgeo4w/osgeo4w-setup-x86.exe>> ó el instalador OSGeo4W x64 <[http://download.osgeo.org/osgeo4w/osgeo4w-setup-x86\\_64.exe](http://download.osgeo.org/osgeo4w/osgeo4w-setup-x86_64.exe)>, de acuerdo a su sistema operativo.

Luego inicie el instalador y seleccione «instalación avanzada».



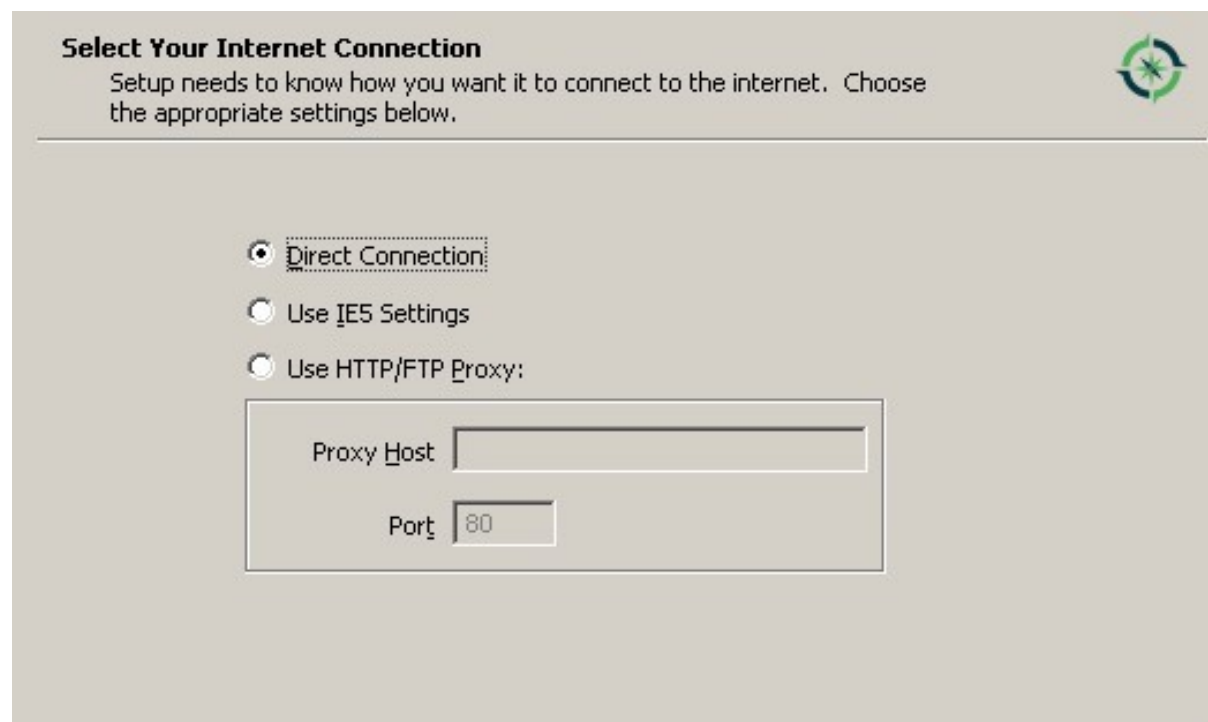
Tilde la opción «Instalar desde Internet» y click en «Siguiente».



Select the installation directory and click Next.

Select the local package directory and click Next.

Select Direct connection (or select an internet connection option) and click Next.



**Select Your Internet Connection**

Setup needs to know how you want it to connect to the internet. Choose the appropriate settings below.

☒ Direct Connection

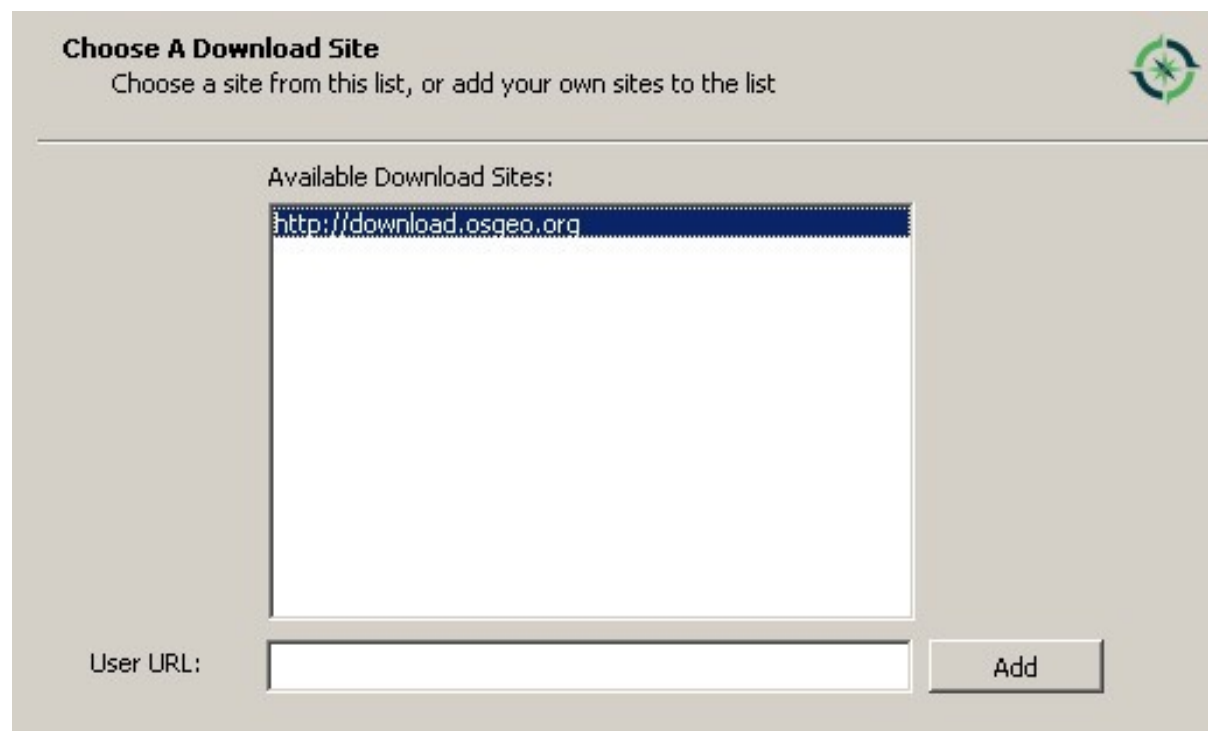
☐ Use IE5 Settings

☐ Use HTTP/FTP Proxy:

Proxy Host

Port

Select the first download site and click Next.



**Choose A Download Site**

Choose a site from this list, or add your own sites to the list

Available Download Sites:

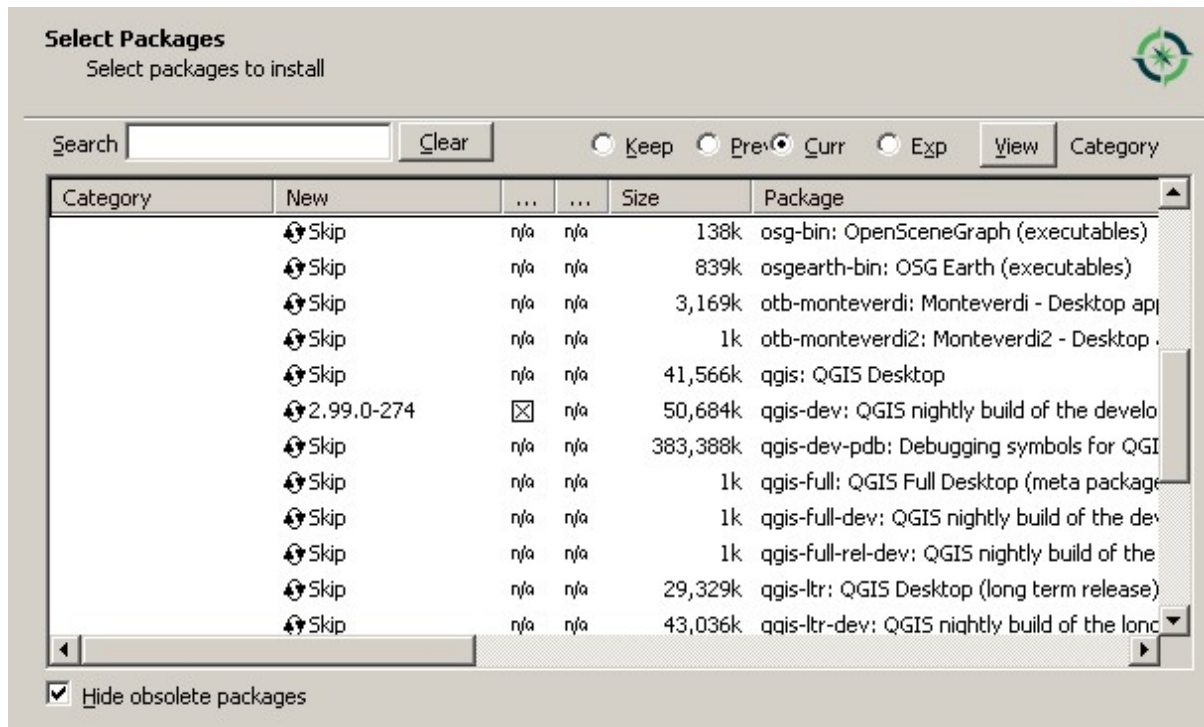
<http://download.osgeo.org>

User URL:

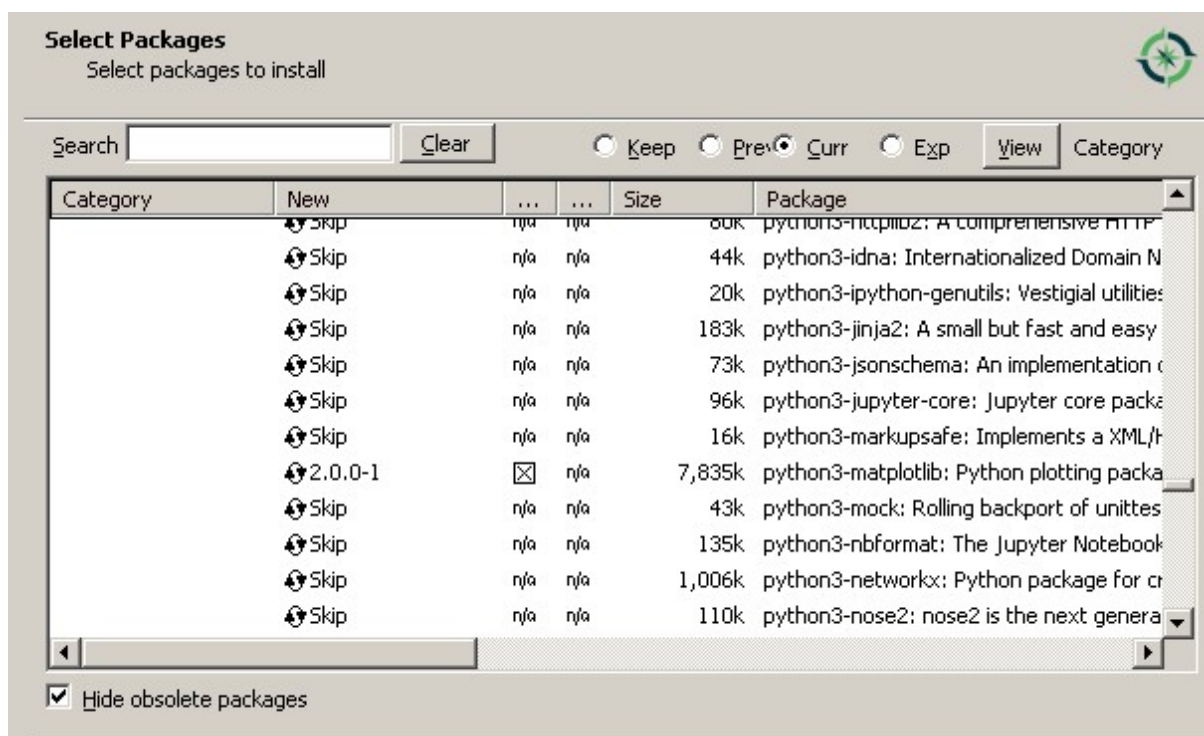
Add

In the package list select `qgis-dev` (in category Desktop) until QGIS3 is released.

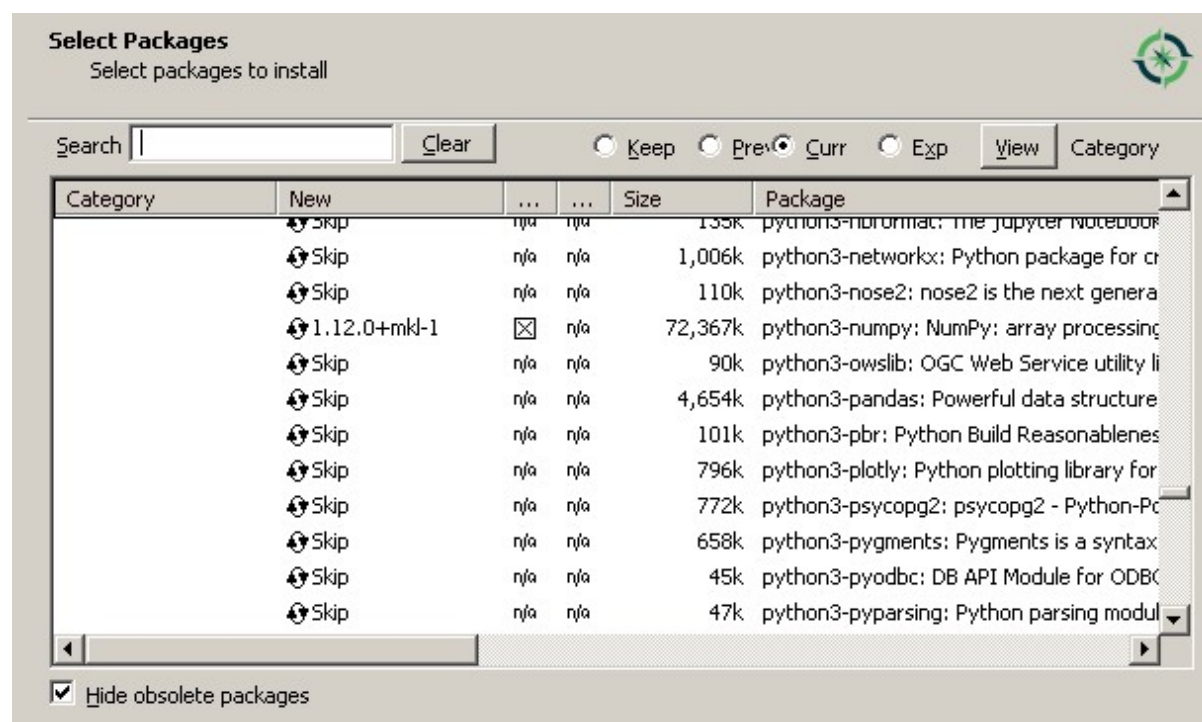




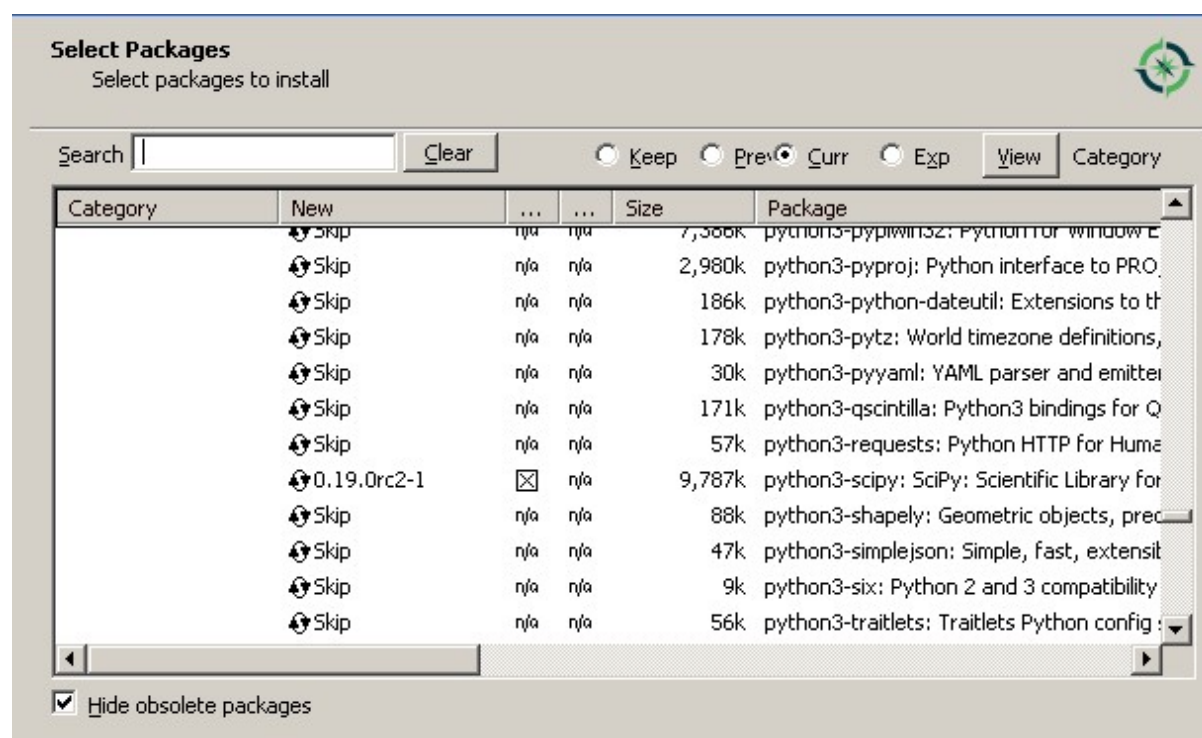
In the package list select `python3-matplotlib` (in category Libs).



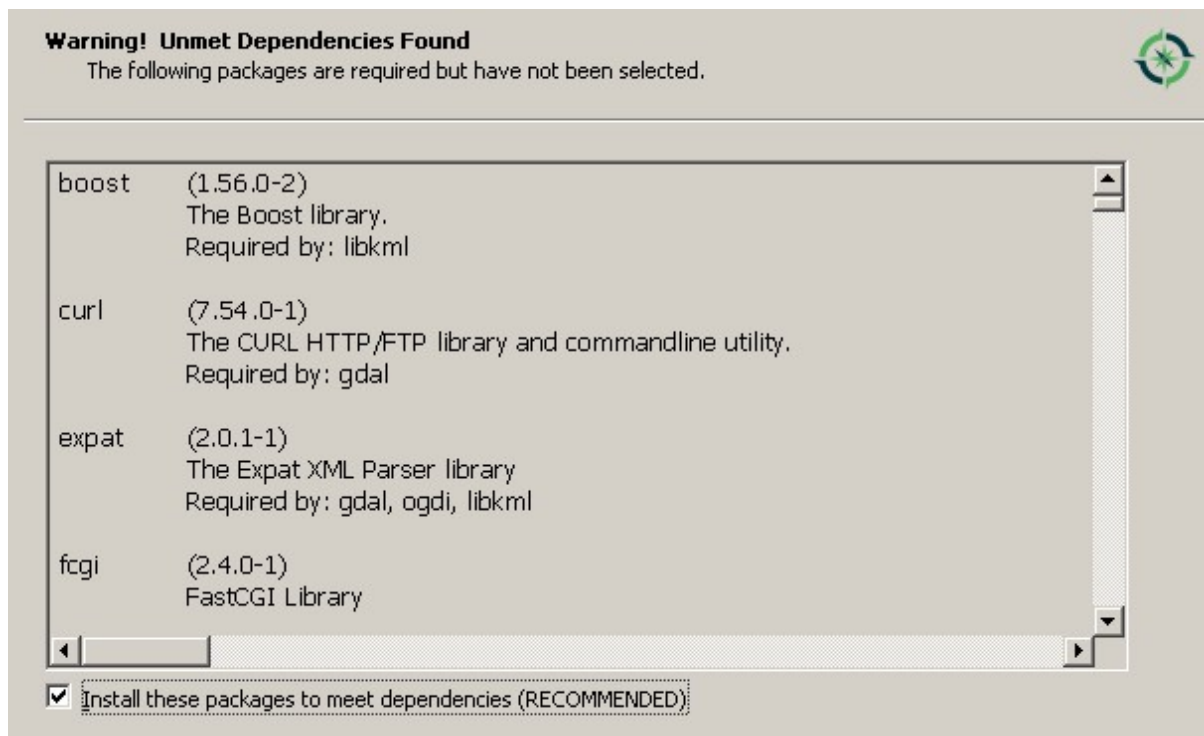
In the package list select `python3-numpy` (in category Libs).



In the package list select `python3-scipy` (in category `Libs`) and click `Next`.



Click `Next` to install also other dependencies.



After the download, QGIS should be installed with all the required dependencies for SCP.