



# **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**

***Versión 8.1.3.1***

**Luca Congedo**

**27 de marzo de 2024**



<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Plugin Installation</b>	<b>3</b>
2.1. Installation in Windows 64 bit . . . . .	3
2.2. Network installation in Windows 64 bit . . . . .	7
2.3. Installation in Debian/Ubuntu Linux . . . . .	14
2.4. Installation in macOS . . . . .	19
2.5. Advanced installation using Conda . . . . .	23
<b>3. The Interface of SCP</b>	<b>29</b>
3.1. SCP menu . . . . .	29
3.2. SCP dock . . . . .	31
3.3. Working toolbar . . . . .	41
3.4. Ventana principal de la interfaz . . . . .	45
3.5. Spectral Signature Plot . . . . .	114
3.6. Scatter Plot . . . . .	118
3.7. Integration in QGIS Processing . . . . .	119
<b>4. Breve Introducción a la Teledetección</b>	<b>123</b>
4.1. Definiciones Básicas . . . . .	124
4.2. Satélites multiespectrales . . . . .	127
4.3. SAR satellites . . . . .	132
4.4. Clasificación de la Cobertura Terrestre . . . . .	133
4.5. Procesamiento de imágenes . . . . .	146
4.6. Conversión de la imagen a Reflectancia . . . . .	150
4.7. Conversión a temperatura . . . . .	153
4.8. Referencias . . . . .	155
<b>5. Basic Tutorials</b>	<b>157</b>
5.1. Tutorial 1: Basic Land Cover Classification . . . . .	157
5.2. Tutorial 2: Managing input bands, the Band set tab . . . . .	172
5.3. Tutorial 3: Downloading free satellite images, the Download product tab . . . . .	172
<b>6. Tutoriales Temáticos</b>	<b>173</b>
<b>7. Preguntas Frecuentes</b>	<b>175</b>
7.1. Instalación del Complemento . . . . .	176
7.2. Pre procesamiento . . . . .	180
7.3. Procesamiento . . . . .	182
7.4. Advertencias . . . . .	183
7.5. Errores . . . . .	183

7.6. Varios . . . . . 185



Developed by Luca Congedo ([ing.congedoluca@gmail.com](mailto:ing.congedoluca@gmail.com)), the **Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)** is a free open source plugin for **QGIS** that allows for the semi-automatic classification (also known as supervised classification) of remote sensing images. It provides several tools for the download of free images, the preprocessing, the postprocessing, and the raster calculation.

El **\*\* objetivo general \*\*** de: *guilabel*: *SCP* es proporcionar un conjunto de herramientas entrelazadas para el procesamiento de ráster con el fin de realizar un flujo de trabajo automático y facilitar la clasificación de la cobertura del suelo, que también podrían realizar las personas cuyo campo principal no es la teledetección.

*SCP* exploits the parallel processing of the tools provided by **Remotior Sensus**, a Python package that allows for the processing of remote sensing images and GIS data.

Este **Manual del Usuario** proporciona información acerca de *Plugin Installation* (Página 3) de SPC y la *The Interface of SCP* (Página 29), con información detallada de todas las funciones. Además el *Breve Introducción a la Teledetección* (Página 123) muestra los conceptos básicos y definiciones que son requeridos para usar *SCP*.

Para mayor información y tutoriales visita el sitio oficial



*De SIG a teledetección* <<https://fromgistors.blogspot.com>>`\_

### Cómo citar

Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

### Breve historia::

The first version of the *SCP* was developed by Luca Congedo in 2012 for the «ACC Dar Project» in order to create a tool for the classification of land cover in an affordable and automatic fashion; following versions of *SCP* were developed as personal commitment to the remote sensing field and open source philosophy. *SCP* version 6 was developed in the frame of Luca Congedo's PhD in Landscape and Environment at Sapienza University of Rome. *SCP* version 7 and version 8 as personal commitment to the remote sensing field and open source philosophy.

### 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:

Language: Author name

---

## Plugin Installation

---

The Semi-Automatic Classification Plugin requires the installation of [GDAL](#), [OGR](#), [NumPy](#), [SciPy](#) and [Matplotlib](#).

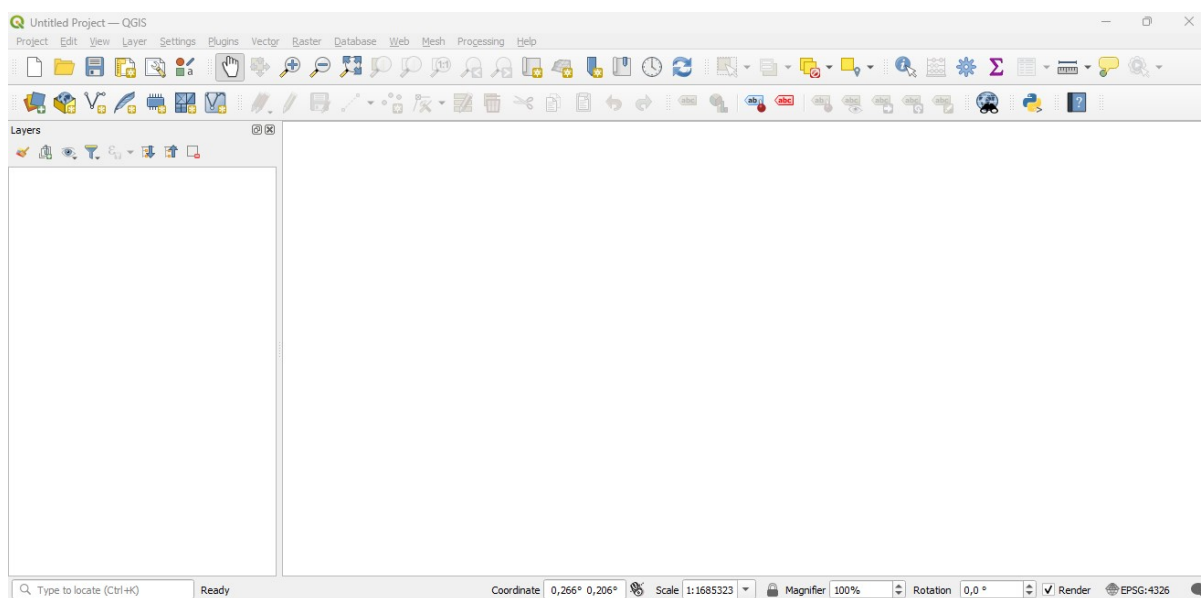
This chapter describes the installation of the Semi-Automatic Classification Plugin for the supported Operating Systems.

## 2.1 Installation in Windows 64 bit

### 2.1.1 QGIS download and installation

- Download the latest QGIS version 64 bit from [here](#) ;
- Execute the QGIS installer with administrative rights, accepting the default configuration.

Now, QGIS is installed.

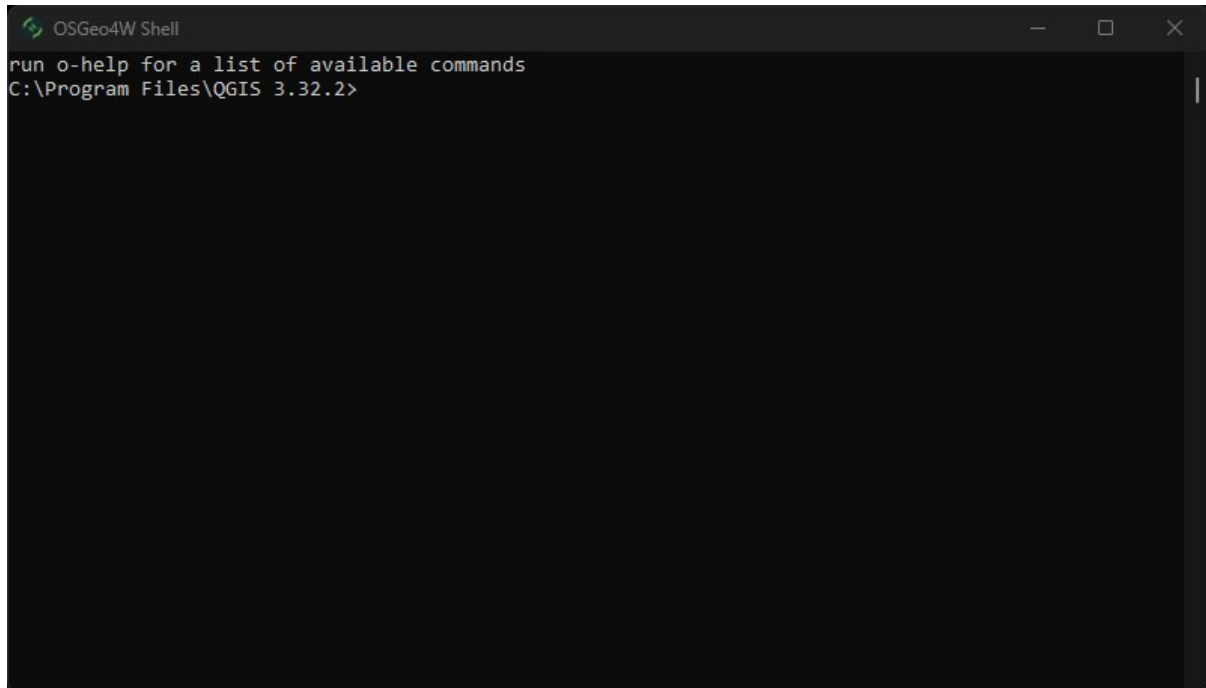


## 2.1.2 Installation of required dependencies

The Semi-Automatic Classification Plugin requires Remotior Sensus, GDAL, NumPy and SciPy for most functionalities. Optionally, scikit-learn and PyTorch are required for machine learning.

Therefore, we need to install the dependencies that are not included in the QGIS installation.

- Close QGIS;
- From the Start menu, open OSGeo4W Shell (administrative rights may be required);



- Enter the following command:

```
pip3 install --upgrade remotior-sensus scikit-learn torch
```

Follow the same procedure for updating the dependencies.

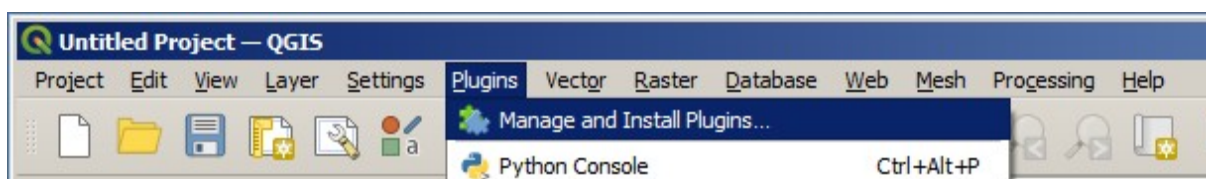
---

**Truco:** In case the library Remotior Sensus is not found, an automatic procedure will try to download it in the plugin directory, allowing for using the main functions of the Semi-Automatic Classification Plugin; however, this is not recommended as library Remotior Sensus won't be updated, and scikit-learn and PyTorch functions will not work. Alternatively, one may follow [Advanced installation using Conda](#) (Página 23).

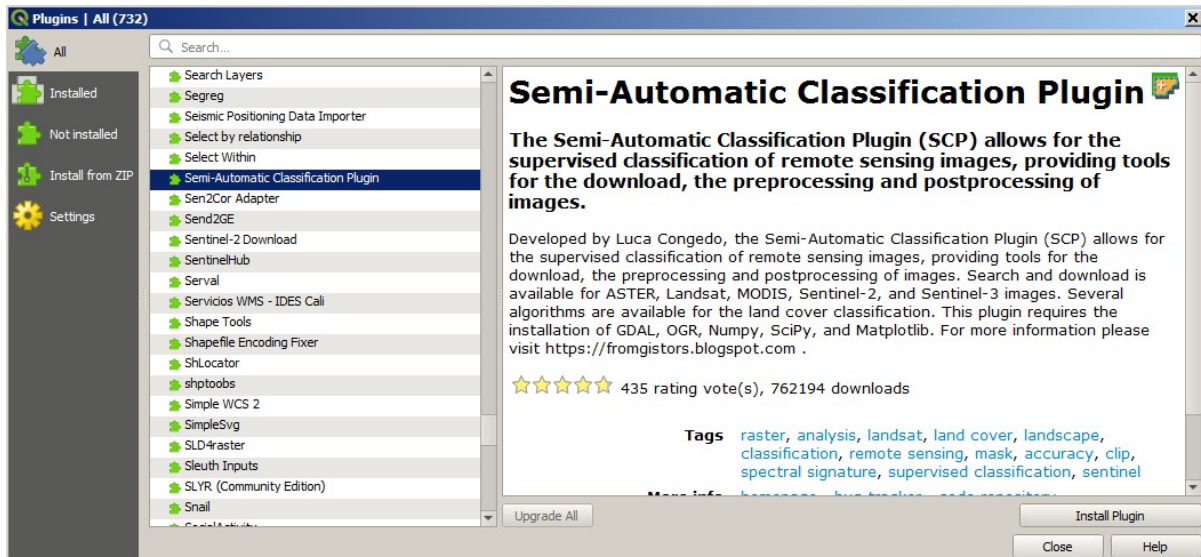
---

## 2.1.3 Semi-Automatic Classification Plugin installation

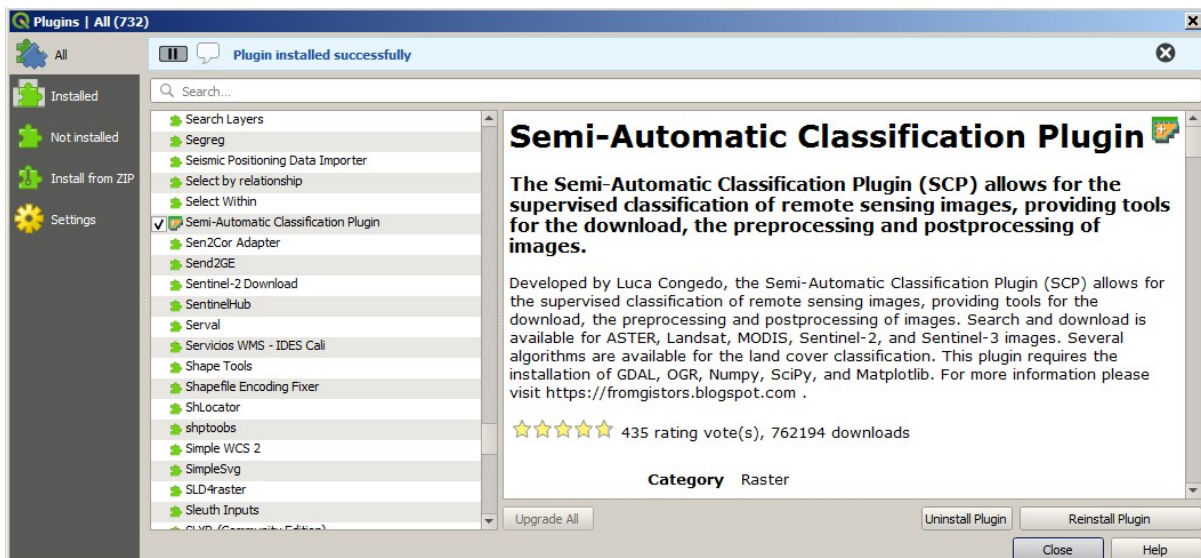
- Run QGIS;
- From the main menu, select Plugins > Manage and Install Plugins;



- From the menu All, select the Semi-Automatic Classification Plugin and click the button Install plugin;

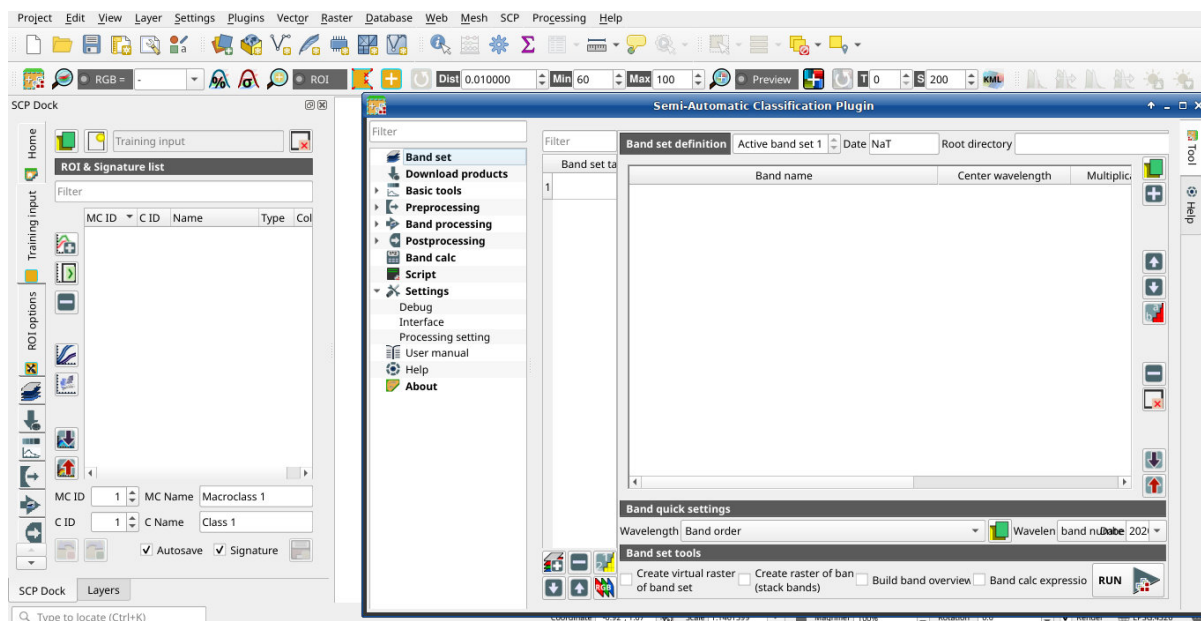



- The SCP should be automatically activated; however, be sure that the Semi-Automatic Classification Plugin is checked in the menu **Installed** (the restart of QGIS could be necessary to complete the SCP installation);

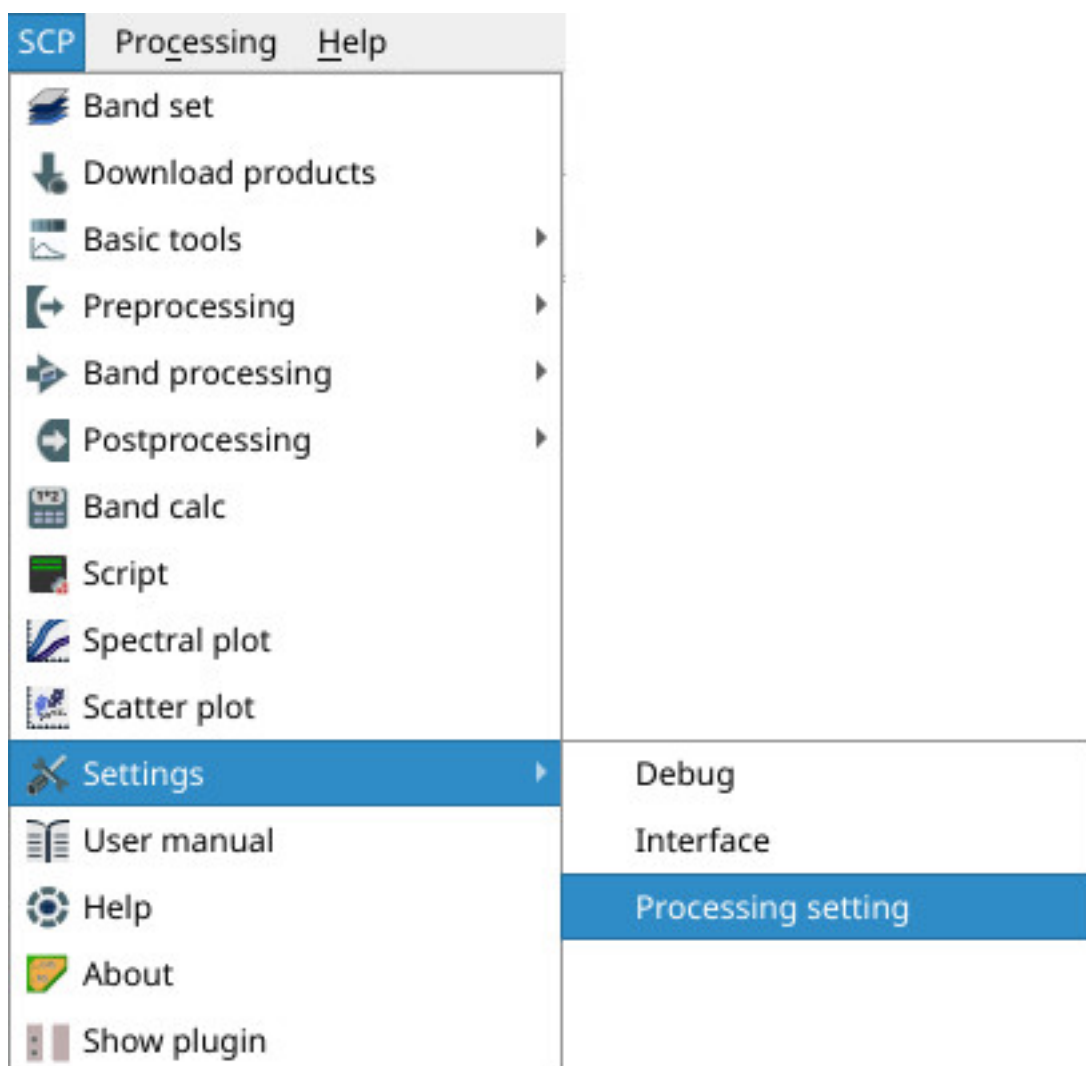


## 2.1.4 Configuration of the plugin

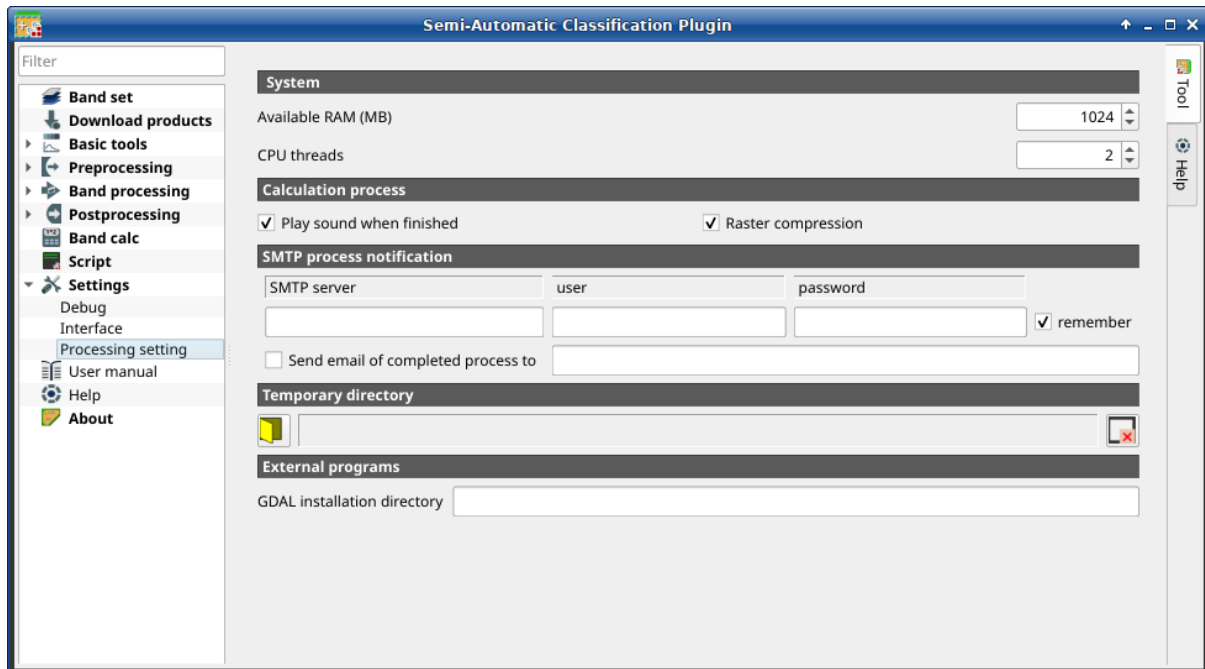
Now, the Semi-Automatic Classification Plugin is installed and a dock and a toolbar should be added to QGIS. Also, a SCP menu is available in the Menu Bar of QGIS. It is possible to move the toolbar and the dock according to your needs, as in the following image.



The configuration of available RAM is recommended in order to reduce the processing time. From the *SCP menu* (Página 29) select  Settings > Processing .

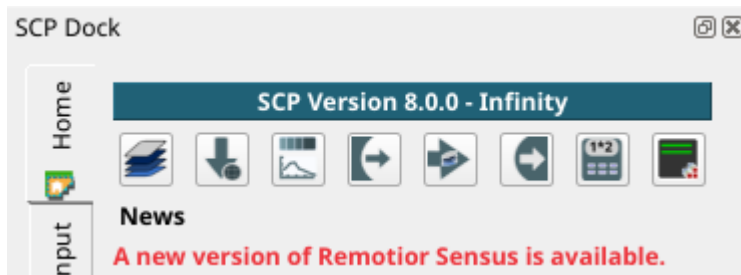


In the *Configuración* (Página 109), set the Available RAM (MB) to a value that should be half of the system RAM. For instance, if your system has 2GB of RAM, set the value to 1024MB.



## 2.1.5 Update of required dependencies

The dependency Remotior Sensus is frequently updated. The Semi-Automatic Classification Plugin can check automatically if a new version is available, and display a message in the *SCP dock* (Página 31).



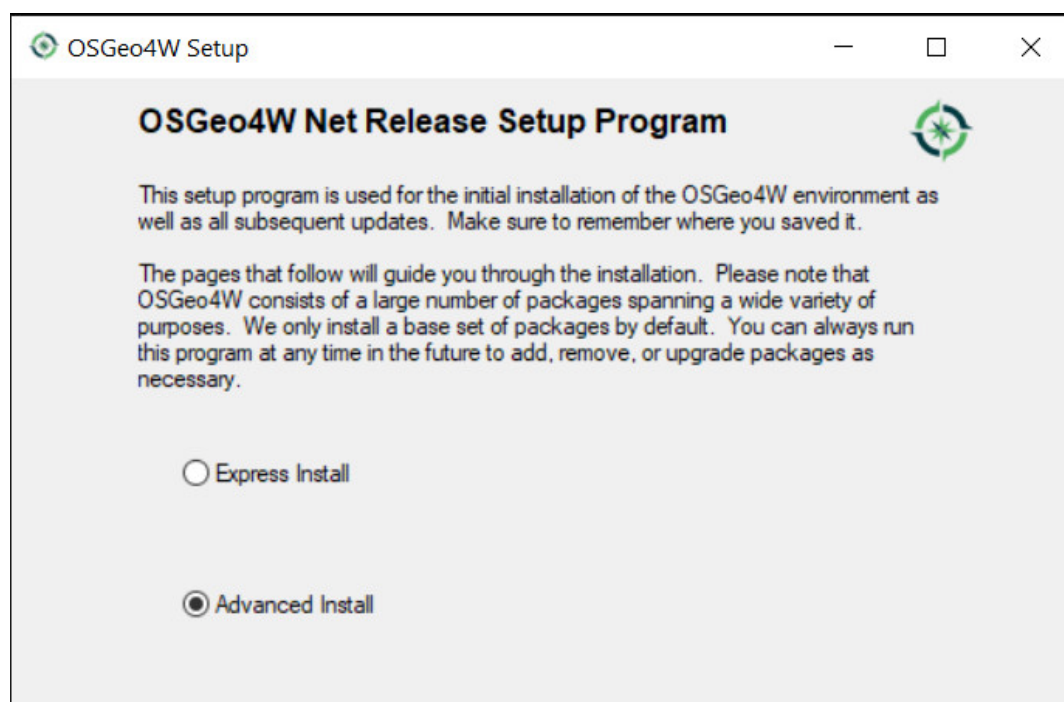
It is recommended to close QGIS and update Remotior Sensus following the same installation steps described in *Installation of required dependencies* (Página 4) .

## 2.2 Network installation in Windows 64 bit

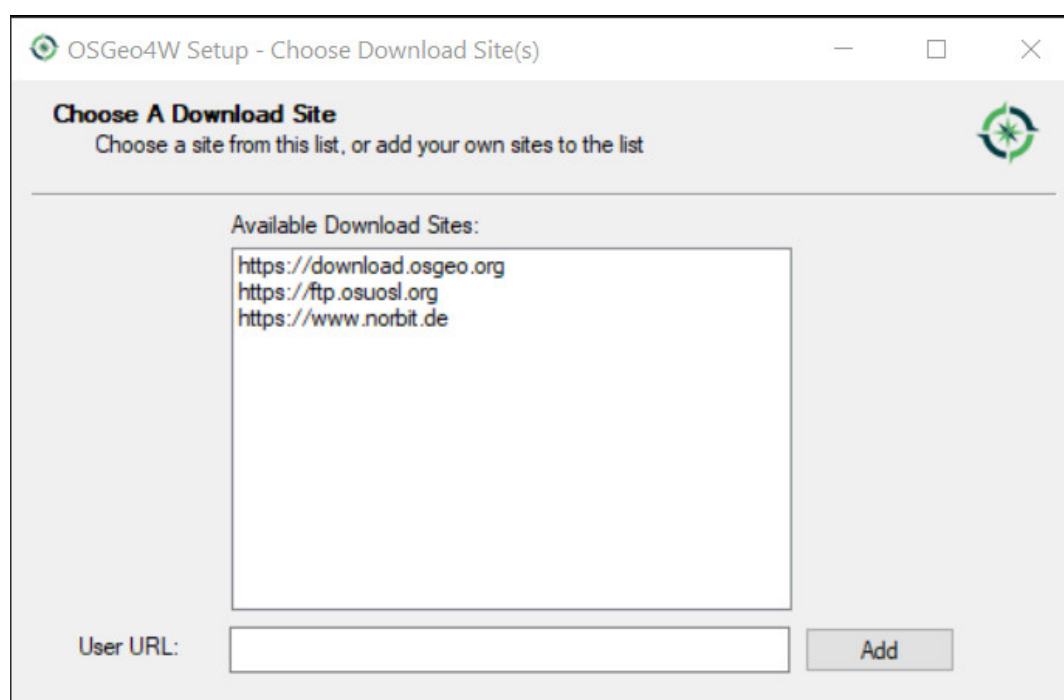
### 2.2.1 QGIS download and installation

- Download the latest QGIS version 64 bit using the OSGeo4W network installer [from here](#) ;
- Execute the QGIS installer with administrative rights and select Advanced Install;





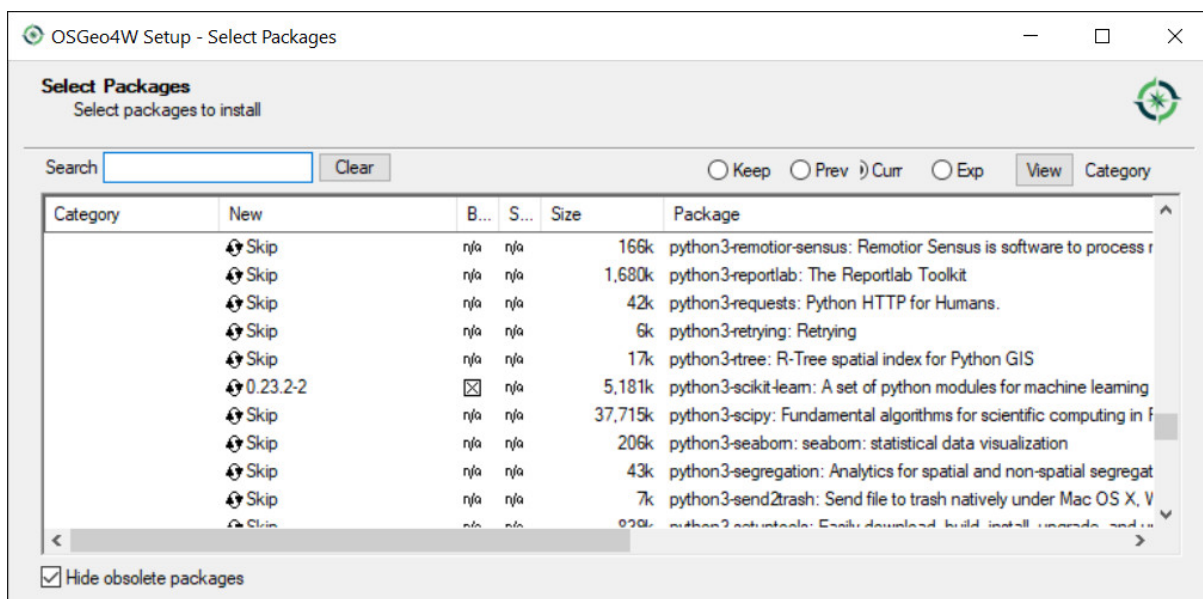
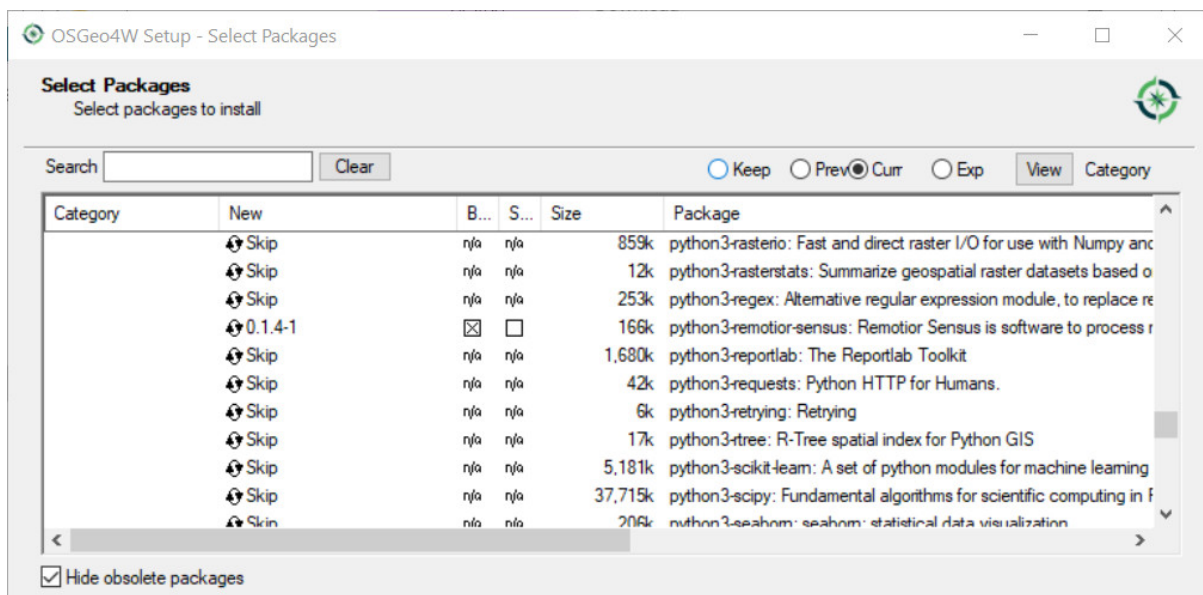
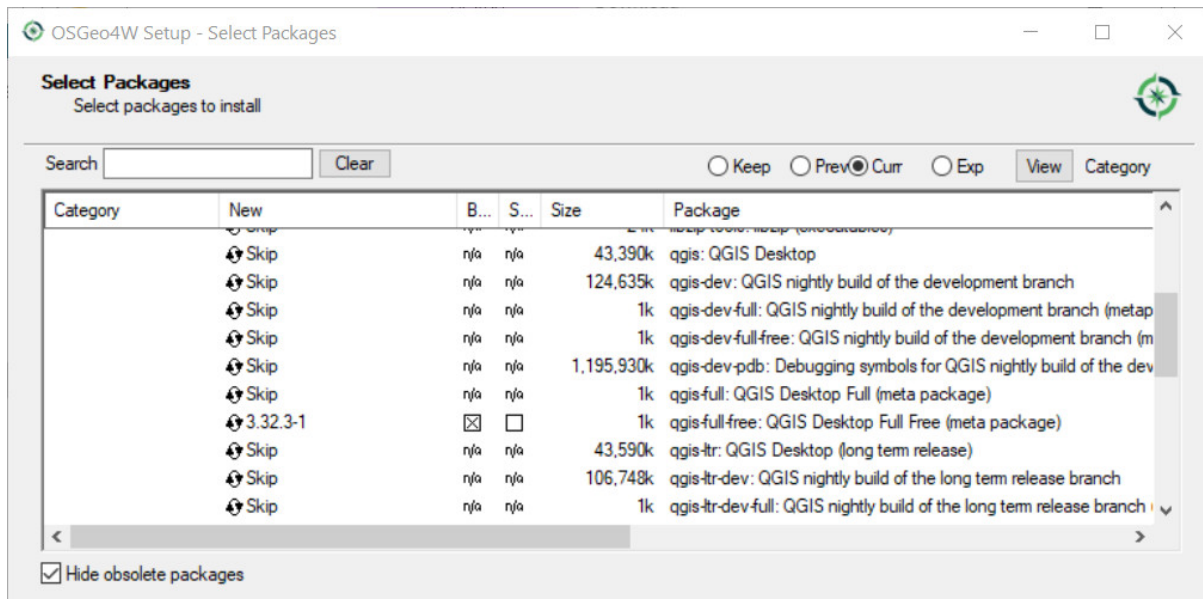
- Select **Install from Internet**; proceed selecting the default installation directory and the preferred network configuration;

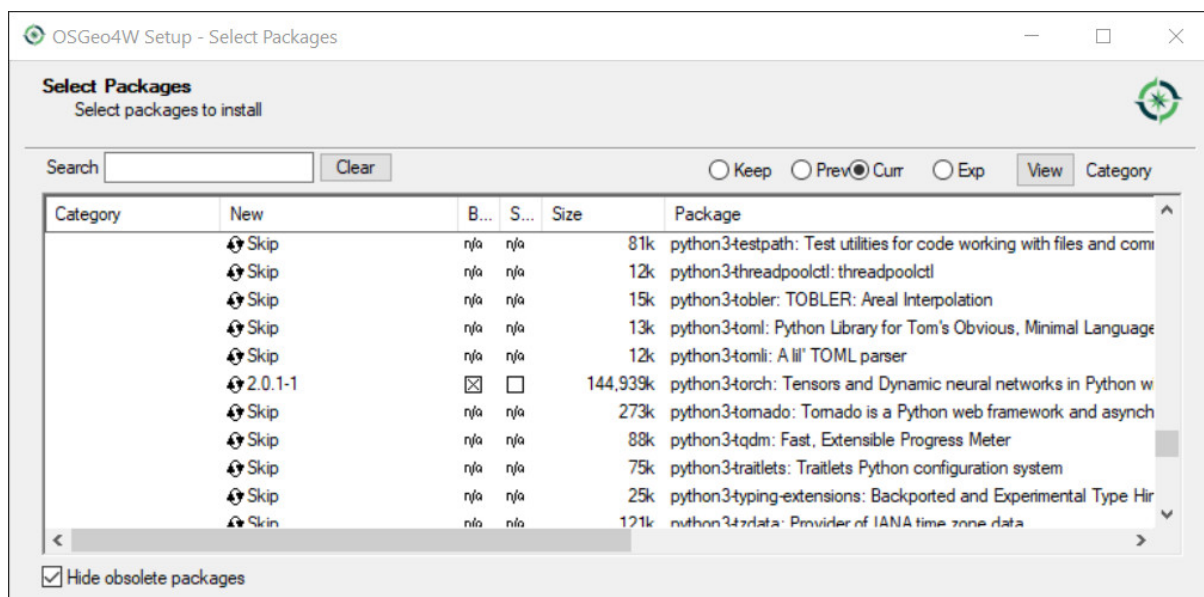


The Semi-Automatic Classification Plugin requires Remotior Sensus, GDAL, NumPy and SciPy for most functionalities. Optionally, scikit-learn and PyTorch are required for machine learning.

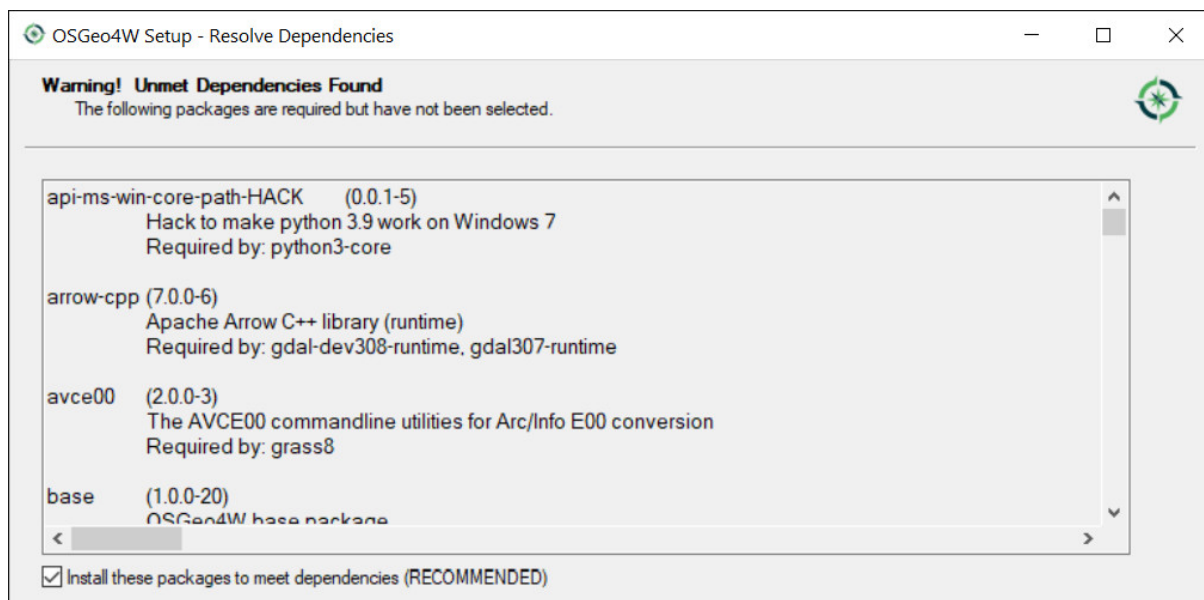
- In the menu **Select packages** select **All > Desktop > qgis-full-free**; also select **All > Libs > python3-remotior-sensus**, **All > Libs > python3-scikit-learn** and **All > Libs > python3-torch**;



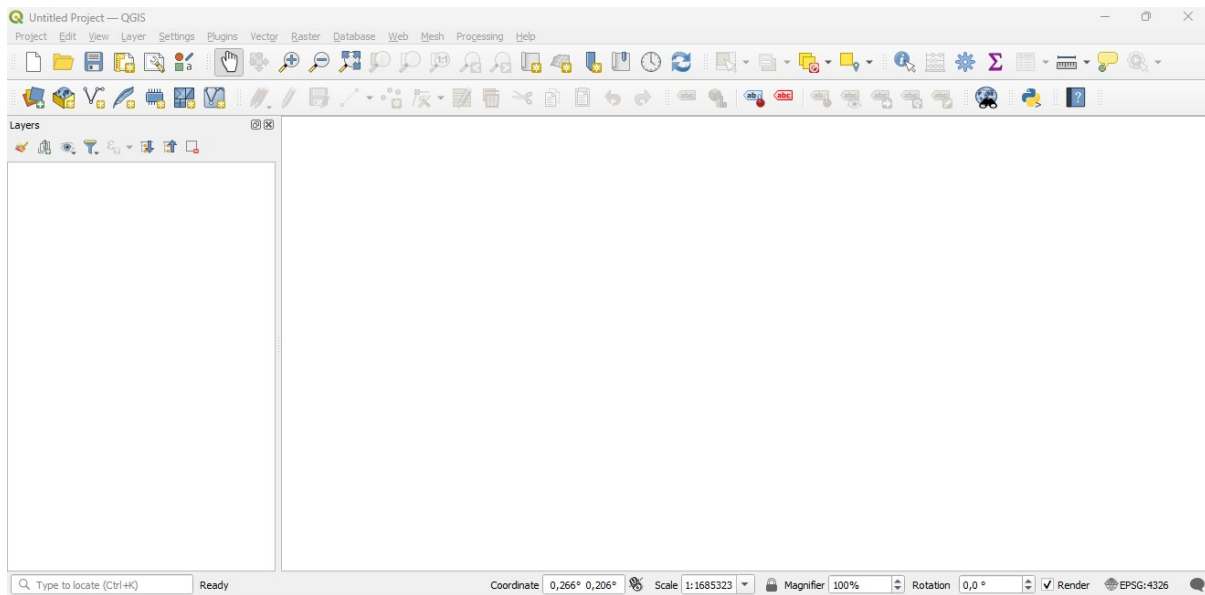




- Click Next and accept to install the required dependencies;

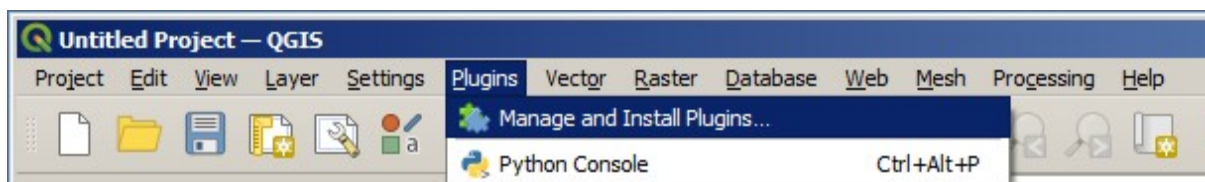


The download of the programs will start, and QGIS will be installed along with the required dependencies.

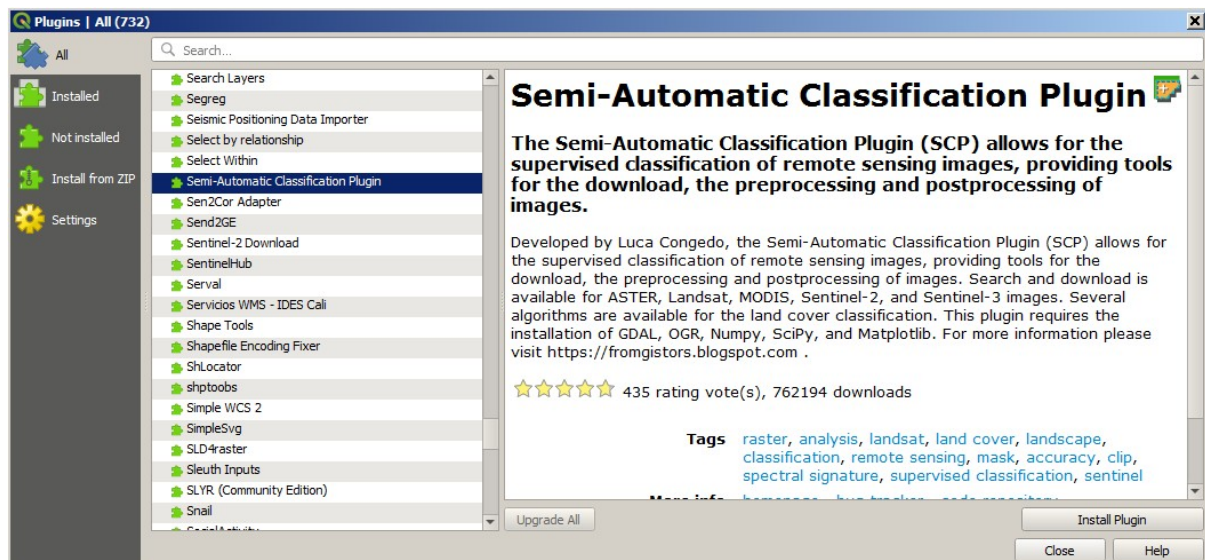


## 2.2.2 Semi-Automatic Classification Plugin installation

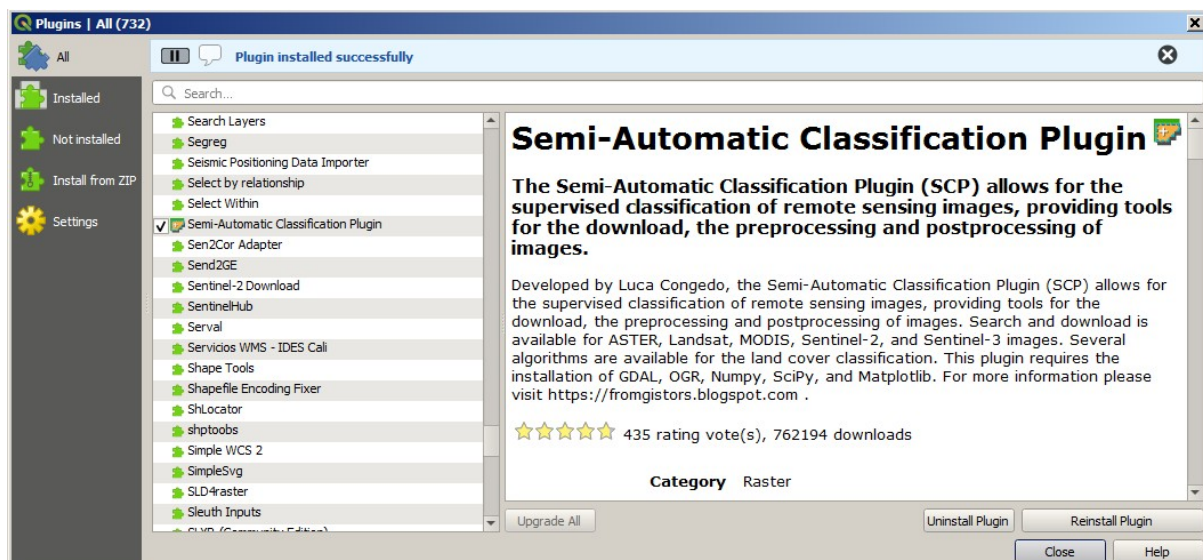
- Run QGIS;
- From the main menu, select Plugins > Manage and Install Plugins;



- From the menu All, select the Semi-Automatic Classification Plugin and click the button Install plugin;

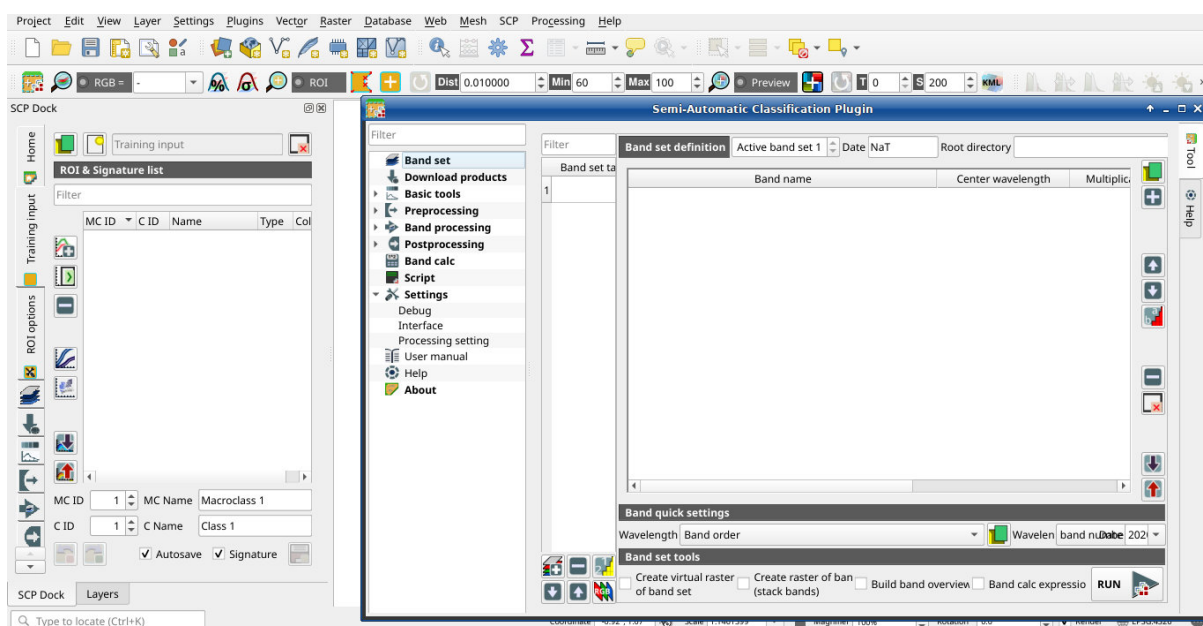



- The SCP should be automatically activated; however, be sure that the Semi-Automatic Classification Plugin is checked in the menu Installed (the restart of QGIS could be necessary to complete the SCP installation);



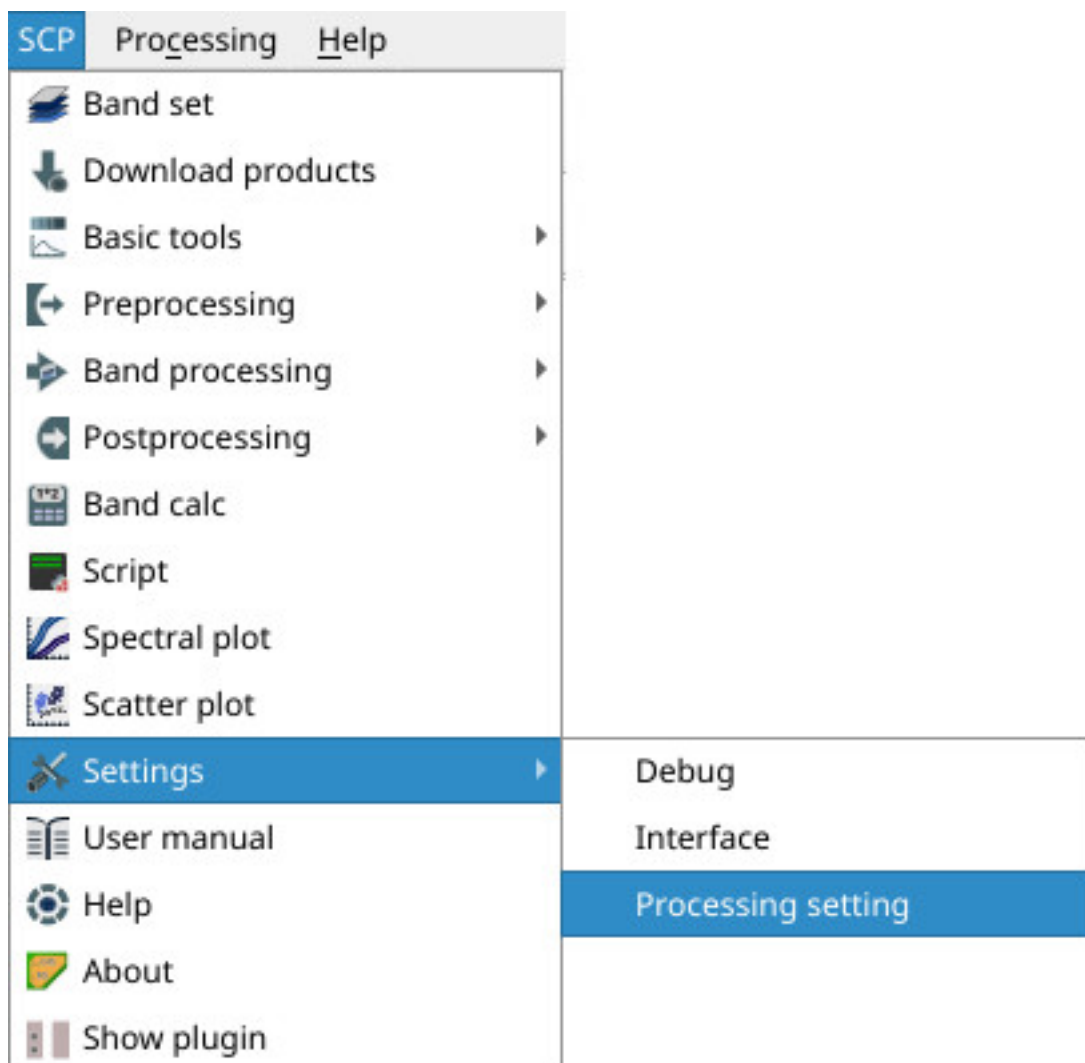
## 2.2.3 Configuration of the plugin

Now, the Semi-Automatic Classification Plugin is installed and a dock and a toolbar should be added to QGIS. Also, a SCP menu is available in the Menu Bar of QGIS. It is possible to move the toolbar and the dock according to your needs, as in the following image.

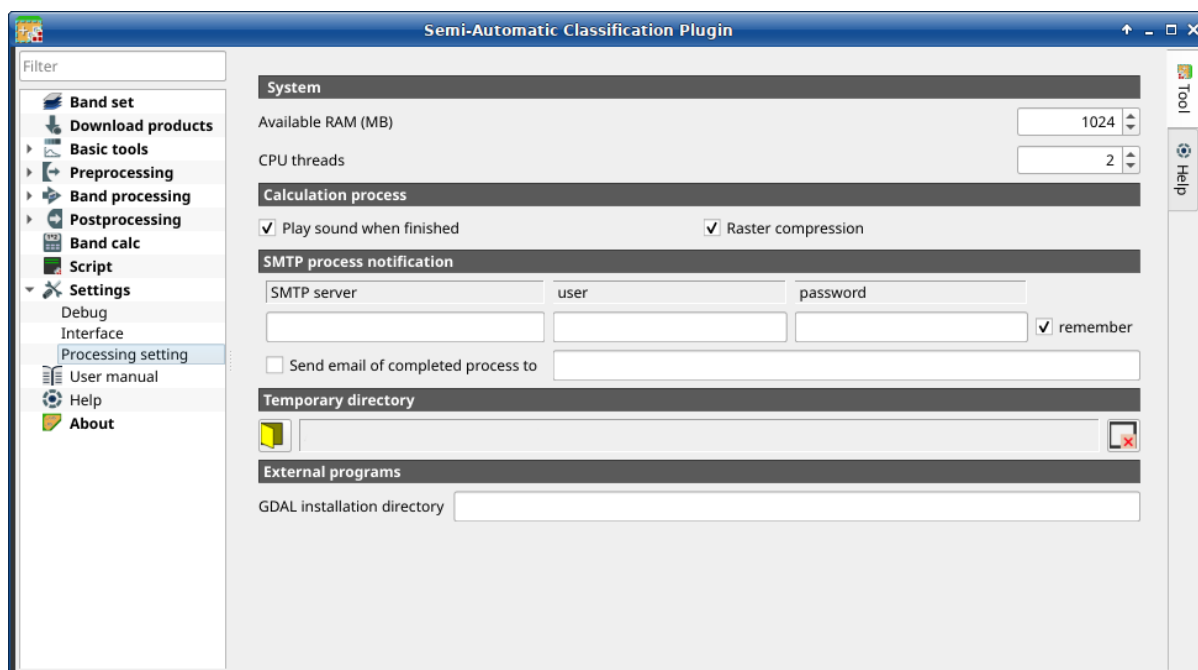


The configuration of available RAM is recommended in order to reduce the processing time. From the *SCP menu* (Página 29) select  Settings > Processing.



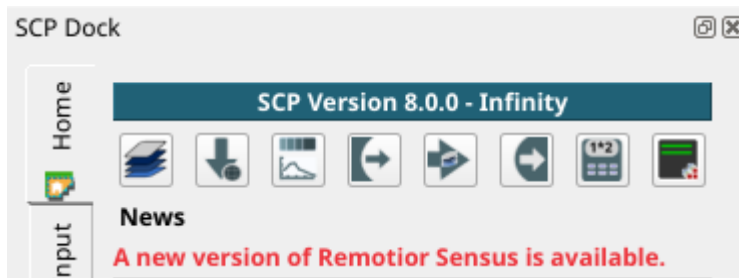


In the *Configuración* (Página 109), set the Available RAM (MB) to a value that should be half of the system RAM. For instance, if your system has 2GB of RAM, set the value to 1024MB.



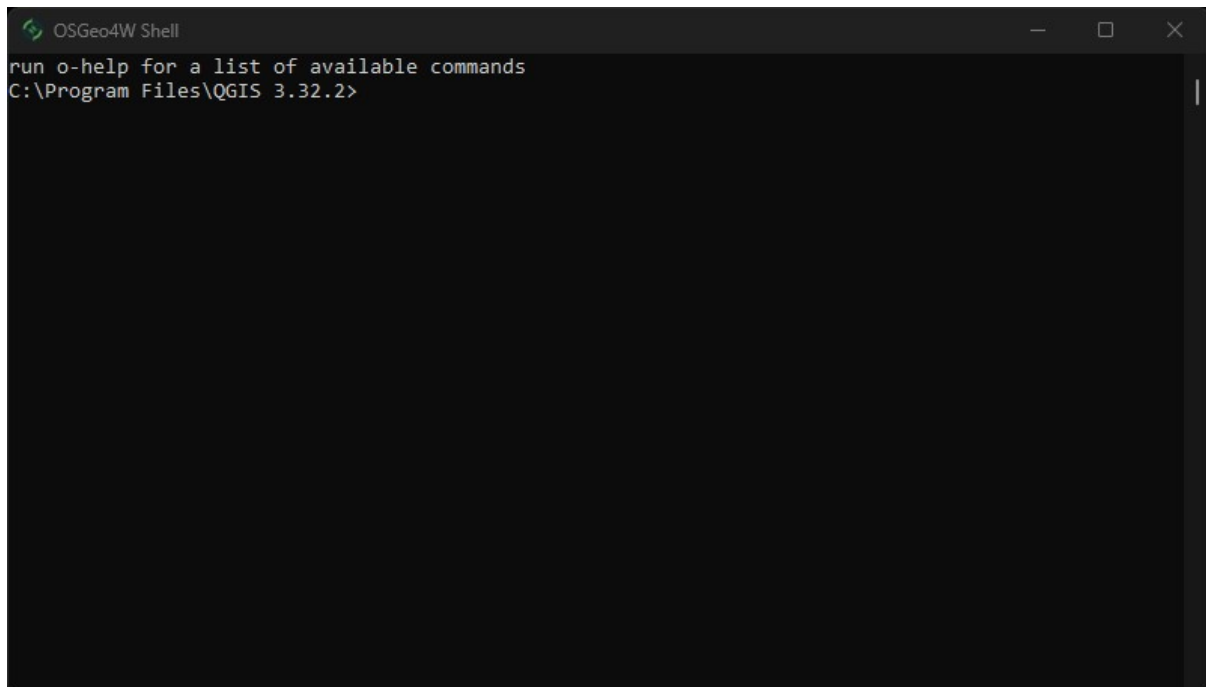
## 2.2.4 Update of required dependencies

The dependency Remotior Sensus is frequently updated. The Semi-Automatic Classification Plugin can check automatically if a new version is available, and display a message in the *SCP dock* (Página 31).



It is recommended to close QGIS and update Remotior Sensus following the same installation steps described in *QGIS download and installation* (Página 7).

In case the library Remotior Sensus is outdated, it is possible to open the OSGeo4W Shell (administrative rights may be required):



and run the following command:

```
pip3 install --upgrade remotior-sensus
```

## 2.3 Installation in Debian/Ubuntu Linux

### 2.3.1 QGIS download and installation

- Open a terminal and type:

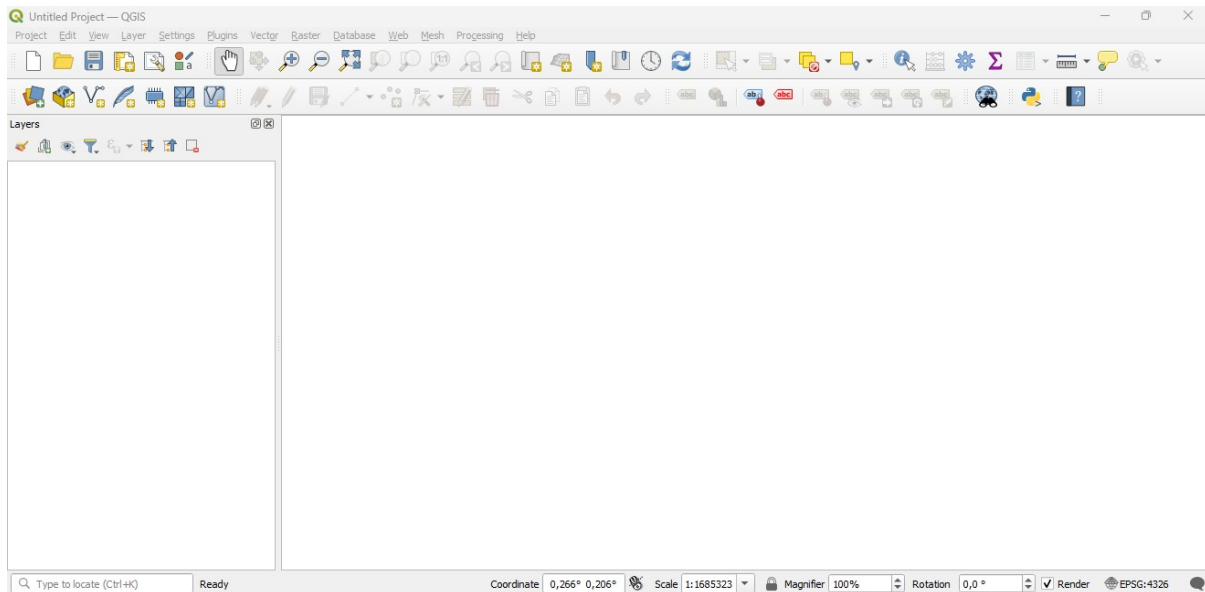
```
sudo apt-get update
```

- Press Enter and type the user password;
- Type in a terminal:

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

- Press Enter and wait until the software is downloaded and installed.

Now, QGIS is installed.



### 2.3.2 Installation of required dependencies

The Semi-Automatic Classification Plugin requires Remotior Sensus, GDAL, NumPy and SciPy for most functionalities. Optionally, scikit-learn and PyTorch are required for machine learning.

Therefore, we need to install the dependencies that are not included in the QGIS installation.

- Close QGIS;
- Open the terminal (administrative rights may be required);
- Enter the following command:

```
pip3 install --upgrade remotior-sensus scikit-learn torch
```

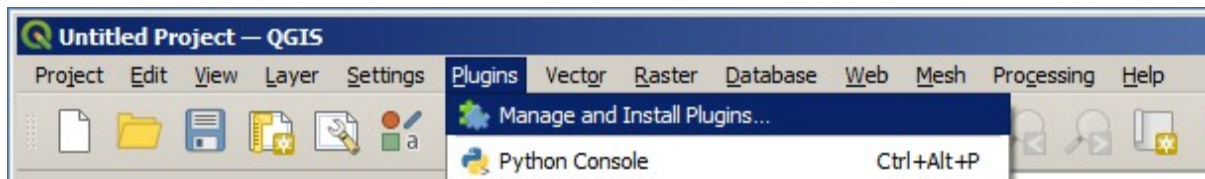
**Advertencia:** In case you get an error message related to externally managed environment, you may use (at the risk of breaking the OS or the Python installation) the option `--break-system-packages`; alternatively, it is possible to create a virtual environment `python3 -m venv env`, install the packages in it, and start QGIS from the activated environment.

Follow the same procedure for updating the dependencies.

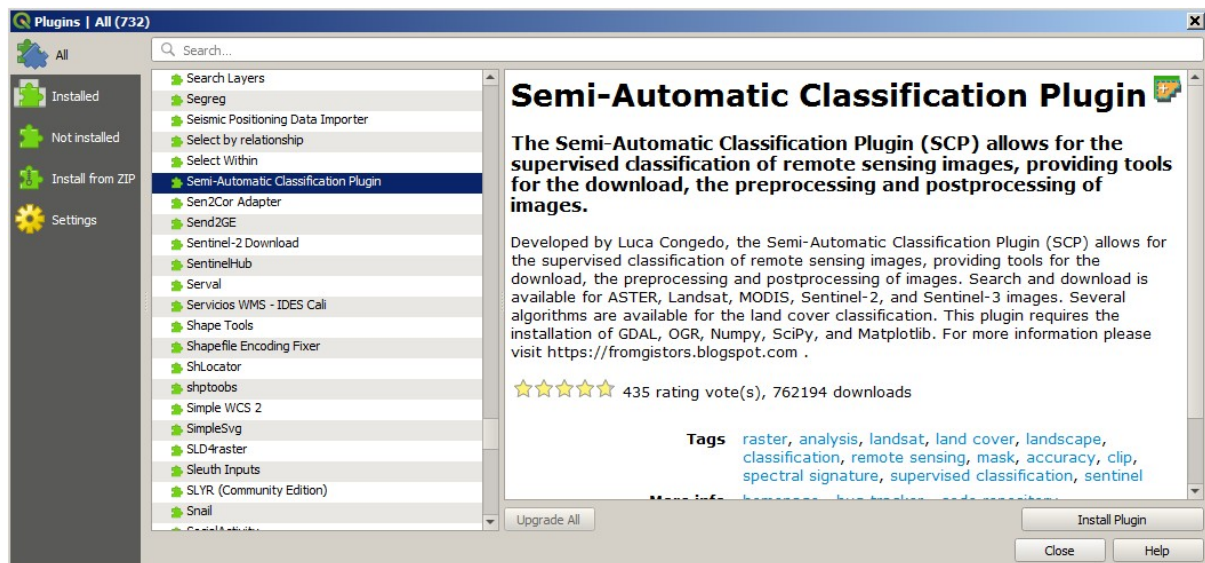
**Truco:** In case the library Remotior Sensus is not found, an automatic procedure will try to download it in the plugin directory, allowing for using the main functions of the Semi-Automatic Classification Plugin; however, this is not recommended as library Remotior Sensus won't be updated, and scikit-learn and PyTorch functions will not work. Alternatively, one may follow [Advanced installation using Conda](#) (Página 23).

## 2.3.3 Semi-Automatic Classification Plugin installation

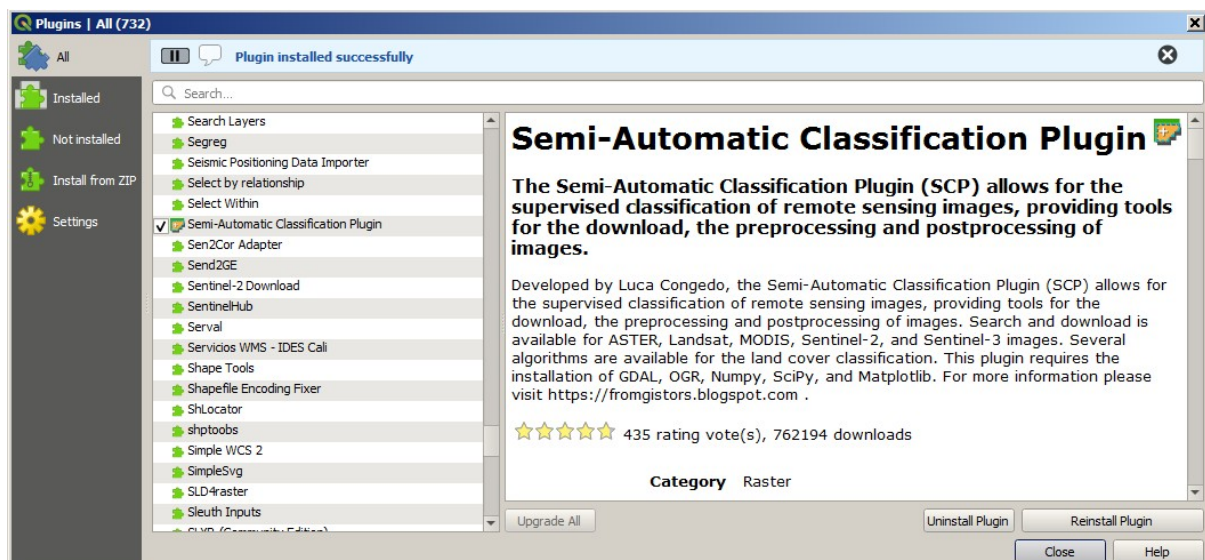
- Run QGIS;
- From the main menu, select Plugins > Manage and Install Plugins;



- From the menu All, select the Semi-Automatic Classification Plugin and click the button Install plugin;



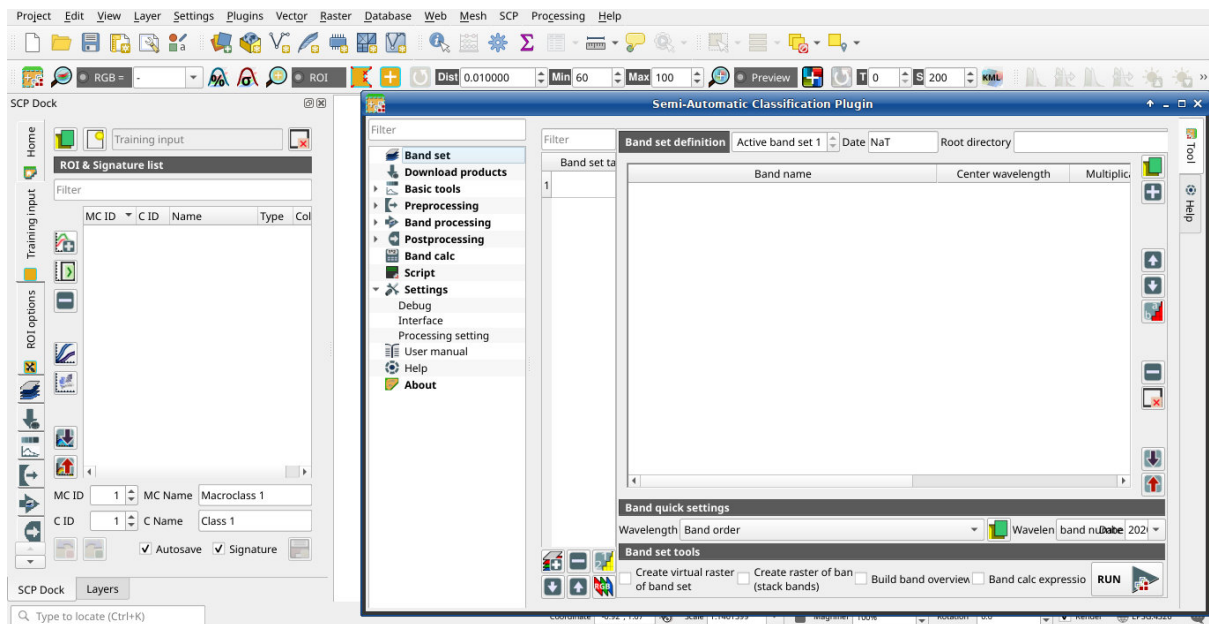
- The SCP should be automatically activated; however, be sure that the Semi-Automatic Classification Plugin is checked in the menu Installed (the restart of QGIS could be necessary to complete the SCP installation);




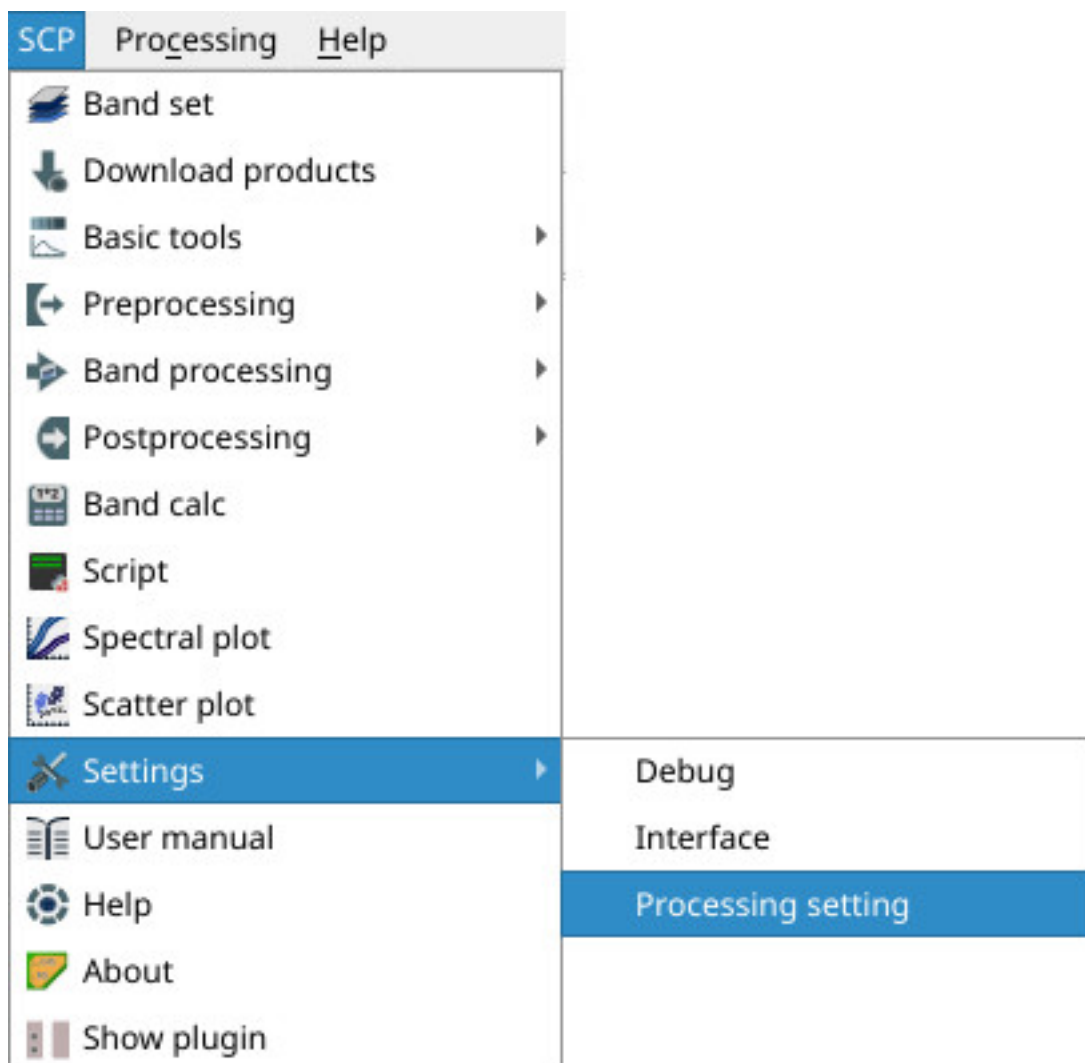


## 2.3.4 Configuration of the plugin

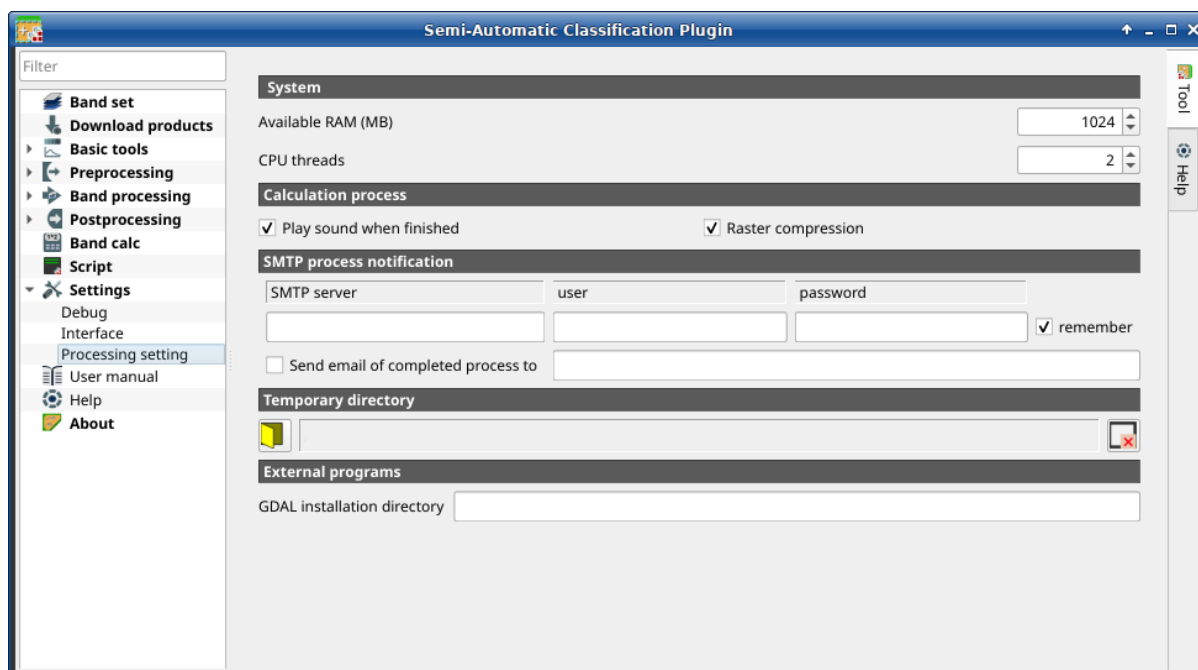
Now, the Semi-Automatic Classification Plugin is installed and a dock and a toolbar should be added to QGIS. Also, a SCP menu is available in the Menu Bar of QGIS. It is possible to move the toolbar and the dock according to your needs, as in the following image.



The configuration of available RAM is recommended in order to reduce the processing time. From the *SCP menu* (Página 29) select  Settings > Processing .

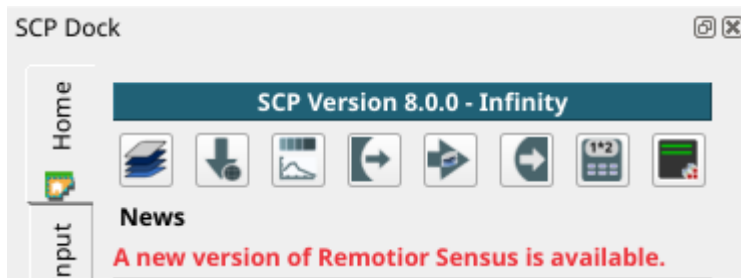


In the *Configuración* (Página 109), set the Available RAM (MB) to a value that should be half of the system RAM. For instance, if your system has 2GB of RAM, set the value to 1024MB.



## 2.3.5 Update of required dependencies

The dependency Remotior Sensus is frequently updated. The Semi-Automatic Classification Plugin can check automatically if a new version is available, and display a message in the *SCP dock* (Página 31).



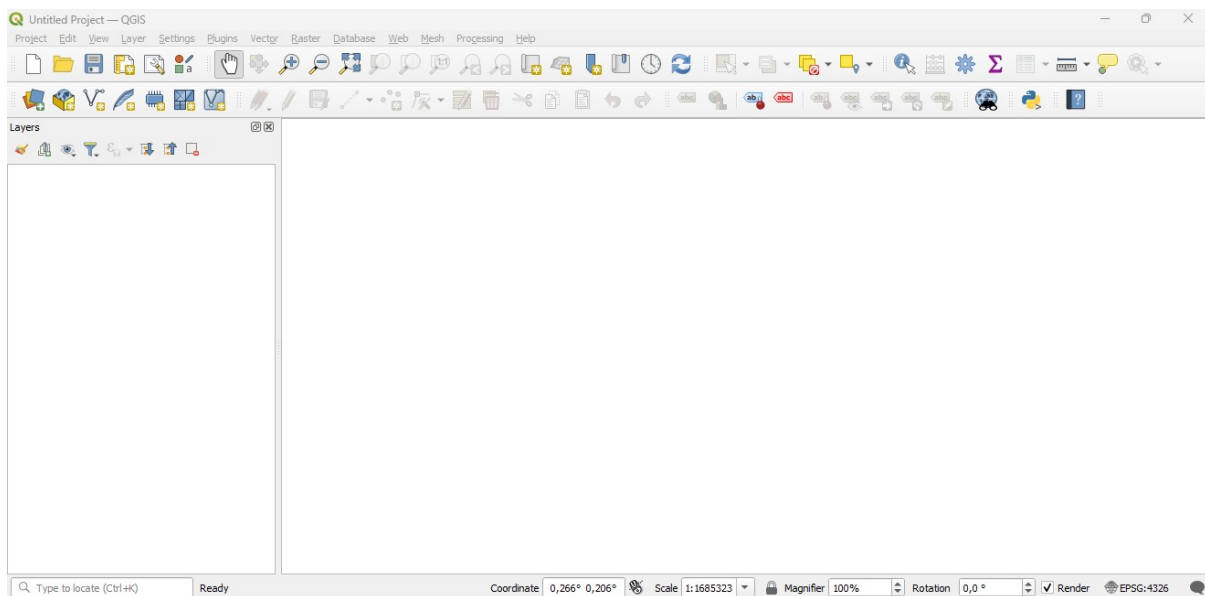
It is recommended to close QGIS and update Remotior Sensus following the same installation steps described in *Installation of required dependencies* (Página 15) .

## 2.4 Installation in macOS

### 2.4.1 QGIS download and installation

- Download the latest QGIS version from [here](#) ;
- Execute the QGIS installer with administrative rights, accepting the default configuration.

Now, QGIS is installed.



## 2.4.2 Installation of required dependencies

The Semi-Automatic Classification Plugin requires Remotior Sensus, GDAL, NumPy and SciPy for most functionalities. Optionally, scikit-learn and PyTorch are required for machine learning.

Therefore, we need to install the dependencies that are not included in the QGIS installation.

- Close QGIS;
- Open the terminal (administrative rights may be required);
- Type the following command (you may need to adapt the path */Applications/QGIS.app* to the actual QGIS installation directory):

```
/Applications/QGIS.app/Contents/MacOS/bin/pip3 install --upgrade remotior-sensus_  
↪scikit-learn torch
```

or in case you installed QGIS LTR:

```
/Applications/QGIS-LTR.app/Contents/MacOS/bin/pip3 install --upgrade remotior-sensus_  
↪scikit-learn torch
```

---

**Truco:** In case of error messages such as scikit-learn is already installed, you can just run `/Applications/QGIS.app/Contents/MacOS/bin/pip3 install --upgrade remotior-sensus torch`

---

Follow the same procedure for updating the dependencies.

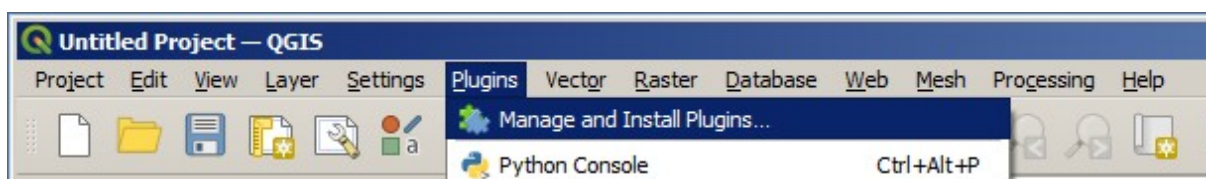
---

**Truco:** In case the library Remotior Sensus is not found, an automatic procedure will try to download it in the plugin directory, allowing for using the main functions of the Semi-Automatic Classification Plugin; however, this is not recommended as library Remotior Sensus won't be updated, and scikit-learn and PyTorch functions will not work. Alternatively, one may follow [Advanced installation using Conda](#) (Página 23).

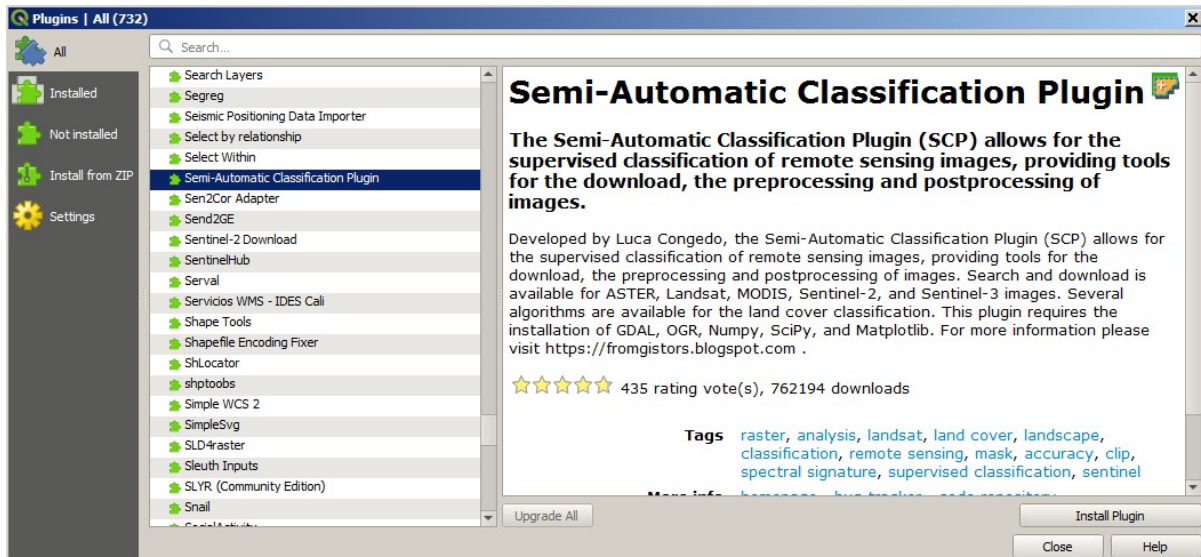
---

## 2.4.3 Semi-Automatic Classification Plugin installation

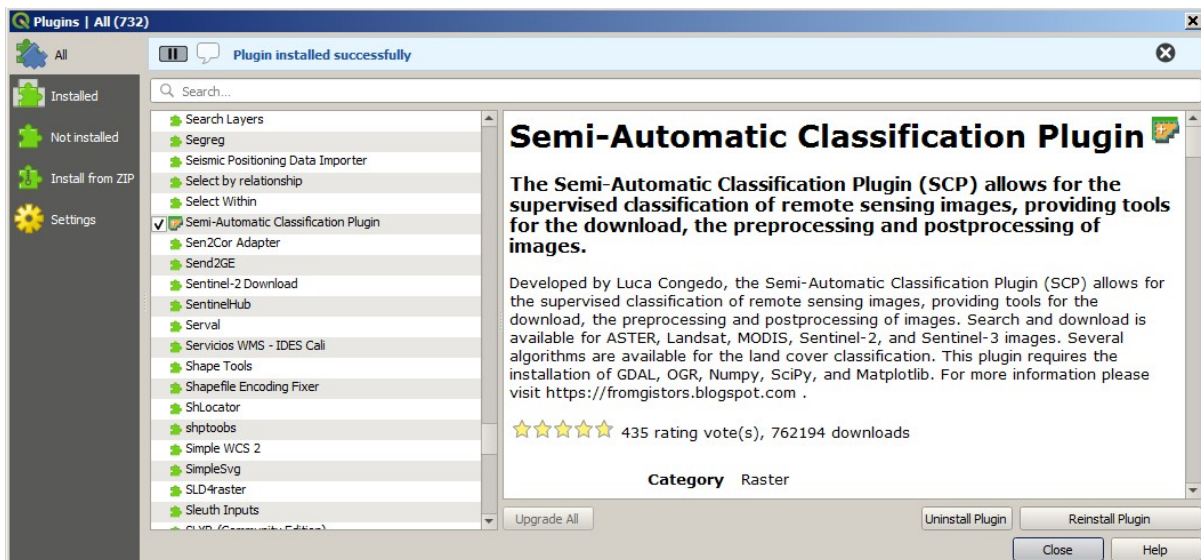
- Run QGIS;
- From the main menu, select Plugins > Manage and Install Plugins;



- From the menu All, select the Semi-Automatic Classification Plugin and click the button Install plugin;

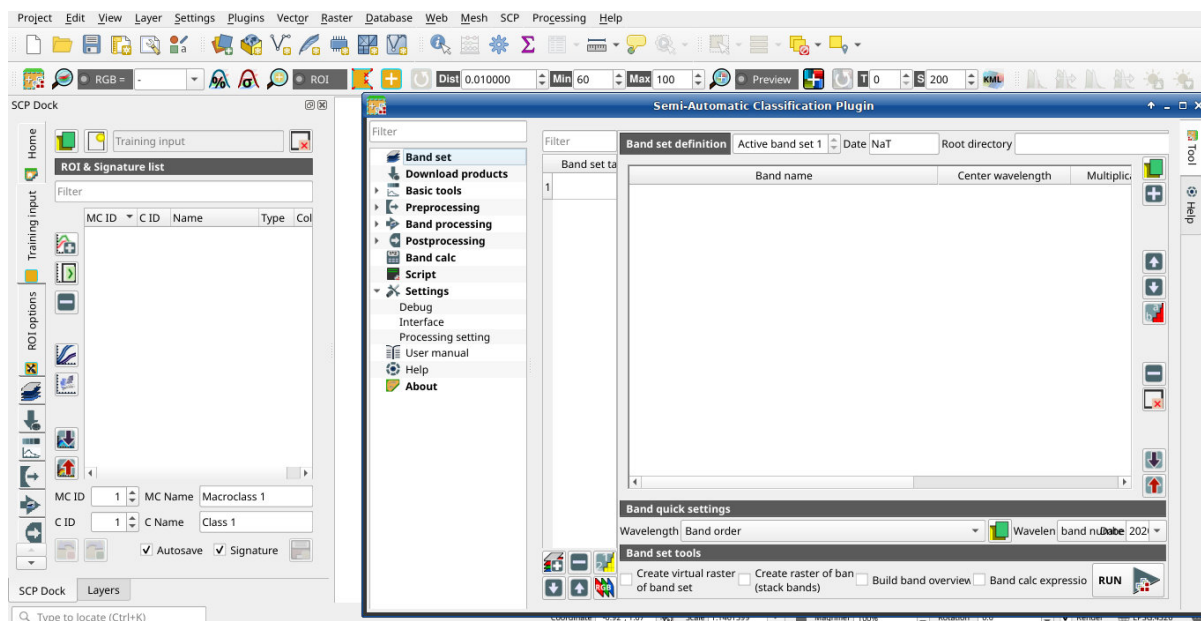



- The SCP should be automatically activated; however, be sure that the Semi-Automatic Classification Plugin is checked in the menu **Installed** (the restart of QGIS could be necessary to complete the SCP installation);

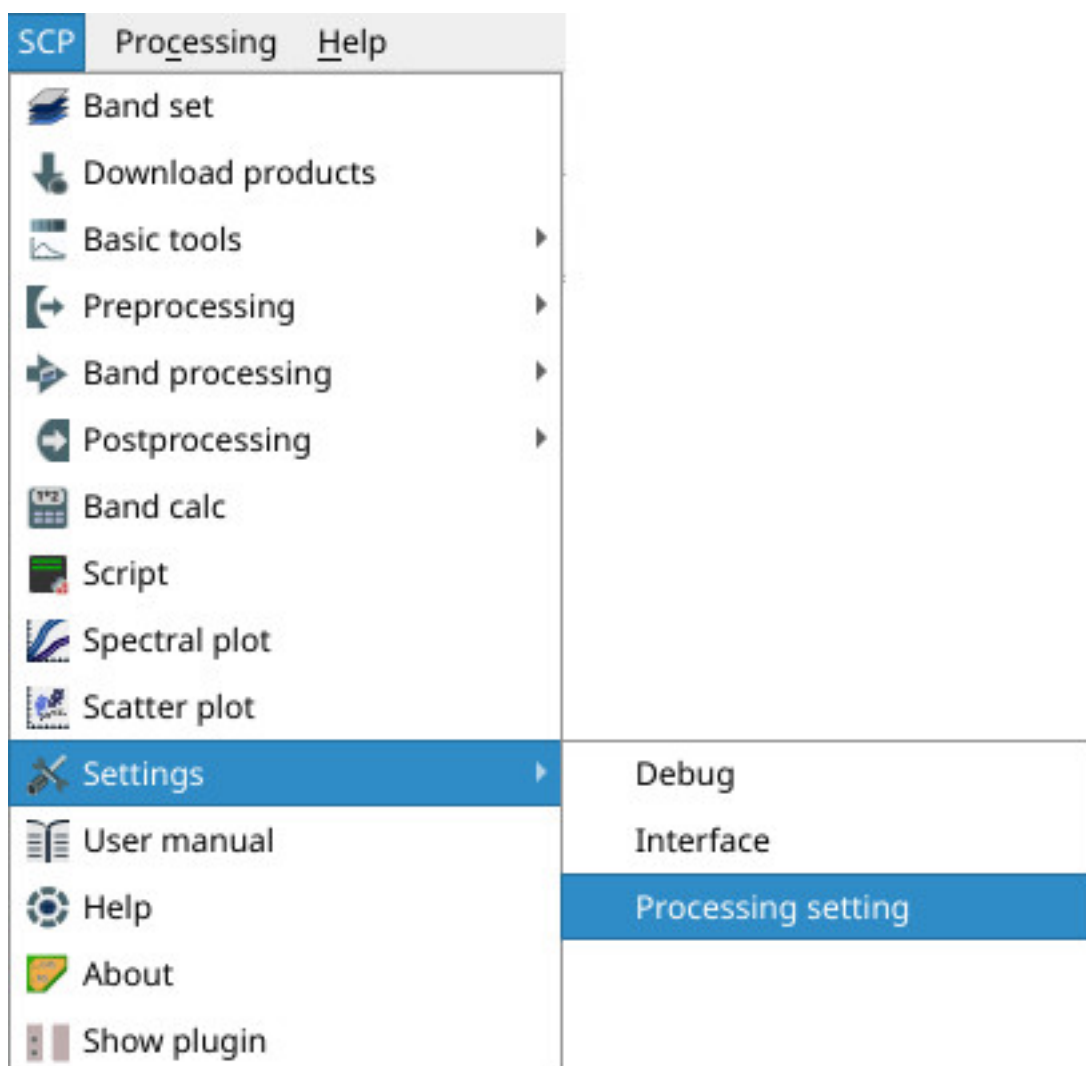


## 2.4.4 Configuration of the plugin

Now, the Semi-Automatic Classification Plugin is installed and a dock and a toolbar should be added to QGIS. Also, a SCP menu is available in the Menu Bar of QGIS. It is possible to move the toolbar and the dock according to your needs, as in the following image.

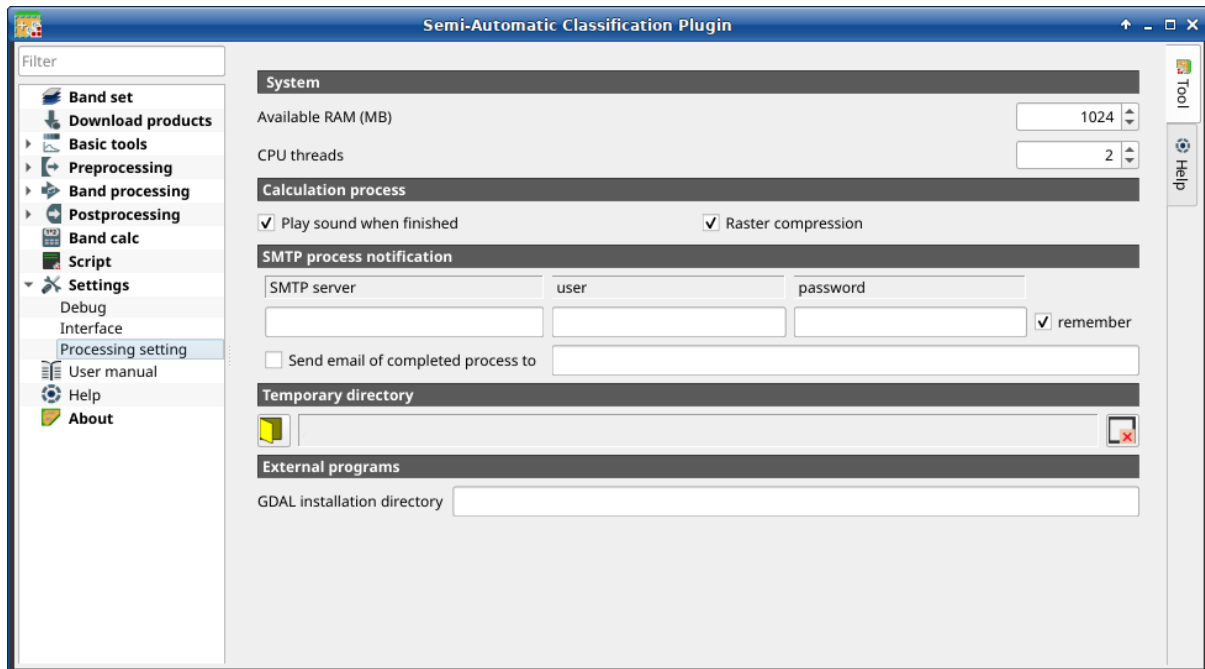


The configuration of available RAM is recommended in order to reduce the processing time. From the *SCP menu* (Página 29) select  Settings > Processing .



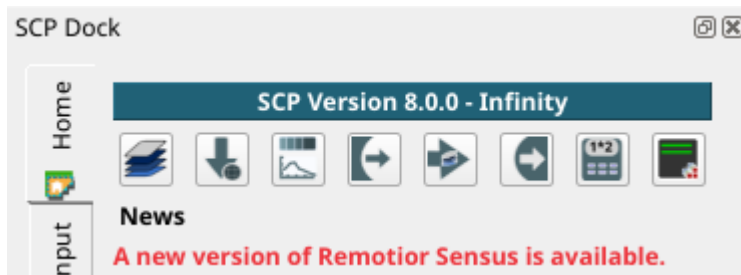


In the *Configuración* (Página 109), set the Available RAM (MB) to a value that should be half of the system RAM. For instance, if your system has 2GB of RAM, set the value to 1024MB.



## 2.4.5 Update of required dependencies

The dependency Remotior Sensus is frequently updated. The Semi-Automatic Classification Plugin can check automatically if a new version is available, and display a message in the *SCP dock* (Página 31).



It is recommended to close QGIS and update Remotior Sensus following the same installation steps described in *Installation of required dependencies* (Página 20).

## 2.5 Advanced installation using Conda

### 2.5.1 QGIS download and installation with the dependencies

The Semi-Automatic Classification Plugin requires Remotior Sensus, GDAL, NumPy and SciPy for most functionalities.

QGIS and the dependencies can be installed using a *Conda* environment (if you don't know *Conda* please read <https://conda-forge.org/docs>). For instance, you can use *Miniforge* to create a *Conda* environment.

Once installed conda, open the terminal and run the following commands to create a new environment:

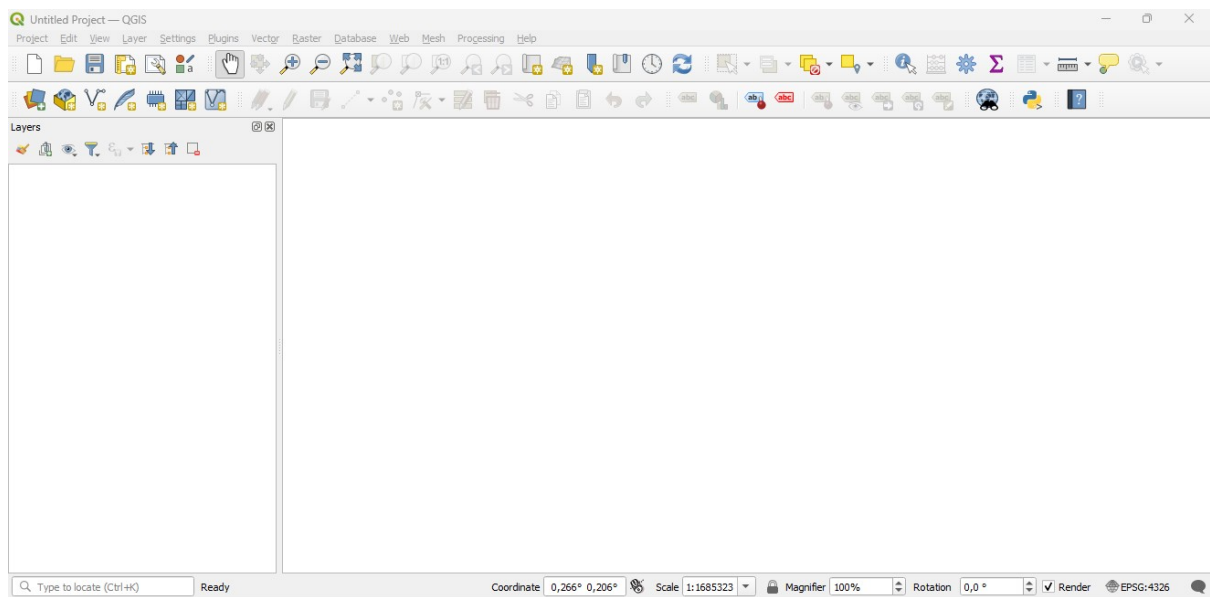
```
$ conda create -c conda-forge --name environment python=3.10
Proceed ([y]/n)? y
$ conda activate environment
```

Now install QGIS and the dependencies (it could take some time):

```
$ conda install -c conda-forge qgis gdal remotior-sensus scikit-learn pytorch
```

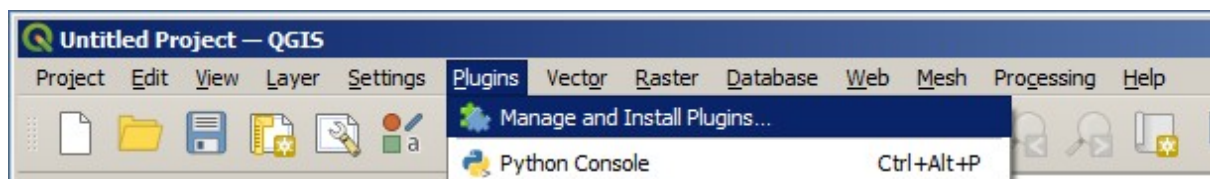
Now, QGIS is installed. To launch it run in the terminal:

```
$ qgis
```



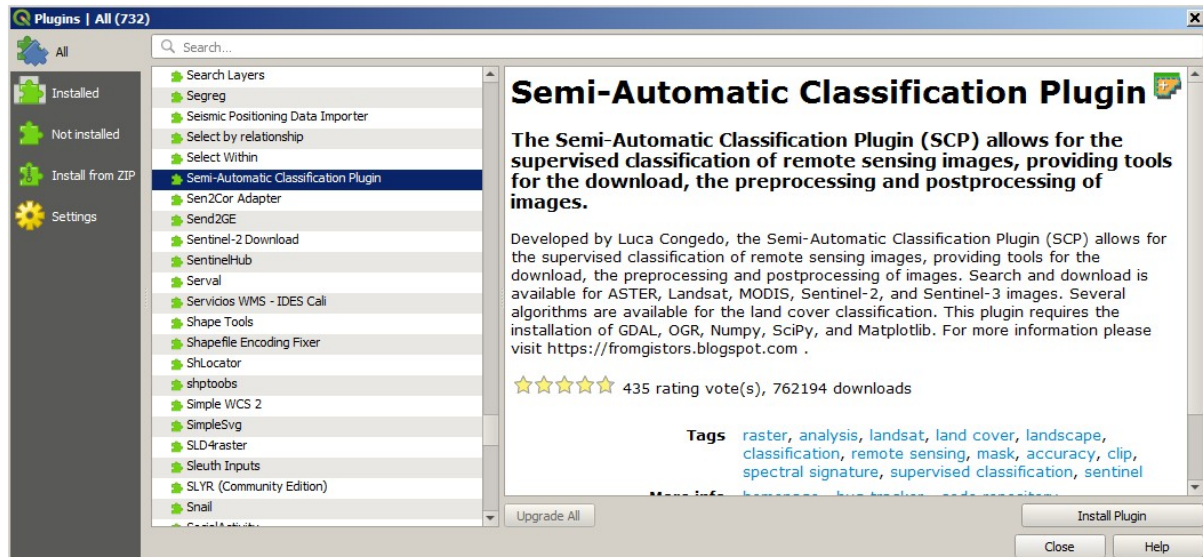
### 2.5.2 Semi-Automatic Classification Plugin installation

- Run QGIS;
- From the main menu, select **Plugins > Manage and Install Plugins**;



- From the menu **All**, select the **Semi-Automatic Classification Plugin** and click the button **Install plugin**;



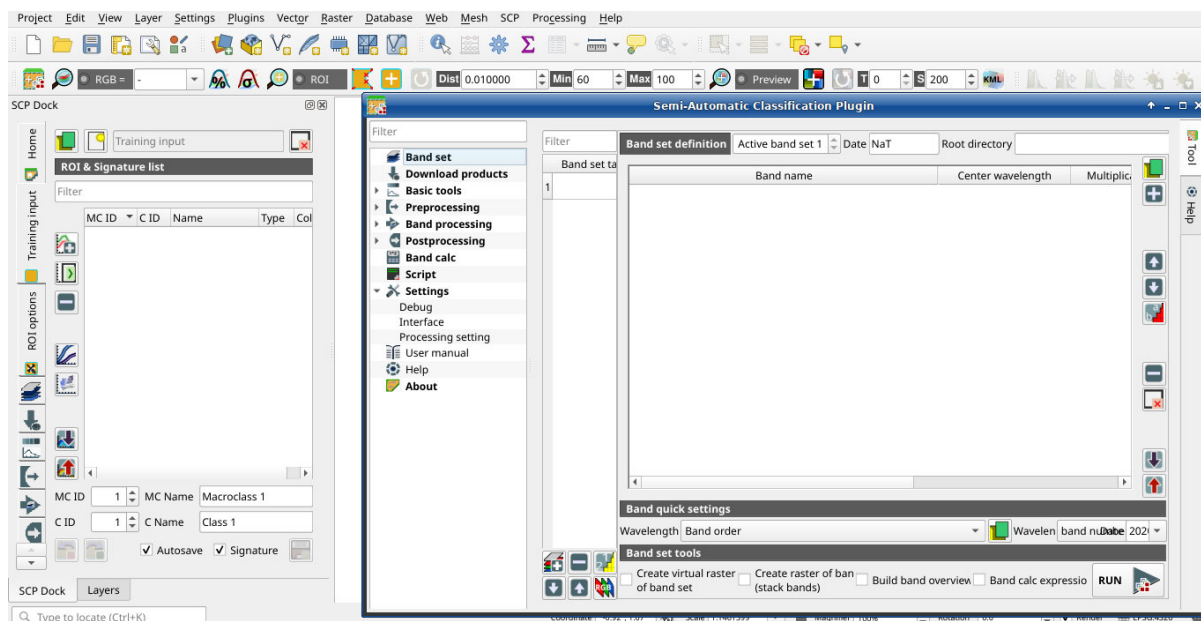



- The SCP should be automatically activated; however, be sure that the Semi-Automatic Classification Plugin is checked in the menu **Installed** (the restart of QGIS could be necessary to complete the SCP installation);

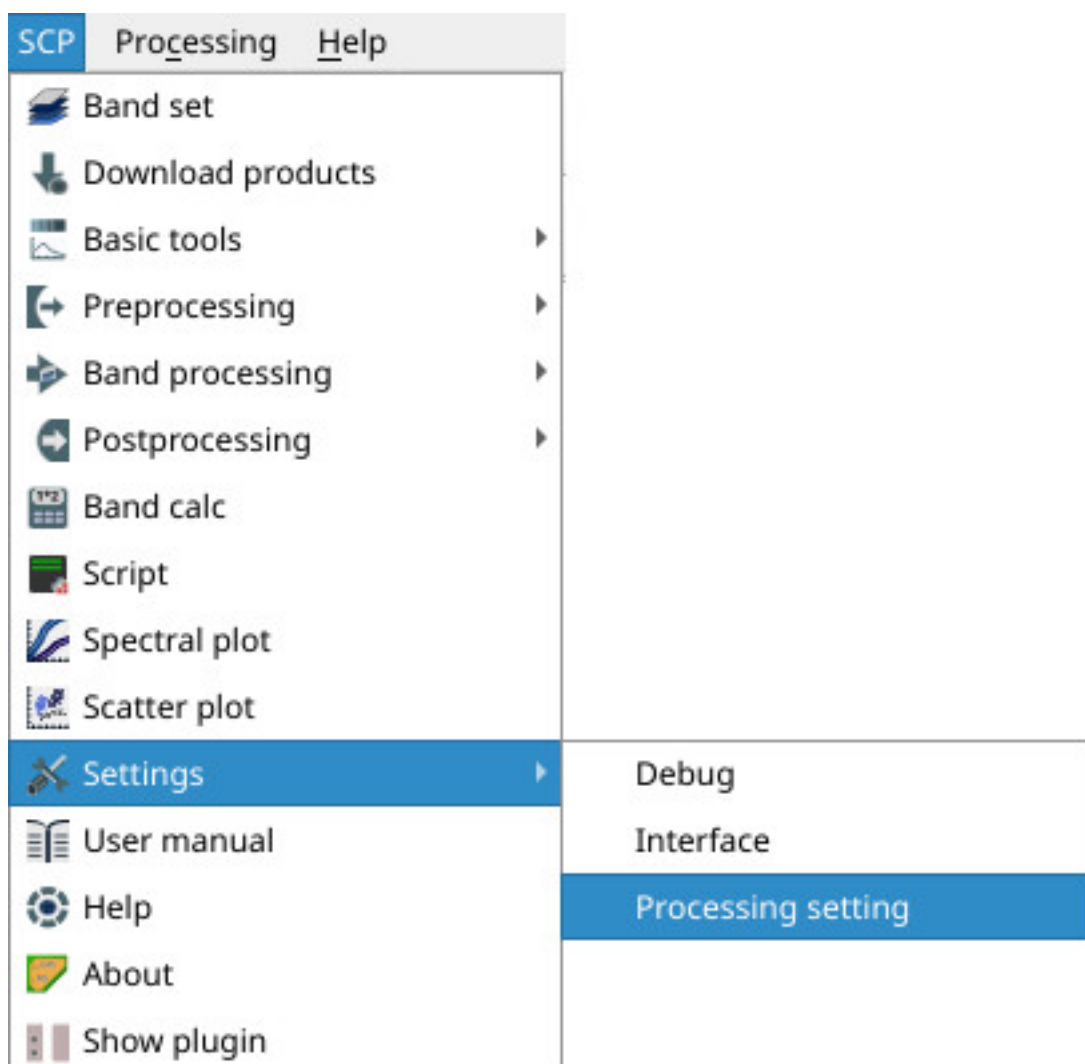


### 2.5.3 Configuration of the plugin

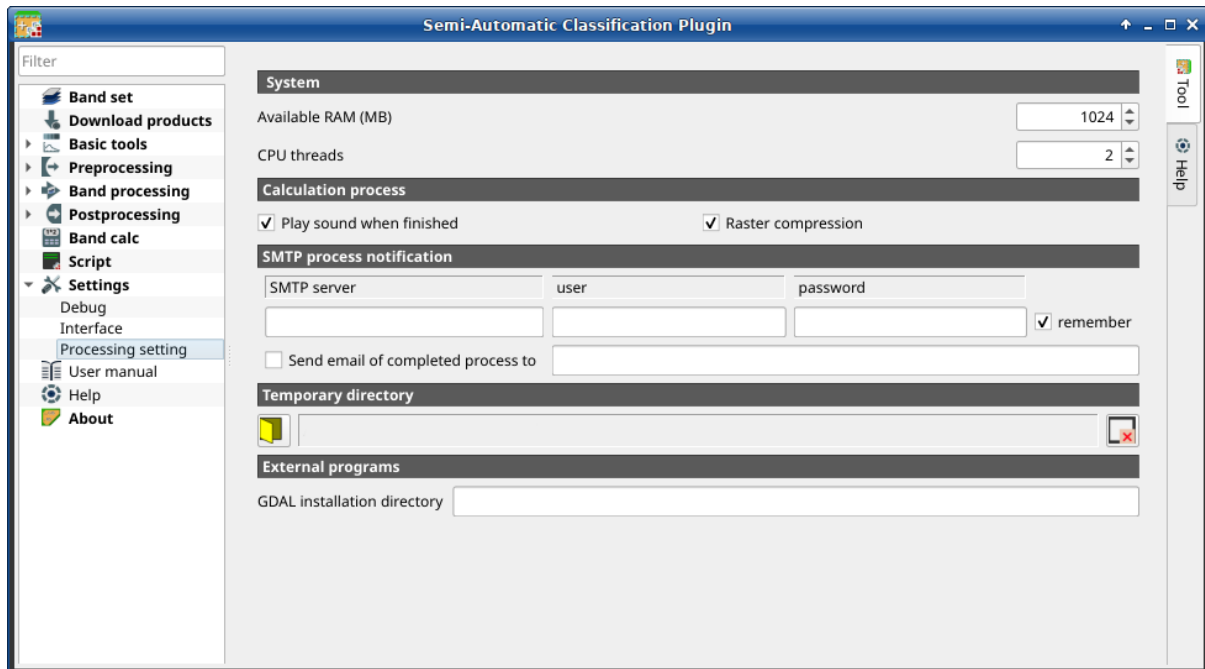
Now, the Semi-Automatic Classification Plugin is installed and a dock and a toolbar should be added to QGIS. Also, a SCP menu is available in the Menu Bar of QGIS. It is possible to move the toolbar and the dock according to your needs, as in the following image.



The configuration of available RAM is recommended in order to reduce the processing time. From the *SCP menu* (Página 29) select  Settings > Processing .

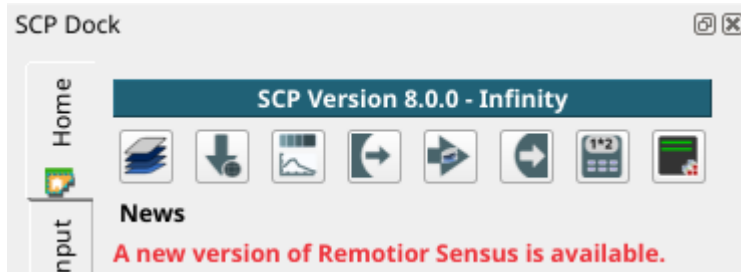


In the *Configuración* (Página 109), set the Available RAM (MB) to a value that should be half of the system RAM. For instance, if your system has 2GB of RAM, set the value to 1024MB.



## 2.5.4 Update of required dependencies

The dependency Remotior Sensus is frequently updated. The Semi-Automatic Classification Plugin can check automatically if a new version is available, and display a message in the *SCP dock* (Página 31).



It is recommended to close QGIS and update Remotior Sensus using activating the conda environment and running the command:

```
$ conda update -c conda-forge remotior-sensus
```



---

### The Interface of SCP

---

The *SCP* interface is composed of several parts that are described in detail in the following paragraphs. The following video provides a brief introduction to the tools.

<https://www.youtube.com/watch?v=gVSSO5LPw8s>

#### 3.1 SCP menu

The *SCP menu* allows for the selection of the main functions of the *Ventana principal de la interfaz* (Página 45), the *Spectral Signature Plot* (Página 114), and the *Scatter Plot* (Página 118).

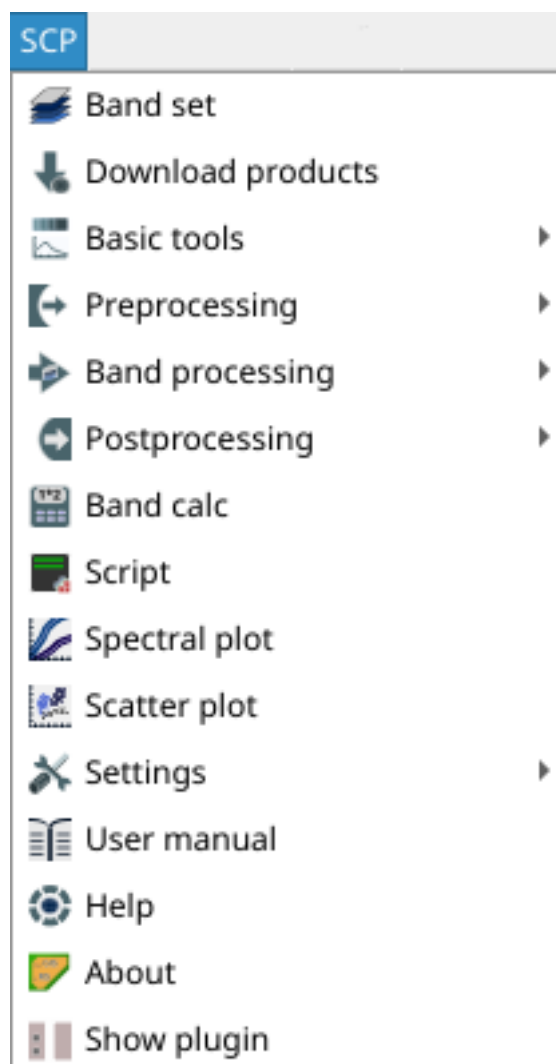


Figura 1: *SCP menu*

	<i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45)
	<i>Descargar productos</i> (Página 49)
	<i>Herramientas Básicas</i> (Página 54)
	<i>Preprocesamiento</i> (Página 63)
	<i>Procesamiento de banda</i> (Página 75)
	<i>Postprocesamiento</i> (Página 92)
	<i>Calculadora de Bandas</i> (Página 99)
	<i>Script</i> (Página 108)
	<i>Configuración</i> (Página 109)
	<i>Spectral Signature Plot</i> (Página 114)
	<i>Scatter Plot</i> (Página 118)
	<i>User manual</i> : open the online user manual in a web browser
	<i>Online help</i> : open the <a href="#">Online help</a> in a web browser; also, a <a href="#">Facebook group</a> is available for sharing information and asking for help about SCP
	<i>About</i> Information about the plugin
	<i>Show plugin</i> : show all the SCP toolbars and dock if previously hidden

## 3.2 SCP dock

The *SCP dock* allows for the the creation of ROIs (Regions Of Interest) and spectral signatures required for the classification of a *Conjunto de Bandas* (Página 45). The *Training input* (Página 33), created with *SCP*, stores the ROI polygons and spectral signatures; depending on the algorithm, the training could be performed using ROI polygons (e.g. *Bosque Aleatorio* (Página 142)) or spectral signatures (e.g. *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 138)).

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 *Import signatures* (Página 55)). 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 *Working toolbar* (Página 41). These are *temporary ROI polygons* because the ROI creation is an interactive process, and one can refine the geometry according to photointerpreation. Then, one can save *temporary ROI polygons* in the *Training input* (Página 33) which is the actual input for classifications.

The *Training input* (Página 33) is composed of a vector part that stores the geometries and a spectral signature part, which are managed by *SCP*. A temporary layer is added to QGIS but the actual file is saved and modified during the editing in *SCP*.

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 136)) 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 *Algoritmo* (Página 76). Using *Macroclass ID* instead of *Class ID* is useful to group materials that belong to the same land cover class but have spectral signatures that are distant enough to be considered as different materials (e.g., different types of vegetation).

Figura 2: *SCP dock*



The **classification** can be performed for the entire image (see *Algoritmo* (Página 76)) or for a part of it creating a *Classification preview* (Página 45).

The *SCP dock* contains the following tabs:

- *Home* (Página 33)
  - *SCP news* (Página 33)
- *Training input* (Página 33)
  - *ROI & Signature list* (Página 36)
- *ROI options* (Página 41)

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*:

	<i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45)
	<i>Herramientas Básicas</i> (Página 54)
	<i>Descargar productos</i> (Página 49)
	<i>Preprocesamiento</i> (Página 63)
	<i>Procesamiento de banda</i> (Página 75)
	<i>Postprocesamiento</i> (Página 92)
	<i>Calculadora de Bandas</i> (Página 99)
	<i>Script</i> (Página 108)

#### SCP news

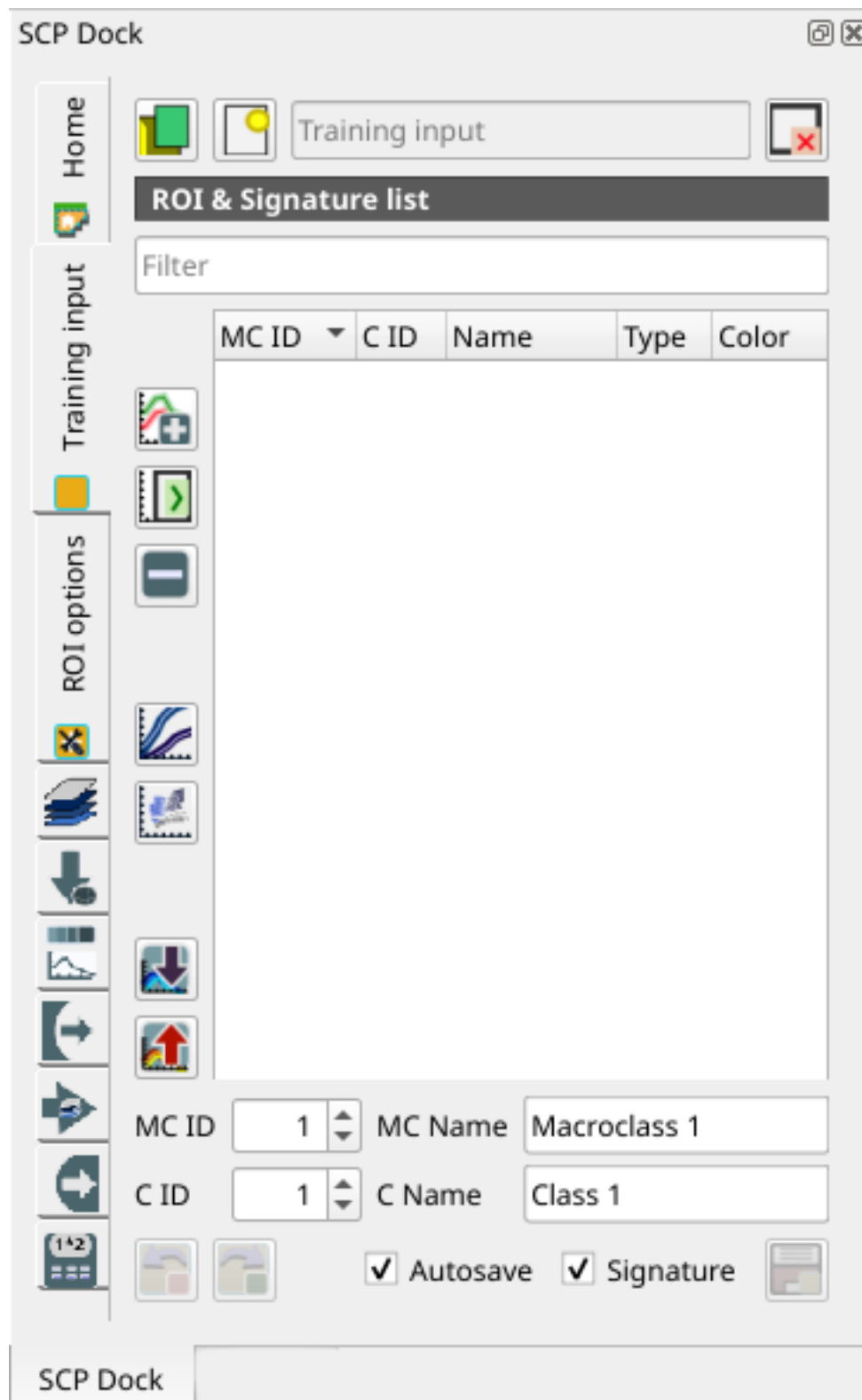
This section displays news about the *SCP* and related services. News are downloaded on startup (internet connection required). It can be enabled or disabled in the settings *Configuración* (Página 109).






### 3.2.2 Training input

This tool allows for the creation of the training input file ( *.scpx* ) 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 45). 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.



Figura 3: Home

Figura 4: *Training input*


Tool symbol and name	Description
	open a training input file; ROIs and spectral signatures are loaded in <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36); the vector part of the training input is loaded in QGIS
	create an empty training input file (.scp <del>x</del> ); the vector part of the training input is loaded in QGIS; also a backup file is created (a file .scp <del>x</del> .backup in the same directory as the file .scp <del>x</del> ) when the QGIS project is saved; to use the backup file simply rename it deleting the ending .backup extension and open it as training input
<i>Training input</i>  	it displays the path to the training input file
	remove the training input

The training input is displayed in QGIS as vector file. ROIs and spectral signatures are displayed in the *ROI & Signature list* (Página 36).

**Advertencia:** 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

The tab *ROI & Signature list* displays the ROI polygons and spectral signatures contained in the training input file. The tab *ROI & Signature list* is structured as tree list, where every ROI is grouped in the corresponding Macroclass.

A filter for names can be defined in *Filter* .

The tree list *ROI & Signature list* has the following fields:

- **MC ID:** Macroclass ID is the root of corresponding ROIs and signatures; it can be edited with a single click; if the ID of a spectral signature is set 0, then pixels belonging to this signature are labelled as unclassified; every listed ROIs or signatures has a selection checkbox (only the spectral signatures checked in this list are used for the classification process);
- **C ID:** Class ID; it can be edited with a single click;
- **Name:** Macroclass and Class Name; it can be edited with a single click;
- **Type: type of the item:**
  - *R* = only ROI polygon;
  - *S* = only spectral signature;
  - *RS* = both ROI and spectral signature;
- **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;

Changes in the *ROI & Signature list* are applied to the file *Training input* (Página 33) only when the QGIS project is saved (but there is also the option  *Autosave*). ROIs can be edited, deleted and merged from this list.

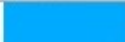







MC ID	C ID	Name	Type	Color
<b>1</b>		<b>Water</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	1	Lake	R&S	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	7	Lake2	R&S	
<b>2</b>		<b>Built-up</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 2	2	Buildings	R&S	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	8	Small buildings	R&S	
<b>3</b>		<b>Vegetation</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 3	3	Crops	R&S	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	5	Vegetation	R&S	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	6	Vegetation2	R&S	
<b>4</b>		<b>Bare soil</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 4	4	Low vegetation	R&S	








Figura 5: ROI &amp; Signature list example

**Truco:** According to *Algoritmo* (Página 76), classifications performed using *C ID* have the colors defined for classes in the *ROI & Signature list* (Página 36); classifications performed using *MC ID* have the colors defined for the macroclasses.


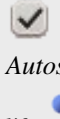


If an item is a ROI polygon, double click the item to zoom to that ROI in the map. Items in the list can be highlighted with the mouse left click.

**Truco:** ROIs and spectral signatures can be imported from other sources (see *Import signatures* (Página 55)) and exported (see *Exportar firmas* (Página 55)).

The following tools are available.

Tool symbol and name	Description
	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 <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45)
	delete highlighted ROIs and signatures
	show the ROI spectral signature in the <i>Spectral Signature Plot</i> (Página 114); spectral signature is calculated from the <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45)
	add highlighted ROIs to the <i>Scatter Plot</i> (Página 118)
	open the tab <i>Import signatures</i> (Página 55)
	open the tab <i>Exportar firmas</i> (Página 55) and export highlighted items

*ROI & Signature list* is complementary to the *Working toolbar* (Página 41) and it allows for saving ROIs to the *Training input* (Página 33) defining classes and macroclasses. A *Conjunto de Bandas* (Página 45) must be defined before the ROI creation, and ROI polygons must be inside the area of the *Band set*.

Tool symbol and name	Description
	ROI Macroclass ID
	ROI Macroclass Name
	ROI Class ID
	ROI Class Name
	undo of ROI creation from the <i>Training input</i> (Página 33); it is possible to undo a maximum of 10 actions
	redo ROI creation in the <i>Training input</i> (Página 33)
	if checked, automatically save the <i>ROI &amp; Signature list</i> to the <i>Training input</i> (Página 33) every time a ROI is saved
	if checked, while saving a ROI, the spectral signature thereof is calculated (from <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) pixels under ROI polygon) and saved to <i>Training input</i> (Página 33) (calculation time depends on the band number of the <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45))
	save the temporary ROI to the <i>Training input</i> (Página 33) using the defined classes and macroclasses; ROI is displayed in the <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)

## Right click menu

A right click on *ROI & Signature list* (Página 36) allows for opening a menu containing several functions to manage ROIs and spectral signatures.

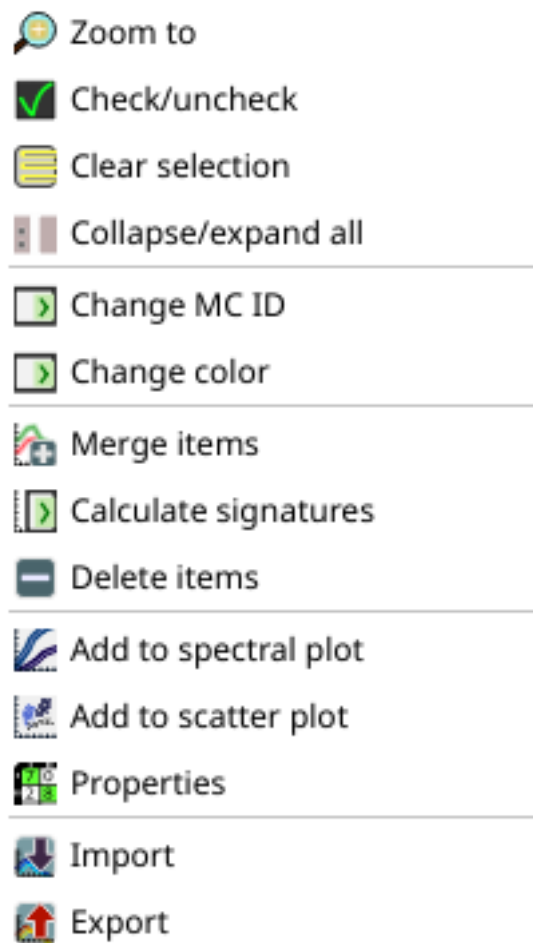























Figura 6: *Right click menu*

Tool symbol and name	Description
 <i>Zoom to</i>	zoom to highlighted items (if ROI polygons) in the map
 <i>Check/uncheck</i>	check or uncheck highlighted items
 <i>Clear selection</i>	clear selection of highlighted items
 <i>Collapse/expand all</i>	collapse or expand all macroclasses
 <i>Change MC ID</i>	edit the macroclass of highlighted items (using the value <i>MC ID</i>  displayed in <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)); if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Change color</i>	select a color for the highlighted items; if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Merge items</i>	merge highlighted spectral signatures or ROIs obtaining a new signature calculated as the average of signature values for each band (covariance matrix is excluded); if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Calculate signatures</i>	calculate spectral signatures of highlighted ROIs using the <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45); if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Delete items</i>	delete highlighted ROIs and signatures; if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items;
 <i>Add to spectral plot</i>	show the ROI spectral signature in the <i>Spectral Signature Plot</i> (Página 114); spectral signature is calculated from the <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45); if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Add to scatter plot</i>	add highlighted ROIs to the <i>Scatter Plot</i> (Página 118); if a macroclass is selected, the function is performed to all the included items
 <i>Properties</i>	show the properties of highlighted items;
 <i>Import</i>	open the tab <i>Import signatures</i> (Página 55)
 <i>Export</i>	open the tab <i>Exportar firmas</i> (Página 55) and export highlighted items



### 3.2.3 ROI options

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

Tool symbol and name	Description
 <i>Display</i>	if the ROI creation pointer is active (see <a href="#">Working toolbar</a> (Página 41)), the pixel value of selected vegetation index is displayed on the map; vegetation indices available in the combo box are: * 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 <a href="#">Conjunto de Bandas</a> (Página 45); * Custom; use the custom expression defined in the following line
 <i>Rapid ROI</i>	set a custom expression; expression is based on the <i>Band set</i> and bands such as band 1 is referred to as «b1», band 2 as «b2» and so on; also reference to band names such as «#NIR#» or «#RED#» can be used
 <i>b.</i>	if checked, temporary ROI is created with region growing using only one <a href="#">Conjunto de Bandas</a> (Página 45) band (i.e. region growing is rapid); the band is defined by the <i>Band set</i> 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)
 <i>Auto-plot</i>	calculate automatically the temporary ROI spectral signature and display it in the <a href="#">Spectral Signature Plot</a> (Página 114) (MC Name of this spectral signature is set tempo_ROI)
 <i>Auto-refresh ROI</i>	calculate automatically a new temporary ROI while <i>Region growing parameters</i> in the <a href="#">Working toolbar</a> (Página 41) are being changed
 <i>Maximum training buffer</i>	defines the maximum number of action for undo and redo ROIs; the higher is the number, the more is the required memory

## 3.3 Working toolbar

The *Working toolbar* allows for creating *temporary ROIs* and *classification previews*.

- [Image control](#) (Página 43)
- [Temporary ROI](#) (Página 43)
- [Classification preview](#) (Página 45)

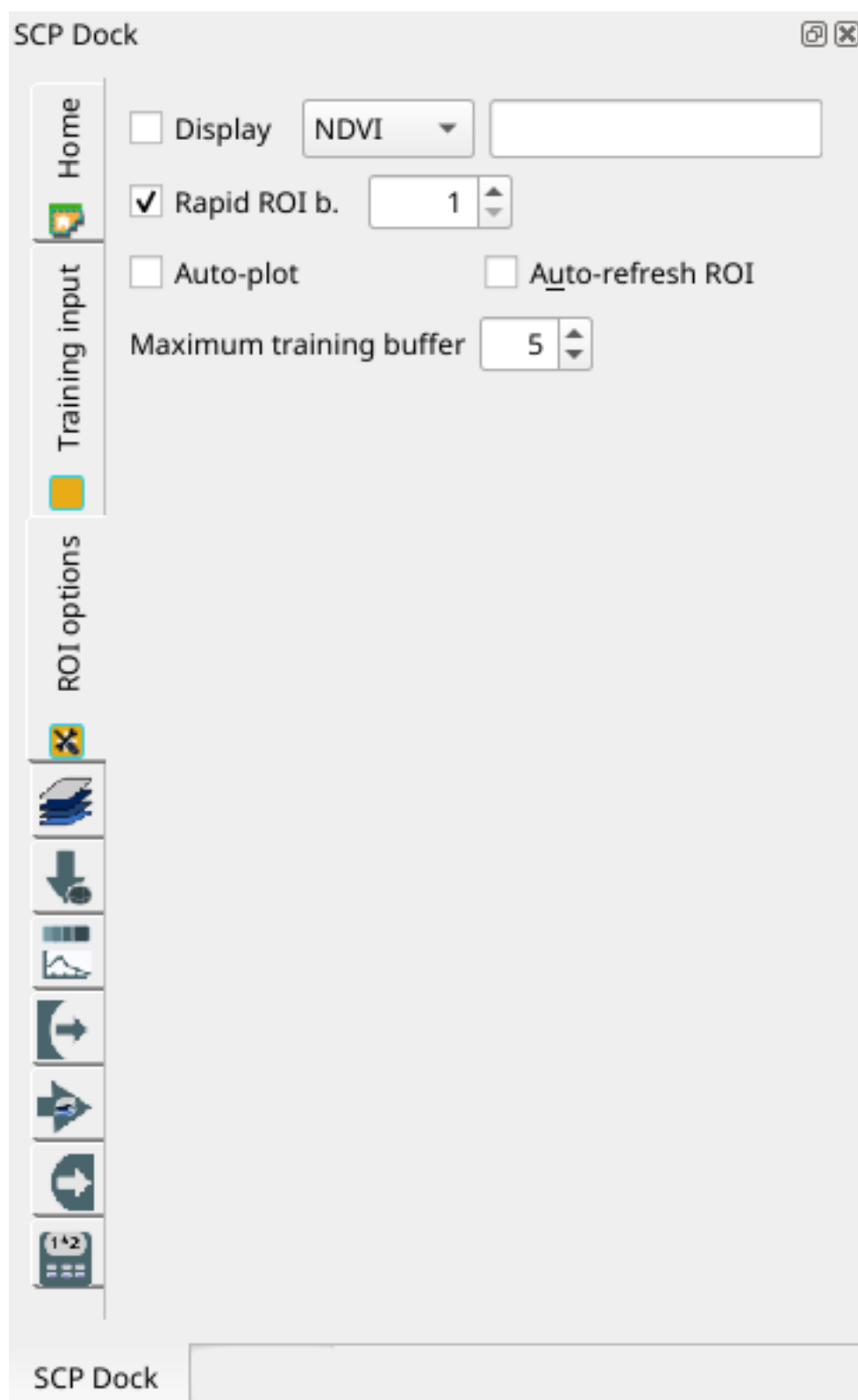









Figura 7: ROI options



Figura 8: Working toolbar






The functions are described in detail in the following paragraphs.

### 3.3.1 Image control




Tool symbol and name	Description
	show the <i>Ventana principal de la interfaz</i> (Página 45)
	zoom the map to the extent of the <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45);
 RGB=  	use the button to show/hide the <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) in the map; from the list select a <i>Composición de Color</i> (Página 134) that is applied to the <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45); new color composites can be entered typing the band numbers separated by - or ; or , (e.g. RGB = 4-3-2 or RGB = 4;3;2 or RGB = 4,3,2)
	display the input image stretching the minimum and maximum values according to cumulative count of current map extent
	display the input image stretching the minimum and maximum values according to standard deviation of current map extent

### 3.3.2 Temporary ROI

A *temporary ROI* is a temporary polygon displayed in the map, which can be saved permanently in the *Training input* (Página 33). A *temporary ROI* can be drawn manually or using a *Algoritmo de Región Incremental* (Página 135) (i.e. the image is segmented around a pixel seed including spectrally homogeneous pixels).

Tool symbol and name	Description
	zoom the map to the extent of <i>temporary ROI</i>
	use the button to show/hide the <i>temporary ROI</i> and the <i>Training input</i> in the map
	activate the pointer to create a <i>temporary ROI</i> by drawing a polygon in the map; left click on the map to define the ROI vertices and right click to define the last vertex closing the polygon; press the keyboard button CTRL to add a multipart polygon; press the keyboard buttons CTRL + Z for removing the last multipart polygon
	activate the pointer to create a <i>temporary ROI</i> using the region growing algorithm; left click on the map for creating the ROI; right click on the map for displaying the spectral signature of a pixel of the <i>active band set</i> in the <i>Spectral Signature Plot</i> (Página 114); press the keyboard button CTRL and left click to add a multipart polygon (new parts are not created if overlapping to other parts); press the keyboard buttons CTRL + Z for removing the last multipart polygon; press the keyboard button CTRL and right click to plot spectral signatures of the same pixel for all the <i>band sets</i>
	create a <i>temporary ROI</i> using the region growing algorithm at the same seed pixel as the previous one; it is useful after changing the <i>region growing parameters</i>

*Region growing parameters*: the following parameters are required for the ROI creation using a region growing algorithm on the *Conjunto de Bandas* (Página 45):

Tool symbol and name	Description
	set the interval which defines the maximum spectral distance between the seed pixel and the surrounding pixels (in radiometry unit)
	set the minimum area of a ROI (in pixel unit); this setting overrides the Range radius until the minimum ROI size is reached; if Rapid ROI on band is checked, then ROI will have at least the size defined Min ROI size; if Rapid ROI on band is unchecked, then ROI could have a size smaller than Min ROI size
	set the maximum width of a ROI (i.e. the side length of a square, centred at the seed pixel, which inscribes the ROI) in pixel unit

### 3.3.3 Classification preview









*Classification preview* allows for displaying temporary classifications (i.e. classification previews). Classification previews are useful for testing the algorithm in a small area of the *Conjunto de Bandas* (Página 45), before classifying the entire image which can be time consuming.

*Classification preview* is performed according to the parameters defined in *Algoritmo* (Página 76).

**Advertencia:** ROIs and previews are performed on the active *Conjunto de Bandas* (Página 45).

After the creation of a new preview, old previews are placed in QGIS Layers inside a layer group named *Class\_temp\_group* and are deleted when the QGIS session is closed.

**Advertencia:** Classification previews are automatically deleted from disk when the QGIS session is closed; a QGIS message (that can be ignored) could ask for the path of missing layers when opening a previously saved project.

Tool symbol and name	Description
	zoom the map to the extent of the last <i>Classification preview</i> (Página 45)
 <i>Preview</i>	use the button to show/hide the last <i>Classification preview</i> (Página 45) in the map
	activate the pointer for the creation of a <i>Classification preview</i> (Página 45); left click the map to start the classification process and display the classification preview
	create a new <i>Classification preview</i> (Página 45) centred at the same pixel as the previous one
T 	change dynamically the classification preview transparency, which is useful for comparing the classification to other layers
S  	size of the preview in pixel unit (i.e. the side length of a square, centred at the clicked pixel)
	create a KML file of the QGIS view

## 3.4 Ventana principal de la interfaz

La ventana de la interfaz principal se compone de varias pestañas que se describen en detalle en los siguientes párrafos. Las pestañas se pueden seleccionar a través del menú de árbol en el lado izquierdo o desde: ref: *SCP\_menu*.

### 3.4.1 Conjunto de Bandas

- *Definición del Conjunto de bandas* (Página 46)
- *Configuración rápida de banda* (Página 47)
- *Tabla del conjunto de bandas* (Página 48)
- *Herramientas para Conjunto de bandas* (Página 49)

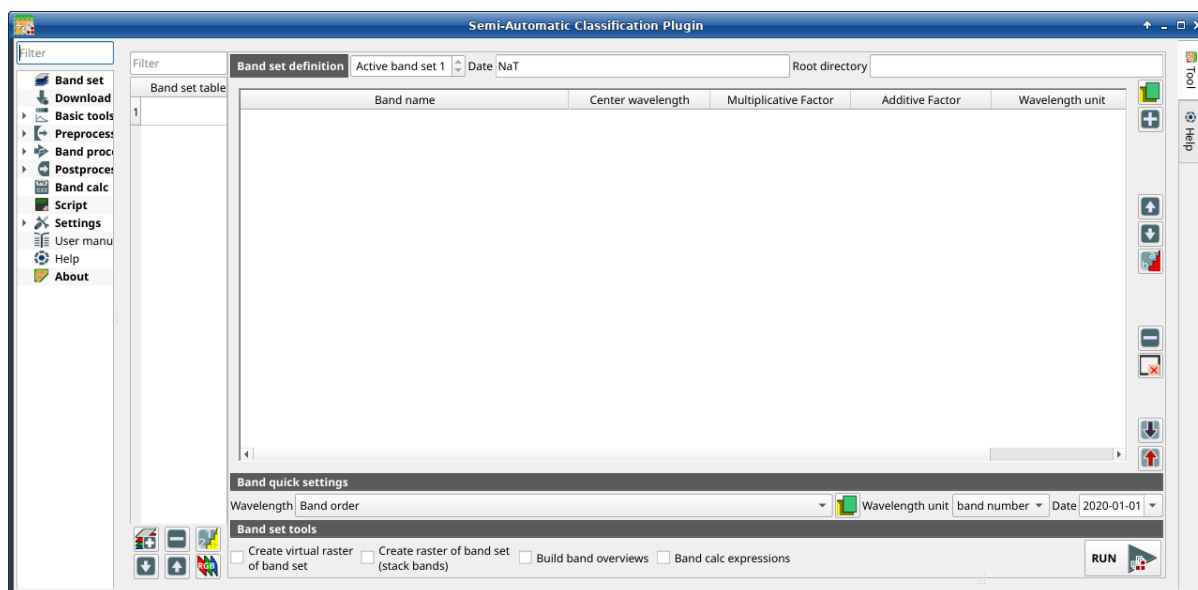


Figura 9:  Conjunto de Bandas

Las imágenes de entrada en *SCP* se llaman *conjunto de bandas*. Esta pestaña permite la definición de uno o varios *conjuntos de bandas* para ser usados como datos de entrada para clasificación y otras herramientas.

Los *conjuntos de bandas* se identifican mediante números. El *conjunto de bandas activo* (i.e. el seleccionado en *Definición del Conjunto de bandas* (Página 46)) se usa como datos de entrada en varias herramientas de *SCP dock* (Página 31) y la *Working toolbar* (Página 41). Otras herramientas de *SCP* permiten seleccionar los números de los *conjuntos de bandas*.

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

---

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace<https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior\\_sensus.core.bandset\\_catalog.html>](https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior_sensus.core.bandset_catalog.html) ` \_ .

---

Siguiendo un tutorial sobre esta herramienta.

<https://www.youtube.com/watch?v=DQXfBPke2J4>










## Definición del Conjunto de bandas

Un *conjunto de bandas* es básicamente una lista de bandas definida como la tabla a continuación.

Nombre de banda	de	Centro de longitud onda	de	Factor Multi-plicativo	Factor Aditivo	Unidad de longitud de onda	Path	Fecha
nombre de la banda (no puede ser editado)		longitud de onda central de la banda		factor multi-plicativo de reescalado	factor aditivo de re-escalado	unidad de longitud de onda	ruta relativa del ráster	fecha de adquisición de la imagen

Es posible añadir a un *conjunto de bandas activo* una o más bandas que ya estén cargadas en QGIS; o seleccionar archivos que no están cargados. Se puede añadir una *Fecha* a un *conjunto de bandas* y esta puede luego usarse en otras herramientas para seleccionar *conjuntos de bandas* por fecha. También, se puede definir un *directorio Raíz* para las rutas de las bandas, lo cual es útil para crear proyectos con rutas relativas.

Las siguientes herramientas están disponibles





Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	abre el explorador de archivos y añade archivos ráster (preferiblemente rásteres con una sola banda) al <i>conjunto de bandas activo</i>
	abre una ventana para seleccionar rásteres que ya estén cargados en QGIS y los añade a el <i>conjunto de bandas activo</i>
	mueve las bandas seleccionadas hacia arriba
	mueve las bandas seleccionadas hacia abajo
	ordena las bandas automáticamente según el nombre, dando prioridad a los números al final del nombre
	elimina las bandas seleccionadas del <i>conjunto de bandas activo</i>
	elimina todas las bandas del <i>conjunto de bandas activo</i>
	importa un <i>conjunto de bandas</i> previamente guardado desde un archivo
	exporta el <i>conjunto de bandas activo</i> a un archivo

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.

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.

### Configuración rápida de banda

Estas herramientas permiten configurar rápidamente los atributos de un *conjunto de bandas activo*.







Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
Longitud de onda 	configuración rápida de la longitud de onda central de los siguientes sensores y satélites: * Orden de bandas * ASTER * GeoEye-1 * GOES * Landsat 8 OLI * Landsat 7 ETM+ * Landsat 4-5 TM * Landsat 1, 2, and 3 MSS * MODIS * Pleiades * QuickBird * RapidEye * Sentinel-2 * Sentinel-3 * SPOT 4, 5, and 6 * WorldView-2 and WorldView-3
	abre un archivo csv con valores de longitudes de onda (valores centrales de longitud de onda separados por comas o saltos de línea)
Unidad de longitud de onda 	<b>selecciona la unidad de longitud de onda entre:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>Número de banda</i>: sin unidades, solo el número de banda</li> <li>■ <i>µm</i>: micrómetros</li> <li>■ <i>nm</i>: nanómetros</li> </ul>
Fecha  1980	define la fecha de adquisición

### Tabla del conjunto de bandas

La tabla en el lado izquierdo es la *tabla del conjunto de bandas*. Incluye la lista de todos los *conjuntos de datos* definidos (se muestra los nombres de las primeras bandas), que puede ser seleccionados con click izquierdo. Con doble click sobre un elemento de la tabla podemos definir el *conjunto de bandas activo*.

Se puede usar un *Filtro* para mostrar *conjuntos de bandas* en la tabla que coincidan con el texto del filtro.






Las siguientes herramientas están disponibles para gestionar *conjuntos de bandas*.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	añade un nuevo <i>conjunto de bandas</i> vacío
	elimina los <i>conjuntos de bandas</i> seleccionados
	ordena los <i>conjuntos de bandas</i> por fecha
	mueve los <i>conjuntos de bandas</i> seleccionados hacia arriba
	mueve los <i>conjuntos de bandas</i> seleccionados hacia abajo
	muestra la composición de color RGB de los <i>conjuntos de bandas</i> seleccionados (se añade un ráster virtual a QGIS)



## Herramientas para Conjunto de bandas

Las *Herramientas para conjunto de bandas* son herramientas que puede ejecutarse directamente en un *conjunto de bandas activo*. Se pueden seleccionar varias herramientas marcando la casilla de selección. Esto también puede ser útil para automatizar el procesamiento durante la conversión de imágenes.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Crear un ráster virtual del conjunto de bandas</i>	crear un ráster multibanda virtual del <i>conjunto de bandas activo</i>
 <i>Crear un ráster a partir de un conjunto de bandas (apilar bandas)</i>	apilar bandas en un ráster multibanda
 <i>Crear pirámides de banda</i>	Crear pirámides para el <i>conjunto de bandas activo</i>
 <i>Expresión de la calculadora de campos</i>	ejecutar la expresión definida en <i>Calculadora de Bandas</i> (Página 99)
	ejecutar las herramientas seleccionadas

### 3.4.2 Descargar productos

- *Buscar* (Página 50)
  - *Parámetros de búsqueda* (Página 51)
  - *Lista de productos* (Página 52)
  - *Descargar* (Página 52)
- *Datos de inicio de sesión* (Página 53)
  - *Login Harmonized Landsat Sentinel-2* (Página 54)
  - *Login Copernicus Data Space Ecosystem* (Página 54)



La pestaña de  *Descarga de productos* incluye las herramientas para buscar y descargar imágenes satelitales de libre acceso. La búsqueda y la descarga se realiza usando [Remotior Sensus](#). También se puede realizar la conversión automática a valores de reflectancia.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

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

<https://www.youtube.com/watch?v=NwL2f5Nrn3U>

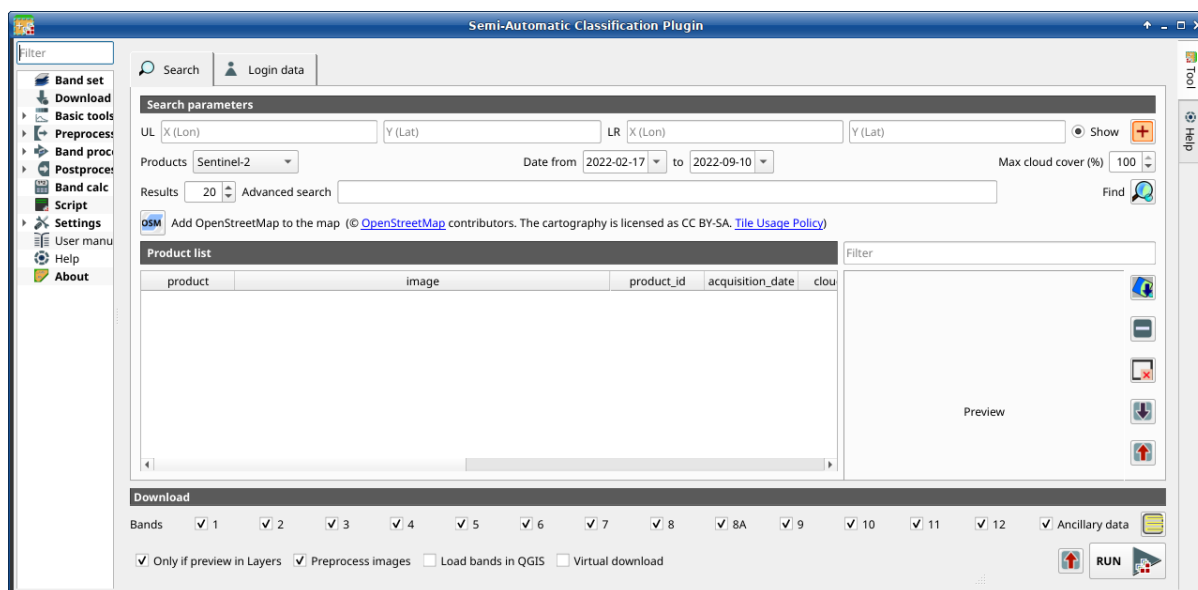


Figura 10:  Descarga de productos

## Buscar

La herramienta de *Búsqueda* permite buscar y descarga.
















- *Sentinel-2*: *Imágenes Copernicus Sentinel-2* (Nivel-1C y Nivel-2A) adquiridas desde 2015 hasta la actualidad;
- *Landsat\_MPC*: *Imágenes de la Colección Landsat* images acquired desde Agosto de 1982 hasta la actualidad, de los satélites Landsat 5, 7, 8, 9 (datos obtenidos de la Microsoft Planetary Computer);
- *Sentinel-2\_MPC*: *Copernicus Sentinel-2 Nivel-2A* adquiridos desde 2015 hasta la actualidad (datos obtenidos de la Microsoft Planetary Computer);
- *Landsat\_HLS*: Landsat del producto Harmonized Landsat Sentinel-2 de la NASA que es un producto con valores de reflectancia de superficie (generados con datos Landsat 8, Landsat 9, y Sentinel-2 adquiridos desde 2013 hasta la actualidad) con observaciones cada 2 o 3 días a 30 metros de tamaño de pixel (más información acerca del [proyecto](#));
- *Sentinel-2\_HLS*: Sentinel-2 del producto Harmonized Landsat Sentinel-2 de la NASA que es un producto con valores de reflectancia de superficie (generados con datos Landsat 8, Landsat 9, y Sentinel-2 adquiridos desde 2013 hasta la actualidad) con observaciones cada 2 o 3 días a 30 metros de tamaño de pixel (más información acerca del [proyecto](#));
- *MODIS\_09Q1\_MPC*: *MODIS Reflectancia de Superficie 8-Días (250m)* (data retrieved from Microsoft Planetary Computer);
- *MODIS\_11A2\_MPC*: *MODIS Temperatura de Superficie Terrestre 8-Días* (datos obtenidos de la Microsoft Planetary Computer);
- *ASTER\_MPC*: *ASTER L1T* (datos obtenidos de la Microsoft Planetary Computer);
- *Copernicus\_DEM\_30\_MPC*: *Copernicus DEM GLO-30* (datos obtenidos de la Microsoft Planetary Computer);

La descarga *Landsat Sentinel-2 Armonizado* requiere credenciales que deben definirse en [Datos de inicio de sesión](#) (Página 53).

## Parámetros de búsqueda

Define el área de búsqueda (longitud y latitud) de un punto ``Superior izquierdo`` (SI) y un punto Inferior derecho (ID) y seleccionando un producto para la búsqueda. Otros parámetros opcionales son la fecha de adquisición, cobertura máxima de nubes, número de resultados (cuanto menos sean los resultados más rápida será la consulta).

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

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
SI  	define la longitud X (Long) y la latitud Y (Lat) de la SI
SI  	define la longitud X (Long) y la latitud Y (Lat) de la esquina ID
 <i>Mostrar</i>	mostrar o ocultar el área de búsqueda en el mapa
	define el área de búsqueda haciendo click izquierdo para la esquina SI y click derecho para la esquina ID; el área de búsqueda se mostrará en el mapa
<i>Productos</i> 	define el producto para la búsqueda
<i>Fecha desde</i>  1980	define la fecha de adquisición de inicio
<i>hasta</i>  1980	define la fecha de adquisición final
<i>Máxima cobertura de nubes (%)</i> 	define la cobertura máxima de nubes de la imagen
<i>Resultados</i> 	máximo número de imágenes regresado por la búsqueda
<i>Búsqueda avanzada</i>  T	algunos servicios (e.g. Sentinel-2) permiten usar otros parámetros de búsqueda; por ejemplo, el nombre del gránulo (e.g. 33TTG)
<i>Filtro</i>  T	define un filtro como por ejemplo el Product ID (e.g. LC81910312015006LGN00); es posible introducir varios Product IDs separados por comas o punto y coma(e.g. LC81910312015006LGN00, LC81910312013224LGN00 ); el filtro será aplicado a los resultados en el área de búsqueda
<i>Encontrar</i> 	encontrar los productos en el área de búsqueda; los resultados se muestran en la tabla en <a href="#">Lista de productos</a> (Página 52); los resultados se añaden a resultados previos
 <i>Añadir OpenStreet-Map al mapa</i>	este botón permite mostrar el mapa base de OpenStreetMap ( © <a href="#">OpenStreetMap contributors</a> ) a el mapa de QGIS com se describe en <a href="https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS">https://wiki.openstreetmap.org/wiki/QGIS</a> . La cartografía está licenciada bajo CC BY-SA ( <a href="#">Tile Usage Policy</a> )

**Truco:** Los resultados de búsqueda (y por tanto el número de resultados) dependen del tamaño del área de búsqueda y el rango de fechas. Para obtener más resultados, realiza varias búsquedas con un área más pequeña o un rango de fechas de adquisición más corto (desde y hasta).






## Lista de productos

La tabla *Lista de productos* contiene los resultados de la búsqueda. Haz click en cualquier elemento (resalta el elemento) para mostrar la previsualización de la imagen (no todos los productos incluyen previsualización). Los productos resultantes se guardarán en el proyecto de QGIS.

La tabla incluye los siguientes campos.

pro- duc- to	ima- ge	pro- duct_	ac- qui- si- tion_	cloud_	zo- ne_pat	row	lat_n	lon_l	lat_n	lon_l	co- lec- ción	si- ze	pre- view	uid	ref_url
el nom- bre del pro- duc- to (e.g., Sentir 2)	el nom- bre de la ima- gen	el ID del pro- duc- to	la fe- cha de ad- qui- si- ción del pro- duc- to	por- cen- taje de la cu- bier- ta de nu- bes en el pro- duc- to	la zona o el path WRS de- pen- dien- do del tipo de pro- ducto	el WRS	la- ti- tud mí- ni- ma del pro- duc- to	lon- gi- tud mí- ni- ma del pro- duc- to	la- ti- tud má- xi- ma del pro- duc- to	lon- gi- tud má- xi- ma del pro- duc- to	có- di- go de la co- lec- ción	ta- ma- ño del pro- duc- to	URL de la pre- vi- sua- li- za- ción del pro- duc- to	iden- tifi- ca- dor del ele- men- to	URL de re- fe- ren- cia









Las siguientes herramientas están disponibles

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	mostrar en el mapa la previsualización de las imágenes seleccionadas; la georreferencia- ción de la previsualización es aproximada y se realiza al vuelo (no todos los productos incluyen previsualización)
	quitar las imágenes seleccionadas de la lista
	quitar todas las imágenes de la lista
	importar la lista de productos desde un archivo XML
	exportar la lista de productos a un archivo XML

## Descargar

Descargue los productos en la *Lista de productos* (Página 52). Durante la descarga, se recomienda no interactuar con QGIS.

Dependiendo del servicio de descarga, es posible seleccionar bandas a descargar

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Banda X</i>	seleccionar bandas para descargar
 <i>Datos auxiliares</i>	si está marcado, se descargarán los archivos de metadatos
	selecciona o deselecciona todas las bandas
 <i>Solo si la previsualización está en Capas</i>	si está marcado, descarga solo las imágenes en la <i>Lista de productos</i> (Página 52) que ya está en el panel de capas de QGIS
 <i>Preprocesar imágenes</i>	si está marcado, las bandas serán automáticamente convertidas después de la descarga
 <i>Cargar bandas en QGIS</i>	si está marcado, las bandas se cargan en QGIS después de la descarga
	exportar los enlaces de descarga a un archivo de texto (.csv)
<i>EJECUTAR</i> 	iniciar la descarga de todos los productos que están en la <i>Lista de productos</i> (Página 52)

## Datos de inicio de sesión

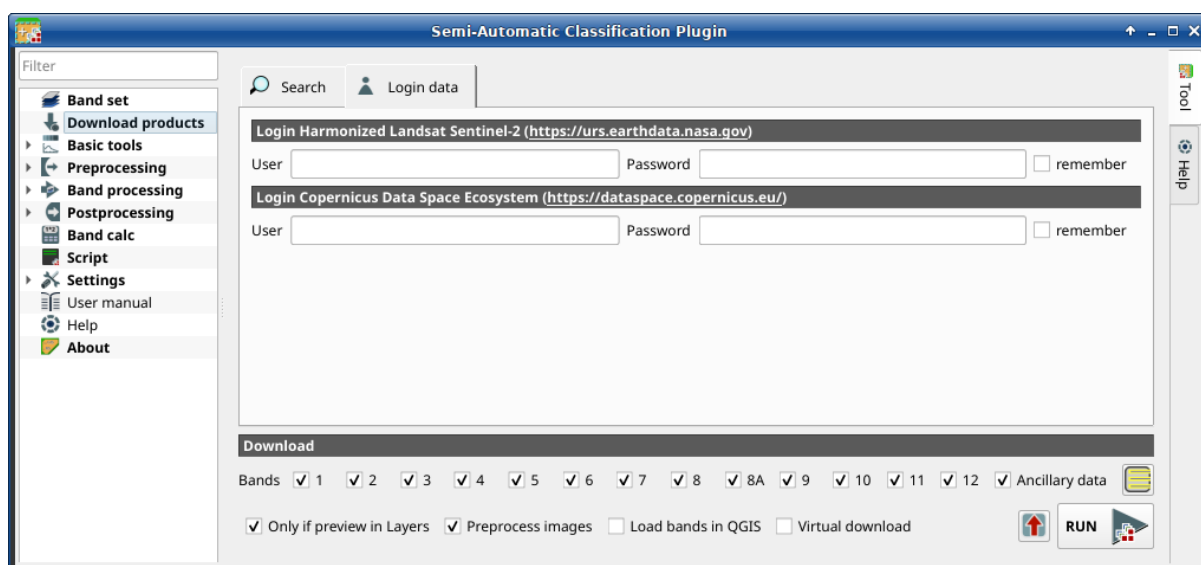




Figura 11:  Login data

## Login Harmonized Landsat Sentinel-2



La descarga de Landsat Sentinel-2 Armonizado requiere registrarse en *EOSDIS Earthdata* (<https://urs.earthdata.nasa.gov>) Puedes registrarte de forma gratuita en <https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new> .

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <input type="text" value="T"/>	introduce el nombre de usuario
 <input type="text" value="T"/>	introduce la contraseña
<input checked="" type="checkbox"/> <i>recordar</i>	si está marcado, se recordará el nombre de usuario y contraseña en QGIS

**Advertencia:** si ☒ *recordar* está marcado, la contraseña será almacenada sin encriptación en el registro de QGIS.

## Login Copernicus Data Space Ecosystem

La descarga de Sentinel-2 también está disponible usando credenciales del *Copernicus Data Space Ecosystem* (<https://dataspace.copernicus.eu>). Se puede realizar el registro de forma gratuita en <https://dataspace.copernicus.eu> .

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <input type="text" value="T"/>	introduce el nombre de usuario
 <input type="text" value="T"/>	introduce la contraseña
<input checked="" type="checkbox"/> <i>recordar</i>	si está marcado, se recordará el nombre de usuario y contraseña en QGIS

**Advertencia:** si ☒ *recordar* está marcado, la contraseña será almacenada sin encriptación en el registro de QGIS.

### 3.4.3 Herramientas Básicas

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

## Exportar firmas

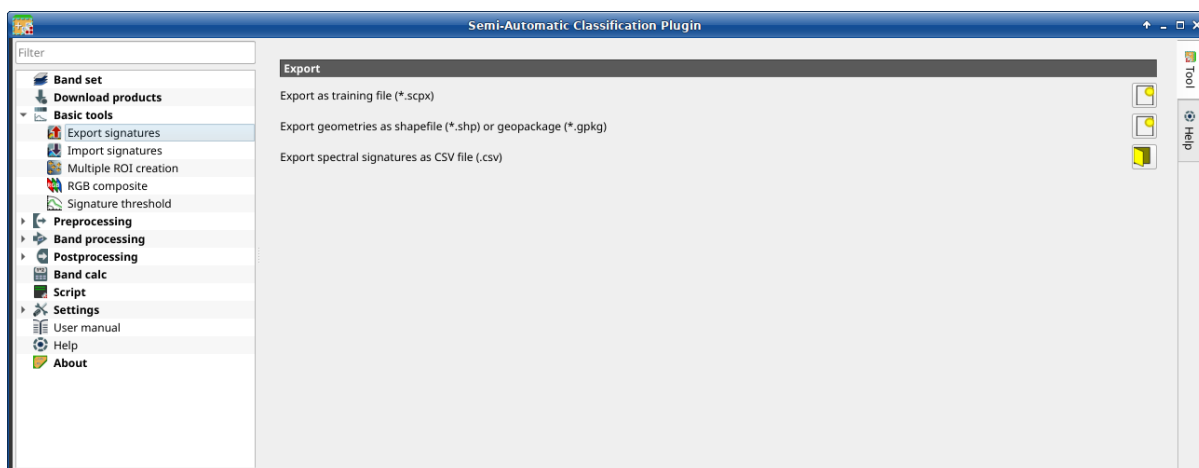





Figura 12:  Exportar firmas

Esta herramienta permite exportar las firmas seleccionadas en el *ROI & Signature list* (Página 36).

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Exportar como un archivo SCP</i>	crea un archivo .scp nuevo y exportar las ROIs seleccionadas y las firmas espectrales como un archivo <i>SCP</i> (.scpx)
 <i>Exportar a shapefile o geopackage</i>	exportar las ROIs seleccionadas (sin los datos de las firmas espectrales) a shapefile (.shp) o geopackage (.gpkg)
 <i>Exportar las firmas espectrales a un archivo CSV</i>	abre un directorio, y exportar las firmas espectrales seleccionadas a archivos CSV individuales (.csv) separa por punto y coma ( ; )

## Import signatures

- *Import library file* (Página 56)
- *Import vector* (Página 56)
- *Download USGS Spectral Library* (Página 57)

The tab  *Import signatures* allows for importing spectral signatures from various sources.



## Import library file

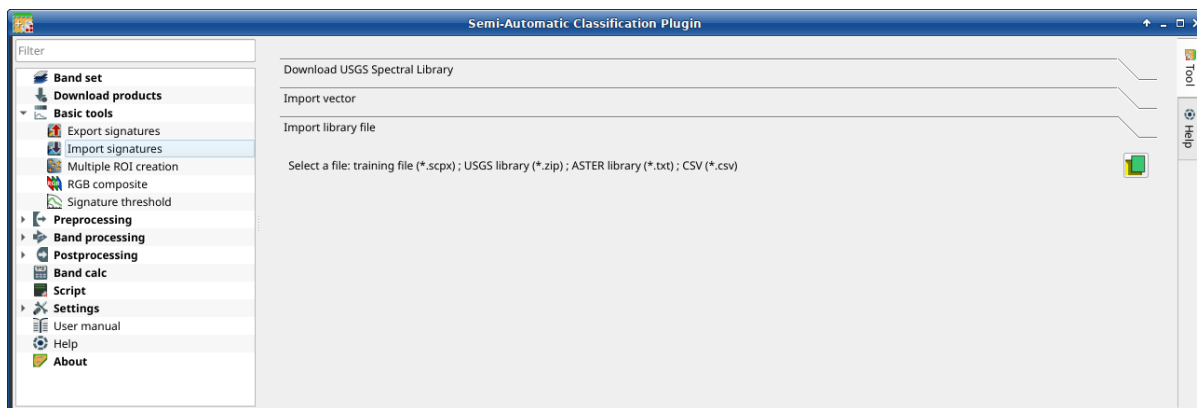



Figura 13: *Import library file*

This tool allows for importing spectral signatures from various sources: a previously saved *Training input* (Página 33) (.scpx file); a USGS Spectral Library (.asc file); a previously exported .csv file. In case of USGS Spectral Library, the library is automatically sampled according to the image band wavelengths defined in the *Conjunto de Bandas* (Página 45), and added to the *ROI & Signature list* (Página 36);

Tool symbol and name	Description
 <i>Select a file</i>	open a file to be imported in the <i>Training input</i> (Página 33)

## Import vector

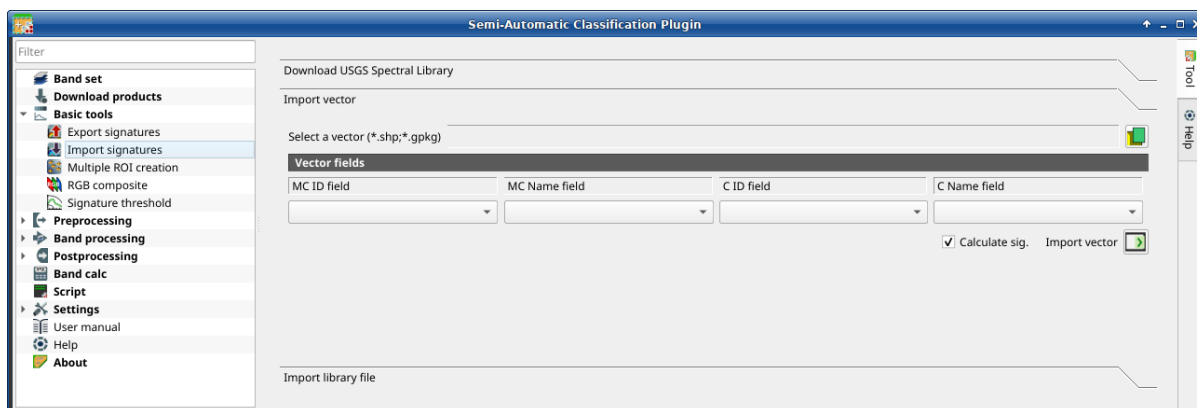









Figura 14: *Import vector*

This tool allows for importing a vector (shapefile or geopackage), selecting the corresponding fields of the *Training input* (Página 33).

Tool symbol and name	Description
 <i>Select a vector</i>	open a vector
<i>MC ID field</i> 	select the vector field corresponding to MC ID
<i>MC Name field</i> 	select the vector field corresponding to MC Name
<i>C ID field</i> 	select the vector field corresponding to C ID
<i>C Name field</i> 	select the vector field corresponding to C Name
 <i>Calculate sig.</i>	if checked, the spectral signature is calculated while the ROI is saved to <i>Training input</i> (Página 33)
 <i>Import vector</i>	import all the vector polygons as ROIs in the <i>Training input</i> (Página 33)

## Download USGS Spectral Library

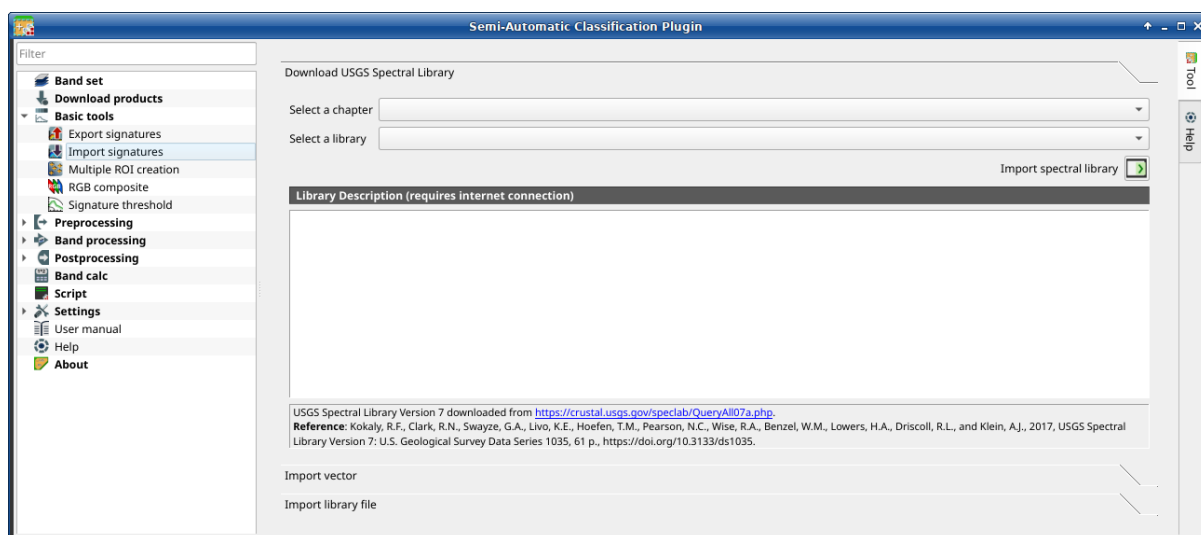





Figura 15: *Download USGS Spectral Library*

The tab *Download USGS Spectral Library* allows for the download of the [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).

The libraries are grouped in chapters including Minerals, Mixtures, Coatings, Volatiles, Man-Made, Plants, Vegetation Communities, Mixtures with Vegetation, and Microorganisms.

An internet connection is required.

Tool symbol and name	Description
 Select a chapter	select one of the library chapters; after the selection, chapter libraries are shown in <i>Select a library</i>
 Select a library	select one of the libraries; the library description is displayed in the frame <i>Library description</i>
 Import spectral library	download the library and add the sampled spectral signature to the <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36) using the parameters defined for class and macroclass; the library is automatically sampled according to the image band wavelengths defined in the <i>active band set</i> in <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45), and added to the <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)

**Truco:** Spectral libraries downloaded from the USGS Spectral Library can be used with Minimum Distance or Spectral Angle Mapping algorithms, but not Maximum Likelihood because this algorithm needs the covariance matrix that is not included in the spectral libraries.

## Multiple ROI Creation

- *Create random points* (Página 59)
- *Point coordinates and ROI definition* (Página 59)

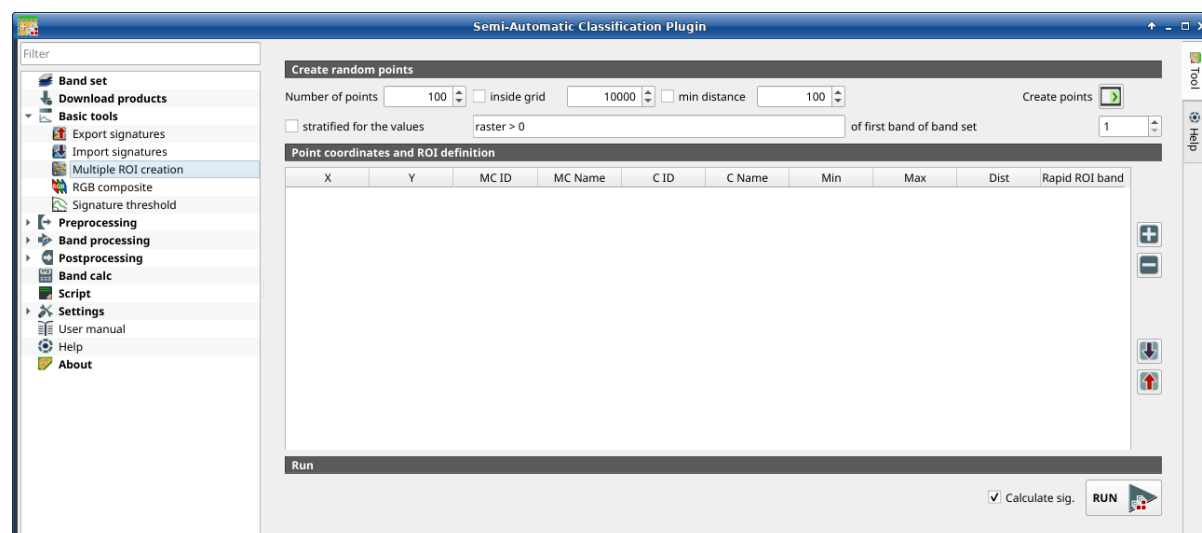









Figura 16:  *Multiple ROI Creation*

This tab allows for the automatic creation of ROIs, useful for the rapid classification of multi-temporal images, or for accuracy assessment. Given a list of point coordinates and ROI options, this tool performs the region growing of ROIs. Created ROIs are automatically saved to the *Training input* (Página 33). The *active band set* in *Conjunto de Bandas* (Página 45) is used for calculations.

## Create random points







Tool symbol and name	Description
	
<i>Number of points</i> 	set a number of points that will be created when <i>Create points</i> is clicked
<input checked="" type="checkbox"/> <i>inside grid</i> 	if checked, the <i>band set</i> area is divided in cells where the size thereof is defined in the combobox (image unit, usually meters); points defined in <i>Number of random points</i> are created randomly within each cell
<input checked="" type="checkbox"/> <i>min distance</i> 	if checked, random points have a minimum distance defined in the combobox (image unit, usually meters); setting a minimum distance can result in fewer points than the number defined in <i>Number of points</i>
<i>Create points</i> 	create random points inside the <i>band set</i> area
<input checked="" type="checkbox"/> <i>stratified for the values</i> 	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 <i>raster</i> ; multiple expressions can be entered separated by semicolon ( ; ) but the total number of stratified points is the same as the defined <i>Number of points</i>
<i>of the first band of band set</i> 	defines the <i>band set</i> in <input checked="" type="checkbox"/> <i>stratified for the values</i>

## Point coordinates and ROI definition

The table *Point coordinates and ROI definition* contains the following fields.

X	Y	MC ID	MC Name	C ID	C Name	Min	Max	Dist	Rapid ROI band
point X coordinate (float)	point Y coordinate (float)	ROI Macro-class ID (int)	ROI Macro-class Name (text)	ROI Class ID (int)	ROI Class Name (text)	the minimum area of a ROI (in pixel unit)	the maximum width of a ROI (in pixel unit)	the interval which defines the maximum spectral distance between the seed pixel and the surrounding pixels (in radiometry unit)	if a band number is defined, ROI is created only using the selected band, similarly to <i>Rapid ROI band</i> in <a href="#">ROI &amp; Signature list</a> (Página 36)

The following tools are available.

Tool symbol and name	Description
	add a new row to the table; all the table fields must be filled for the ROI creation
	delete the highlighted rows from the table
	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 Name, Class ID, C Name, Min, Max, Dist, and optionally the Rapid ROI band; in case of shapefile, only point coordinates are imported
	export the point list to text file
	if checked, the spectral signature is calculated while the ROI is saved to <i>Training input</i> (Página 33)
Calculate sig.	
RUN	start the ROI creation process for all the points and save ROIs to the <i>Training input</i> (Página 33)
	

## RGB composite

- *RGB composite* (Página 61)
- *RGB Automático* (Página 61)

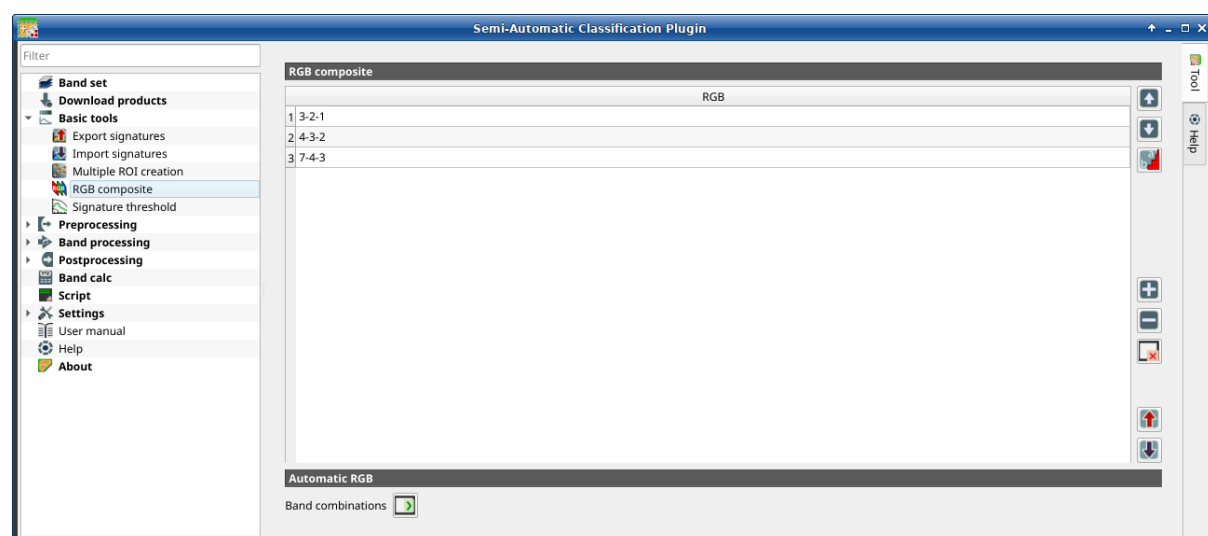










Figura 17:  *RGB composite*


Esta pestaña permite manipular las RGB *Composición de Color* (Página 134) usadas en la lista *RGB=* de la *Image control* (Página 43).

## RGB composite

The table *RGB composite* contains the field *RGB* that allows for entering an RGB combination.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	move highlighted RGB combination upward
	move highlighted RGB combination downward
	automatically sort RGB combinations by name
	add a row to the table
	remove highlighted rows from the table
	clear all RGB combinations from <i>RGB list</i>
	export the <i>RGB list</i> to a file (i.e. .csv)
	import a previously saved <i>RGB list</i> from file (i.e. .csv)

## RGB Automático

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Band combinations</i> 	add the combinations of all bands (i.e. permutation) to the <i>RGB composite</i> (Página 61) (e.g. 1-2-3, 1-2-4, ..., 3-2-1)

## Umbral de firma

- *Umbral de firma* (Página 62)
- *Umbrales automáticos* (Página 62)

This tab allows for the definition of a classification threshold (only for Minimum Distance, Maximum Likelihood, and Spectral Angle Mapping algorithms) for each spectral signature. All the signatures contained in the *Training input* (Página 33) are listed. Thresholds defined in this tool are applied to classification only if *Threshold* value in *Algoritmo* (Página 76) is 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).

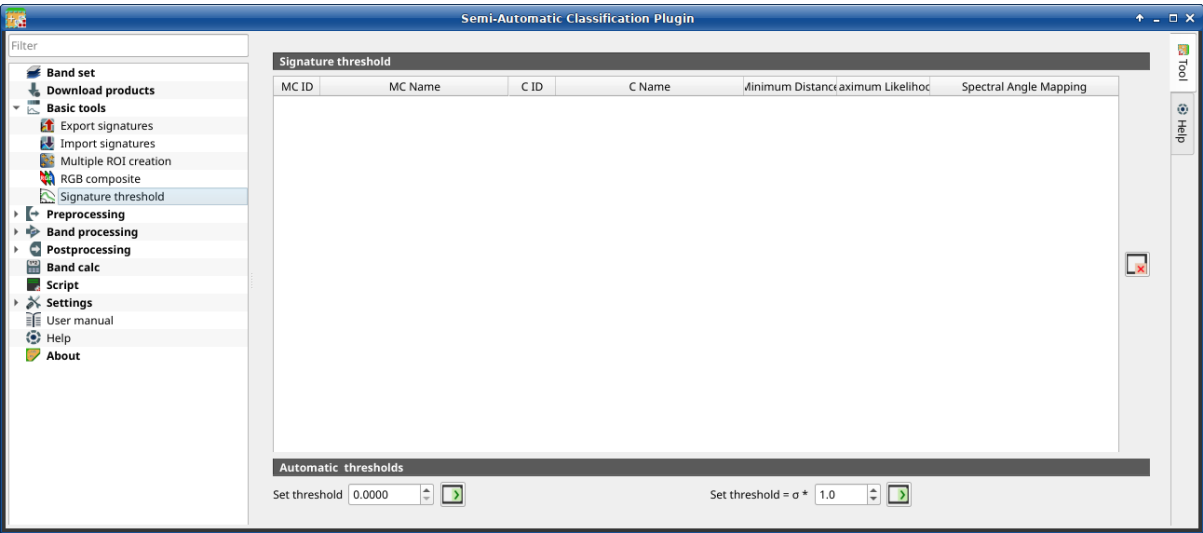



Figura 18:  Umbral de firma



Umbral de firma

The table *Signature threshold* contains the following fields.

MC ID	MC Name	C ID	C Name	Umbral MD	Umbral ML	Umbral SAM
signature Macro-class ID	signature Macro-class Name	signature Class ID	signature Class Name	Minimum Distance threshold; this value can be edited	Maximum Likelihood threshold; this value can be edited	Spectral Angle Mapping threshold; this value can be edited


-  : restaura todos los umbrales de firmas a 0 (por tanto no se usa el umbral);

Umbrales automáticos

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Set threshold</i> 	set the defined value as threshold for all the highlighted signatures in the table
<i>Set threshold = σ * </i>	for all the highlighted signatures, set an automatic threshold calculated as the distance (or angle) between mean signature and (mean signature + ( * v)), where $\sigma$ is the standard deviation and v is the defined value; currently works for Minimum Distance and Spectral Angle Mapping



### 3.4.4 Preprocesamiento

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

#### Recortar bandas ráster

- *Cortar conjunto de bandas* (Página 63)
- *Coordenadas de corte* (Página 64)

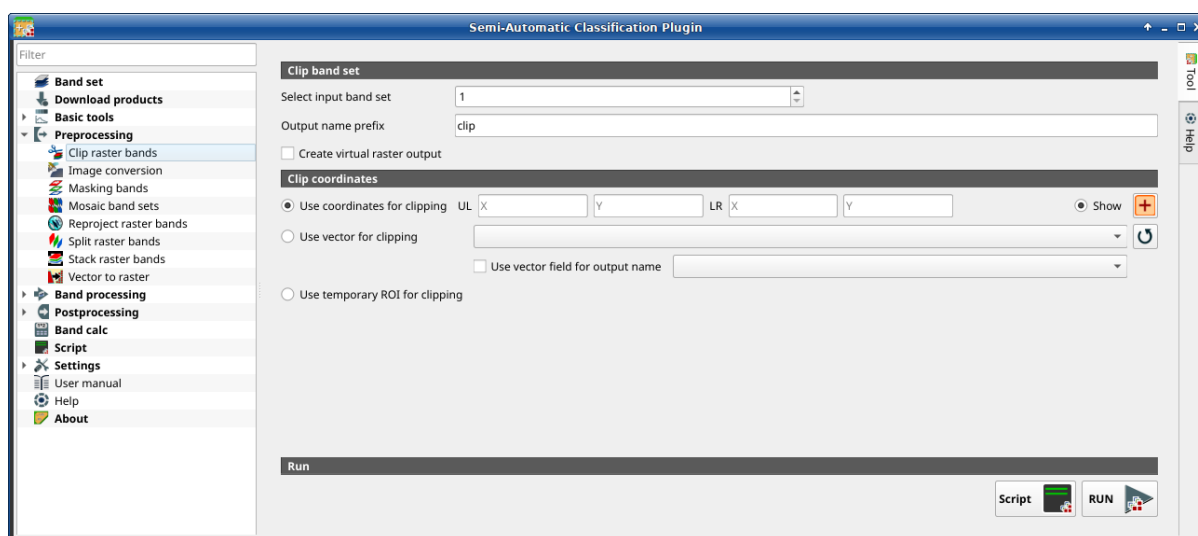







Figura 19: Recortar varios rásteres

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.















**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace](#).

#### Cortar conjunto de bandas

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) a recortar
 <i>Usar el valor como Sin Datos</i> 	si está marcado, define el valor para los píxeles <i>Sin datos</i> (e.g. píxeles fuera del area recortada)
<i>Prefijo del nombre del archivo de salida</i> 	define el prefijo de los archivos de salida (por defecto es clip)

## 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.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Usar coordenadas para el recorte</i>	si está marcado, se usaran las coordenadas para recortar las bandas
X SI 	define la coordenada X de la esquina SI
Y SI 	define la coordenada Y de la esquina SI
X ID 	define la coordenada X de la esquina ID
Y ID 	define la coordenada Y de la esquina ID
 <i>Mostrar</i>	mostrar o ocultar el área de recorte en el mapa
	define el área de recorte dibujándola en el mapa; click izquierdo para definir la esquina SI y click derecho para definir la esquina ID; el área se muestra en el mapa
 <i>Usar un vector para recortar</i> 	si está marcada, usar el vector seleccionado (ya cargado en QGIS) para recortar; las coordenadas SI e ID serán ignoradas
 <i>Usar un campo del vector para el nombre de salida</i> 	si está marcado, se selecciona un campo del vector para iterar sobre cada polígono y el valor del campo correspondiente es añadido al nombre de salida
 <i>Usar una RDI temporal para recortar</i>	si está marcado, usar el vector seleccionado (ya cargado en QGIS) para recortar; las coordenadas SI e ID serán ignoradas
<b>[recarga]</b>	refresca la lista de capas
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<b>EJECUTAR</b> 	ejecutar esta función

## Image conversion

- [Image conversion](#) (Página 65)
- [Metadata](#) (Página 66)

This tool allows for the conversion of several products to reflectance. Depending on the processing level of the source product, the conversion can be to the physical measure of Top Of Atmosphere reflectance (TOA), or the application of a simple atmospheric correction using the DOS1 method (Dark Object Subtraction 1), which is an image-based technique (for more information about conversion to TOA and DOS1 correction, see [Conversión de la imagen a Reflectancia](#) (Página 150)). In case the source product is already provided as surface reflectance level, the rescaling factors are applied to convert the DN to decimal values.

The following products can be processed:

- **Sentinel-2** images Level-1C;
- **Sentinel-2** images Level-2A;
- **Landsat 1, 2, 3 MSS, 4, 5, 7, 8, 9** images Collection 2 Level-2;

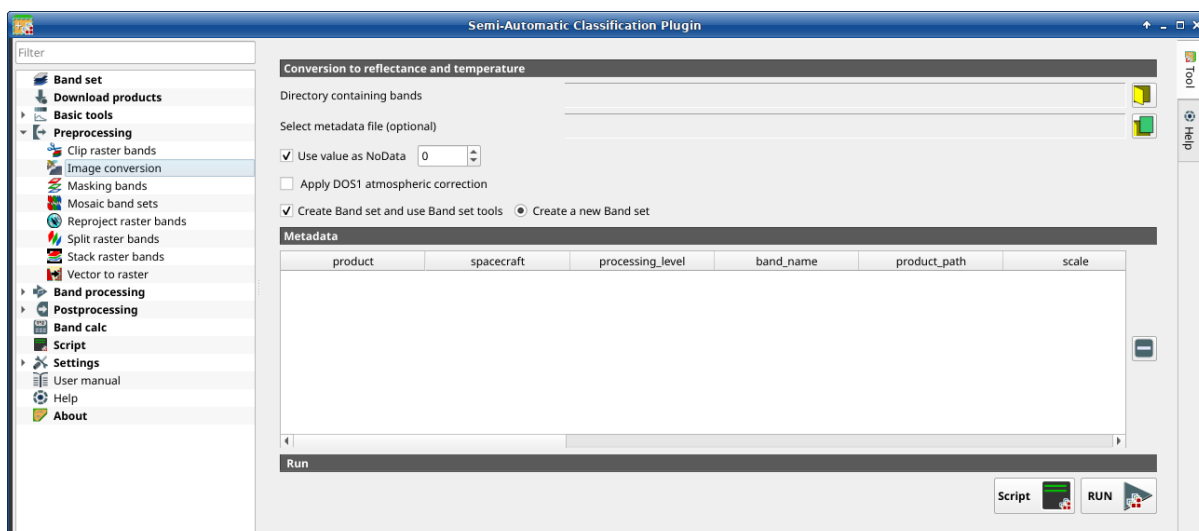


Figura 20: Image conversion

#### ■ Harmonized Landsat Sentinel-2.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#).

### Image conversion

Once the input is selected, available bands are listed in the metadata table.

Tool symbol and name	Description
<i>Directory containing bands</i>	open a directory containing product bands; names of bands must end with the corresponding number; if the metadata file is included in this directory then <i>Metadata</i> (Página 66) is automatically filled
<i>Select metadata file</i>	select the metadata file if not included in the <i>Directory containing bands</i> ; for Sentinel-2, the metadata file is a .xml file whose name contains MTD_MSIL1C.
<i>Use value as NoData</i>	if checked, pixels having NoData value are not counted during conversion and the DOS1 calculation of DNmin; it is useful when image has a black border (usually pixel value = 0)
<i>Apply DOS1 atmospheric correction</i>	if checked, the <i>Corrección DOS1</i> (Página 151) is applied to all the bands
<i>Create Band set and use Band set tools</i>	if checked, bands are added to the active <i>Band set</i> after the conversion; also, the <i>Band set</i> is processed according to the tools checked in the <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45)
<i>Add bands in a new Band set</i>	if checked, bands are added to a new empty <i>Band set</i> after the conversion

**Truco:** For the best spectral precision one should download Surface Reflectance products (e.g., for Sentinel-2 the

Level-2A Products).

**Advertencia:** For Sentinel-2 L2A images downloaded as .zip file, all the .jp2 files must be moved inside the same directory and renamed according to the band number in the ending (e.g. from name\_02\_10m.jp2 to name\_02.jp2).


## Metadata

*Metadata* are required for the process to identify the product. If the *Metadata* file is not inside the input directory, one can define the file path in *Select metadata file*. In the *Metadata*, all the bands found in are listed.



The table *Metadata* contains the following fields.

product	space-craft	processing_level	band	product	scale	offset	no-data	date	k1	k2	band	e_sun	earth_sun_distance
product name (e.g., Sentinel 2)	space-craft name (e.g., Sentinel 2)	processing level of the product (e.g., Level-2)	name of the band	path of the band	scale of the band	offset of the band	no-data value of the band	date of acquisition of the product	k1 parameter for Land-sat thermal conversion	k2 parameter for Land-sat thermal conversion	band number	solar irradiance of band	Earth-Sun distance

It is possible to remove bands from the table, to exclude these bands from the conversion.

Tool symbol and name	Description
	remove highlighted bands from the table <i>Metadata</i>

Bands having different spatial resolution are not resampled at this stage. However, when using these bands in a classification process, all the bands are resampled on the fly to the highest spatial resolution with nearest neighbor.

Tool symbol and name	Description
 <i>Script</i>	add this function to the <i>Script</i> (Página 108)
 <i>RUN</i>	run this function

**Truco:** To reduce file size, output files are saved as data type UInt16 with scale 0.0001, which are interpreted as Float32 type by GDAL.

## Masking bands

- *Conjunto de máscara de banda* (Página 68)

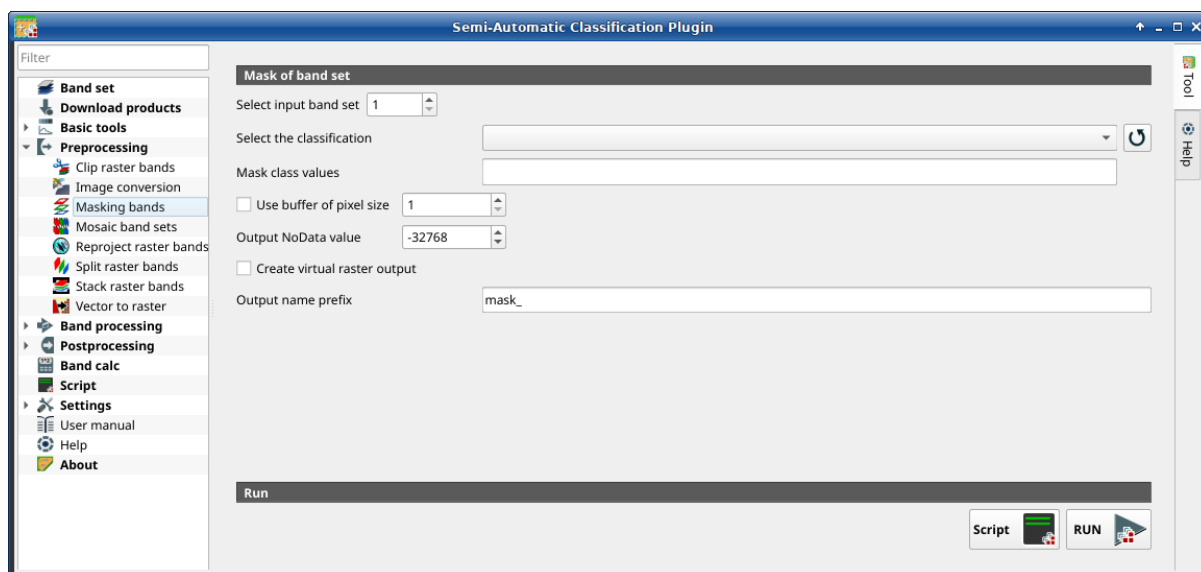










Figura 21: *Masking bands*

This tool allows for masking bands, based on the values of a raster mask, creating an output masked band for each band of the *Conjunto de Bandas* (Página 45). NoData is set in all the bands of the *Conjunto de Bandas* (Página 45) for pixels corresponding to the mask.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

## Conjunto de máscara de banda

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	select the input <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) to be masked
<i>Selecciona la clasificación</i> 	select a classification raster (already loaded in QGIS) which contains a mask class
<b>[recarga]</b>	refresca la lista de capas
<i>Mask class values</i> 	set the class values to be masked; class values must be separated by , and - can be used to define a range of values (e.g. 1, 3-5, 8 will select classes 1, 3, 4, 5, 8); if the text is red then the expression contains errors
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Use buffer of pixel size</i> 	if checked, a buffer is created for masked area, corresponding to the defined number of pixels; this can be useful to dilate masked area
<i>Valor sin datos de la salida</i> 	set the value of NoData pixels corresponding to the mask
<i>Prefijo del nombre del archivo de salida</i> 	set the prefix for output file names (default is mask_)
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<b>EJECUTAR</b> 	ejecutar esta función

## Mosaico de conjuntos de bandas

- *Mosaico de conjuntos de bandas* (Página 69)

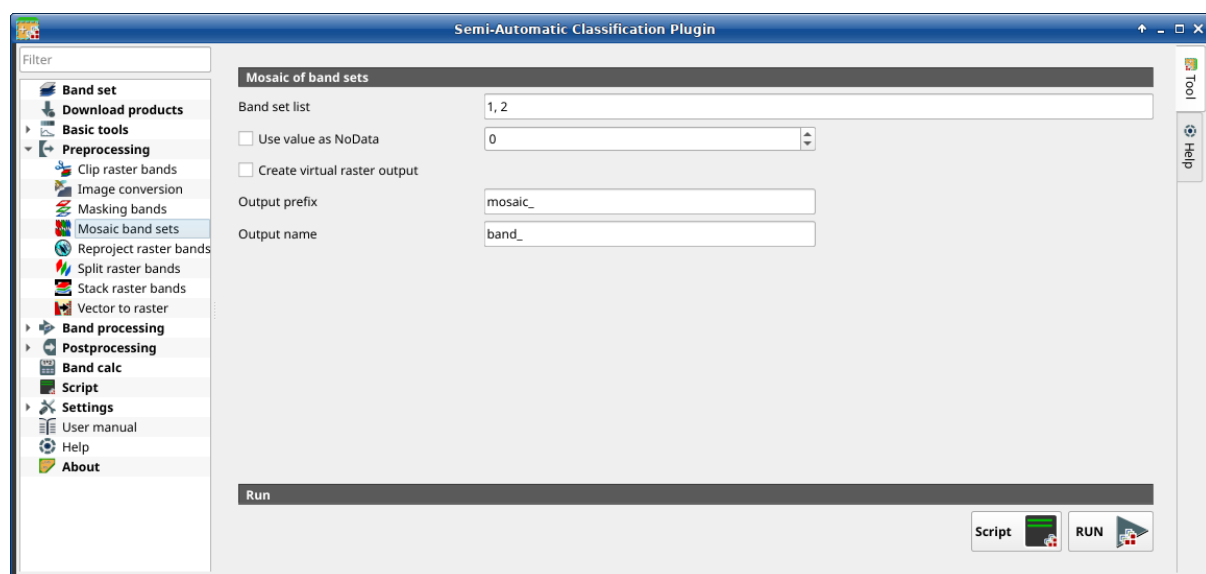


Figura 22: *Mosaic band sets*

This tool allows for the mosaic of band sets, merging the corresponding bands of two or more band sets defined in

the *Conjunto de Bandas* (Página 45). An output band is created for every corresponding set of bands in the band sets. NoData values of one band set are replaced by the values of the other band sets.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#).

### Mosaico de conjuntos de bandas

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Band set list</i>	list if band sets defined in the <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45); in case of overlapping images, the pixel values of the first band set in the list are assigned
<i>Usar el valor como Sin Datos</i>	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
<i>Create virtual raster output</i>	if checked, output is created as virtual raster .vrt composed of as many .tif files as the number of threads defined in <i>System</i> (Página 112); for large rasters this can speed up the process
<i>Prefijo del nombre del archivo de salida</i>	set the prefix for output file names (default is mosaic)
<i>Script</i>	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i>	ejecutar esta función

### Reproyectar bandas ráster

- *Reproyectar bandas ráster* (Página 71)

Esta pestaña permite reproyectar bandas en un: ref: *band\_set\_tab* y realizar otras operaciones ráster.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#).

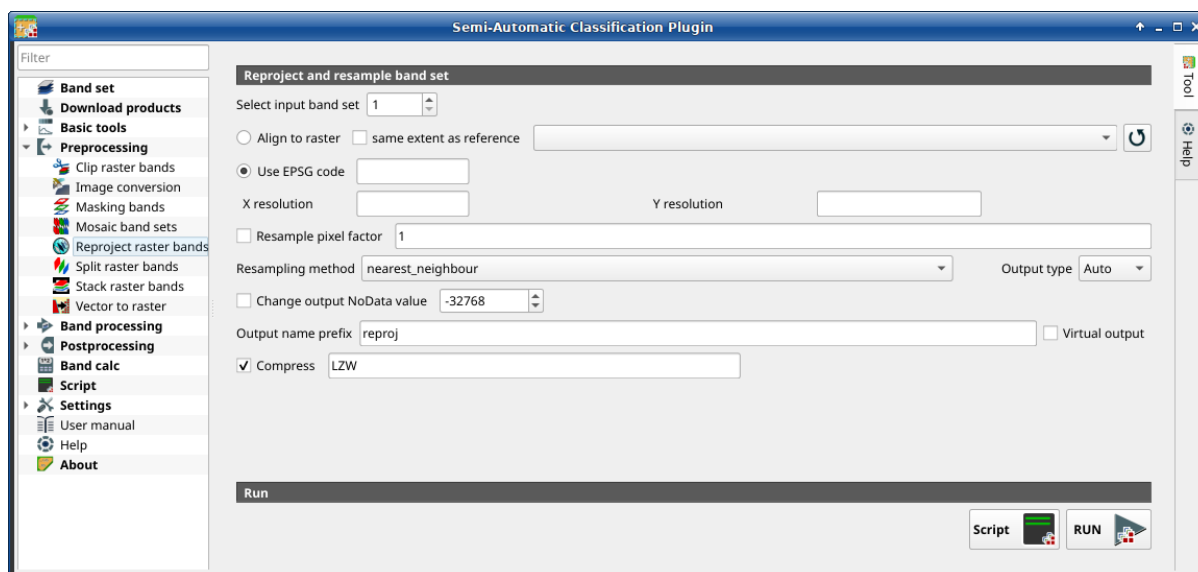














Figura 23: Reproject raster bands



## Reproyectar bandas ráster

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	select the input <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) to be reprojected
 <i>Align to raster</i> 	if checked, use the same coordinate reference system and pixel size as the selected reference
 <i>same extent as reference</i> 	if checked, the output extent will be the same as the reference
<b>[recarga]</b>	refresca la lista de capas
 <i>Use EPSG code</i> 	if checked, use the EPSG code for defining the output coordinate reference system
<i>X resolution</i> 	set X pixel resolution
<i>Y resolution</i> 	set Y pixel resolution
 <i>Resample pixel factor</i> 	if checked, new pixel size will be the original size times this factor
<i>Resampling method</i> 	select the resampling method; options are: nearest_neighbour, average, sum, maximum, minimum, mode, median, first_quartile, third_quartile
<i>Output type</i> 	select the output raster type; options are: Auto (same as input), Float32, Int32, UInt32, Int16, UInt16, Byte
 <i>Change output NoData value</i> 	if checked, set a new value for NoData pixels
<i>Prefijo del nombre del archivo de salida</i> 	set the prefix for output file names (default is reproj)
<i>Compress</i> 	if checked, set the compression method (e.g., LZW, DEFLATE)
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<b>EJECUTAR</b> 	ejecutar esta función

## Separar bandas ráster

- *Lista de Rásters* (Página 72)

Separa una ráster multibanda en bandas sencillas.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

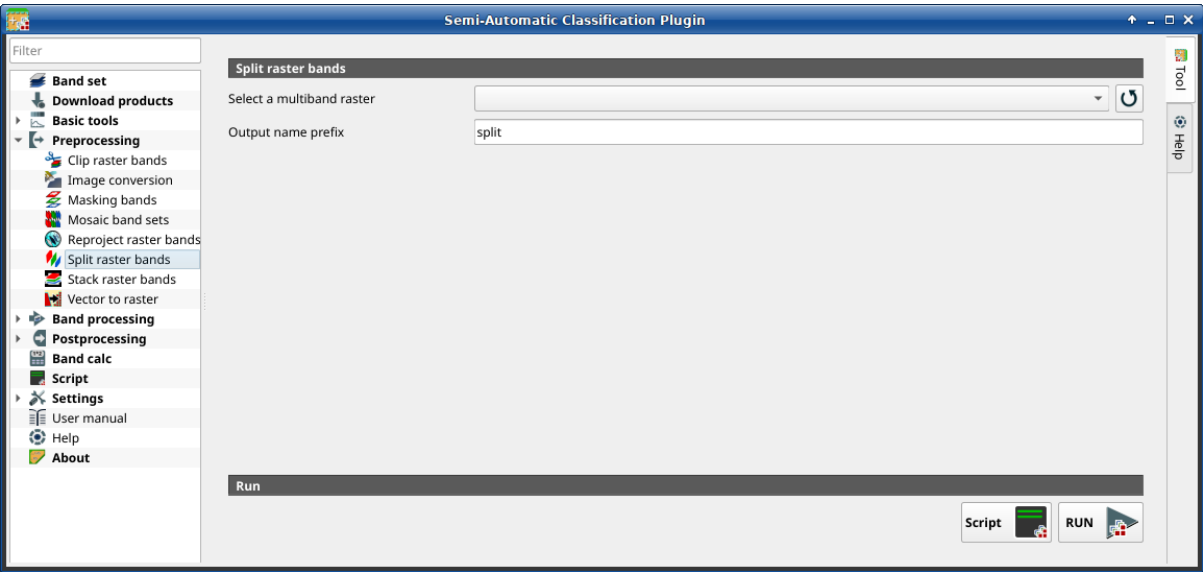


Figura 24: Split raster bands

Lista de Rásters

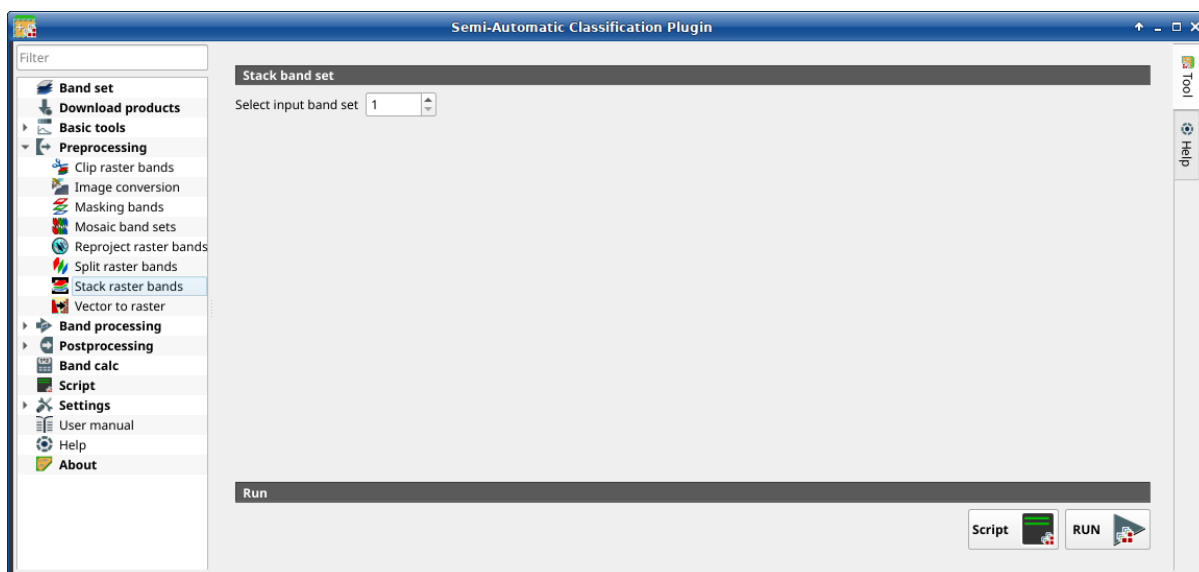
Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
Select a multiband raster	select the input raster
<b>recarga</b>	refresca la lista de capas
Prefijo del nombre del archivo de salida	set the prefix for output file names (default is split)
Script	añadir está función al <i>Script</i> (Página 108)
EJECUTAR	ejecutar esta función

Stack raster bands




- Conjunto de bandas agrupadas (Página 73)

Agrupar todas las bandas en un: ref: *band\_set\_tab* en un ráster multibanda.

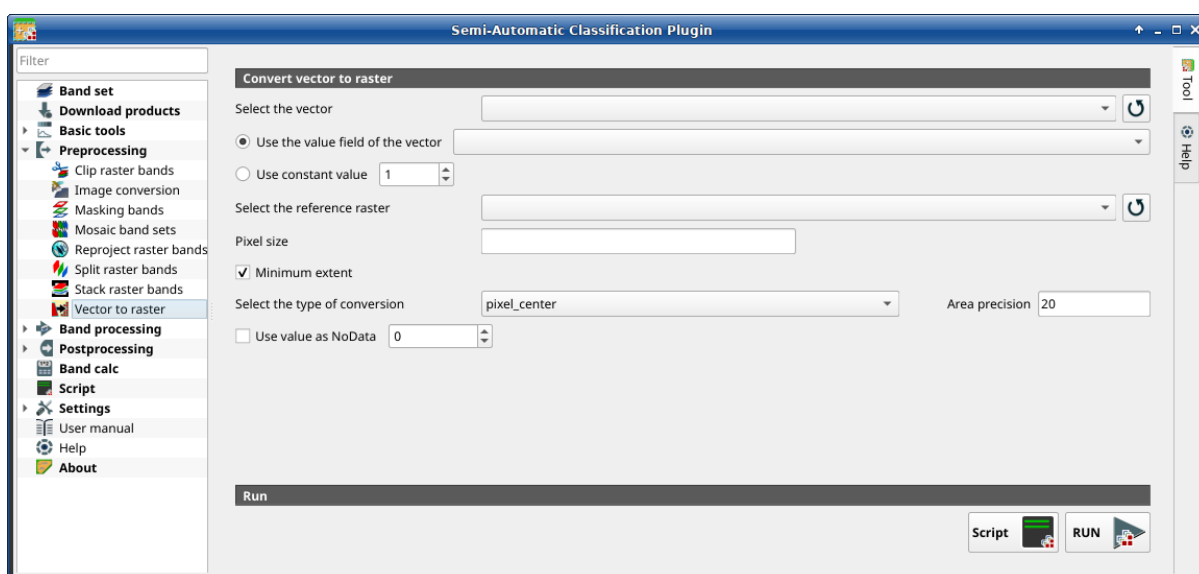
**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

Figura 25: *Stack raster bands*

### Conjunto de bandas agrupadas

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	select the input <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) to be stacked
	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
	ejecutar esta función
















### Vectorial a ráster

Figura 26: *Vector to raster*


This tab allows for the conversion of a vector (polygon) to raster format.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#).

## Convertir vector a raster

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Select the vector</i> 	select a vector already loaded in QGIS
<b> recarga </b>	refresca la lista de capas
 <i>Use the value field of the vector</i> 	if checked, the selected field is used as attribute for the conversion; pixels of the output raster have the same values as the vector attribute
 <i>Use constant value</i> 	if checked, the polygons are converted to raster using the selected constant value
<i>Select the reference raster</i> 	select a reference raster; pixels of the output raster have the same size and alignment as the reference raster
<b> recarga </b>	refresca la lista de capas
<i>Tamaño de píxel</i> 	set the size of pixel of output raster
 <i>Minimum extent</i>	if checked, the output raster has the minimum vector extent; otherwise, output extent is the same as the <i>Select the reference raster</i> 
<i>Select the type of conversion</i> 	<b>select the type of conversion among:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>pixel_center</i>: during the conversion, vector is compared to the reference raster; output raster pixels are attributed to a polygon if pixel center is within that polygon</li> <li>▪ <i>all_touched</i>: during the conversion, vector is compared to the reference raster; output raster pixels are attributed to a polygon if pixel touches that polygon</li> <li>▪ <i>area_based</i>: during the conversion, output raster pixels are attributed based on area proportion of polygons</li> </ul>
<i>Area precision</i> 	for <i>area_based</i> method, the higher the value, the higher is the precision in the calculation of area proportion (and the time required for calculation)
 <i>Usar el valor como Sin Datos</i> 	if checked, set a value for NoData pixels
<i>Script</i> 	añadir está función al <i>Script</i> (Página 108)
<b>EJECUTAR</b> 	ejecutar esta función

### 3.4.5 Procesamiento de banda

La pestaña  *Procesamiento de banda* proporciona varias funciones que se pueden aplicar a *Conjunto de Bandas* (Página 45).

#### Clasificación

- *Entrada* (Página 76)
- *Algoritmo* (Página 76)
  - *Máxima Probabilidad* (Página 76)
  - *Distancia mínima* (Página 78)
  - *Perceptron Mutli-capa* (Página 79)
  - *Bosque Aleatorio* (Página 80)
  - *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 82)
  - *Máquinas de Soporte de Vectores* (Página 83)
- *Ejecutar* (Página 84)

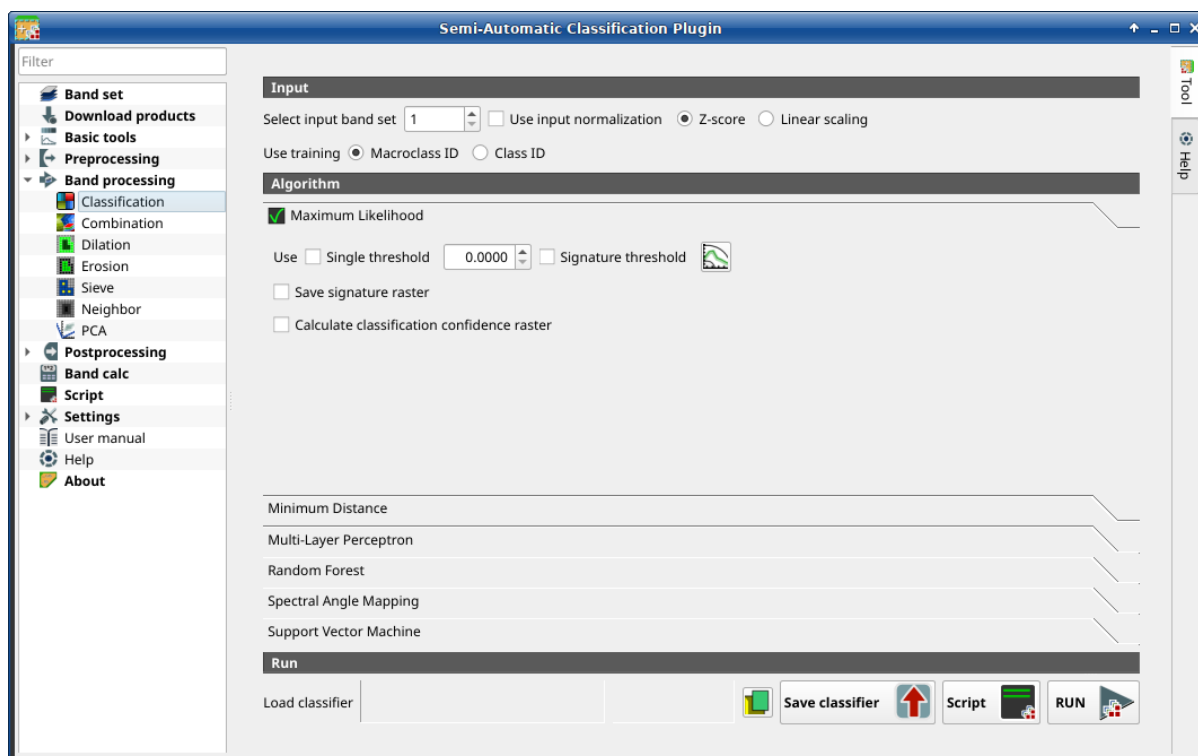


Figura 27: Clasificación

Esta pestaña permite la clasificación de: ref: *band\_set\_tab* usando las firmas espectrales registradas: ref: *ROI\_list*. Varias opciones de clasificación se establecen en esta pestaña que afectan el proceso de clasificación también durante la: ref: *class\_preview*.

Esta herramienta permite seleccionar de uno de los siguientes algoritmos

- *Máxima Probabilidad* (Página 76)

- *Distancia mínima* (Página 78)
- *Perceptron Mutli-capa* (Página 79)
- *Bosque Aleatorio* (Página 80)
- *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 82)
- *Máquinas de Soporte de Vectores* (Página 83)



También es posible guardar y cargar un clasificador previamente entrenado.

---

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

---

## Entrada

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) a clasificar
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Normalizar los datos de entrada</i> 	si está marcado, normaliza los datos de entrada usando uno de los métodos seleccionados
<input type="radio"/> <i>Z-score</i>	si está marcado con <input checked="" type="checkbox"/> <i>Usar entrada normalizada</i> , se realizará la normalización de los datos de entrada usando Z-score.
<input type="radio"/> <i>Escalado lineal</i>	si está marcado con <input checked="" type="checkbox"/> <i>Usar entrada normalizada</i> , se realizará la normalización de los datos de entrada usando reescalado lineal.
<i>Usar entrenamiento con</i> <input type="radio"/> <i>ID de Macro-clase</i>	si está marcado la clasificación se realizará usando
<i>usar entrenamiento con</i> <input type="radio"/> <i>ID de Clase</i> la ID de Macroclase (código <i>MC ID</i> de la firma)	si está marcado, la clasificación se realizará usando el ID de Clase (código <i>C ID</i> de la firma)

## Algoritmo

Esta herramienta permite seleccionar del algoritmo de clasificación. La pestaña de algoritmo incluye los parámetros disponibles.

## Máxima Probabilidad

Usar el algoritmo de *Máxima Probabilidad* (Página 137).

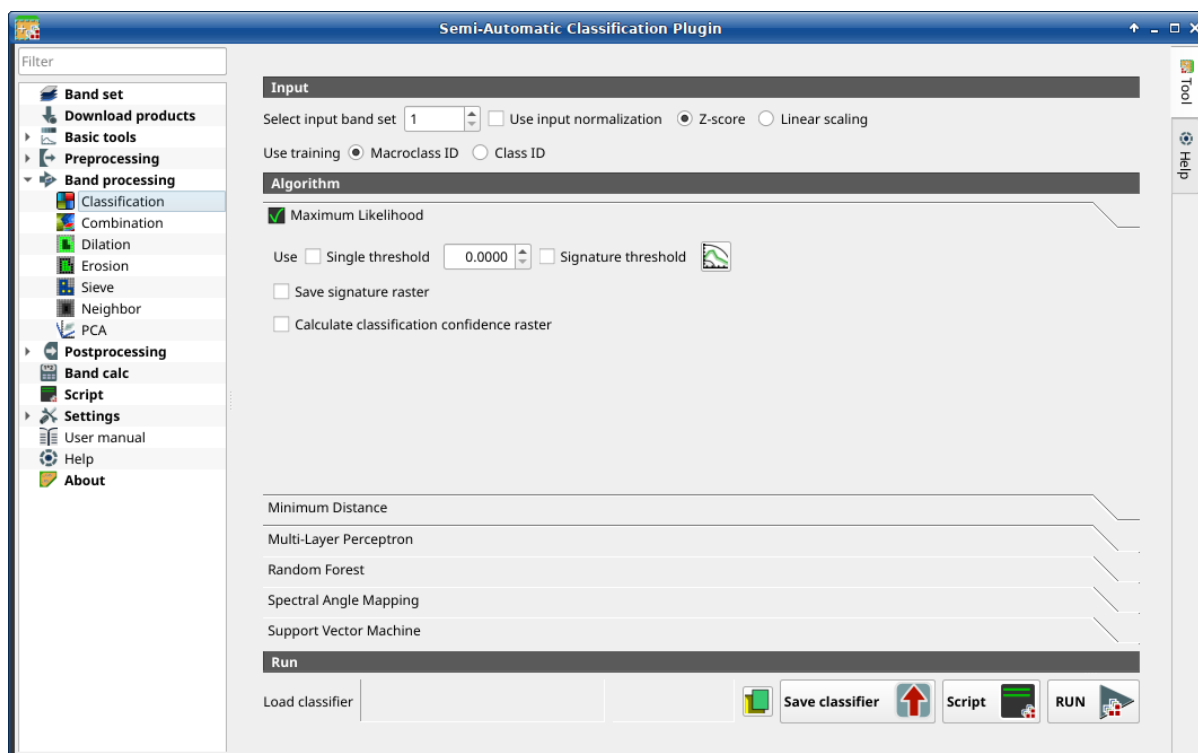








Figura 28: Máxima Probabilidad

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Usar un único umbral</i> 	si está marcado, permite definir el umbral de clasificación (aplicado a todas las firmas espectrales), los píxeles quedaran sin clasificar si la probabilidad es mejor que valor umbral (max. 100)
<i>Umbral de las firmas</i> 	si está marcado, los umbrales <i>Umbral de firma</i> (Página 61) son evaluados
 	abre la <i>Umbral de firma</i> (Página 61) para definir los umbrales para las firmas
 <i>Guarda el ráster de firmas</i>	si está marcado, además del ráster de la clasificación, se generara un ráster para cada firma espectral en el mismo directorio de salida, el cual representa la distancia entre los valores espectrales de un pixel y la firma.
 <i>Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación</i>	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación

Distancia mínima

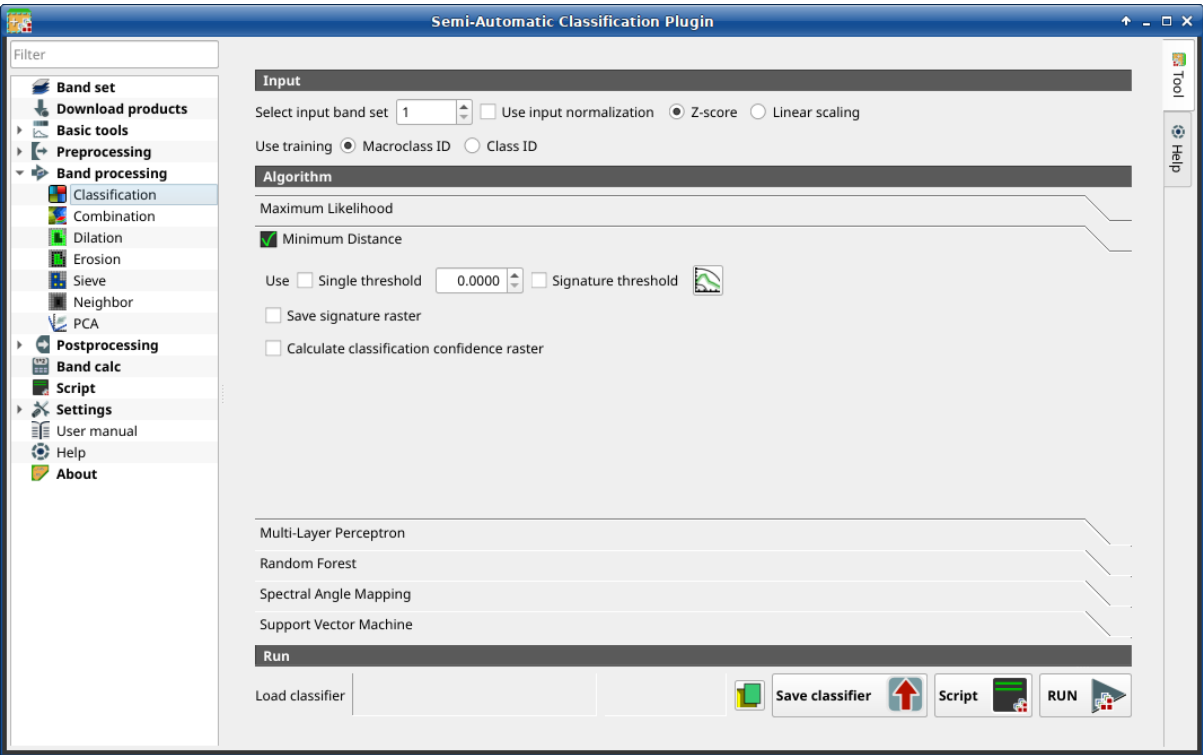


Figura 29: Distancia Mínima

Usa el algoritmo de *Distancia mínima* (Página 137).

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Usar un único umbral</i> 	si está marcado, permite la definición de un umbral de clasificación (aplicado a todas las firmas espectrales), los píxeles no serán clasificados si la distancia es mayor al valor umbra
<i>Umbral de las firmas</i> 	si está marcado, los umbrales <i>Umbral de firma</i> (Página 61) son evaluados
 <i>Guarda el ráster de firmas</i>	abre la <i>Umbral de firma</i> (Página 61) para definir los umbrales para las firmas
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación</i>	si está marcado, además del ráster de la clasificación, se generara un ráster para cada firma espectral en el mismo directorio de salida, el cual representa la distancia entre los valores espectrales de un pixel y la firma.
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación</i>	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación



## Perceptron Mutli-capa

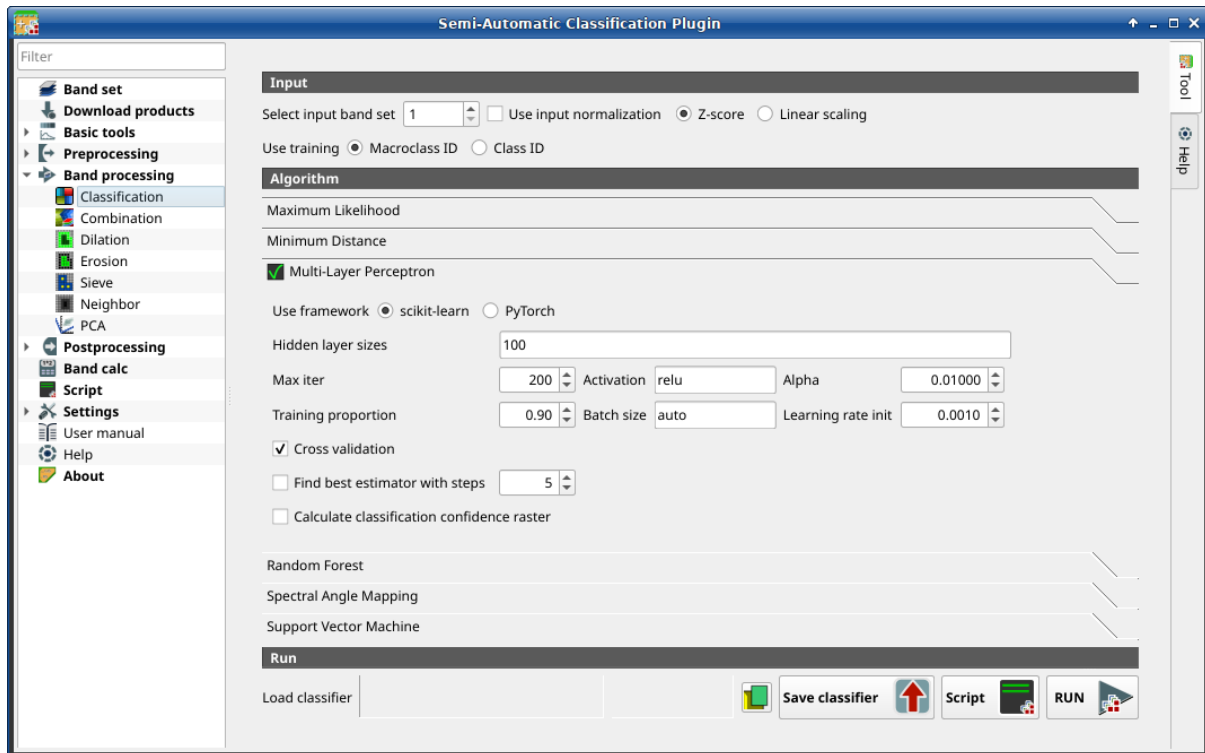

















Figura 30: *Perceptron Multi-capa*

Usa el algoritmo de *Multi-Layer Perceptron* (Página 142).

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
Usa el framework de  scikit-learn	si está marcado, usar el framework de scikit-learn (lee <a href="#">esto</a> )
Usa el framework  Py-Torch	si está marcado, se usa el framework PyTorch (lee <a href="#">estos</a> )
Tamaño de capas ocultas 	lista de valores separados por comas, en la que cada valor define el número de neuronas en una capa oculta (e.g.: 200, 100 for two hidden layers of 200 and 100 neurons respectively)
Iter. Max. 	define el número máximo de iteraciones
Activación 	define la función de activación (por defecto: relu)
Alpha 	define el decaimiento de pesos (también el término de regularización L2) para el optimizador Adam
Proporción de entrenamiento 	define la proporción de los datos que serán utilizados para entrenamiento, el resto será el conjunto de datos para prueba
Tamaño del Batch 	define el número de muestra por lote para el optimizador, si se deja por defecto, el tamaño será el mínimo entre 200 o el número de muestras
Tasa de aprendizaje inicial 	define la tasa de aprendizaje inicial
 Validación cruzada 	si está marcado, se llevará acabo una validación cruzada
 Encontrar el mejor estimador en pasos 	si está marcado, encuentra el mejor estimador iterativamente usando un número de pasos
 Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación 	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación

## Bosque Aleatorio

Usar el algoritmo *Bosque Aleatorio* (Página 142)

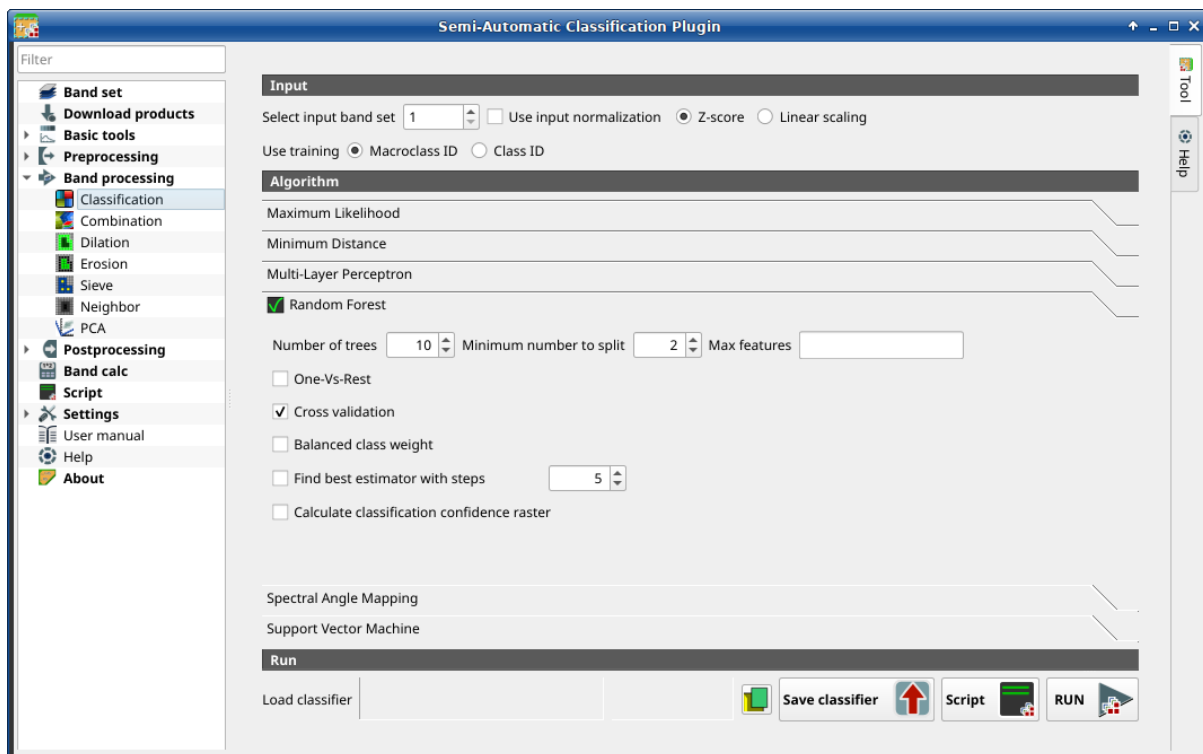


Figura 31: :guilabel:`Bosque aleatorio

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Número de árboles</i> 	define el número de árboles
<i>Minimum number to split</i> 	define el número mínimo de muestras requerido para dividir un nodo interno
<i>Objetos máximos</i> 	para la división de nodos, si está vacío se consideran todos los objetos; si es sqrt la raíz cuadrada de de todos los objetos, si es integer el número entero de objetos; si es un número decimal la fracción correspondiente de objetos
<i>Uno-Vs-Resto</i>	si está marcado, realizar una clasificación Uno-Vs-Resto (leer <a href="#">mas</a> )
<i>Validación cruzada</i>	si está marcado, se llevará acabo una validación cruzada
<i>Balanceo de pesos de clases</i>	si está marcado, se calcula un peso balanceado siendo inversamente proporcional a la frecuencia de las clases
<i>Encontrar el mejor estimador en pasos</i>	si está marcado, eneuntra el mejor estimador iterativamente usando un número de pasos
<i>Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación</i>	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación

Mapeo del Angulo Espectral

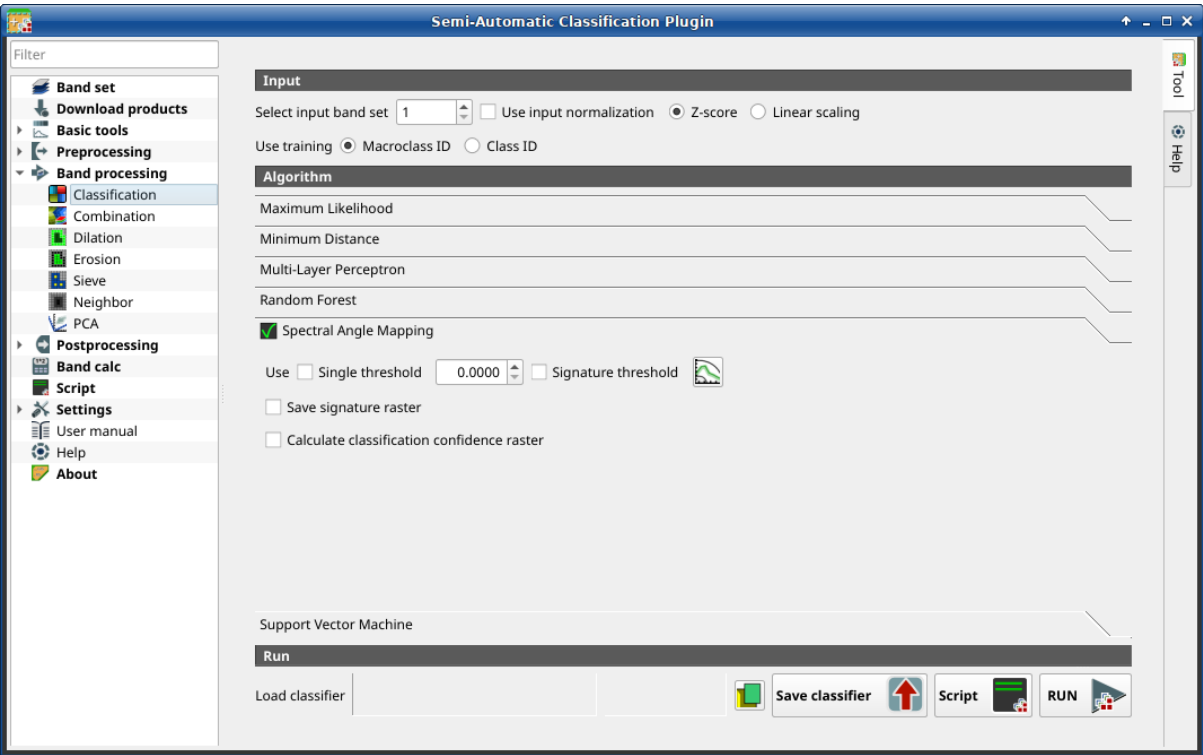





Figura 32: Mapeo de Angulo Espectral

Usa el algoritmo de *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 138).

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
Usar un único umbral 	si está marcado, permite definir el umbral para la clasificación (aplicado a las firmas espectrales); los píxeles no son clasificados si la distancia angular espectral es superior al umbra (máx. 90)
Umbral de las firmas 	si está marcado, los umbrales <i>Umbral de firma</i> (Página 61) son evaluados
	abre la <i>Umbral de firma</i> (Página 61) para definir los umbrales para las firmas
<input checked="" type="checkbox"/> Guarda el ráster de firmas	si está marcado, además del ráster de la clasificación, se generara un ráster para cada firma espectral en el mismo directorio de salida, el cual representa la distancia entre los valores espectrales de un pixel y la firma.
<input checked="" type="checkbox"/> Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación

## Máquinas de Soporte de Vectores

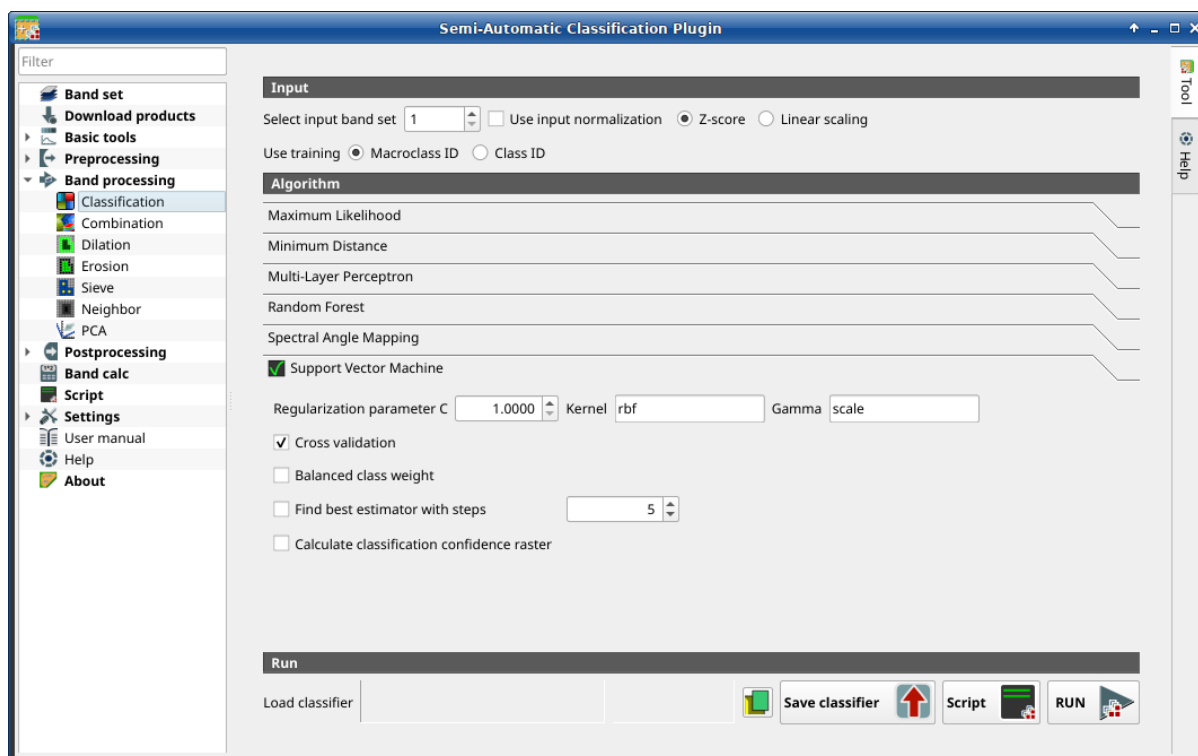


Figura 33: Máquinas de Soporte de Vectores




Usa el algoritmo de *Máquinas de Soporte de Vectores* (Página 143).

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
Parámetro de Regularización C	define el parámetro de regularización C
Kernel	define el kernel (por defecto: rbf)
Gamma	define el coeficiente gamma del kernel (por defecto: escala)
Validación cruzada	si está marcado, se llevará a cabo una validación cruzada
Balanceo de pesos de clases	si está marcado, se calcula un peso balanceado siendo inversamente proporcional a la frecuencia de las clases
Encontrar el mejor estimador en pasos	si está marcado, encuentra el mejor estimador iterativamente usando un número de pasos
Calcular ráster de confiabilidad de la clasificación	si está marcado, se calculará el ráster de confiabilidad de la clasificación

## Ejecutar

Es posible correr la clasificación, o guardar y cargar un clasificador entrenado

El ráster de clasificación es un archivo ``.tif `` (un archivo de estilo QGIS ``.qml `` se guarda junto con la clasificación); también se pueden calcular opcionalmente otras salidas. Las salidas se cargan en QGIS después del cálculo.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Cargar clasificador</i> 	abrir un archivo de clasificador previamente guardado (.rsmo)
<i>Guardar clasificador</i> 	guardar el clasificador en un archivo (.rsmo), para que luego pueda ser cargado
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

## Combinación

- *Combinación de valores de banda.* (Página 85)

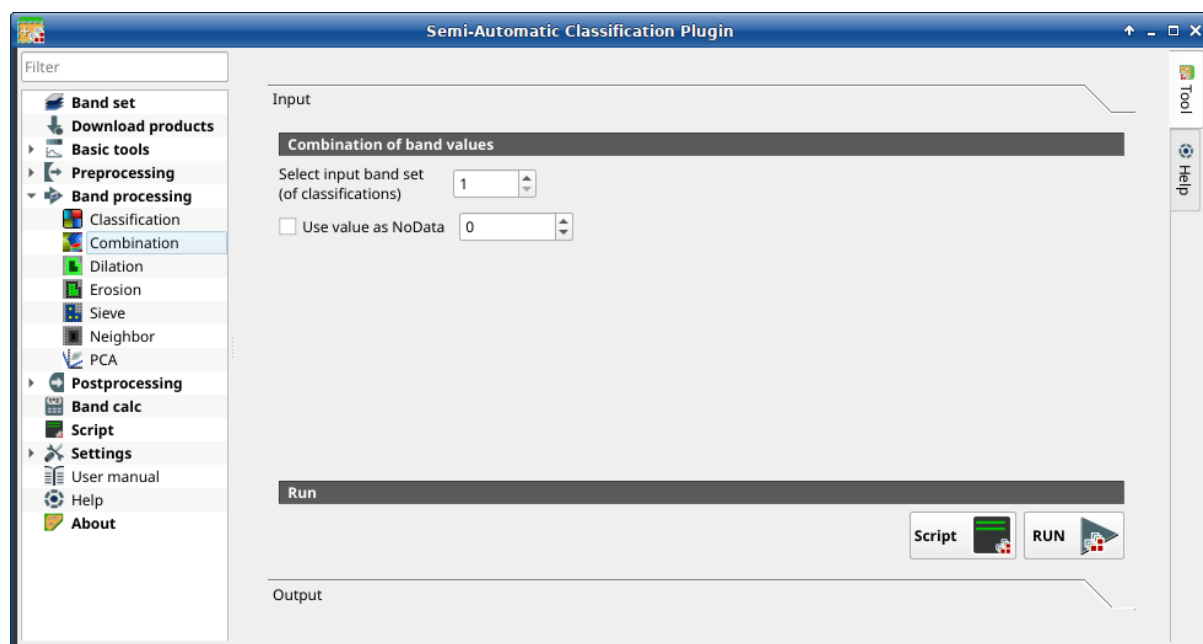







Figura 34: *Combinación*

Esta pestaña permite combinar bandas cargadas en un *Conjunto de Bandas* (Página 45). Esta herramienta tiene como intención combinar clasificaciones para obtener un ráster donde cada valor corresponde a la combinación de valores de class. Los valores del ráster tienen que ser de tipo entero. Un raster combinación es generado como salida y el área de cada combinación es reportada en un archivo .csv `.

Esta herramienta admite “salida ráster virtual”; si el nombre del archivo de salida termina con “.vrt”, la salida se crea como ráster virtual compuesto por varios archivos “.tif” como el número de subprocesos de CPU definidos en :ref:”system\_processing”; para rústers grandes, esto puede acelerar el proceso.

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace](#) .

### Combinación de valores de banda.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada (de clasificaciones)</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Usar el valor como Sin Datos</i>  	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

La lista de combinaciones y el area de la misma se mostrará en la pestaña Salida.

### Dilatación

#### ■ *Dilatación* (Página 86)

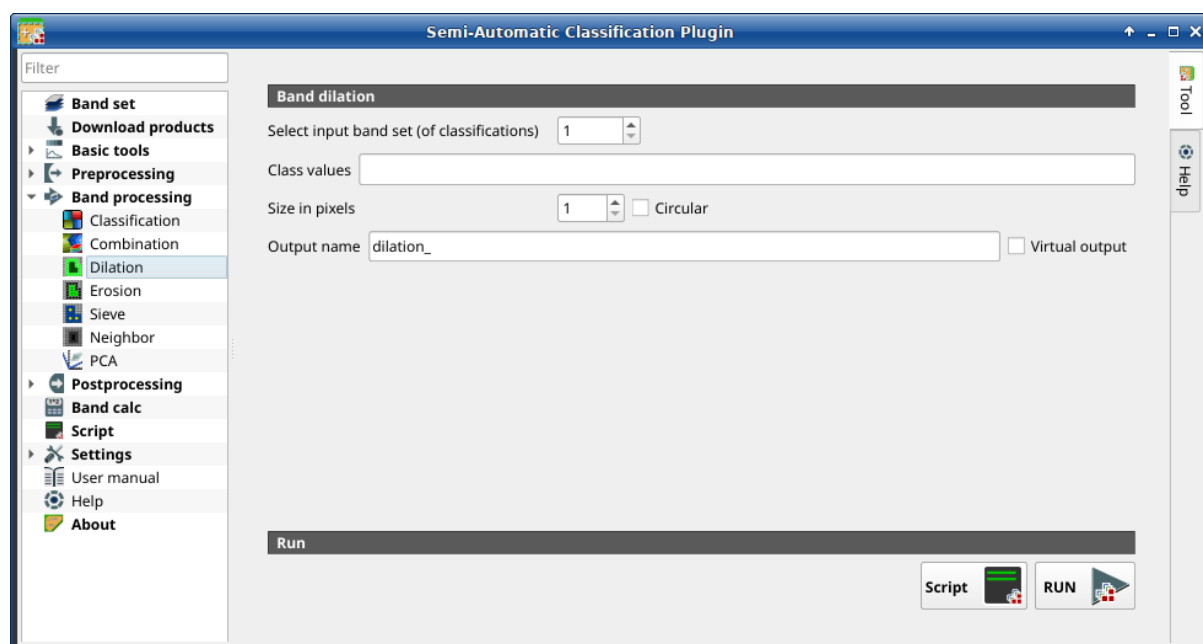









Figura 35: *Dilatación*

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.

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace<https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior\\_sensus.tools.band\\_dilation.html>](https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior_sensus.tools.band_dilation.html) .

## Dilatación

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada (de clasificaciones)</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<i>Valores de clases</i> 	define los valores de las clases que se dilatarán; los valores deben estar separados por , y se puede usar - para definir rangos de valores (e.g. 1, 3-5, 8 seleccionará las clases 1, 3, 4, 5, 8); si el texto es rojo entonces la expresión contiene errores
<i>Tamaño en píxeles</i> 	número de píxeles de la dilatación desde el borde
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Circular</i> 	Si está marcado, la dilatación será circular, similar a un buffer
<i>Nombre de la salida</i>	define el prefijo para el nombre de los archivos de salida
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Salida virtual</i> 	Si está marcado, la salida es generada como un raster virtual con tantos archivos .tif como el número de hilos de CPU definidos en <i>System</i> (Página 112)
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

## Erosión

- *Erosión* (Página 87)

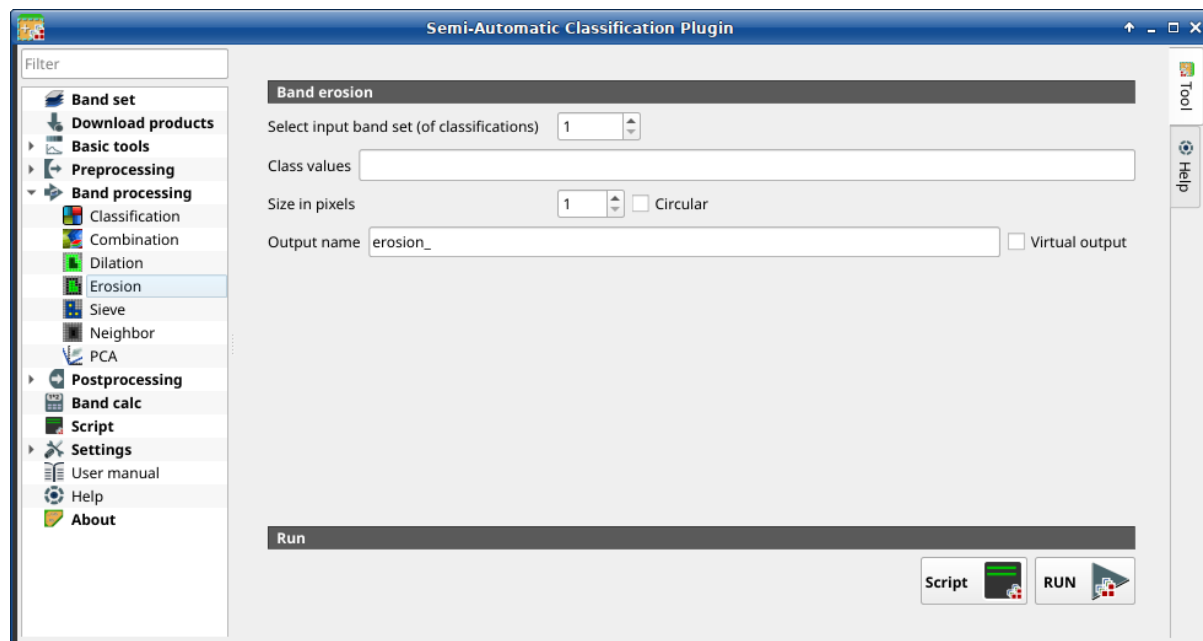









Figura 36: *Erosión*

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.



**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

## Erosión

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada (de clasificaciones)</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<i>Valores de clases</i> 	set the class values to be eroded; class values must be separated by , and - can be used to define a range of values (e.g. 1, 3-5, 8 will select classes 1, 3, 4, 5, 8); if the text is red then the expression contains errors
<i>Tamaño en píxeles</i> 	number of pixels to be eroded from the border
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Circular</i> 	si está marcado, la erosión será circular, similar a un buffer
<i>Nombre de la salida</i>	define el prefijo para el nombre de los archivos de salida
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Salida virtual</i> 	Si está marcado, la salida es generada como un raster virtual con tantos archivos .tif como el número de hilos de CPU definidos en <i>System</i> (Página 112)
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

## Cribado

- *Cribado* (Página 88)

Esta herramienta permite reemplazar el valor de un pixel aislado por el valor del parche vecino más grande. Es útil para eliminar pequeños parches de una clasificación.

Es posible seleccionar conectividad de 4 píxeles (en una ventana 3x3, los píxeles ubicados en las diagonales no son considerados) or conectividad de 8 píxeles (en una ventana 3x3, los píxeles ubicados en las diagonales si son considerados)

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

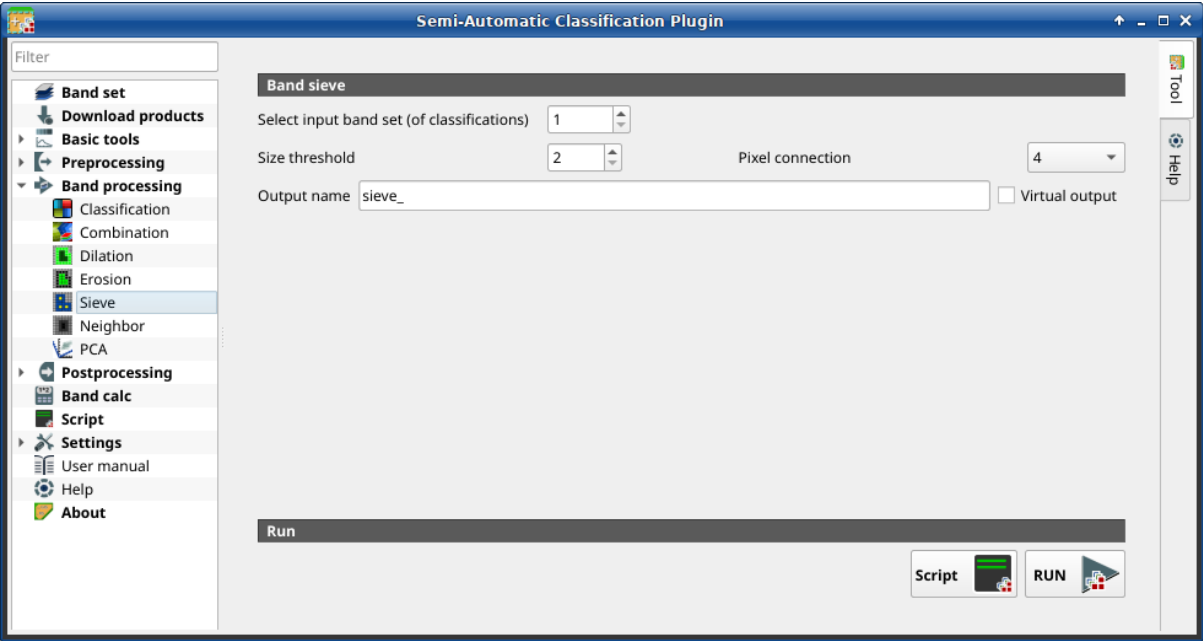








Figura 37: Sieve

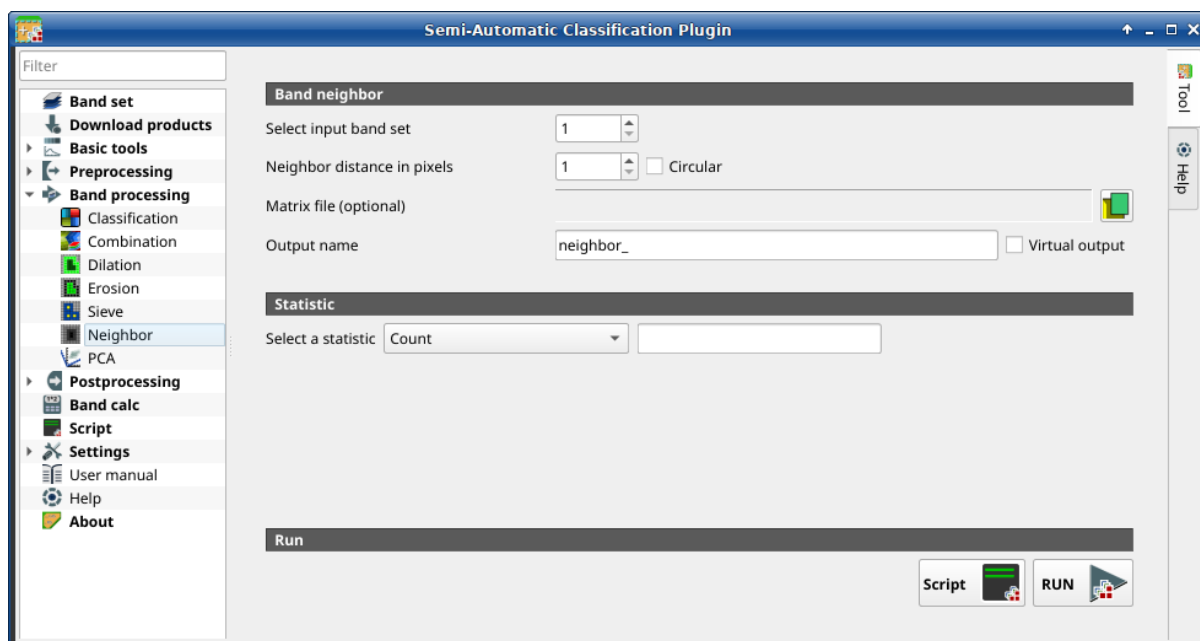
Cribado

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada (de clasificaciones)</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<i>Umbral de tamaño</i> 	tamaño del umbra en número de píxeles
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Conectividad de píxeles</i> 	seleccionar entre conectividad de 4 u 8 píxeles
<i>Nombre de la salida</i>	define el prefijo para el nombre de los archivos de salida
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Salida virtual</i> 	Si está marcado, la salida es generada como un raster virtual con tantos archivos .tif como el número de hilos de CPU definidos en <i>System</i> (Página 112)
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

Vecino

- *Vecino* (Página 90)
- *Estadística* (Página 90)
- *Ejecutar* (Página 90)

Esta herramienta permite calcular varias estadísticas en píxeles vecinos en cada banda de un conjunto de bandas definido en la *Conjunto de Bandas* (Página 45).

Figura 38: *Vecino*

Las estadísticas se calcula para cada pixel del raster de entrada considerando los valores de los píxeles en su vecindad. Los píxeles vecinos se definen mediante distancia o una matriz personalizada.

Por ejemplo, la siguiente matriz representa los pixeles vecinos a una distancia de un pixel desde el pixel central, resultando una matriz de 3x3.

Vecino	Vecino	Vecino
Vecino	<b>Centro</b>	Vecino
Vecino	Vecino	Vecino






Varias estadísticas están disponibles. El estadístico Suma dará como resultado una convolución raster. Por ejemplo, esto puede ser útil para aplicar un filtro de imagen a todas las bandas de un conjunto de bandas para fotointerpretación.

---



**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

---



## Vecino

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<i>Tamaño de la vecindad en píxeles</i> 	crear una ventana basada en la distancia desde el centro (en número de píxeles)
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Circular</i> 	si está marcado, la ventana será circular
<i>Archivo con la matriz (opcional)</i> 	selecciona un archivo .csv que contenga la estructura de la matriz
<i>Nombre de la salida</i>	define el prefijo para el nombre de los archivos de salida
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Salida virtual</i> 	Si está marcado, la salida es generada como un raster virtual con tantos archivos .tif como el número de hilos de CPU definidos en <i>System</i> (Página 112)

## Estadística

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Selecciona un estadístico</i>  	selecciona una estadística de las siguientes: Cuenta, Max, Media, Mediana, Min, Percentil, Desviación Estándar, Suma. Para los percentiles es posible definir el valor del percentil.

## Ejecutar

- *Script* 
  - añadir esta función al *Script* (Página 108)
- *EJECUTAR* 
  - ejecutar esta función

## PCA

- *PCA* (Página 91)

Esta pestaña permite el PCA (*Análisis de Componentes Principales* (Página 146)) de las bandas cargadas en el *Conjunto de bandas*.

Se guarda un .txt de informe junto con las bandas de PCA, que contiene la matriz de covarianza, la matriz de correlación, los vectores propios y los valores propios.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

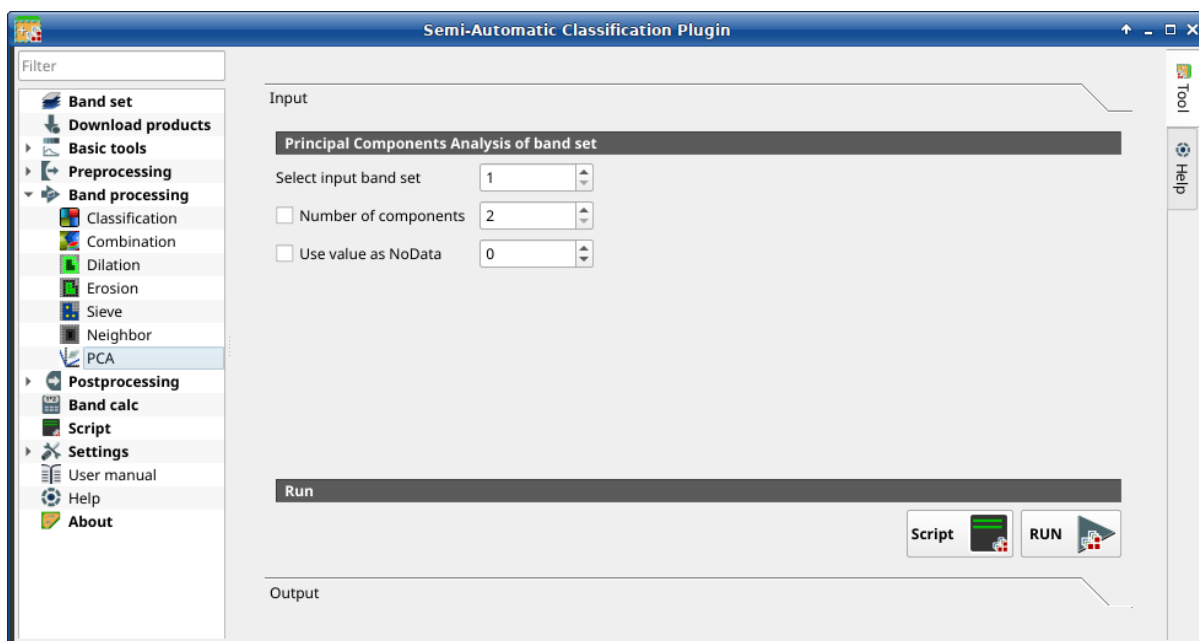








Figura 39: PCA

## PCA

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Seleccionar el conjunto de bandas de entrada</i> 	Selecciona el <i>Conjunto de Bandas</i> (Página 45) de entrada
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Number of components</i> 	set the number of components to be calculated
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Usar el valor como Sin Datos</i> 	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

The Output tab will display the Principal Components Analysis details (Covariance matrix, Correlation matrix, Eigenvectors, and Eigenvalues).

### 3.4.6 Postprocesamiento

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

#### Exactitud

- *Exactitud* (Página 93)

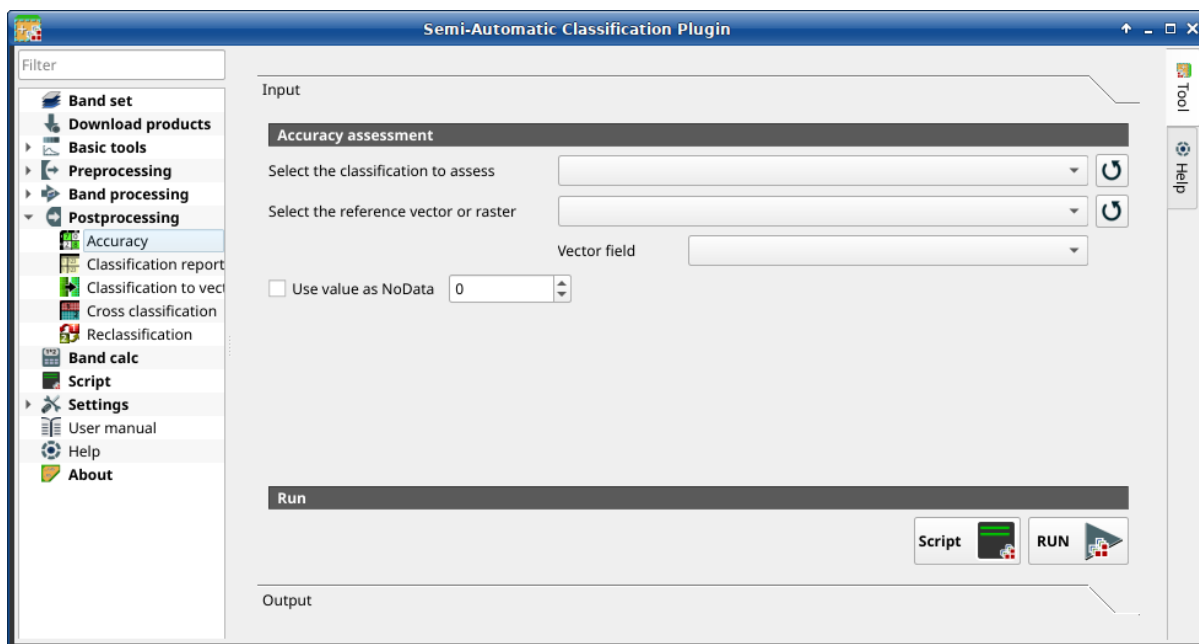


Figura 40: Accuracy

Esta pestaña permite la validación de una clasificación (lea: ref: *precision\_assessment\_definition*).

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.







Se calculan varias estadísticas, como la precisión general, la precisión del usuario, la precisión del productor y el sombrero Kappa. En particular, estas estadísticas se calculan de acuerdo con la matriz de error basada en el área 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.

La salida es un `` ráster de error `` que es un archivo `` .tif `` que muestra los errores en el mapa, donde los valores de píxeles representan las categorías de comparación (es decir, combinaciones identificadas por el `` ErrorMatrixCode `` en la matriz de errores ) entre la clasificación y la referencia. Además, se crea un archivo de texto que contiene la matriz de errores (es decir, un archivo `` .csv `` separado por tabulaciones) con el mismo nombre definido para el archivo `` .tif ``.

Esta herramienta admite ``salida ráster virtual``; si el nombre del archivo de salida termina con ``.vrt``, la salida se crea como ráster virtual compuesto por varios archivos ``.tif`` como el número de subprocesos de CPU definidos en :ref:``system\_processing``; para rásteres grandes, esto puede acelerar el proceso.

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace](#) .

## Exactitud

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Selecciona la clasificación a evaluar</i> 	selecciona un raster de clasificación (ya cargado en QGIS)
<b>[recarga]</b>	refresca la lista de capas
<i>Selecciona el raster o vector de referencia</i> 	selecciona un ráster o vector (ya cargado en QGIS), usado como capa de referencia (verdad en el terreno - groundtruth) para la evaluación de la exactitud
<b>[recarga]</b>	refresca la lista de capas
<i>Campo vectorial</i> 	si has seleccionado un vector como referencia, selecciona un campo del vector que contenga valores numéricos de las clases
<b>[opcional]</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Usar el valor como Sin Datos</i> 	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

## Reporte de la clasificación

- *Reporte de la clasificación* (Página 94)

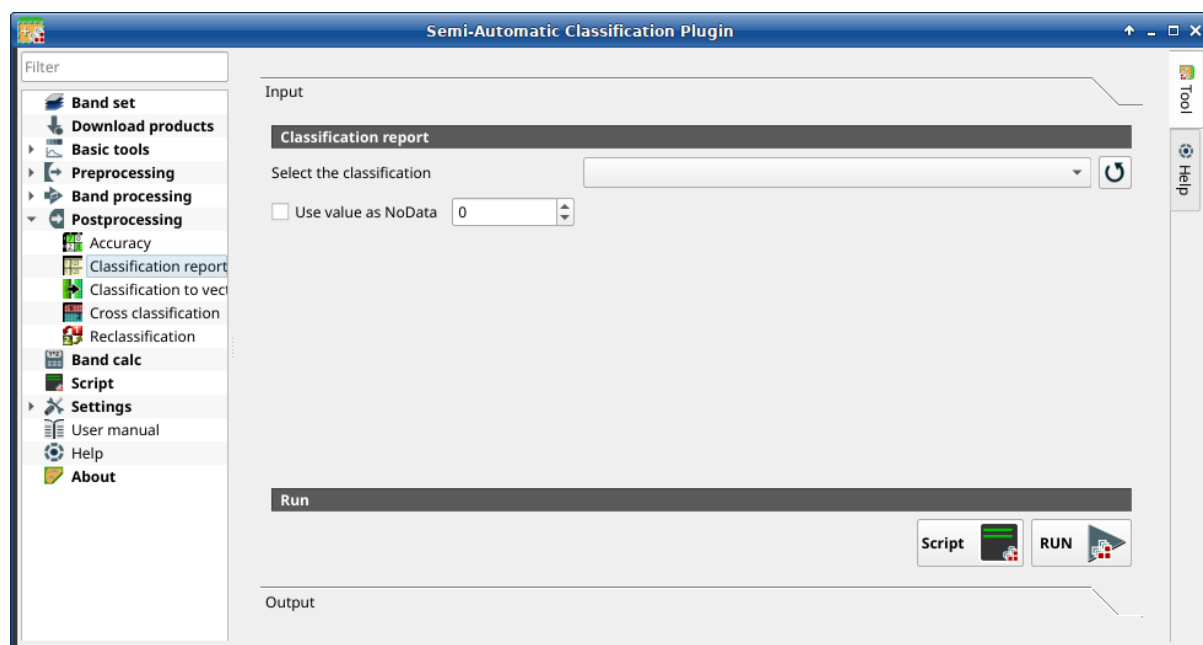







Figura 41: *Reporte de clasificación*

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

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

## Reporte de la clasificación

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Selecciona la clasificación</i>  <b>[recarga]</b>	selecciona un raster de clasificación (ya cargado en QGIS) refresca la lista de capas
 <i>Usar el valor como Sin Datos</i> 	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
<i>Script</i> 	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función

La pestaña Salida mostrará el reporte

## Clasificación a vectorial

- *Clasificación a vectorial* (Página 95)
- *Simbología* (Página 95)
- *Ejecutar* (Página 95)

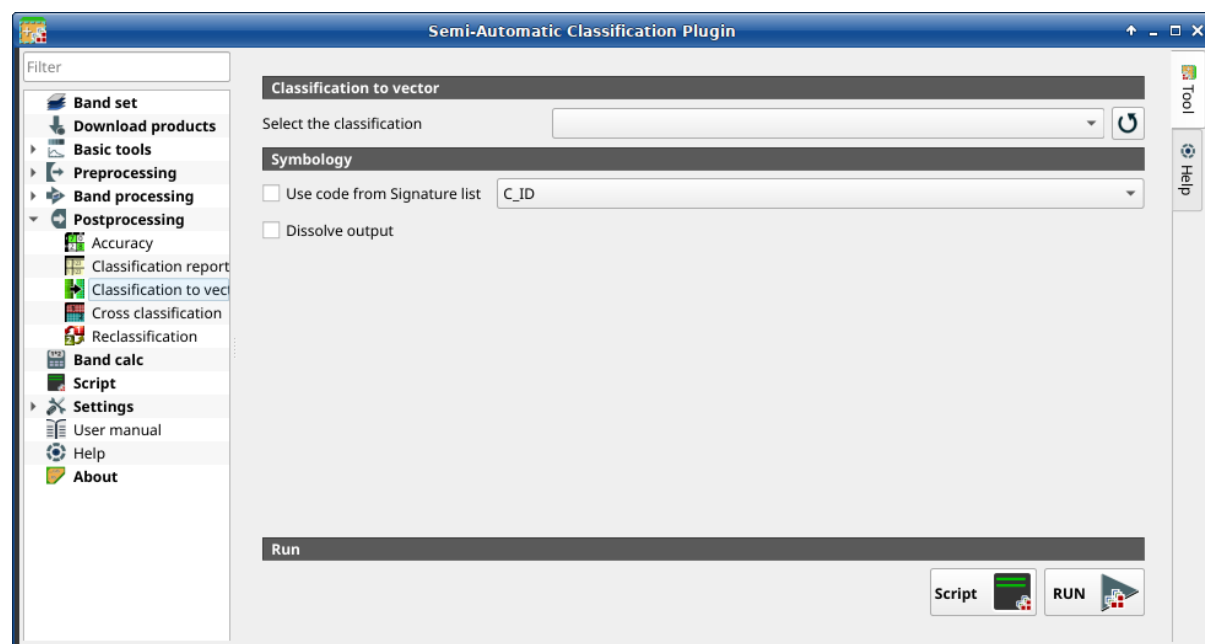



Figura 42: *Classification to vector*

Esta pestaña permite transformar el ráster de una clasificación a vector, en formato GeoPackage (.gpkg). Se utiliza procesamiento en paralelo para la conversión, el vector resultante está dividido en tantas partes como número de procesos. El parámetro, disolver permite unir estas partes, pero requiere tiempo adicional de procesamiento dependiendo del tamaño del vector.






**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace](#) .



## Clasificación a vectorial

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Selecciona la clasificación</i> <b> recarga </b>	selecciona un raster de clasificación (ya cargado en QGIS) refresca la lista de capas

## Simbología

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Usa el código de la lista de Firmas</i> 	si está marcado, la información y el color de la clase se definen a partir de la <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36) * MC ID: usar el ID de las macroclases * C ID: usar el ID de las clases
 <i>Disolver el resultado</i>	si está marcado, se disolverán los polígonos adyacentes que tengan los mismos valores

## Ejecutar

- 
  - *Script*
  - añadir esta función al *Script* (Página 108)
- 
  - *EJECUTAR*
  - ejecutar esta función

## Clasificación cruzada

- *Clasificación cruzada* (Página 96)

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 ráster de cruces que es un archivo .tif donde los valores de los píxeles representan las categorías de comparación (i.e. combinaciones identificadas por el `CrossMatrixCode`) entre la clasificación y la referencia. También, se crea un archivo de texto que contiene la matriz de cruces (i.e. un archivo .csv) con el mismo nombre definido para el archivo .tif.

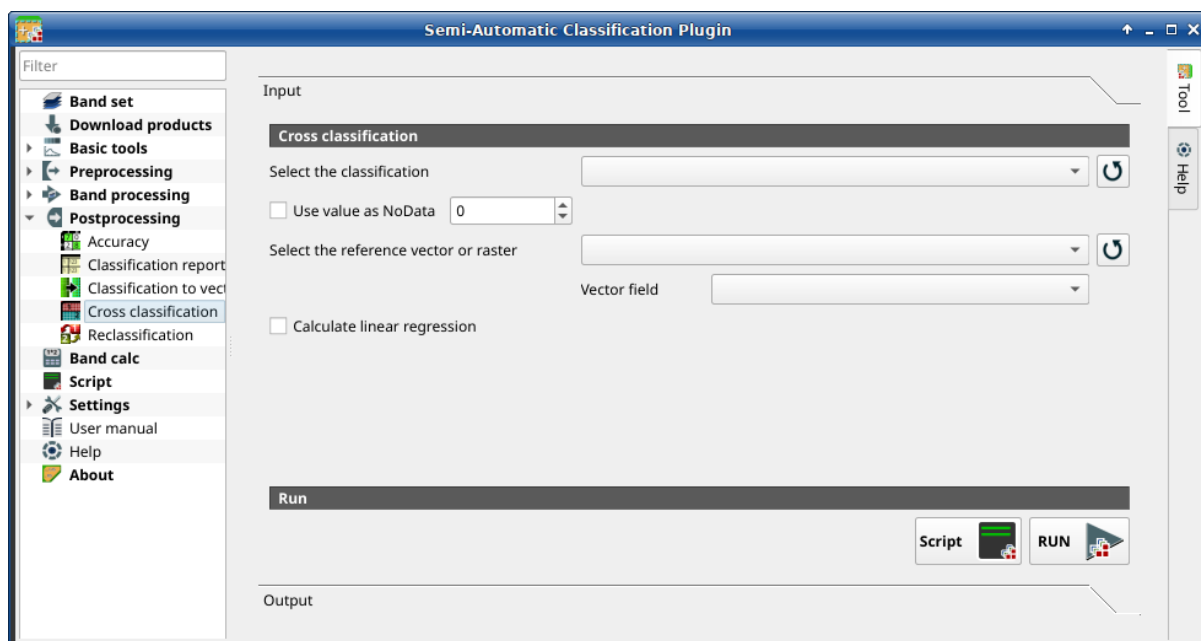


Figura 43: Clasificación cruzada

Esta herramienta admite “salida ráster virtual”; si el nombre del archivo de salida termina con “.vrt”, la salida se crea como ráster virtual compuesto por varios archivos “.tif” como el número de subprocesos de CPU definidos en :ref:”system\_processing”; para rásteres grandes, esto puede acelerar el proceso.

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace](#).

## Clasificación cruzada

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	selecciona un raster de clasificación (ya cargado en QGIS)
	refresca la lista de capas
<input checked="" type="checkbox"/> Usar el valor como Sin Datos	Si está marcado, configura el valor de los píxeles Sin datos, se ignorará durante los cálculos
	seleccionar un ráster o vector (ya cargado en QGIS), para usarlo como capa de referencia
	refresca la lista de capas
Campo vectorial	si has seleccionado un vector como referencia, selecciona un campo del vector que contenga valores numéricos de las clases
<input checked="" type="checkbox"/> Calcular regresión lineal	si está marcado, se calculará la regresión lineal entre las dos capas de entrada
	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
	ejecutar esta función

## Reclasificación

- *Clasificación cruzada* (Página 97)
- *Valores* (Página 98)
- *Simbología* (Página 98)
- *Ejecutar* (Página 99)

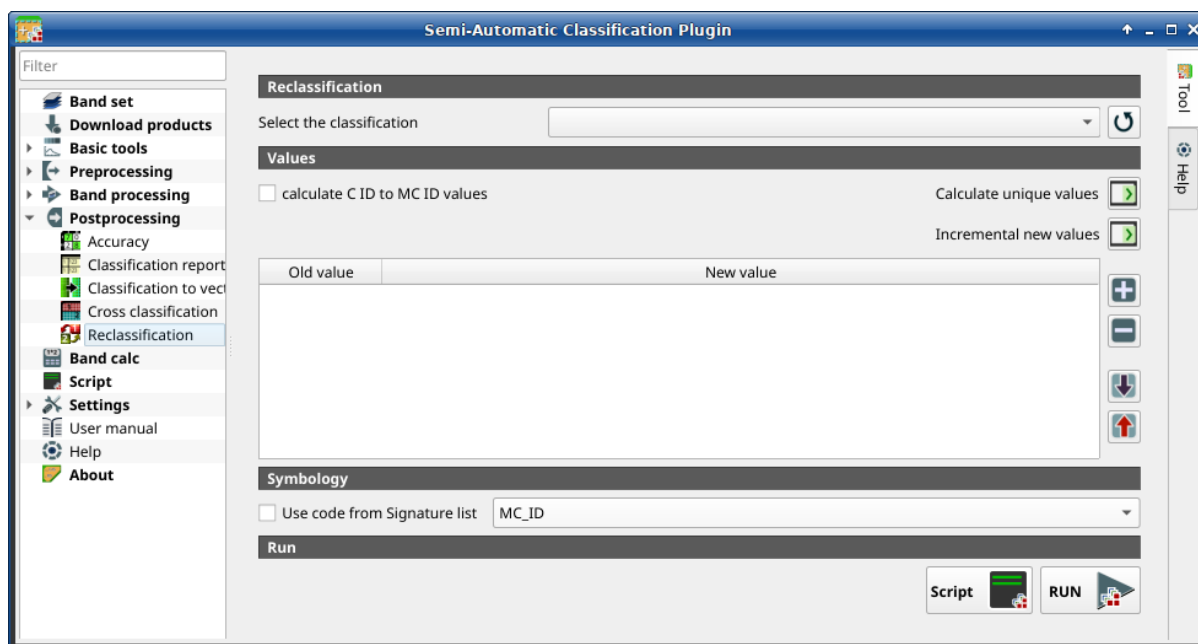



Figura 44: *Reclasificación*

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.








Esta herramienta admite “salida ráster virtual”; si el nombre del archivo de salida termina con “.vrt”, la salida se crea como ráster virtual compuesto por varios archivos “.tif” como el número de subprocesos de CPU definidos en :ref:”system\_processing”; para rásteres grandes, esto puede acelerar el proceso.

**Truco:** Information about APIs of this tool in Remotior Sensus at this [link](#) .

## Clasificación cruzada

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Selecciona la clasificación</i>  <b>[recarga]</b>	selecciona un raster de clasificación (ya cargado en QGIS) refresca la lista de capas

## Valores

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<input checked="" type="checkbox"/> <i>calculate C ID to MC ID values</i>	if checked, the reclassification table is filled according to the <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)
<i>Calculate unique values</i>	when <i>Calculate unique values</i>  is clicked
	calculate unique values in the classification and fill the reclassification table
<i>Incremental new values</i>	calculate a new incremental value (e.g. 1, 2, 3, ...) for every old value and fill the reclassification table
	
	add a row to the table
	remove highlighted rows from the table
	import rules from a text file .csv separated by comma having the following structure Old_value,New_value (where Old_value can be also an expression and New_value is an integer value) for instance:: raster < 1,1 (raster > 1) & (raster < 3),2 raster < 3,3
	export the reclassification table to a text file (.csv) that can be imported later


The reclassification table is structured with the following fields.

Valor antiguo	Valor Nuevo
value or expression defining old values to be reclassified	integer value for the corresponding Old value



Old value can be a value or an expressions defined using the variable name **raster** (custom names can be defined in *Variable name for expressions* (Página 111) ), following Python operators (e.g.:

- **raster > 3** select all pixels having value > 3 ;
- **(raster > 5) | (raster < 2)** select all pixels having value > 5 or < 2 ;
- **(raster >= 2) & (raster <= 5)** select all pixel values between 2 and 5.

## Simbología

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Use code from Signature list</i> 	<p>if checked, color and class information are defined from <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MC ID: use the ID of macroclasses</li> <li>▪ C ID: use the ID of classes</li> </ul>

## Ejecutar

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Script</i>	añadir esta función al <i>Script</i> (Página 108)
 <i>EJECUTAR</i>	ejecutar esta función

### 3.4.7 Calculadora de Bandas

- *Lista de Bandas* (Página 100)
- *Expresión* (Página 100)
- *Ráster de salida* (Página 101)
- *Variables de entrada* (Página 102)
- *Variables de salida* (Página 103)
- *Funciones* (Página 105)
  - *Condicionales* (Página 105)
  - *Operadores lógicos* (Página 105)
  - *Estadísticas* (Página 105)
  - *Operaciones* (Página 106)
  - *Índices* (Página 106)
  - *Variables* (Página 106)

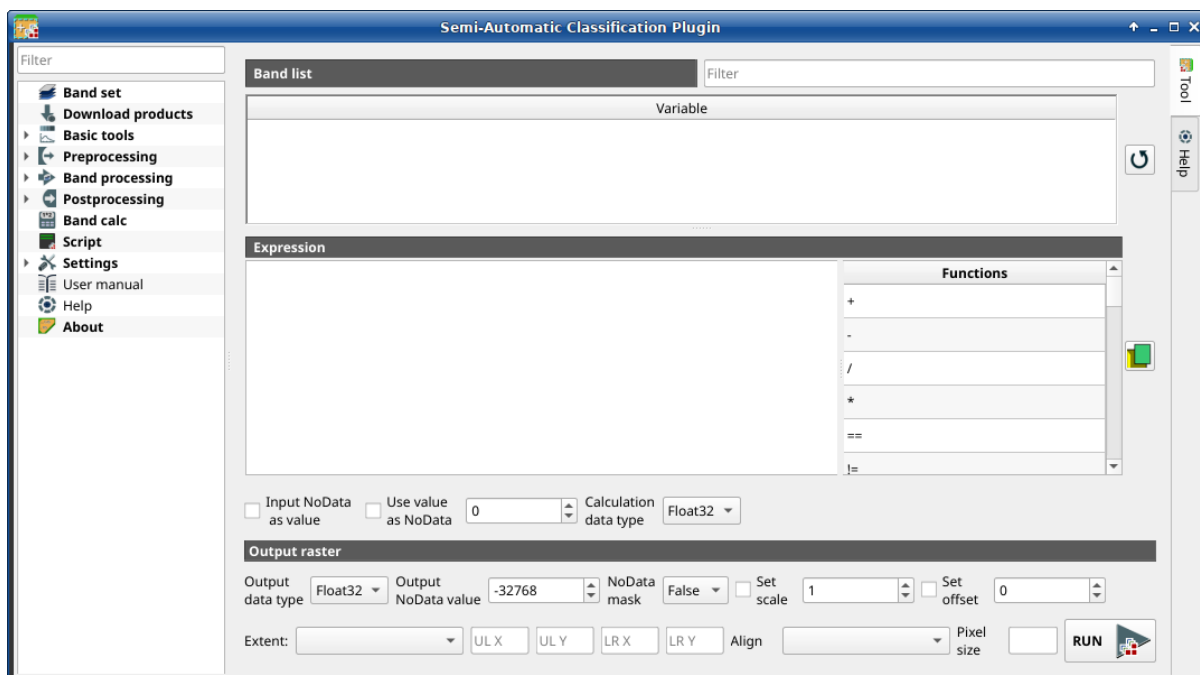


Figura 45: *Calculadora de Bandas*


La Calculadora de Bandas permite hacer **cálculos raster con bandas** (i.e. cálculos con los valores de los píxeles) usando **funciones de NumPy**. Calculadora de Bandas puede trabajar con expresiones con varias líneas de expresiones para realizar múltiples cálculos de una sola vez; varias funciones para iteraciones están disponibles para guilabel: *Conjuntos de bandas* lo que permite realizar cálculos multi-temporales.

Esta herramienta admite “salida ráster virtual”; si el nombre del archivo de salida termina con “.vrt”, la salida se crea como ráster virtual compuesto por varios archivos “.tif” como el número de subprocesos de CPU definidos en :ref:”system\_processing”; para rústers grandes, esto puede acelerar el proceso.

Las bandas ráster tienen que estar ya cargadas en QGIS. Los rústers de entrada pueden estar en proyecciones diferentes, pero la salida tendrá la proyección del ráster de referencia.

**Truco:** Información sobre las APIs de esta herramienta de Remotior Sensus en este [enlace<https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior\\_sensus.tools.band\\_calc.html>](https://remotior-sensus.readthedocs.io/en/latest/remotior_sensus.tools.band_calc.html) \_ .

## Lista de Bandas

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Lista de bandas</i>	tabla que contiene una lista de rústers mono banda (ya cargados en QGIS) y <i>Variables de entrada</i> (Página 102) definidas desde el <i>Conjunto de bandas</i>
<i>Filtro</i> <input type="text" value="T"/>	filtra la lista de variables
<b> recarga </b>	actualiza la lista de bandas

## Expresión

Introduzca una expresión matemática para bandas ráster. En particular, las funciones NumPy se pueden utilizar con el prefijo “np.” (por ejemplo, “np.log10(raster1)”). Para obtener una lista de las funciones de NumPy, consulte “la página de NumPy <<https://numpy.org/doc/stable/reference/routines.math.html>>” \_ .

La expresión puede funcionar con *Variable* entre “. Haz doble click en cualquier elemento de la *Lista de Bandas* (Página 100) para añadir el nombre de la misma a la expresión.

Si el color del texto en :guilabel:”Expression” es verde, entonces la sintaxis es correcta; si el color del texto es rojo, la sintaxis es incorrecta y no es posible ejecutar el cálculo.








Es posible introducir varias expresiones separadas por nuevas líneas como el siguiente ejemplo:

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

El ejemplo anterior calcula dos nuevos rústers en el directorio de salida con el sufijo “\_1” (por ejemplo, “calc\_raster\_1”) para la primera expresión y “\_2” (por ejemplo, “calc\_raster\_2”) para la segunda expresión. Además, es posible definir el nombre de salida utilizando el símbolo “@” seguido del nombre, como el siguiente ejemplo:

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

*Variables de entrada* (Página 102) y *Variables de salida* (Página 103) pueden ser usadas en la expresión.

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Valor Sin Datos de entrada</i> 	si está marcado, el valor Sin datos de la entrada será reemplazado por el valor definido Sin datos` y será tenido en cuenta en los cálculos
 <i>Usar el valor como valor Sin Datos</i> 	si está marcado el valor será usado como Sin datos durante los cálculos
 <i>Tipo de datos de los cálculos</i>	selecciona el tipo de datos a usar durante los cálculos como Float32 (default), Int32, Int16, UInt32, UInt16, Byte; por ejemplo, si seleccionas Int32, los valores flotantes de la entrada serán evaluados como enteros
 <i>Funciones</i>	lista con los nombres de las <i>Funciones</i> (Página 105) (haz doble click para copiar una en la expresión) tales como matemáticas, condicionales, lógicas, estadísticas, índices, y personalizadas
	abre un archivo de texto (.txt) que contenga expresiones personalizadas para que sean listadas en <i>Funciones</i>














Se puede cargar un archivo de texto para añadir las expresiones a la lista de *Funciones*. El archivo debe contener expresiones, cada una escrita en una línea, con el siguiente formato **nombre\_expresion; expresión** (separado por ;) donde **nombre\_expresion** es el nombre que se mostrará en la lista de *Funciones*. Abrir un archivo de texto vacío quitará las expresiones de la lista de *Funciones*. A continuación se muestra un ejemplo de texto:

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

### 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.

**Truco:** si se introducen varias líneas en una expresión o varios nombres de salida son definidos en línea, se mostrará un diálogo de selección de directorio en lugar de uno para archivos

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Tipo de dato de salida</i> 	selecciona el tipo de dato de salida como Float32 (por defecto), Int32, Int16, UInt32, UInt16, Byte; puede ser diferente del <i>Tipo de datos de los cálculos</i>
<i>Valor sin datos de la salida</i> 	define el valor de los píxeles <i>Sin datos</i> en el ráster de salida
<i>Máscara Sin Datos</i> 	gestiona los valores Sin Datos a nivel pixel, si es True, entonces el resultado es Sin datos si alguna entrada es Sin Datos.; si es False, entonces el resultado es Sin Datos si todas las entradas son Sin Datos; si es None, entonces los valores Sin Datos no son aplicados a la salida
 <i>Definir escala</i>  	si está marcado, define un escalado en el ráster de salida (y los valores de salida será divididos por la escala).
 <i>Definir compensación</i>  	si está marcado, define una compensación (offset) en el ráster de salida (y la compensación es restada a los valores de salida).
<i>Extensión</i>  <i>UL X UL Y LR X LR Y</i>	<p><b>define la extensión del ráster de salida entre:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ “<i>Unión</i>”: la extensión de los rásteres de entrada unidos</li> <li>■ “<i>Extensión del mapa</i>”: extensión del mapa que se está siendo mostrado actualmente</li> <li>■ “<i>Intersección</i>”: la extensión de la intersección de los rásteres de entrada (i.e. extensión mínima)</li> <li>■ “<i>Personalizada</i>”: coordenadas definidas en <i>X SI Y SI X ID Y ID</i></li> <li>■ <i>Nombre de la capa</i>: extensión de la capa seleccionada</li> </ul>
<i>Alinear</i> 	alinear el ráster de salida a <i>Nombre de capa</i> or “ <i>Por defecto</i> ” para alinear automáticamente a los rásteres de entrada.
<i>Tamaño de píxel</i> 	define el tamaño de píxel
<i>EJECUTAR</i> 	ejecutar esta función; está desactivado si la sintaxis de la expresión no es correcta

## Variables de entrada

La siguientes variables relacionadas al *Conjunto de Bandas* (Página 45) están disponibles (nótese que siempre se requiere el carácter ")

- *bandset#b BAND\_NUMBER*: bandas en el *Band set* activo pueden ser referenciadas directamente; el siguiente ejemplo se refiere la banda uno del *Conjunto de bandas* activo:

```
"bandset#b1"
```

- *bandset BANDSET\_NUMBER b BAND\_NUMBER*: bandas en el *Conjunto de bandas* pueden ser referenciadas directamente; el siguiente ejemplo hace referencia a la banda 1 del *Conjunto de bandas* 1:



```
"bandset1b1"
```

- *bandset{ BANDSET\_NUMBER\_LIST }b BAND\_NUMBER*: lista con todas las bandas X de todos los *Conjuntos de bandas* coincidentes con una lista entre corchetes (e.g. {1,2,3}) o rango de *Conjunto de bandas* separados por dos puntos (e.g. {1:3}) o una lista de rangos de *Conjuntos de bandas* (e.g. {1:3, 5:8}), que es equivalente a [bandset1bX, bandset2bX, ..., bandsetNbX]; esta variable puede ser usada en expresiones que acepten listas de bandas tales como la suma:

```
sum("bandset{1,3}b1")
```

- *bandset#b\**: lista de todas las bandas de un *Conjunto de bandas* activo, que es equivalente a [conjuntobandas#b1, conjuntobandas#b2, ..., conjuntobandas#bX]; y se pueden usar en expresiones que aceptan listas de bandas tales como el valor máximo:

```
max("bandset#b*")
```

- *bandset BANDSET\_NUMBER b\**: lista de todas las bandas de un *Conjunto de bandas* N, que es equivalente a [bandsetNb1, bandsetNb2, ..., bandsetNbX]; y puede ser usando en expresiones que acepten listas de bandas tales como el valor mínimo:

```
min("bandset1b*")
```

- *bandset\*b BAND\_NUMBER*: list of all the bands X of all the *Band sets*, which is equivalent to [bandset1bX, bandset2bX, ..., bandsetNbX]; to be used in expressions that accept band lists such as the mean value:

```
mean("bandset*b1")
```

- *bandset{ DATE }b BAND\_NUMBER*: lista de todas las bandas de un *Conjunto de bandas* coincidente con una lista de fechas (format yyyy-mm-dd) entre corchetes (e.g. {2019-01-01,2019-07-31}) o un rango de fechas separados por dos puntos (e.g. {2019-01-01:2019-07-31}) o una lista de rangos de fechas (e.g. {2019-01-01:2019-01-31, 2019-04-01:2019-07-31}), que es equivalente a [conjuntobandas2bX, conjuntobandas5bX, ..., conjuntobandasNbX]; las fechas de un *Conjunto de bandas* están definidas en *Definición del Conjunto de bandas* (Página 46); esta variable puede ser usada en expresiones que aceptan listas de bandas tales como el valor medio:

```
median("bandset{2019-01-01,2019-07-31}b1")
```

- «#BLUE#»: la banda con el centro de longitud de onda cercano a 0.475  $\mu m$ ;
- «#VERDE#»: la banda con el centro de longitud de onda cercano a 0.56  $\mu m$ ;
- «#RED#»: la banda con el centro de longitud de onda cercano a 0.65  $\mu m$ ;
- «#IRC#»: la banda con el centro de longitud de onda cercano a 0.85  $\mu m$ ;

```
( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + "#RED#" )
```

## Variables de salida

Los **nombres de las variables de salida** pueden definirse en la línea de la expresión con el símbolo @ seguido del nombre, como en el siguiente ejemplo:

```
"raster1" * 2 @first_calculation
```

Si el nombre del resultado está definido en la expresión, habrá que seleccionar el directorio de salida después de hacer click en el botón *EJECUTAR*.

**Advertencia:** Se recomienda no usar los caracteres # y @ en el nombre del ráster de salida.

es posible definir la **ruta de salida** en el nombre del resultado usando la siguiente estructura @path@name en una expresión, tal como:

```
"raster1" * 2 @/home/user@first_calculation
```

El directorio será creado si no existe.

es posible crear un **resultado temporal** (que se guardará en el directorio temporal) con @temp@ seguido por el nombre de salida, tal como:

```
"raster1" * 2 @temp@first_calculation
```

El **nombre del resultado** del cálculo puede ser usado **como una variable de entrada** para los siguientes cálculos; por ejemplo:

```
"raster1" * 2 @first_calculation  
"first_calculation" + 5 @temp@second_calculation  
"second_calculation" - "raster1" @/home/user@third_calculation
```

es posible **añadir el resultado de un cálculo a un conjunto de bandas** usando el símbolo% seguido del número del *Conjunto de bandas* tal como:

```
"raster1" @first_calculation%1
```

es posible **añadir el resultado de un cálculo a un conjunto de bandas activo** usando el símbolo% seguido del símbolo`#` tal como:

```
"raster1" @first_calculation%#
```

También, hay disponibles variables para el nombre de la salida

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

Usando el símbolo @ seguido por la variable #BANDSET# permite guardar el resultado ráster dentro del **directorio que contenga la primera banda** del conjunto de bandas activas, tal como:

```
"raster1" @#BANDSET#@first_calculation
```

Si el nombre de la salida es definido con la extensión .vrt, la salida será un **raster virtual** que hará referencia a los diferentes archivos .tif calculados usando procesamiento paralelo.

```
"raster1" @first_calculation.vrt
```

Los archivos virtuales son útiles para reducir el tiempo de procesamiento en paralelo evitando tener que escribir el ráster de salida completo.

**Advertencia:** Un archivo`.vrt` es un archivo de texto que contiene las referencias a a archivos .tif` ya existentes. Si movemos el archivo .vrt a un directorio diferente dejará de funcionar, porque no encontrará los .tif` originales.

## Funciones

### Condicionales

- *where*: expresión condicional con la siguiente sintaxis, `where( condición , valor si se cumple, valor si no se cumple)` por ejemplo:

```
where("raster1" == 1, 2, "raster1")
```

Se requieren paréntesis para usar varias condiciones, por ejemplo para seleccionar valores de píxel entre 1 y 3:

```
where( ("raster1" > 1) & ("raster1" < 3), 2, "raster1")
```

Se pueden definir condiciones anidadas de la siguiente manera:

```
where( ("raster1" > 1) & ("raster1" < 3), 2, "raster1")
```

### Operadores lógicos

- *AND*: AND;
- *OR*: OR;
- *XOR*: XOR;
- *NOT*: NOT;

### Estadísticas

Requiere una lista de bandas entre corchetes or *Variables de entrada* (Página 102) como argumentos.

- *max*: máximo, por ejemplo:

```
max(["raster1", "raster2", "raster3"])
```

- *min*: mínimo, por ejemplo:

```
min(["bandset#b*"])
```

- *media*: media; por ejemplo:

```
mean("bandset*b1")
```

- *mediana*: mediana; por ejemplo:

```
median("bandset{2019-01-01,2019-07-31}b1")
```

- *percentil*: cálculo de percentiles; la expresión tiene que tener la siguiente estructura `percentile([band_list], percentile_value)`; por ejemplo, la siguiente expresión calcula el percentil 10 de un conjunto de bandas activo:

```
percentile("bandset#b*", 10)
```

- *std*: desviación estándar; por ejemplo:

```
std("bandset{1,3}b1")
```

- *suma*: suma; por ejemplo:

```
sum("bandset{1:5}b1")
```

## Operaciones

- *sin*: seno; por ejemplo:

```
sin("raster1")
```

- *cos*: coseno;
- *tan*: tangente;
- *asin*: seno inverso;
- *acos*: coseno inverso;
- *atan*: tangente inversa;
- *exp*: exponencial natural;
- *ln*: logaritmo natural;
- *log*: logaritmo base 10;

## Índices

- *NDVI*: si se selecciona, la fórmula del NDVI es introducida en la *Expression*:

```
( "#NIR#" - "#RED#" ) / ( "#NIR#" + "#RED#" ) @ NDVI
```

- *EVI*: si se selecciona, la fórmula del EVI es introducida en la *Expression*:

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

- *NBR*: si se selecciona, la fórmula del NBR es introducida en la *Expresión*:

```
( "#NIR#" - "#SWIR2#" ) / ( "#NIR#" + "#SWIR2#" ) @NBR
```

## Variables

- *nodata*: Valor Sin datos del ráster (e.g. `nodata("raster1")`); puede ser usado como un valor en la expresión:

```
where("raster1" == nodata("raster1"), 0, "raster1")
```

- *forbandsets*: permite iterar sobre *Conjunto de bandas* definidos entre corchetes; un rango de *Conjuntos de bandas* separados por dos puntos (e.g. `forbandsets[1:3]`) o una lista separada por comas (e.g. `forbandsets[1,2,3]`); *forbandsets* debe ser introucida en la primera línea de una expresión (no es compatible con *forbandsinbandset*), por ejemplo:

```
forbandsets[1:3]
"bandset#b1" @#BANDSET#
```

Durante la iteración, las *Variables de entrada* (Página 102) relacionadas con el *Conjunto de bandas* activo son reemplazadas por el iterador, y por tanto la expresión:

```
forbandsets[1:3]
"bandset#b1" @#BANDSET#
```

es equivalente a:

```
"bandset1b1" @calc1
"bandset2b1" @calc2
"bandset3b1" @calc3
```

es posible introducir una cadena de texto (o una lista de cadenas de texto separa por comas ,) después del corchete ] para filtrar un *Conjunto de bandas* con el nombre de la primera banda del *Conjunto de bandas*; por ejemplo, la siguiente expresión iterará sobre los 3 primeros *Conjuntos de bandas* seleccionando solo aquellos cuyo nombre de la primera banda incluya RT:

```
forbandsets[1,2,3]RT
```

También, *forbandsets*: permite iterar sobre las fechas de los *Conjuntos de bandas* (formato yyyy-mm-dd, defined in *Definición del Conjunto de bandas* (Página 46)) between square brackets, such as the following examples:

Iterando sobre un rango de fechas:

```
forbandsets[2020-01-01:2020-07-31]
"bandset#b1" @#BANDSET#
```

Iterando sobre una lista de fechas:

```
forbandsets[2020-02-01,2020-03-11,2020-04-21]
"bandset#b1" @#BANDSET#
```

Iterando sobre una lista de rangos de fechas:

```
forbandsets[2010-01-01:2010-06-31, 2010-08-01:2010-08-31, 2010-10-01:2010-12-31]
"bandset#b1" @#BANDSET#
```

Durante la iteración, las *Variables de entrada* (Página 102) relacionadas con el *Conjunto de bandas* activo son reemplazadas por el iterador.

Es posible introducir una cadena de texto (o una lista de cadenas de texto separa por comas ,) después del corchete ] para filtrar un *Conjunto de bandas* con el nombre de la primera banda del *Conjunto de bandas*; por ejemplo, la siguiente expresión iterará sobre los *Conjunto de bandas* en el rango seleccionando solo aquellos cuyo nombre de la primera banda incluya RT:

```
forbandsets[2020-01-01:2020-07-31]RT
```

- *forbandsinbandset*: permite iterar sobre bandas en un *Conjunto de bandas* o un rango de *Conjunto de bandas* entre corchetes; *forbandsinbandset* debe ser usando en la primera línea de una expresión (no es compatible con *forbandsets*); la variable *#BANDA#* tiene que ser utilizada para referir a la banda que va a ser iterada como en los siguientes ejemplos:

Iterando sobre las bandas en el primer *Conjunto de bandas* (nótese el carácter " en la expresión):

```
forbandsinbandset[1]
where("#BAND#" > 1, 1, 2) @#BAND#)
```

Iterando sobre todas las bandas en los *Conjuntos de bandas* del 1 al 3:

```
forbandsinbandset[1:3]
where("#BAND#" > 1, 1, 2) @#BAND#)
```

- *#BANDA#*:
- *#BANDSET#*: el nombre de la primera banda en el:ref:band\_set\_tab;
- *#DATE#*: la fecha y hora actuales(e.g. 20161110\_113846527764);
- @: carácter @;

3.4.8 Script

■ Script (Página 108)

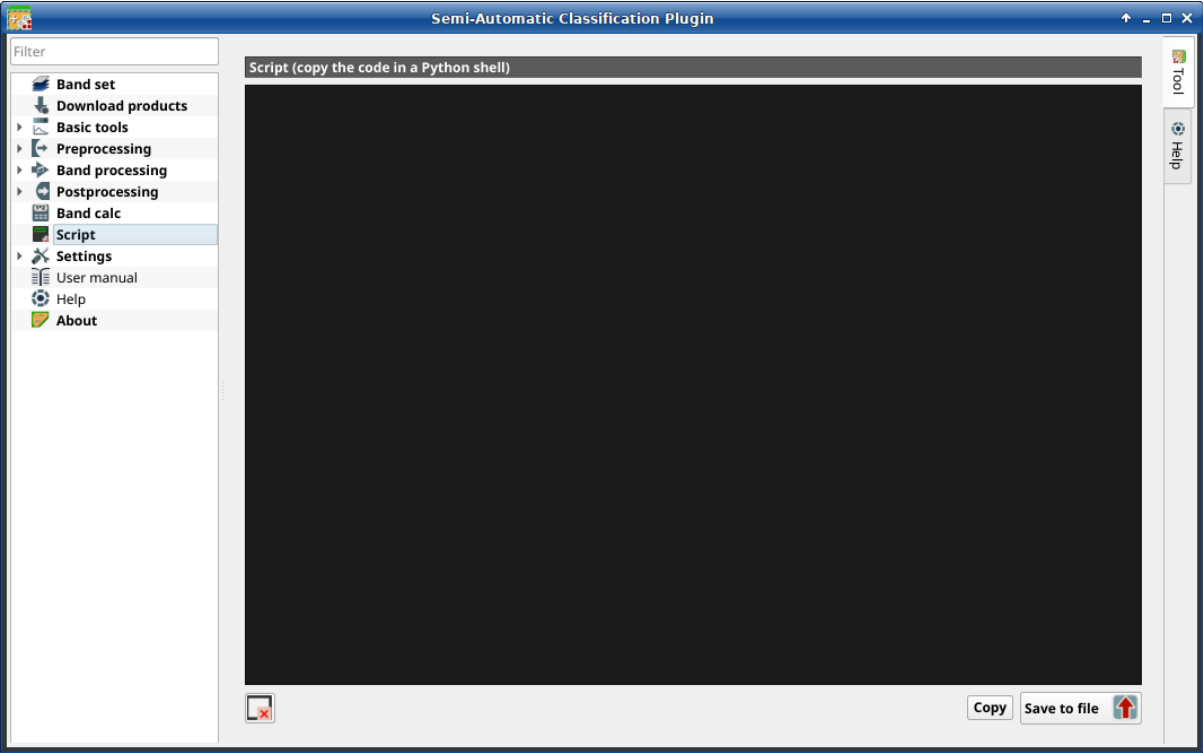




Figura 46: Script


This tab displays the output of the *Script* buttons that are available in several tools, which ease the creation of Python scripts using [Remotior Sensus](#).

It is possible to edit or copy the Python code and run it in a Python shell. New code is appended to the existing one, when using the *Script* buttons.

Script

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
	clear the content of the script
Copy	copy the content of the script to the clipboard
Save to file 	save the script to file .py

### 3.4.9 Configuración

La pestaña  *Configuración* permite la personalización de SCP.

#### Depurar

- *Archivo Log* (Página 109)
- *Prueba* (Página 110)

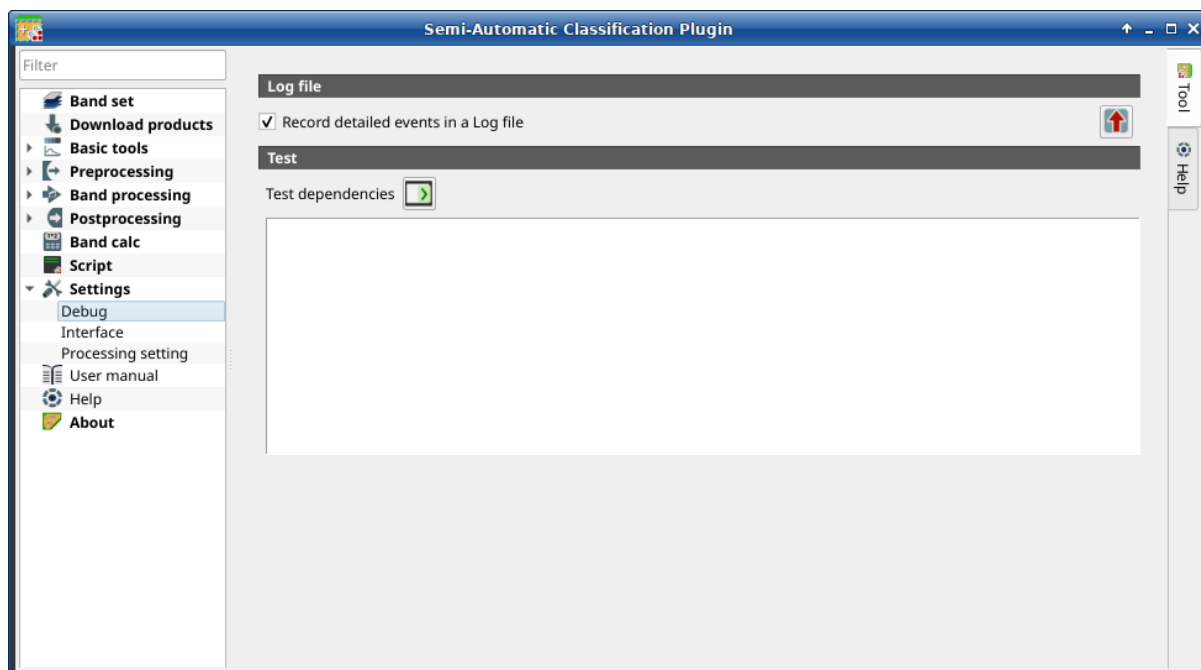





Figura 47: *Depurar*

Esta pestaña permite depurar SCP en el caso de que haya problemas, y comprobar las dependencias de SCP

#### Archivo Log

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
 <i>Registrar eventos en un archivo de registro</i>	si está marcado, se grabaran eventos detallados en un archivo de registro.
	exportar el registro a un archivo .txt

Prueba

Símbolo de la herramienta y nombre	Descripción
<i>Probar dependencias</i> 	test :guilabel:Dependencias de <i>SCP</i> (NumPy, SciPy, Matplotlib, GDAL, PyTorch, scikit-learn, Remotior Sensus, Multiprocess, conexión a internet)

Interface

- *ROI style* (Página 111)
- *Variable name for expressions* (Página 111)
- *Temporary group name* (Página 111)
- *Dock* (Página 111)

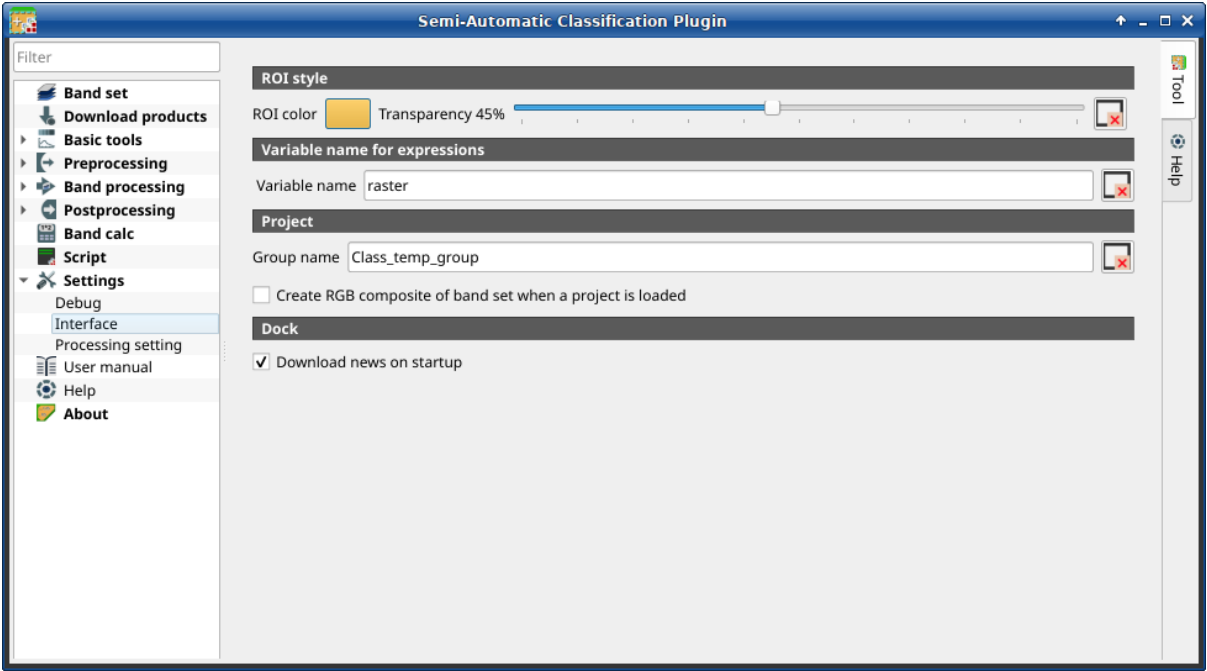






Figura 48: Interface

This tab includes a few advanced settings of the *SCP* interface.





## ROI style

Change ROI color and transparency for a better visualization of temporary ROIs on the map.




Tool symbol and name	Description
<i>ROI color</i> 	button for changing ROI color
<i>Transparency</i>  	change ROI transparency
	reset ROI color and transparency to default

## Variable name for expressions


Set the variable name used in expressions of the *Reclasificación* (Página 97).

Tool symbol and name	Description
<i>Variable name</i> <input type="text" value="T"/> 	set variable name (default is raster)
	reset variable name to default

## Temporary group name

Tool symbol and name	Description
<i>Group name</i> <input type="text" value="T"/> 	set group name (default is Class_temp_group)
	reset group name to default
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Create RGB composite of band set when a project is loaded</i> 	if checked, a RGB composite of active band set is added to the map when a project is loaded

## Dock

Tool symbol and name	Description
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Download news on startup</i> 	if checked, news about the SCP and related services are downloaded on startup and displayed in Dock; also, it checks for updates of <a href="#">Remotior Sensus</a>

Processing setting

- *System* (Página 112)
- *Calculation process* (Página 113)
- *SMTP process notification* (Página 113)
- *Temporary directory* (Página 113)
- *External programs* (Página 114)

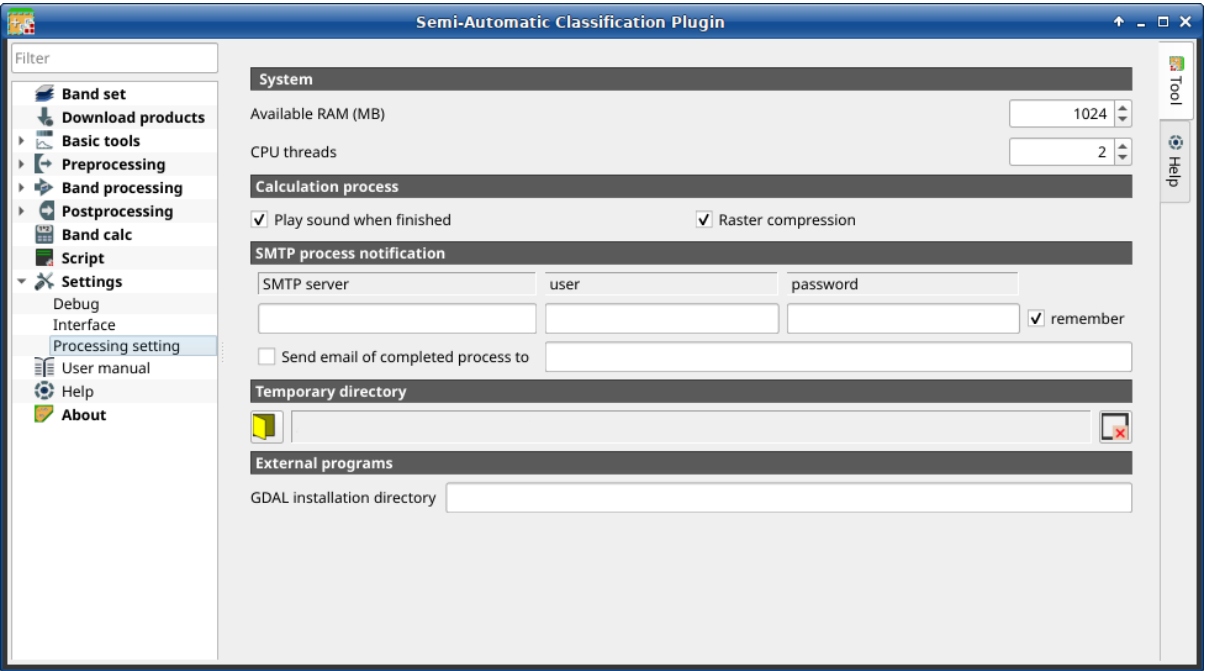




Figura 49: Processing

System

Tool symbol and name		Description
Available RAM (MB)		set the available RAM (in MB) that is used during the processes in order to improve the SCP performance; this value should be half of the system RAM (e.g. 1024MB if system has 2GB of RAM)
CPU threads		set the number of threads available for processing; it is recommended to set a value lower than the maximum number of system threads (e.g. if the system has 4 available threads set value 3)

## Calculation process



Tool symbol and name		Description
 <i>Play sound when finished</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	if checked, play a sound when the process is completed
 <i>Raster compression</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	if checked, a lossless compression (DEFLATE or PACKBITS) is applied to raster outputs in order to save disk space; it is recommended to check this option to save disk space, or uncheck to faster the calculation

## SMTP process notification

Tool symbol and name		Description
<i>SMTP server</i>	<input type="text" value="T"/>	the SMTP server to login for sending a notification email when all the <i>SCP</i> processes are finished (a notification is sent also in case of error, but not in case of crash)
<i>user</i>	<input type="text" value="T"/>	the SMTP server user
<i>password</i>	<input type="text" value="T"/>	the SMTP server password
<i>Send email of completed process to</i>	<input type="text" value="T"/>	a list of addresses (separated by comma) to send the notification email to




**Advertencia:** If ☒ *remember* is checked, the password is stored unencrypted in QGIS registry.

## Temporary directory

Tool symbol and name		Description
	<input type="text" value="T"/>	select a new temporary directory where temporary files are saved during the processing; the path to the current temporary directory is displayed; default is a system temporary directory
		reset to default temporary directory

## External programs



Some tools require external programs to perform the processing.

Tool symbol and name	Description
<i>GDAL installation directory</i>   	enter the path to the GDAL directory containing tools such as gdal_translate and gdalwarp (e.g. /usr/bin); this parameter is usually not required

## 3.5 Spectral Signature Plot

The window *Spectral Signature Plot* includes several functions for displaying spectral signature values as a function of wavelength (defined in the *Conjunto de Bandas* (Página 45)). Signatures can be added to the Spectral Signature Plot through the *SCP dock* (Página 31).

Overlapping signatures (belonging to different classes or macroclasses) are highlighted in orange in the table *Signature list* (Página 115); the overlapping check is performed considering *MC ID* or *C ID* according to the setting

Use  *MC ID*  *C ID* in *Classificación* (Página 75). Overlapping signatures sharing the same *ID* are not highlighted.

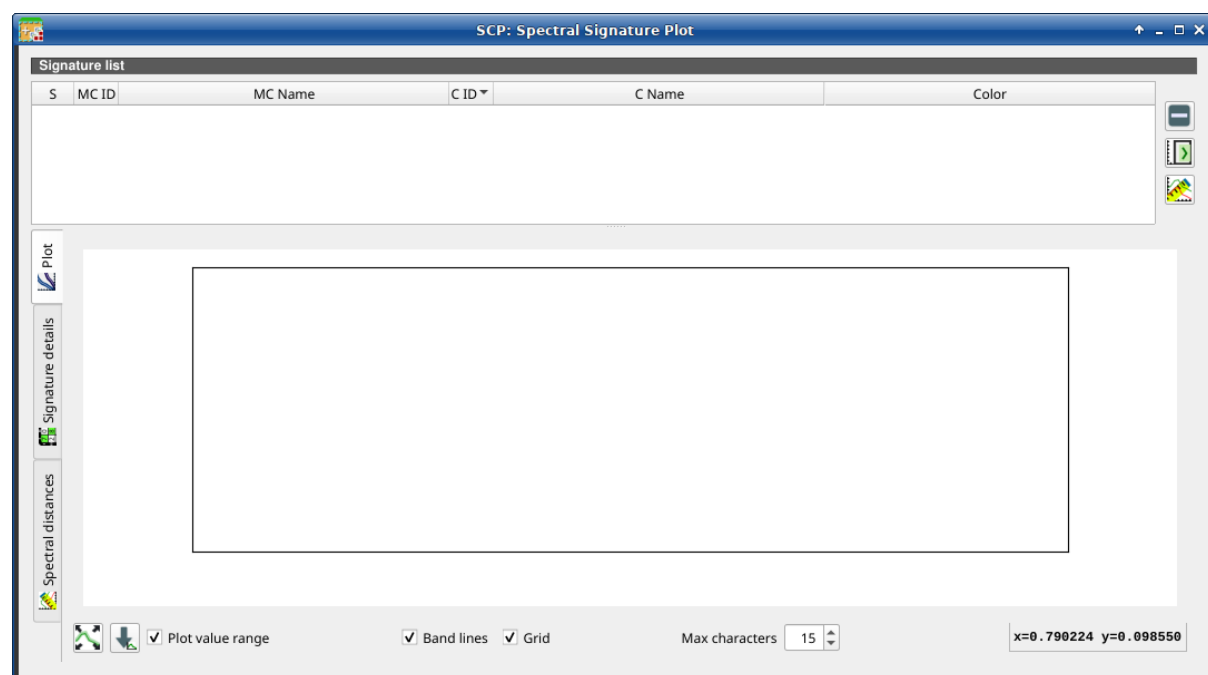





Figura 50: *Spectral Signature Plot*

### 3.5.1 Signature list

The *Signature list* is a table that includes the spectral signatures added from the *SCP dock* (Página 31).

S	MC ID	MC Na- me	C ID	C Na- me	Color
checkbox field; if checked, the spectral signature is displayed in the plot	signature Macro- class ID	signature Macro- class Name	signature Class ID	signature Class Name	signature color; also, the combination <i>MC ID-C ID</i> is displayed in case of overlap with other signatures



The following tools are available.

Tool symbol and name	Description
	remove highlighted signatures from this list
	add highlighted spectral signatures to <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)
	calculate the spectral distances of spectral signatures displayed in the plot; distances are reported in the tab <i>Spectral distances</i> (Página 116)

### Plot

**Left click** and hold inside the plot to **move** the view of the plot. Use the **mouse wheel** to **zoom in and out** the view of the plot. **Right click** and hold inside the plot to **zoom in a specific area** of the plot. Legend inside the plot can be moved using the mouse.

The following tools are available.

Tool symbol and name	Description
	automatically fit the plot to data
	save the plot image to file (available formats are .jpg, .png, and .pdf)
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Plot value range</i>	if checked, plot the value range for each signature with a semi-transparent area
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Band lines</i>	if checked, display a vertical line for each band (center wavelength)
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Grid</i>	if checked, display a grid
<i>Max characters</i> <input type="text" value="10"/>	set the maximum length of text in the legend
<i>x y</i>	display x y coordinates of mouse cursor inside the plot

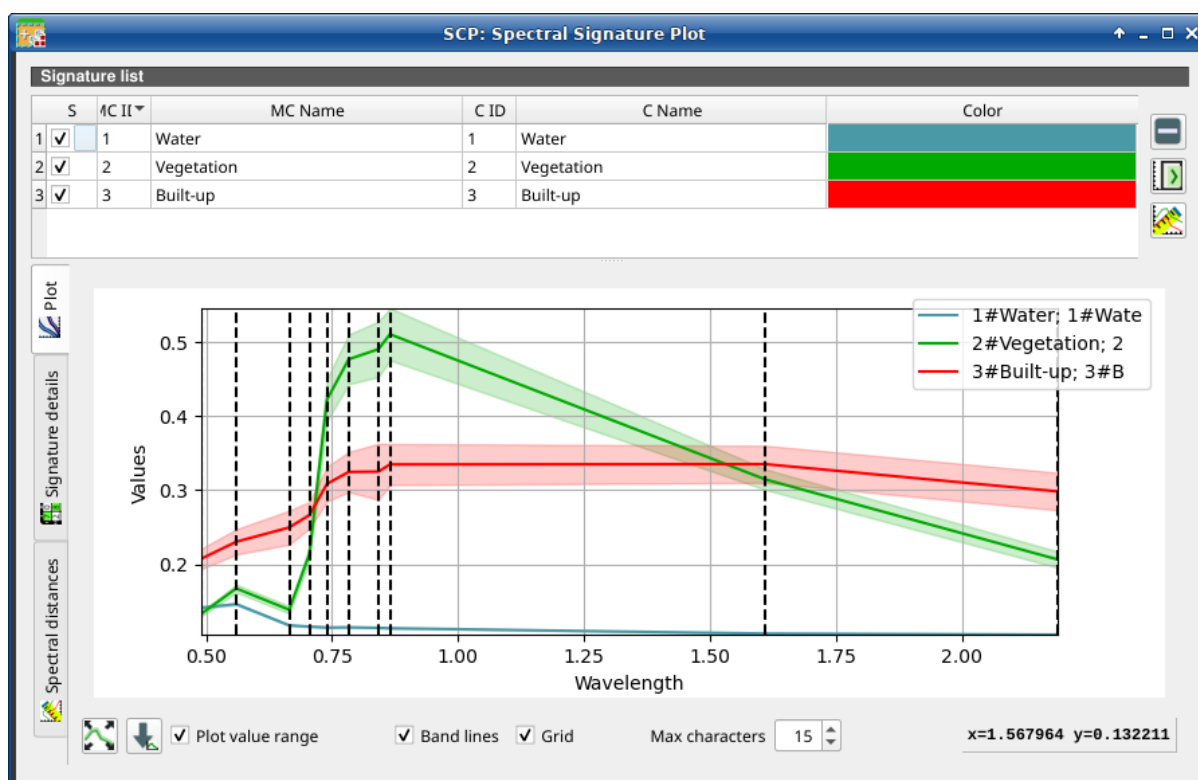


Figura 51: Spectral Signature: Example of plot

### Signature details

Display the details about spectral signatures (i.e. Wavelength, Values, and Standard deviation). In case of signatures calculated from ROIs, the ROI size (number of pixels) is also displayed.

### Spectral distances

Display spectral distances of signatures (see [Signature list](#) (Página 115)), which are useful for assessing ROI separability (see [Distancia Espectral](#) (Página 143)).

The following spectral distances are calculated :

- [Angulo Espectral](#) (Página 143): range [0 = identical, 90 = different]; useful in particular for [Maapeo del Angulo Espectral](#) (Página 138) classifications
- [Distancia Euclidiana](#) (Página 144): useful in particular for [Distancia mínima](#) (Página 137) classifications
- [Similitud de Bray-Curtis](#) (Página 144): range [0 = different, 100 = identical]; useful in general

Values are displayed in red if signatures are particularly similar.

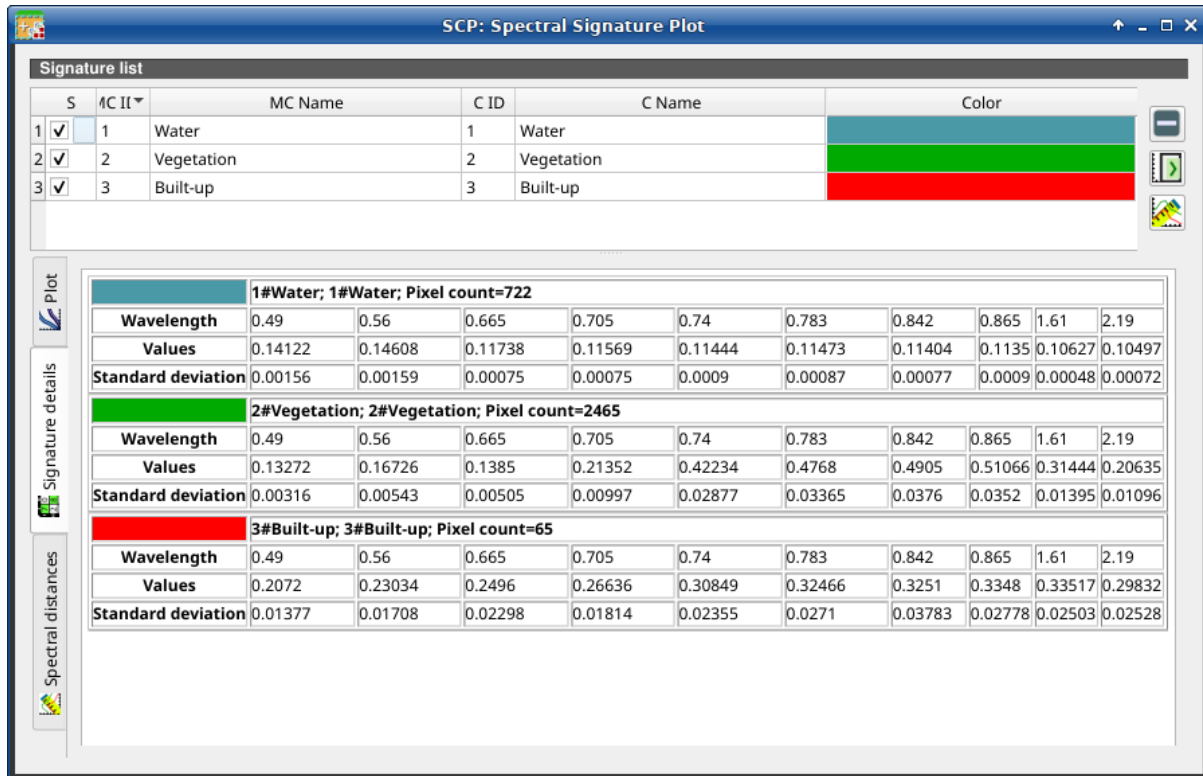


Figura 52: Spectral Signature: Example of signature details

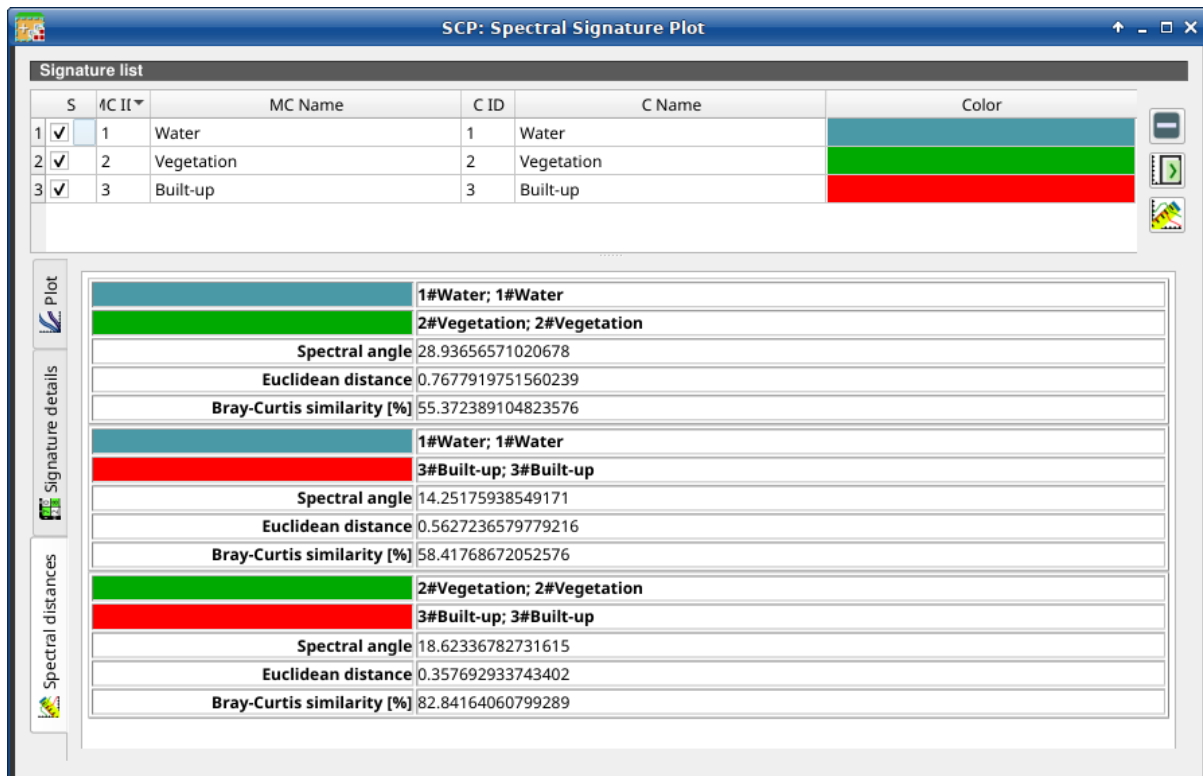


Figura 53: Spectral Signature: Example of spectral distances

## 3.6 Scatter Plot

The window *Scatter plot* displays pixel values for two raster bands as points in the 2D space. Scatter plots are useful for assessing ROI separability between two bands.

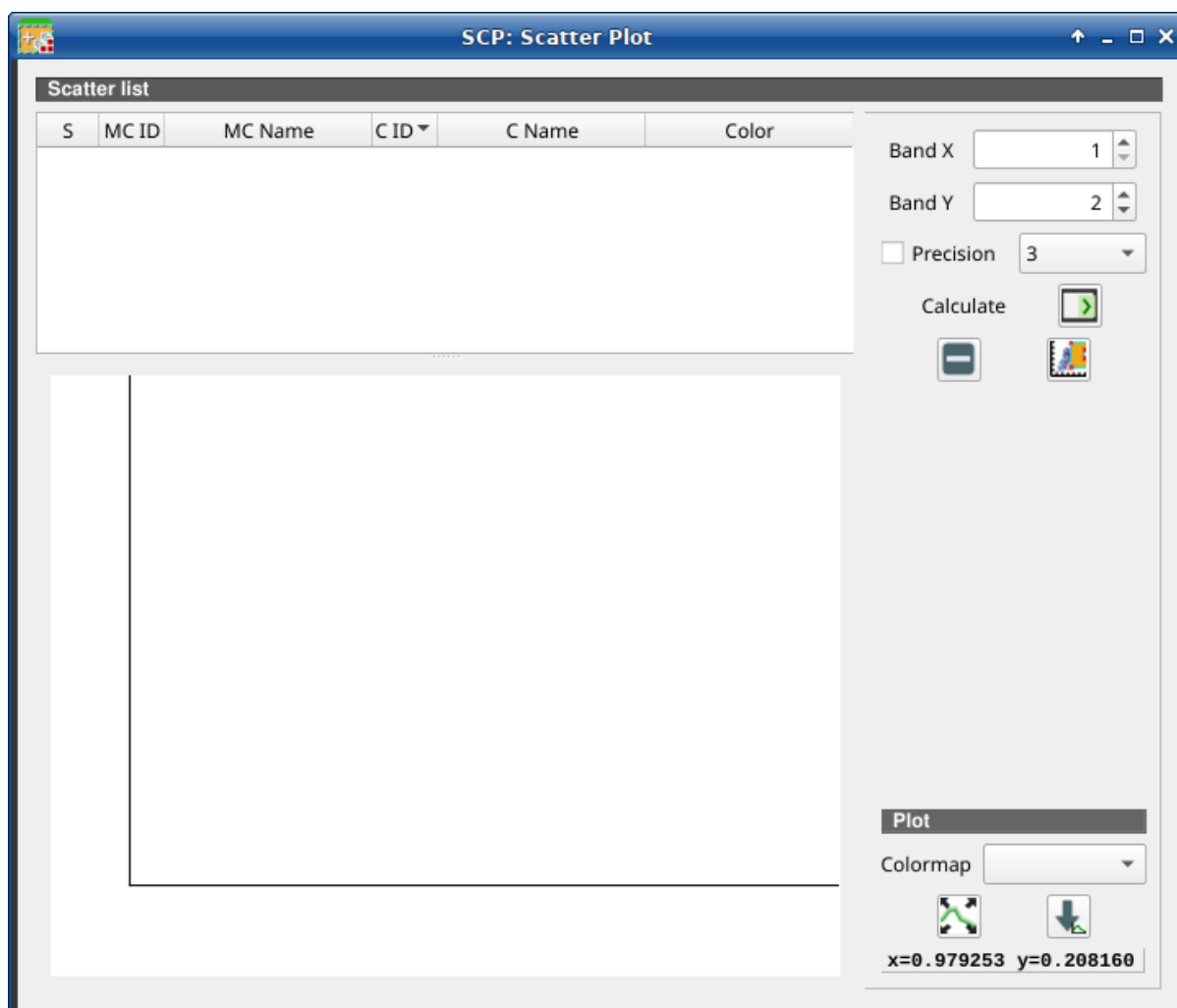


Figura 54: *Scatter Plot*

The functions are described in detail in the following paragraphs.










### 3.6.1 Scatter list

The *Scatter list* is a table that includes the spectral signatures added from the *SCP dock* (Página 31).

S	MC ID	MC Name	C ID	C Name	Color
checkbox field; if checked, the spectral signature is displayed in the plot	signature Macroclass ID	signature Macroclass Name	signature Class ID	signature Class Name	signature color

The following tools are available.








Tool symbol and name	Description
<i>Band X</i> 	X band of the plot
<i>Band Y</i> 	Y band of the plot
	remove highlighted signatures from this list
	add highlighted spectral signatures to <i>ROI &amp; Signature list</i> (Página 36)
 <i>Preci-</i> <i>sion</i> 	use custom precision for calculation (precision should be selected according significant digits): * 4 = $10^{-4}$ * 3 = $10^{-3}$ * 2 = $10^{-2}$ * 1 = $10^{-1}$ * 0 = 1 * -1 = $10^0$ * -2 = $10^1$ * -3 = $10^2$ * -4 = $10^3$
<i>Calculate</i> 	calculate the scatter plot for the ROIs checked in the list
	remove highlighted signatures from this list
	add a temporary scatter plot to the list (as MC Name = tempScatter) and start the plot calculation of the last temporary ROI (see <i>Working toolbar</i> (Página 41))

**Advertencia:** Using a precision value that is too high can result in slow calculation or failure.

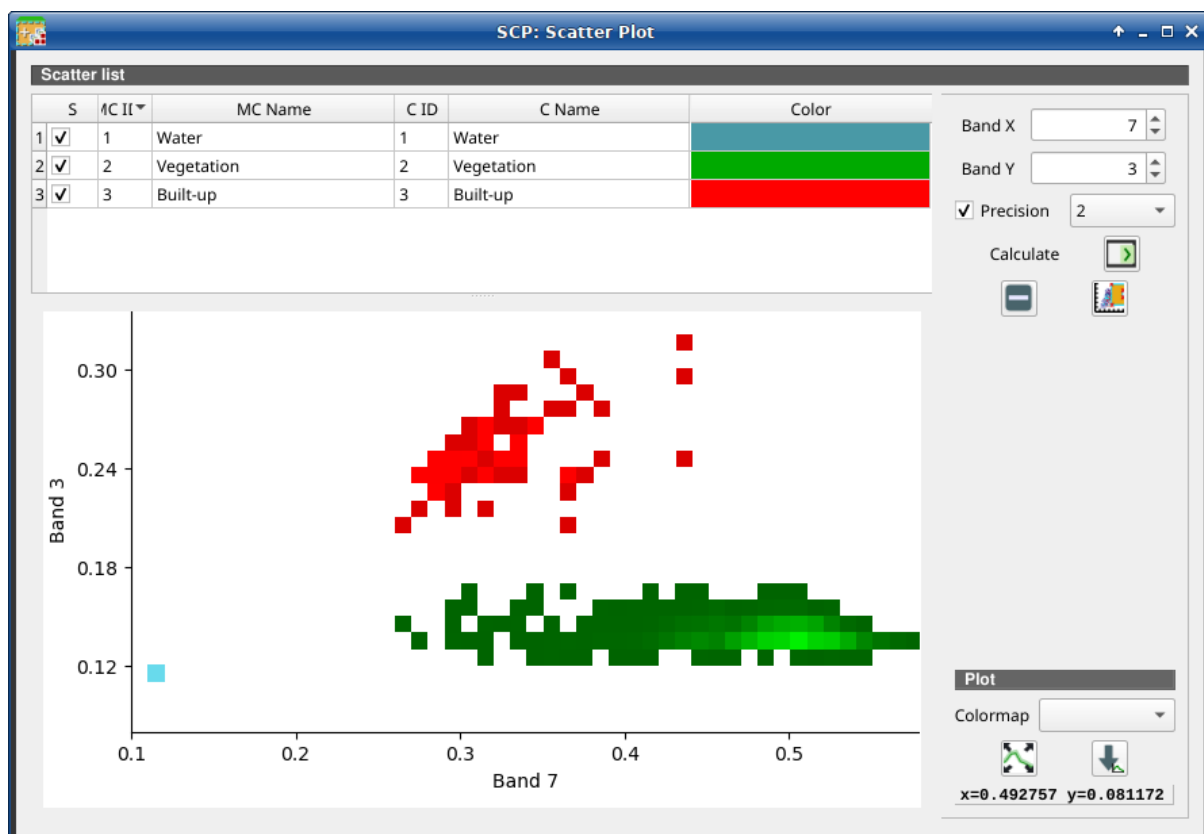
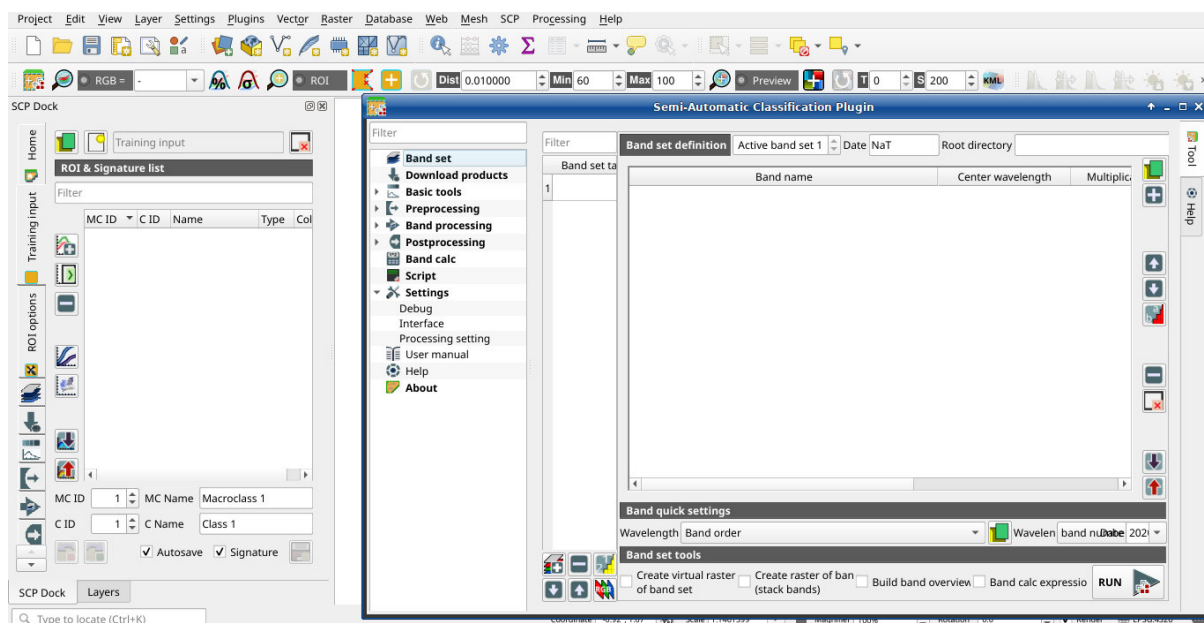
## Plot

**Left click** and hold inside the plot to **move** the view of the plot. Use the **mouse wheel** to **zoom in and out** the view of the plot. **Right click** and hold inside the plot to **zoom in a specific area** of the plot.

Tool symbol and name	Description
<i>Colormap</i>  	select a colormap that is applied to highlighted scatter plots in the list when  is clicked; if no scatter plot is highlighted then the colormap is applied to all the scatter plots
	automatically fit the plot to data
	save the plot image to file (available formats are .jpg, .png, and .pdf)
<i>x y</i>	display x y coordinates of mouse cursor inside the plot

## 3.7 Integration in QGIS Processing

Several *SCP* tools can be accessed from the QGIS Processing Toolbox, and can be used to create models. The tools are available in the menu *Semi-Automatic Classification Plugin*.

Figura 55: *Example Scatter Plot*

The functions described in the following paragraphs use these conventions:

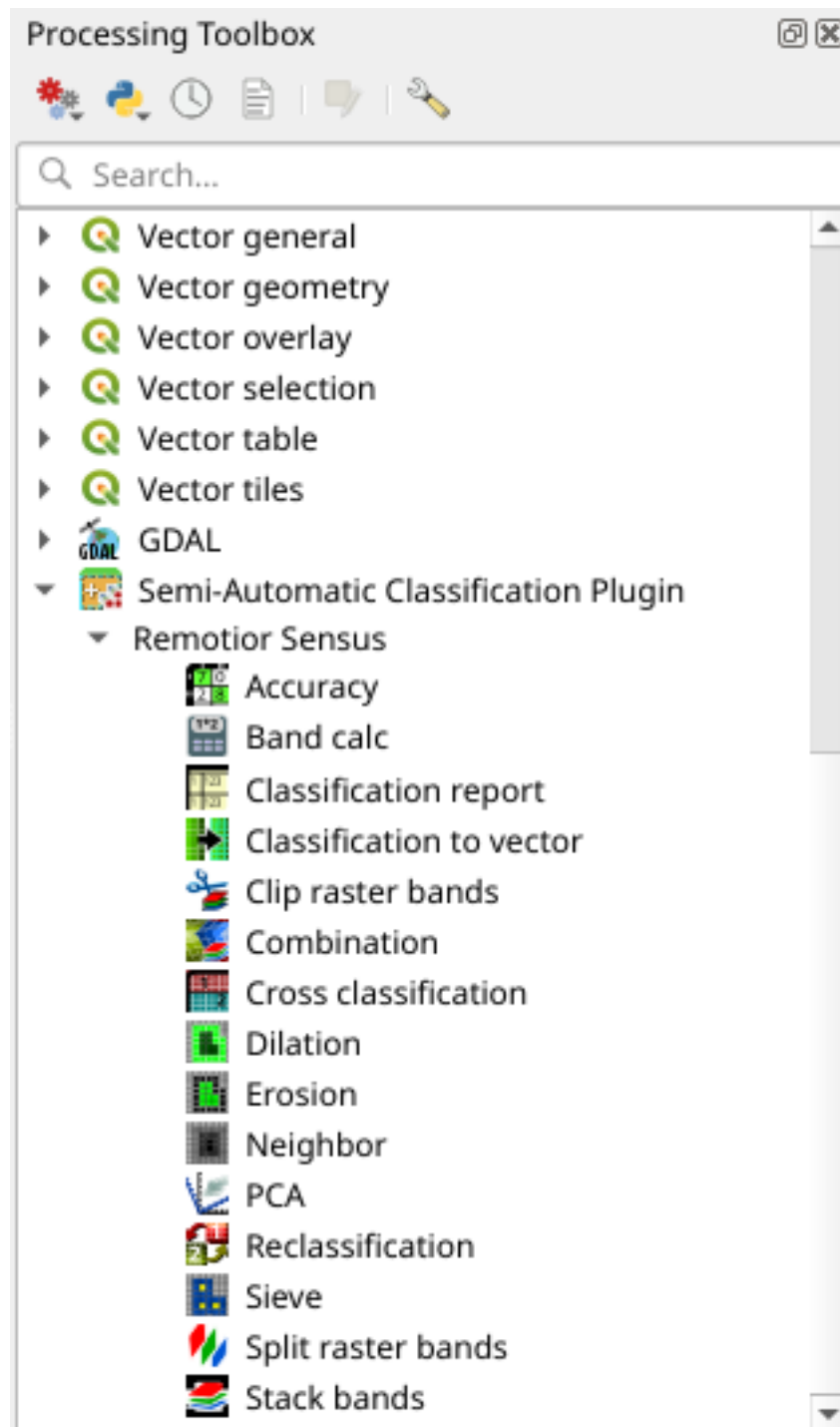











Figura 56: *Integration in QGIS Processing Toolbox*

	Input date
	Input text
	List
	Input number
	Optional
	Configuration stored in the active project of QGIS
	Configuration stored in QGIS registry
	Slider
	Table

---

### Breve Introducción a la Teledetección

---

- *Definiciones Básicas* (Página 124)
  - *Definición de SIG* (Página 124)
  - *Definición de Teledetección* (Página 124)
  - *Sensores* (Página 125)
  - *Radiancia y Reflectancia* (Página 125)
  - *Firma Espectral* (Página 127)
  - *Cobertura del suelo* (Página 127)
- *Satélites multiespectrales* (Página 127)
  - *Satélites Landsat* (Página 127)
  - *Satélite Sentinel-2* (Página 129)
  - *Satélite Sentinel-3* (Página 129)
  - *Satélite ASTER* (Página 130)
  - *Productos MODIS* (Página 131)
  - *GOES Products* (Página 131)
- *SAR satellites* (Página 132)
  - *Sentinel-1 Satellites* (Página 133)
- *Clasificación de la Cobertura Terrestre* (Página 133)
  - *Clasificación supervisada* (Página 133)
  - *Composición de Color* (Página 134)
  - *Áreas de entrenamiento* (Página 135)
  - *Clases y Macroclases* (Página 136)
  - *Algoritmos de clasificación* (Página 137)
  - *Machine Learning* (Página 142)

- *Distancia Espectral* (Página 143)
- *Resultado de la Clasificación* (Página 144)
- *Evaluación De la Exactitud* (Página 145)
- *Procesamiento de imágenes* (Página 146)
  - *Análisis de Componentes Principales* (Página 146)
  - *Pan-sharpening* (Página 146)
  - *Índices espectrales* (Página 147)
  - *Agrupamiento* (Página 148)
- *Conversión de la imagen a Reflectancia* (Página 150)
  - *Radiancia en el sensor.* (Página 150)
  - *Reflectancia en el Techo de la Atmósfera (TOA)* (Página 150)
  - *Reflectancia de la Superficie* (Página 151)
  - *Corrección DOSI* (Página 151)
- *Conversión a temperatura* (Página 153)
  - *Conversión a Temperatura de Brillo en el Satélite* (Página 153)
  - *Estimación de la Temperatura de Superficie del Suelo* (Página 154)
- *Referencias* (Página 155)

## 4.1 Definiciones Básicas

This chapter provides basic definitions about GIS and remote sensing.

### 4.1.1 Definición de SIG

There are several definitions of **GIS** (Geographic Information Systems), which is not simply a program. In general, GIS are systems that allow for the use of geographic information (data have spatial coordinates). In particular, GIS allow for the view, query, calculation and analysis of spatial data, which are mainly distinguished in raster or vector data structures. Vector is made of objects that can be points, lines or polygons, and each object can have one or more attribute values; a raster is a grid (or image) where each cell has an attribute value (Fisher and Unwin, 2005). Several GIS applications use raster images that are derived from remote sensing.

### 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 126)).

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 medida 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.

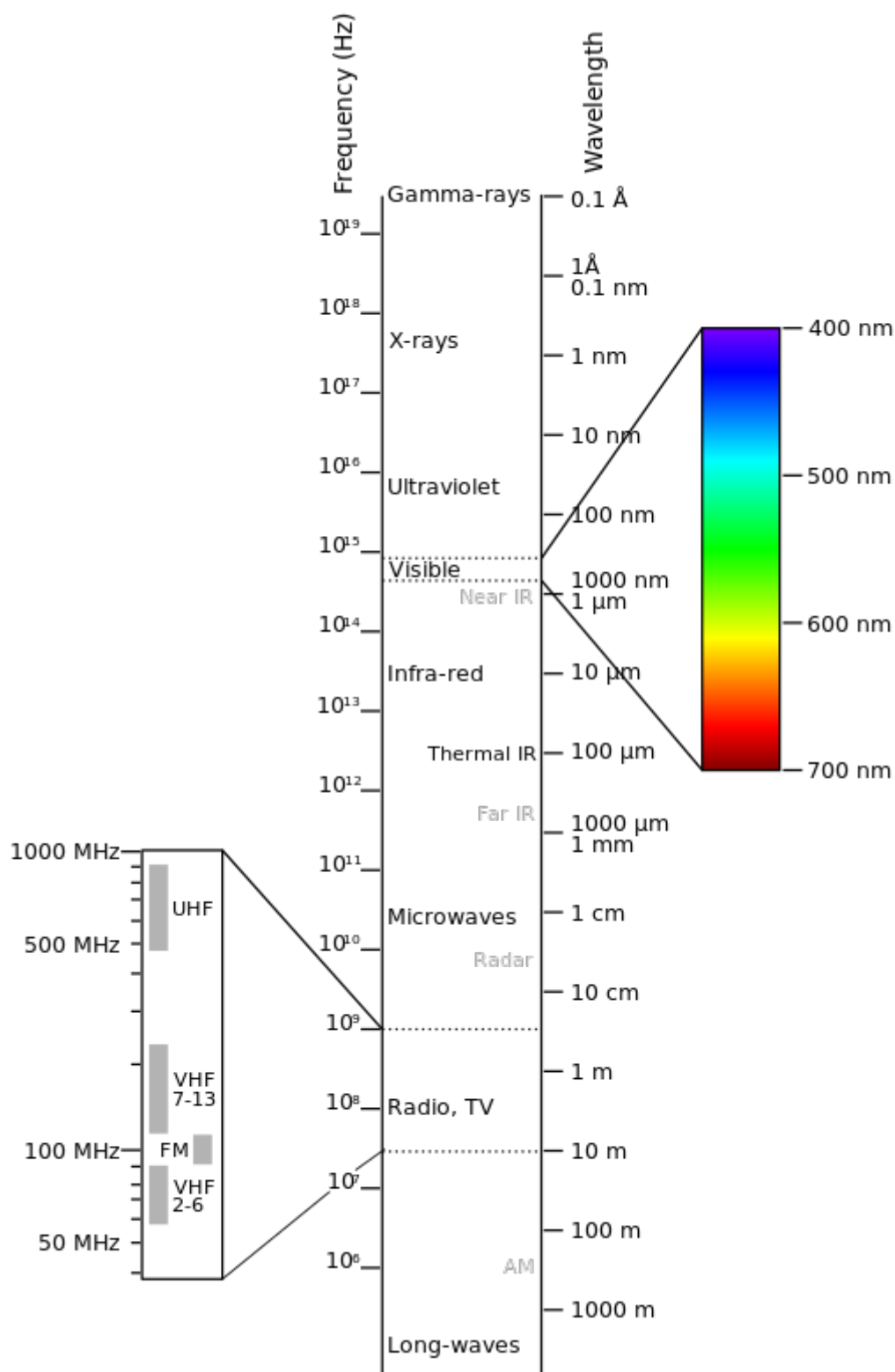


Figura 1: *Espectro Electromagnético*

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

[CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]

via Wikimedia Commons

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



### 4.1.5 Firma Espectral

The **spectral signature** is the reflectance as a function of wavelength (see Figure *Curvas de Reflectancia Espectral de Cuatro Objetivos* (Página 127)); each material has a unique signature, therefore it can be used for material classification (NASA, 2013).

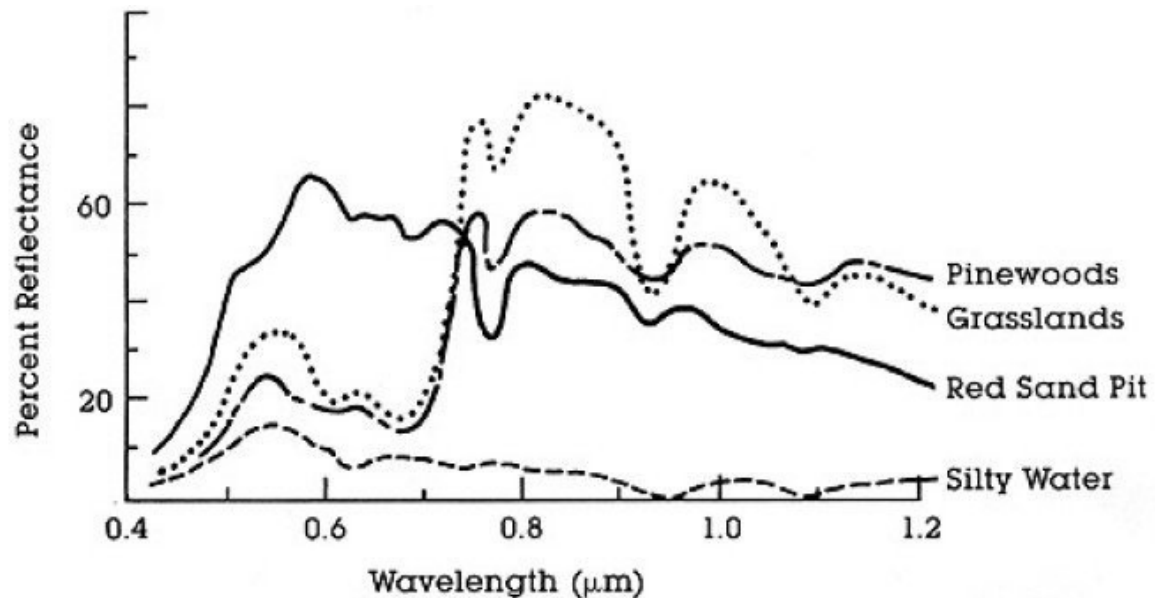


Figura 2: *Curvas de Reflectancia Espectral de Cuatro Objetivos*  
(desde NASA, 2013)

### 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.

## 4.2 Satélites multispectrales

There are several satellites with different characteristics that acquire multispectral images of earth surface. The following satellites are particularly useful for land cover monitoring because images are provided for free and can be downloaded directly from SCP; data have been acquired for the past few decades and the archive is continuously growing with recent images.

### 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 multiespectral 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 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);

## 4.2.6 GOES Products

The **Geostationary Operational Environmental Satellite-R Series (GOES-R)** are geostationary satellites developed for weather monitoring by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the NASA (NOAA, 2020).

GOES constellation is composed of **GOES-R** satellite (also known as GOES-16 that replaced GOES-13 on December 2017), and **GOES-S** satellite (also known as GOES-17, operational since February 2019). Other satellites (GOES-T and GOES-U) are planned to be launched in the future. For more information please visit <https://www.goes-r.gov/mission/mission.html>.

GOES geostationary satellites monitor continuously the same area, a very large portion of Earth surface with three geographic coverage regions: Full Disk, Continental United States (CONUS), and Mesoscale. In particular, Full Disk products have hemispheric coverage of 83° local zenith angle, and images are acquired every 5-15 minutes. GOES-16 monitors from 75.2 degrees west longitude, including America, the Atlantic Ocean, and the west coast of Africa. GOES-17 monitors from 137.2 degrees west longitude, including the Pacific Ocean.

GOES sensors include several spectral bands.

*GOES Bands*

GOES Bands	Longitud de Onda Central [micrómetros]	Resolución [metros]
Banda 1 - Azul	0.47	1000
Banda 2 - Rojo	0.64	500
Band 3 - Near Infrared (NIR)	0.87	1000
Band 4 - SWIR - Cirrus	1.38	2000
Banda 5 - SWIR	1.61	1000
Band 6 - SWIR	2.25	2000

## 4.3 SAR satellites

**Synthetic Aperture Radar** (SAR) is a technique of active remote sensing that is the sensor platform emits microwaves in order to acquire images of the ground (Richards and Jia, 2006). In fact, the sensor platform emits the radiation (at a specific wavelength) and measures the magnitude and the phase of radiation that bounces back from the ground to the sensor.

Unlike passive sensors, SAR systems can work day and night and can penetrate clouds allowing for the monitoring of surface also with adverse meteorological conditions; depending on the microwave wavelength, the radiation can penetrate different types of materials allowing for different applications (NASA, 2020).

The main SAR systems can be divided according to the wavelength as illustrated in the following table (NASA, 2020):

*Main SAR Bands*

Ban-da	Wavelength [centi-meters]	Application
X	3.8 – 2.4	High Resolution SAR, urban monitoring, ice and snow, little penetration into vegetation cover
C	7.5 – 3.8	global mapping, change detection, ice, low penetration into vegetation cover
S	15 – 7.5	global mapping, agriculture monitoring, medium penetration into vegetation cover
L	30 – 15	Medium resolution SAR, biomass and vegetation mapping, high penetration into vegetation cover

Usually, SAR sensors can emit and measure different polarizations (i.e. orientation of the microwaves of the electric field), for instance vertical (i.e. polarization oriented in the vertical direction in antenna coordinates) and horizontal (i.e. polarization oriented in the horizontal direction in antenna coordinates) (ESA, 2020).

SAR systems can acquire in both ascending and descending orbits, however the acquired images are affected by the different acquisition geometries, which should be considered when mixing ascending and descending images.

Acquisitions are called *swaths* and usually they are composed of sub-swaths. With particular acquisition modes, the resolution of pixels along track (the side parallel to the flight direction) can be different than slant-range (the side perpendicular to the flight direction).

SAR phase information is used to perform interferometry (also InSAR) to measure the distance from the sensor to the target (NASA, 2020).

For more information, please read the [ESA introduction to SAR](#) and the [NASA definition of SAR](#).

### 4.3.1 Sentinel-1 Satellites

**Sentinel-1** is a Copernicus mission of satellites that operate at C-band to provide SAR imagery at medium resolution (about 10m).

The Sentinel-1 constellation provides high revisit time (about 5 days), a wide swath (250 km), and acquires images in different operational modes. The primary operation mode on land is the Interferometric Wide swath (IW), which is data is acquired in three swaths using the Terrain Observation with Progressive Scanning SAR (TOPSAR) imaging technique (ESA, 2020b).

The Level-1 products systematically delivered by Copernicus are Single Look Complex (SLC, data comprising complex imagery with amplitude and phase) and **Ground Range Detected** (GRD, Level-1 data with multi-looked intensity only).

Sentinel-1 supports dual polarization, which are horizontal (H) or vertical (V); VV and VH polarimetric channels are available to classify and analyze land cover such as built-up areas or vegetation.

## 4.4 Clasificación de la Cobertura Terrestre

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

### 4.4.1 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.

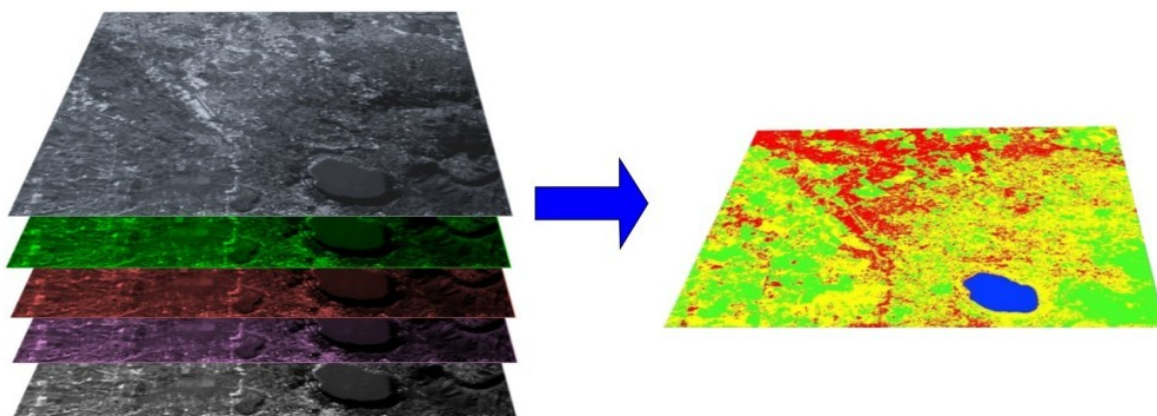


Figura 3: *Imagen multispectral procesada para producir una clasificación de la cobertura del suelo*  
(Imagen Landsat proporcionada por USGS)



#### 4.4.2 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»

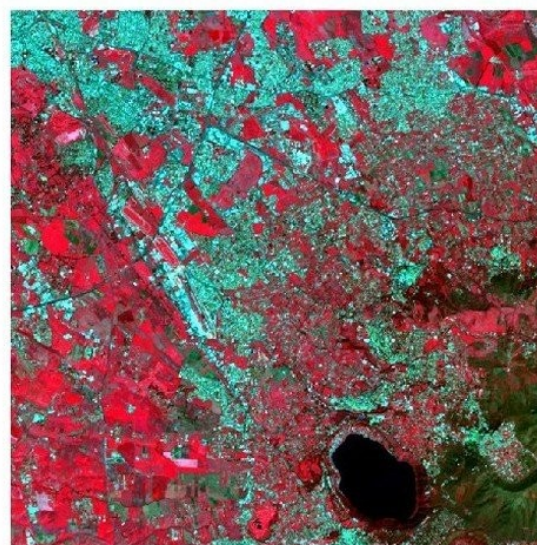
donde:

- 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 134) 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).



RGB = 432



RGB = 543

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



### 4.4.3 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 135) 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).

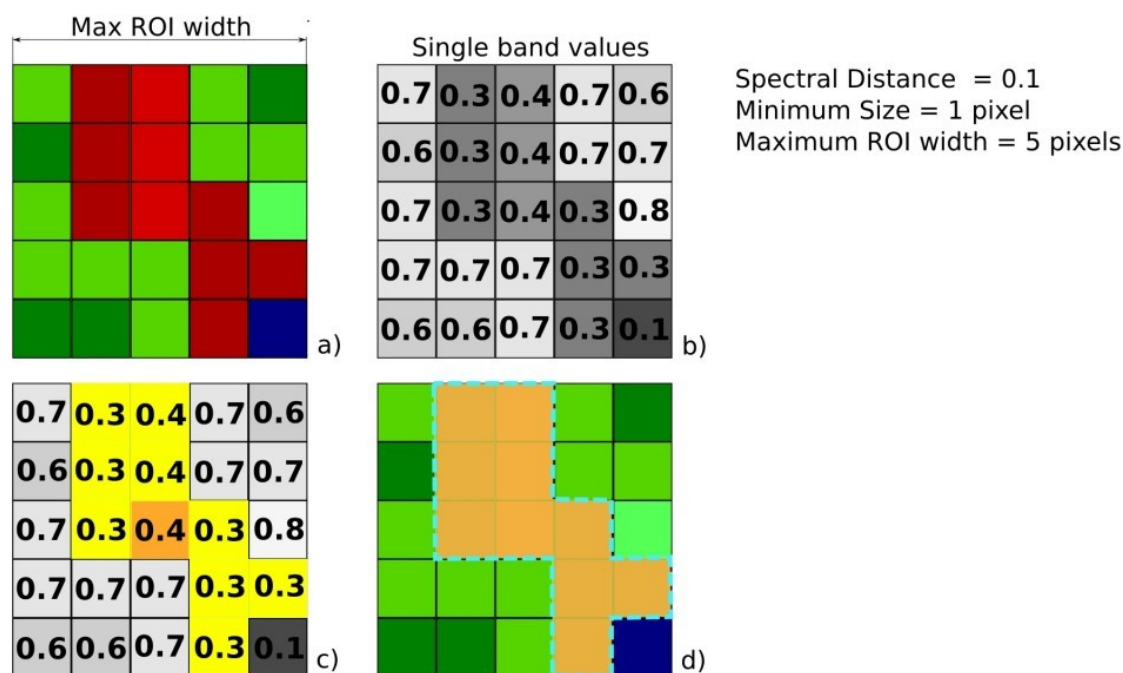


Figura 5: *Ejemplo de Región Incremental*

#### 4.4.4 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 136).

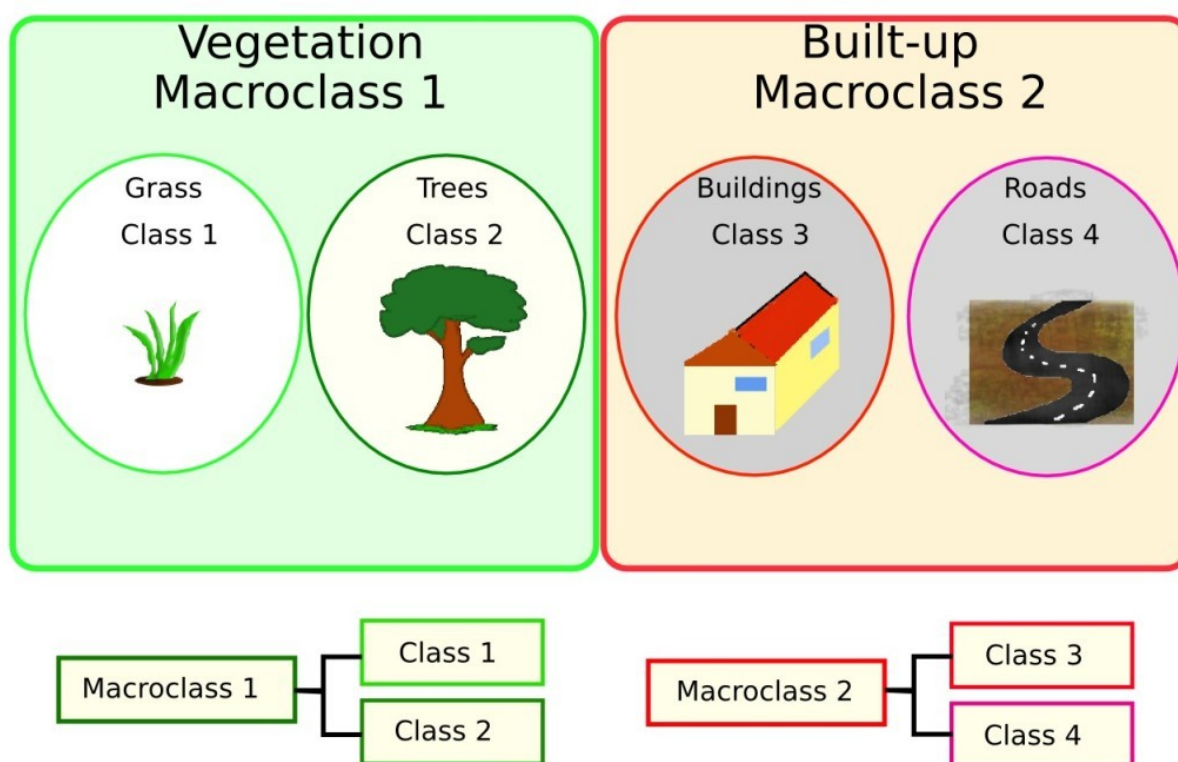


Figura 6: *Ejemplo de Macroclases*

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.

#### 4.4.5 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.

##### 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

Maximum Likelihood algorithm calculates the probability distributions for the classes, related to Bayes' theorem, estimating if a pixel belongs to a land cover class. In particular, the probability distributions for the classes are assumed the of form of multivariate normal models (Richards & Jia, 2006). In order to use this algorithm, a sufficient number of pixels is required for each training area allowing for the calculation of the covariance matrix. The discriminant function, described by Richards and Jia (2006), is calculated for every pixel as:

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

donde:

- $C_k$  = clase de cobertura  $k$ ;
- $x$  = vector de firma espectral de un píxel 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:

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

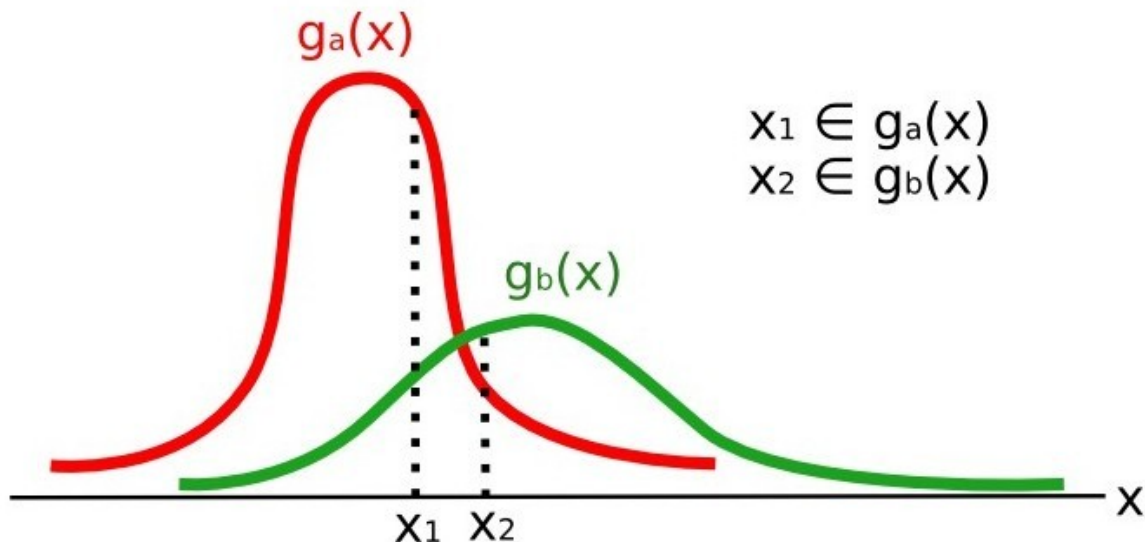


Figura 7: Ejemplo de Máxima Probabilidad

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

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j \\ \text{and} \\ g_k(x) > T_i$$

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 137).

### Mapeo del Angulo Espectral

El Mapeo de Ángulo Espectral calcula el ángulo espectral entre las firmas espectrales de los pixeles 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 pixel de la imagen;
- $y$  = vector de firma espectral del área de entrenamiento;
- $n$  = número de bandas de la imagen.

Por lo tanto un pixel 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  $j$ .

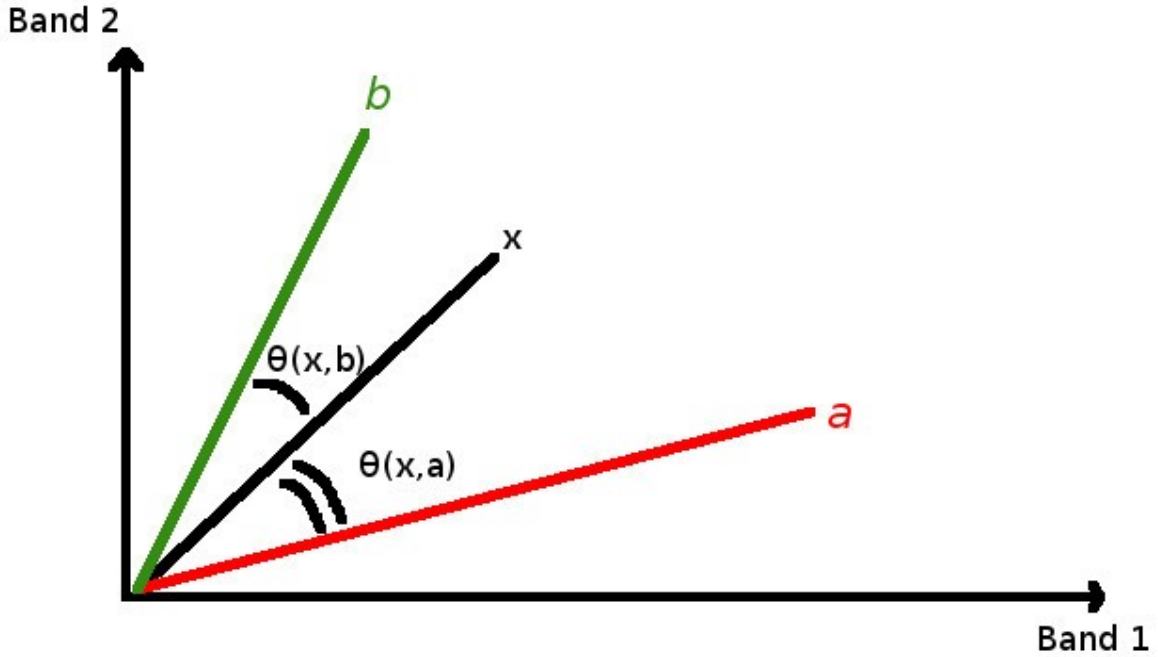


Figura 8: Ejemplo de Mapeo de Ángulo Espectral

Para excluir de la clasificación los pixeles 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 pixel es clasificado dentro de una clase, si sus valores están dentro del paralelepípedo correspondiente. Una de las mayores desventajas es que los pixeles cuyas firmas se superponen a dos o más paralelepípedos no pueden ser clasificados (Richards and Jia, 2006).

## Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo

This classification allows for the definition of spectral thresholds for each training input signature (a minimum value and a maximum value for each band). The thresholds of each training input signature define a spectral region belonging to a certain land cover class.

Las firmas espectrales de los píxeles de la imagen son comparados con las firmas espectrales de entrenamiento; un píxel pertenece a la clase  $X$  si la firma espectral del píxel 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 137), *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 138)) 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  $p_4$ .

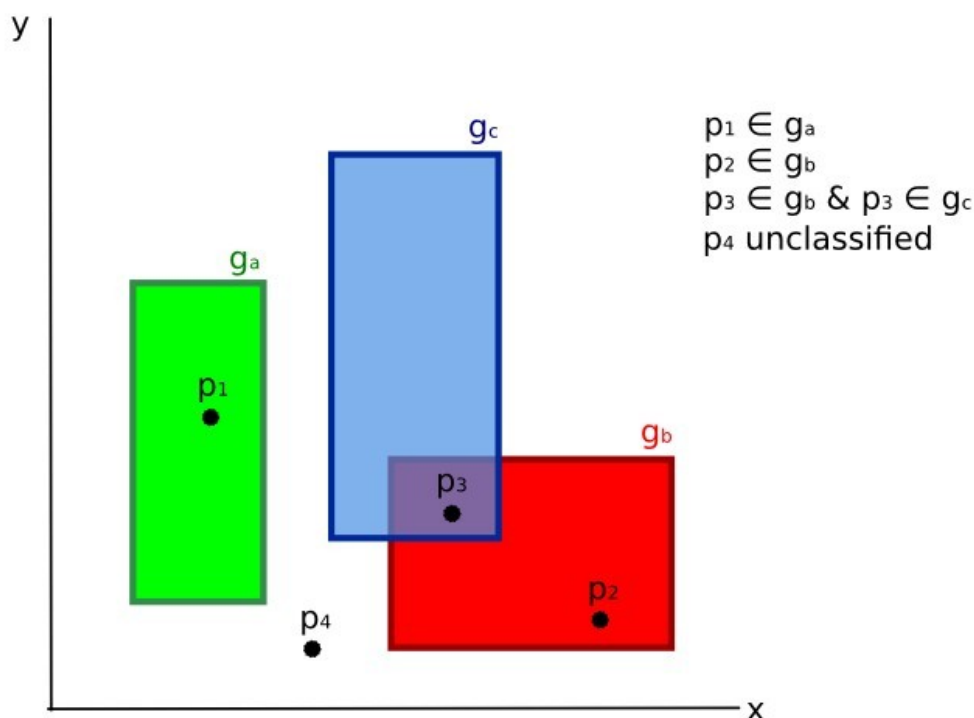


Figura 9: Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo

Esto es similar a *Clasificación de Paralelepípedo* (Página 139), 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 141) 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 píxel  $p_1$  (línea interpuñeada) 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 píxel  $p_2$  (línea entrecortada) queda sin clasificar debido a que su firma espectral no cae completamente dentro de ningún rango. El píxel  $p_3$  (línea interpuñeada) pertenece a la clase  $g_a$ .

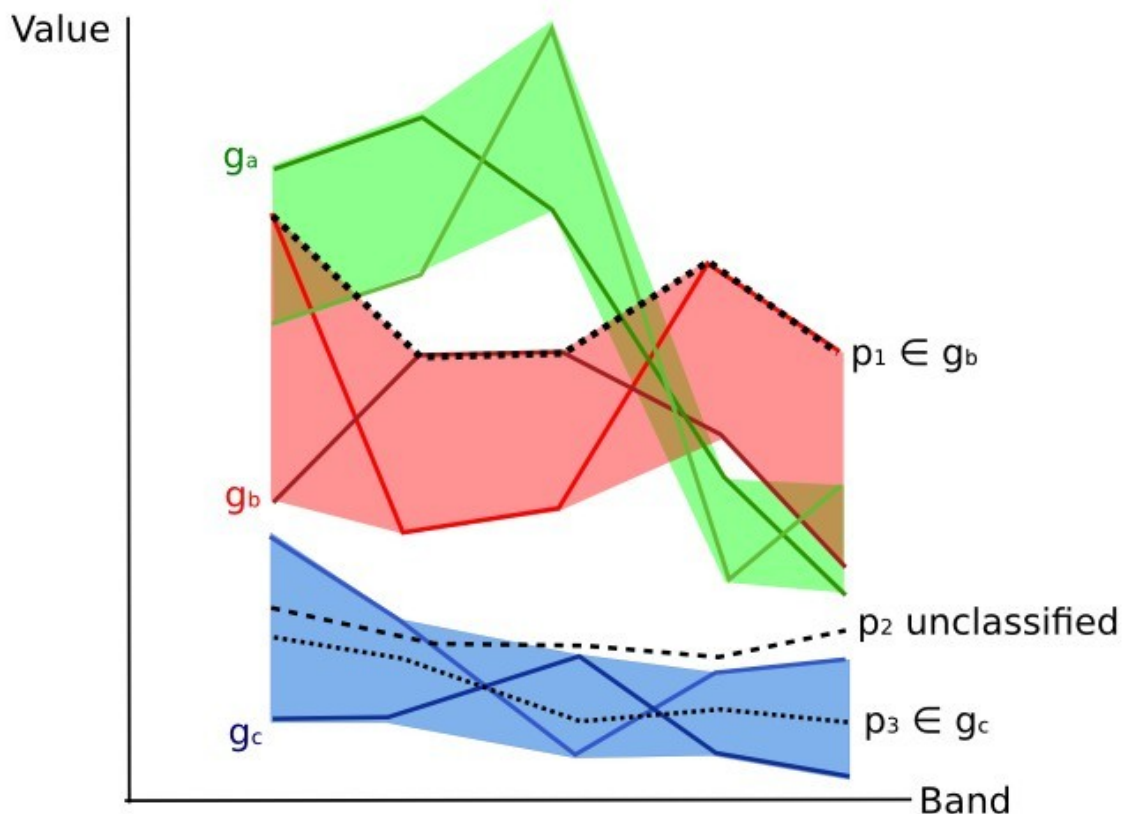


Figura 10: Gráfico de rangos espectrales

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 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 141) podría no existir).

Uno de los principales beneficios de la *Clasificación por Firmas de Cobertura del Suelo* es que es posible seleccionar pixeles 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 137) o *Mapeo del Angulo Espectral* (Página 138), o el mayor en el caso de *Máxima Probabilidad* (Página 137).

Para una clasificación dada, la combinación de rásters de algoritmo puede ser generada para crear un raster con las menores «distancias» (es decir, los pixeles 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 [Classification preview](#) (Página 45)).

### 4.4.6 Machine Learning

**Machine Learning** is a broad set of classification techniques that aim to build mathematical models based on training data.

In general, Machine Learning algorithms split the data in (ESA, 2019):

- Training Dataset: the sample data used to fit the model;
- Validation Dataset: the sample data used to tune the model parameters to fit on the training dataset;
- Test Dataset: the sample data used to provide an evaluation of the final model;

Usually, the training and model evaluation are performed iteratively.

#### Bosque Aleatorio

**Random Forest** is a particular machine learning technique, based on the iterative and random creation of decision trees (i.e. a set of rules and conditions that define a class).

First, the input features should be defined, which can be spectral bands or ancillary rasters. *Áreas de entrenamiento* (Página 135) should be created to define the classes used for training the model.

Random Forest calculates several random decision trees, based on the following parameters:

- number of training samples: is the number of training data (pixels) randomly used to train the model; it should be set lower than total training input pixels;
- number of trees: is the number of decision trees; the more the number of trees, the more is the model accuracy, but it also increases the calculation time.

For instance, a decision tree could be defined as:

- class 1 = band 1 > 0.1 → band 2 < 0.3 → band 3 > 0.4
- class 2 = band 1 > 0.4 → band 2 > 0.6 → band 3 < 0.1
- class 3 = band 1 < 0.7 → band 2 > 0.1 → band 3 < 0.5

Random Forest creates several decision trees randomly. Usually, the **Gini coefficient** is calculated to split the trees. Therefore, a model based on the decision trees is created and used to classify all the pixels.

A pixel is classified according to the majority vote of decision trees, for example a pixel is classified as class 1 if most decision trees evaluated it as class 1. Also, a confidence layer is produced, which measures the uncertainty of the model based on training data.

Random Forest can be used to evaluate the importance of input features, according to the contribution thereof to the model.

#### Multi-Layer Perceptron

**Multi-Layer Perceptron** is a supervised classification algorithm that is based on the definition of an artificial neural network. A Multi-Layer Perceptron is made of an input layer, one or more hidden layers (made of a defined number of neurons that are fully connected by non-linear activation functions), and the output layer (also read this [documentation](#)

Several parameters can be defined as described [here](#)



## Máquinas de Soporte de Vectores

**Support Vector Machine** is a supervised classification algorithm that is based on the calculation of hyperplanes in order to separate input data values.

Several parameters can be defined as described at this [link](#)

### 4.4.7 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 137).

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 138). 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.

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 137). 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.

## 4.4.8 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 144)), donde los valores de los píxeles corresponden a los Clase ID y cada color representa una clase de cobertura del suelo.

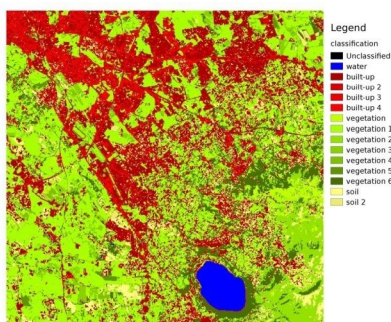


Figura 11: *Clasificación de Landsat*  
Datos onbtenidos de U.S. Geological Survey

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

#### 4.4.9 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
<b>Clase 1</b>	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1k}$	$a_{1+}$
<b>Clase 2</b>	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2k}$	$a_{2+}$
...	...	...	...	...	...
<b>Clase k</b>	$a_{k1}$	$a_{k2}$	...	$a_{kk}$	$a_{k+}$
<b>Total</b>	$a_{+1}$	$a_{+2}$	...	$a_{+k}$	$n$

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:

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

The user's accuracy for each class is defined as the ratio (also expressed in percentage) between correct samples and the row total:

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

El error de omisión:  $CE_i = 1 - U_i$  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.

It is recommended to calculate 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 of area estimates.

For further information, the following documentation is freely available: [Landsat Data Users Handbook](#).

## 4.5 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.

### 4.5.1 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 134) para resaltar las clases de una [Cobertura del suelo](#) (Página 127), o utilizadas como entrada para una [Clasificación supervisada](#) (Página 133).

### 4.5.2 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 onbtenidos de U.S. Geological Survey

### 4.5.3 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:

$$EVI = G(NIR - Red)/(NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L)$$

donde:: matematico:  $G$  es un factor de escala, matematico:  $C_1$  y matematico:  $C_2$  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:: matematicos:  $G = 2.5$ , matematicos:  $L = 1$ , matematicos:  $C_1 = 6$ , matematicos:  $C_2 = 7.5$  (Didan, et al., 2015).

#### 4.5.4 Agrupamiento

Clustering is the grouping of pixels based on spectral similarity (e.g. *Distancia Euclidiana* (Página 144) or *Angulo Espectral* (Página 143)) calculated for a multispectral image (Richards and Jia, 2006).

Clustering can be used for unsupervised classification or for the automatic selection of spectral signatures. It is worth noticing that, while *Clasificación supervisada* (Página 133) produces a classification whit the classes identified during the training process, the classes produced by clustering (i.e. clusters) have no definition and consequently the user must assign a land cover label to each class.

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: `angulo 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

The ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) method is similar to K-means but with the additional steps of merging clusters having similar spectral signatures and splitting clusters having too high variability (i.e. standard deviation) of spectral signatures (Ball & Hall, 1965). Following, the *SCP* implementation of ISODATA is described.

At first, the user defines the number of clusters expected in the image, which correspond to as many spectral signatures (i.e. seeds). Starting spectral signatures can be selected in various ways (e.g. randomly, provided by the user, calculated automatically from image values). Initial parameters provided by user are:

- : matemático:  $C$  = número de grupos deseados
- : matematico:  $N_{\{min\}}$  = número mínimo de píxeles para un clúster
- : matematico:  $\sigma_{\{t\}}$  = umbral de desviación estándar máxima para dividir
- : matematico:  $D_{\{t\}}$  = 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:  $N_{\{i\}} < \text{matemático: } N_{\{\min\}}$ , entonces el grupo: matemático:  $i$  se descarta.

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

- If: matemático:  $\sigma_{\max_{\{i\}}} > \text{matemático: } \sigma_{\{t\}}$ :
  - If ((:matemático:  $AVERAGEDIST_{\{i\}} > \text{matemático: } AVERAGEDISTANCE$ ) AND (:matemático:  $N_{\{i\}} > (2 * \text{matemático: } N_{\{\min\}} + 2)$ )) OR (:matemático:  $C > 2 * \text{matemático: } P$ ):
    - 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 144) 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.

## 4.6 Conversión de la imagen a Reflectancia

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

### 4.6.1 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.

Landsat images are provided in radiance, scaled prior to output. For Landsat images **Spectral Radiance at the sensor's aperture** ( $L_\lambda$ , measured in [watts/(meter squared \* ster \*  $\mu m$ ))] is given by (<https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>):

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

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 150), escaladas previamente al resultado (ESA, 2015).

### 4.6.2 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)
- $d$  = Earth-Sun distance in astronomical units (provided with Landsat 8 metadata file, and an excel file is available from [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.

Sentinel-2 images are already provided in scaled TOA reflectance, which can be converted to TOA reflectance with a simple calculation using the Quantification Value provided in the metadata (see [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.

### 4.6.3 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)).

### 4.6.4 Corrección DOS1

The **Dark Object Subtraction** (DOS) is a family of image-based atmospheric corrections. Chavez (1996) explains that «the basic assumption is that within the image some pixels are in complete shadow and their radiances received at the satellite are due to atmospheric scattering (path radiance). This assumption is combined with the fact that very few targets on the Earth's surface are absolute black, so an assumed one-percent minimum reflectance is better than zero percent". It is worth pointing out that the accuracy of image-based techniques is generally lower than physically-based corrections, but they are very useful when no atmospheric measurements are available as they can improve the estimation of land surface reflectance. The **path radiance** is given by (Sobrino et al., 2004):

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

donde:

- $L_{min}$  = «radiance that corresponds to a digital count value for which the sum of all the pixels with digital counts lower or equal to this value is equal to the 0.01 % of all the pixels from the image considered" (Sobrino et al., 2004, p. 437), therefore the radiance obtained with that digital count value ( $DN_{min}$ )
- $L_{DO1} \%$  = 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.

The **radiance of Dark Object** is given by (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 MSS	1	Landsat MSS	2	Landsat MSS	3	Landsat TM	4	Landsat TM*	5	Landsat ETM+**	7
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)

For **Landsat 8**, *ESUN* can be calculated as (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

ESUN [W/(m<sup>2</sup> \* μm)] values for **ASTER** sensor are illustrated in the following table (from 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 153).

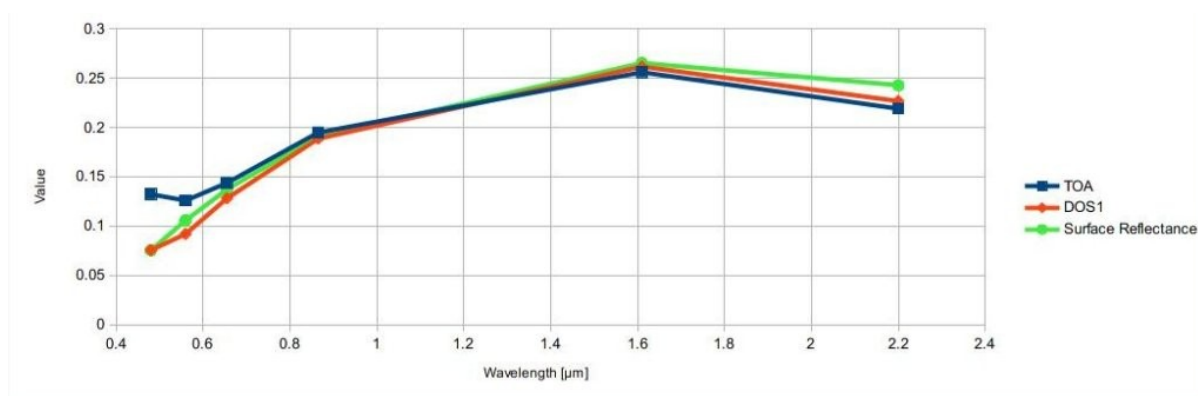


Figura 13: *Firmas espectrales de un píxel de superficie construida*

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

## 4.7 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**.

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

For thermal bands, the conversion of DN to At-Satellite Brightness Temperature is given by (from <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/using-usgs-landsat-level-1-data-product>):

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

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
$K_1$	$3,024 * 10^3$	$2,460 * 10^3$	$1,909 * 10^3$	$8,900 * 10^2$	$6,464 * 10^2$
$K_2$	$1,733 * 10^3$	$1,663 * 10^3$	$1,581 * 10^3$	$1,357 * 10^3$	$1,273 * 10^3$

## 4.7.2 Estimación de la Temperatura de Superficie del Suelo

Several studies have described the estimation of Land Surface Temperature. Land Surface Temperature can be calculated from At-Satellite Brightness Temperature  $T_B$  as (Weng et al., 2004):

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

donde:

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

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 127) y *Satélite ASTER* (Página 130).

Several studies used NDVI for the estimation of land surface emissivity (Sobrino et al., 2004); other studies used a land cover classification for the definition of the land surface emissivity of each class (Weng et al. 2004). For

instance, the emissivity ( $e$ ) values of various land cover types are provided in the following table (from 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

## 4.8 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, 2020. Sentinel-1 SAR Definitions. Available at <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/definitions>
- ESA, 2020b. Sentinel-1 SAR Definitions. Available at <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/overview>
- ESA, 2019. A machine learning glossary. Available at <https://blogs.esa.int/philab/2019/03/29/a-machine-learning-glossary/>
- 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, 2020. What is Synthetic Aperture Radar?. Available at <https://earthdata.nasa.gov/learn/what-is-sar>
- NASA, 2013. Landsat 7 Science Data User's Handbook. Available at <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-7-data-users-handbook>
- 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)
- NOAA, 2020. GOES-R Series. Available at <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/satellite-data/goes-r-series-satellites>
- 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)

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: Basic Land Cover Classification

The following is a basic tutorial about the land cover classification using the Semi-Automatic Classification Plugin (*SCP*). It is assumed that you have a basic knowledge of QGIS. Following the video of the tutorial.

<https://www.youtube.com/watch?v=7SZDCFXjIbA>

- *Tutorial 1: Basic Land Cover Classification* (Página 157)
  - *Download the Data* (Página 158)
  - *Define the Band set and create the Training Input File* (Página 158)
  - *Create the ROIs* (Página 160)
  - *Create a Classification Preview* (Página 164)
  - *Create the Classification Output* (Página 170)

#### 5.1.1 Tutorial 1: Basic Land Cover Classification

This is a basic tutorial about the use of *SCP* for the classification of a multispectral image. It is recommended to read the *Breve Introducción a la Teledetección* (Página 123) before following this tutorial.

The purpose of the classification is to identify the following land cover classes:

1. Water;
2. Built-up;
3. Vegetation;
4. Soil.

The basic steps are:

1. the definition of input data (image bands) in a *Conjunto de Bandas* (Página 45);
2. the creation of a *Training input* (Página 33) to collect training areas to train the classification algorithm;
3. the *Classificación* (Página 75) of input data.

## Download the Data


Other tutorials will show how to search and download satellite images within *SCP*. In this tutorial we are going to use a *Satélite Sentinel-2* (Página 129) image, already converted to reflectance and clipped to the study area, downloading a .zip file (which contains modified Copernicus Sentinel data 2023).


The study area of this tutorial covers part of the Lake Garda in the Northern Italy. Download the .zip file from this [link](#) and extract the directory containing the image bands.

## Define the Band set and create the Training Input File

We are going to use a subset of *Satélite Sentinel-2* (Página 129) 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

First, we need to define the *Band set* which is the input image for *SCP* classification. Open the tab *Conjunto de Bandas* (Página 45) clicking the button  in the *SCP menu* (Página 29) or the *SCP dock* (Página 31).

Click the button  to select the .tif files from the extracted directory to the *Band set* tab.

---

**Truco:** It is possible to define multiple *Band sets*. It is also possible to add to a *Band set* bands that are already loaded in QGIS. Each *Band set* definition is saved with the QGIS project.

---

In the table *Band set definition*, we need to order the band names in ascending order and assign the center wavelength to each bands (required for spectral signature calculation). We can do this in one step by selecting *Sentinel-2* in the *Wavelength* list of the *Configuración rápida de banda* (Página 47).

We can display a *Composición de Color* (Página 134) of bands: Near-Infrared, Red, and Green.

---

**Truco:** If a *Conjunto de Bandas* (Página 45) is defined, a temporary virtual raster (named *Virtual Band Set 1*) is created automatically, which allows for the display of a *Composición de Color* (Página 134).

---

In the *Working toolbar* (Página 41), click the list *RGB=* and select the item 7-3-2 (corresponding to the band numbers in *Conjunto de Bandas* (Página 45)). You can see that *Virtual Band Set 1* is added to QGIS Layers as multiband image, and the displayed bands correspond to the selected color composite.

Because we selected Near-Infrared, Red, and Green bands, in the map, vegetation is highlighted in red. Selecting the color composite 3-2-1, natural colors would be displayed.



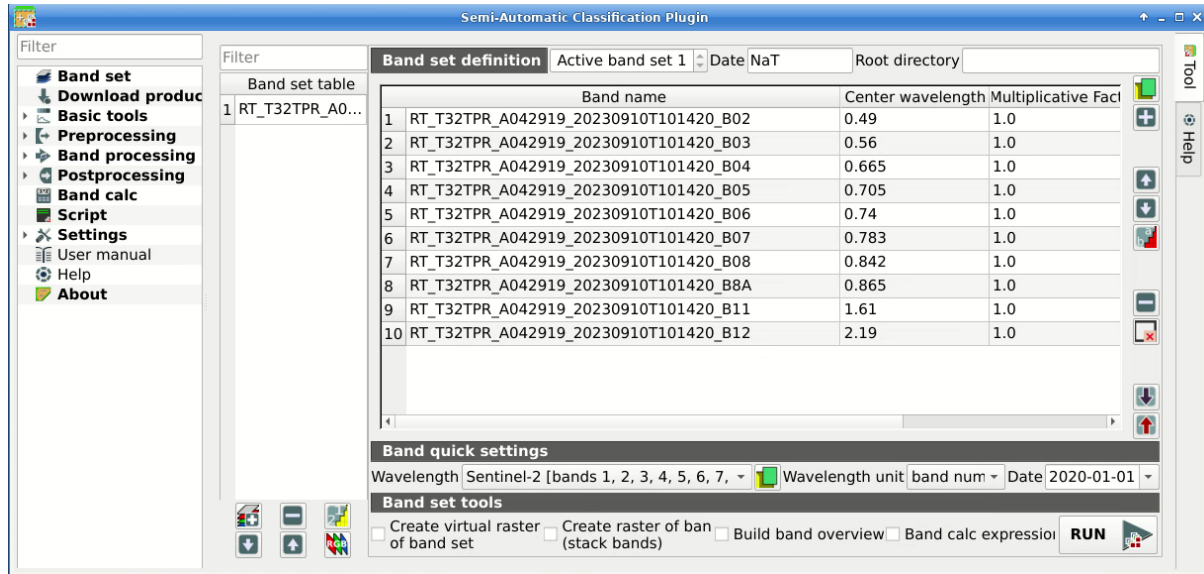


Figura 1: Definition of a band set

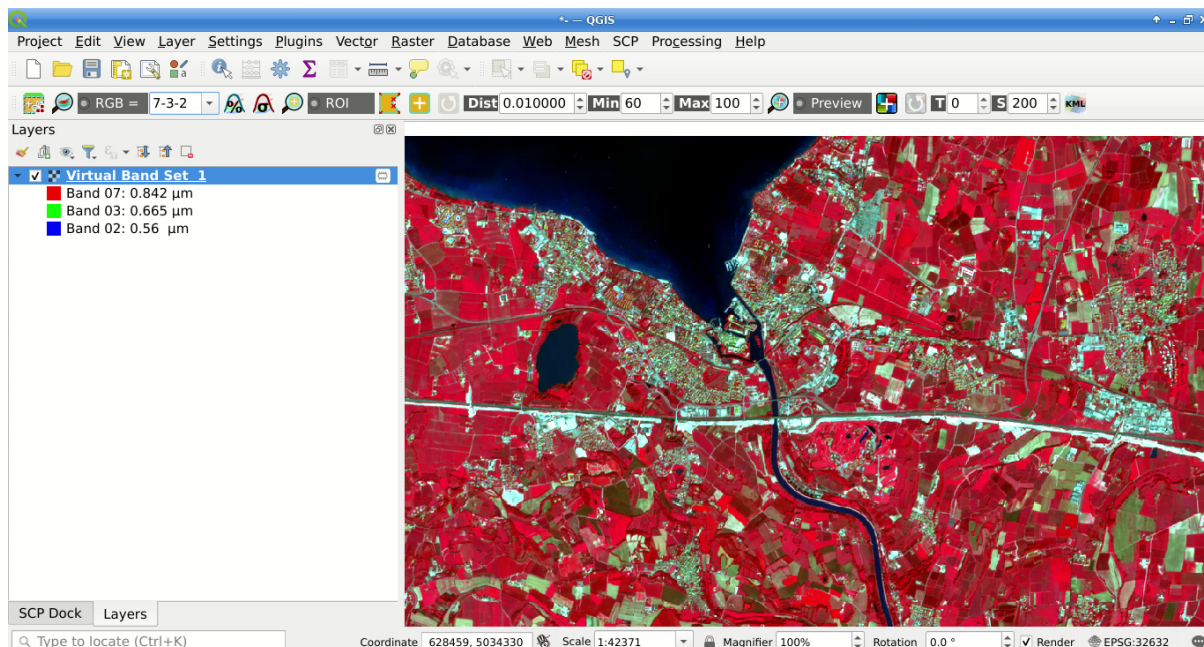




Figura 2: Color composite RGB=7-3-2

After *Conjunto de Bandas* (Página 45) creation, we need to create a *Training input* (Página 33) file in order to collect *Áreas de entrenamiento* (Página 135) (ROIs) and calculate the *Firma Espectral* (Página 127) thereof (which are required to train the classification algorithm).

In the *SCP dock* (Página 31) select the tab *Training input* (Página 33) and click the button  to create the *Training input* (define a name such as `training.scp`).

---

**Truco:** A *Training input* is a `.scpx` file which stores the geometries and the spectral signatures. Once it is created, it is configured with the wavelength properties of the corresponding *Band set*. To use a *Training input* create with a different *Band set*, one should create a new *Training input*, and then import the existing *Training input* with  *Import library file* (Página 56) .

---

The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the *Training input*.

**Advertencia:** In order to prevent data loss, one should not edit the *Training input* using QGIS vector tools.

## Create the ROIs

We are going to create ROIs defining the *Clases y Macroclases* (Página 136). 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).


We are going to use the Macroclass IDs defined in the following table.

Macroclass name	Macroclass ID
Water	1
Built-up	2
Vegetation	3
Soil	4

---

**Truco:** ROIs can be created by manually drawing a polygon or with an automatic region growing algorithm.

---

In the map zoom over the dark blue area in the upper left corner of the image which is a water body. To manually create a ROI inside the dark area, click the button  in the *Working toolbar* (Página 41). 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 (i.e., it is not saved in the *Training input* (Página 33)).

---

**Truco:** You can draw temporary polygons (the previous one will be overridden) until the shape covers the intended area.

---

If the shape of the temporary polygon sufficiently covers the water area, we can save it to the *Training input* (Página 33).

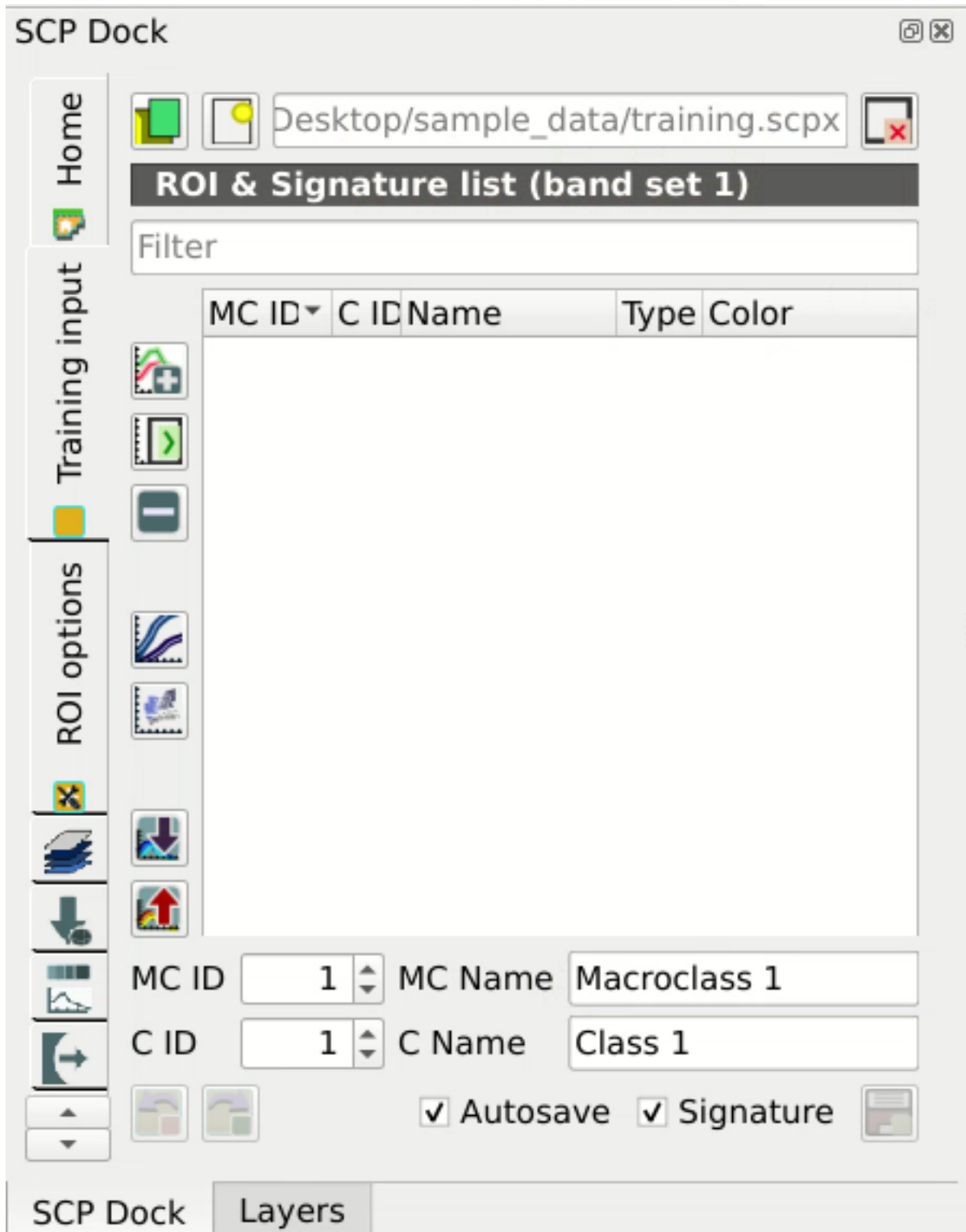




Figura 3: Definition of Training input in SCP




Figura 4: A temporary ROI created manually

Open the *Training input* (Página 33) to define the *Clases y Macroclases* (Página 136) . In the *ROI & Signature list* (Página 36) set *MC ID* = 1 and *MC Name* = Water; also set *C ID* = 1 and *C Name* = Lake. Now click  to save the ROI in the *Training input*.

After a few seconds, the ROI is listed in the *ROI & Signature list* (Página 36) and the spectral signature is calculated (because  *Signature* is checked).

As you can see, the *C ID* in *ROI & Signature list* (Página 36) 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 36) you can notice that the *Type* is *RS* (i.e., ROI and spectral signature), meaning that the ROI spectral signature was calculated and saved in the *Training input*.

Now we are going to create a second ROI for the built-up class using the automatic region growing algorithm. Zoom near the center of the image. In *Working toolbar* (Página 41) set the *Dist* value to 0.03 . Click the button  in the *Working toolbar* (Página 41) and click over the light blue area of the map. After a while the orange semi-transparent polygon is displayed over the image.

---

**Truco:** *Dist* value should be set according to the range of pixel values; in general, increasing this value creates larger ROIs.


---

In the *ROI & Signature list* (Página 36) set *MC ID* = 2 and *MC Name* = Built-up ; also set *C ID* = 2 (it should be already set) and *C Name* = Buildings.

Again, the *C ID* in *ROI & Signature list* (Página 36) is automatically increased by 1.

Create a ROI for the class Vegetation (red pixels in color composite RGB=7-3-2) and a ROI for the class Soil (bare soil or low vegetation) (yellow pixels in color composite RGB=7-3-2) following the same steps described previously. The following images show a few examples of these classes identified in the map.

---

**Truco:** It is possible to display the *Spectral signatures* of created ROIs in the  *Spectral Signature Plot* (Página 114).

---

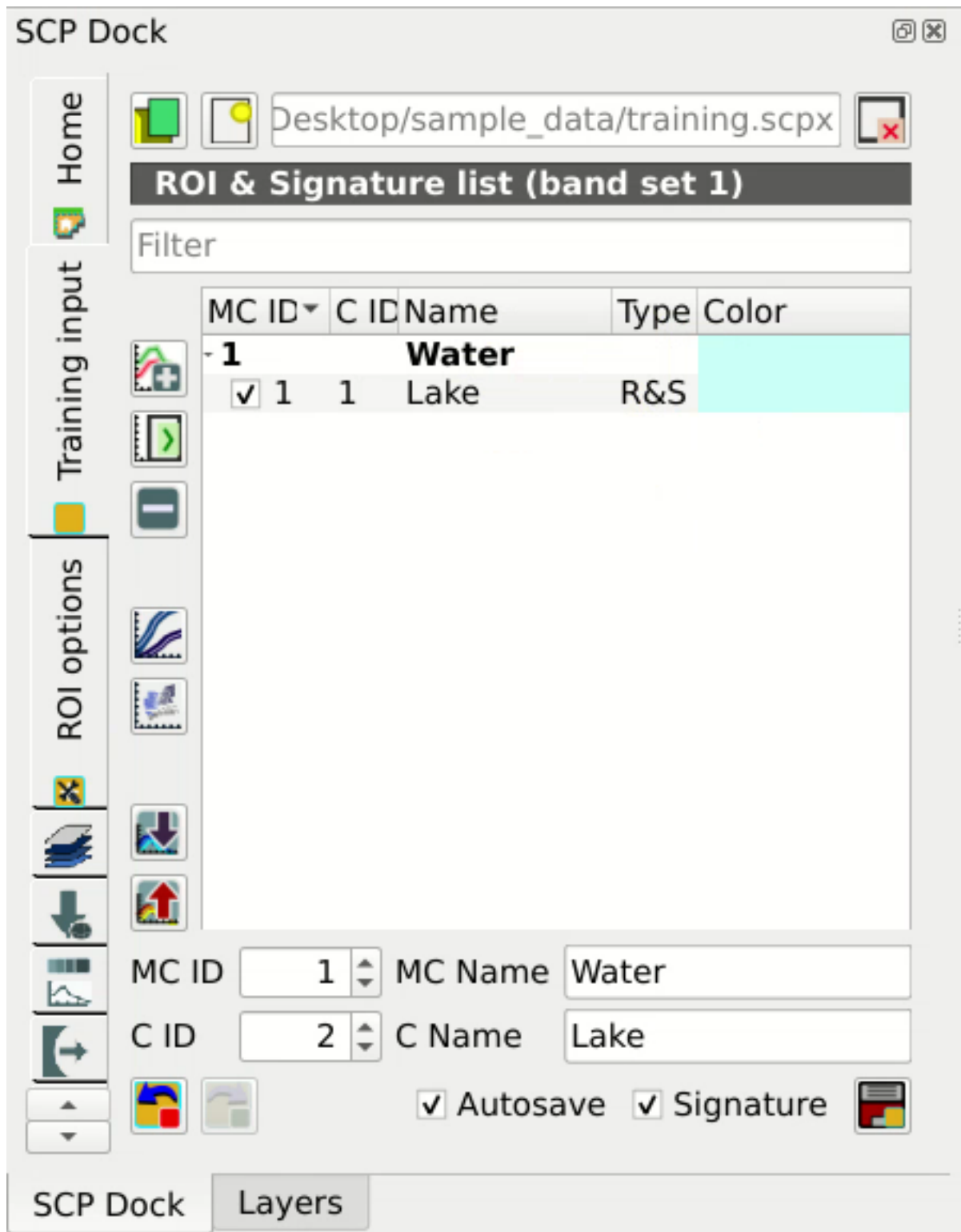


Figura 5: The ROI saved in the Training input





Figura 6: A temporary ROI created with the automatic region growing algorithm


### Create a Classification Preview

The classification process is based on collected ROIs (and spectral signatures thereof). It is useful to create a *Classification preview* (Página 45) in order to assess the results (influenced by spectral signatures) before the final classification. In case the results are not good, we can collect additional ROIs to better classify land cover.


Before running a classification (or a preview), set the color of land cover classes that will be displayed in the classification raster. In the *ROI & Signature list* (Página 36), double click the color (in the column *Color*) of each ROI to choose a representative color of each class. Also, we need to set the color for macroclasses in *ROI & Signature list* (Página 36).

Now we need to select the classification algorithm. In this tutorial we are going to use the *Máxima Probabilidad* (Página 137).

Open the tool *Clasificación* (Página 75) to set the use of classes or macroclasses. Check *Use* ☒ *Class ID* and in *Algoritmo* (Página 76) select the *Maximum Likelihood*. The *input band set* is 1 because it is the number of the band set containing the image (bands) that we want to classify.

In *Classification preview* (Página 45) 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 the clicked coordinates.

Previews are temporary rasters (deleted after QGIS is closed) placed in a group named *Class\_temp\_group* in the

QGIS panel Layers. Now in *Clasificación* (Página 75) check *Use* ☒ *MC ID* and click the button  in *Classification preview* (Página 45). The preview now represents the colors defined for macroclass.

**Truco:** It is useful to perform a classification preview every time a ROI (or a spectral signature) is added to the *ROI & Signature list* (Página 36), in order to assess the contribution thereof to the classification; if the ROI causes

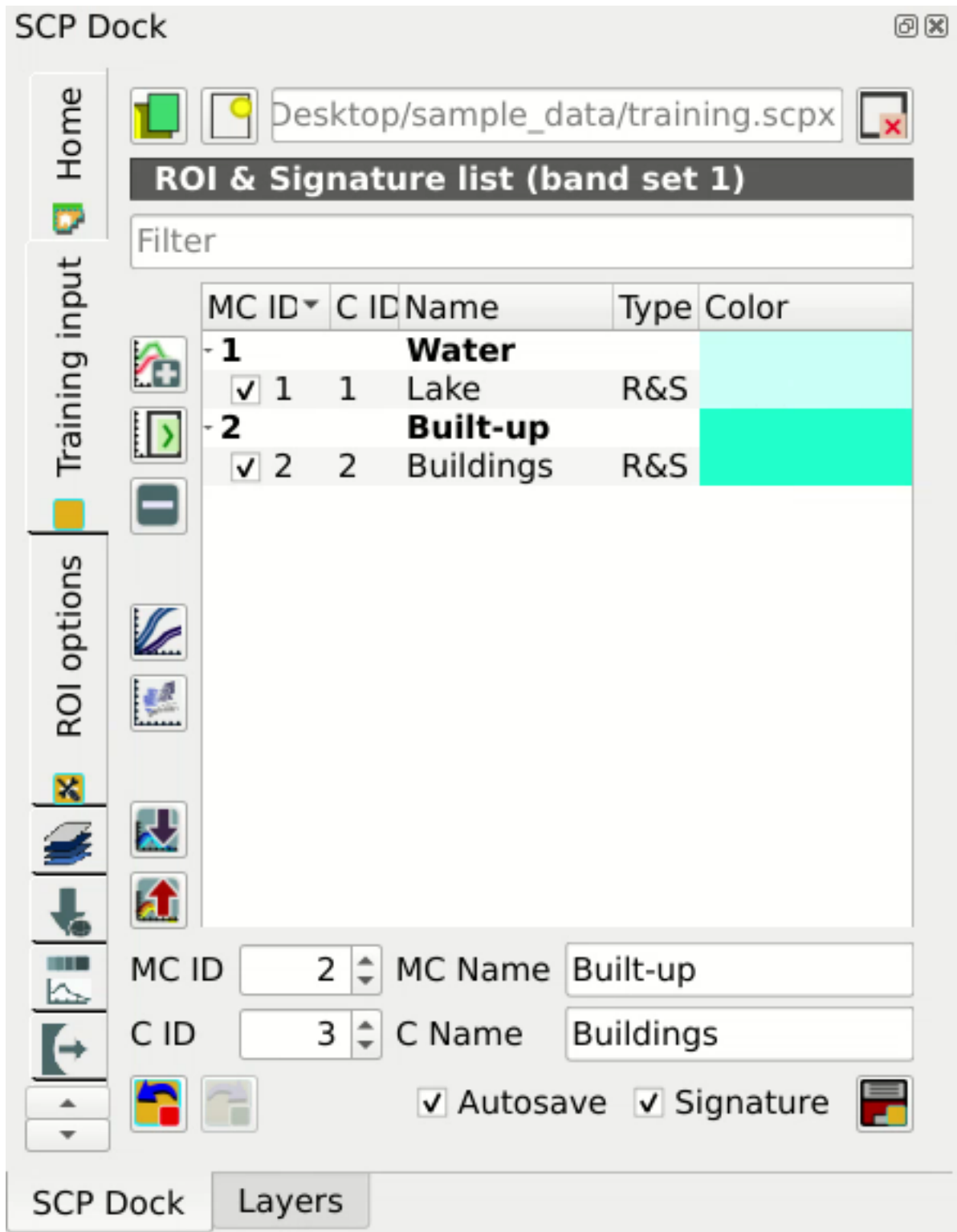


Figura 7: The ROI saved in the Training input

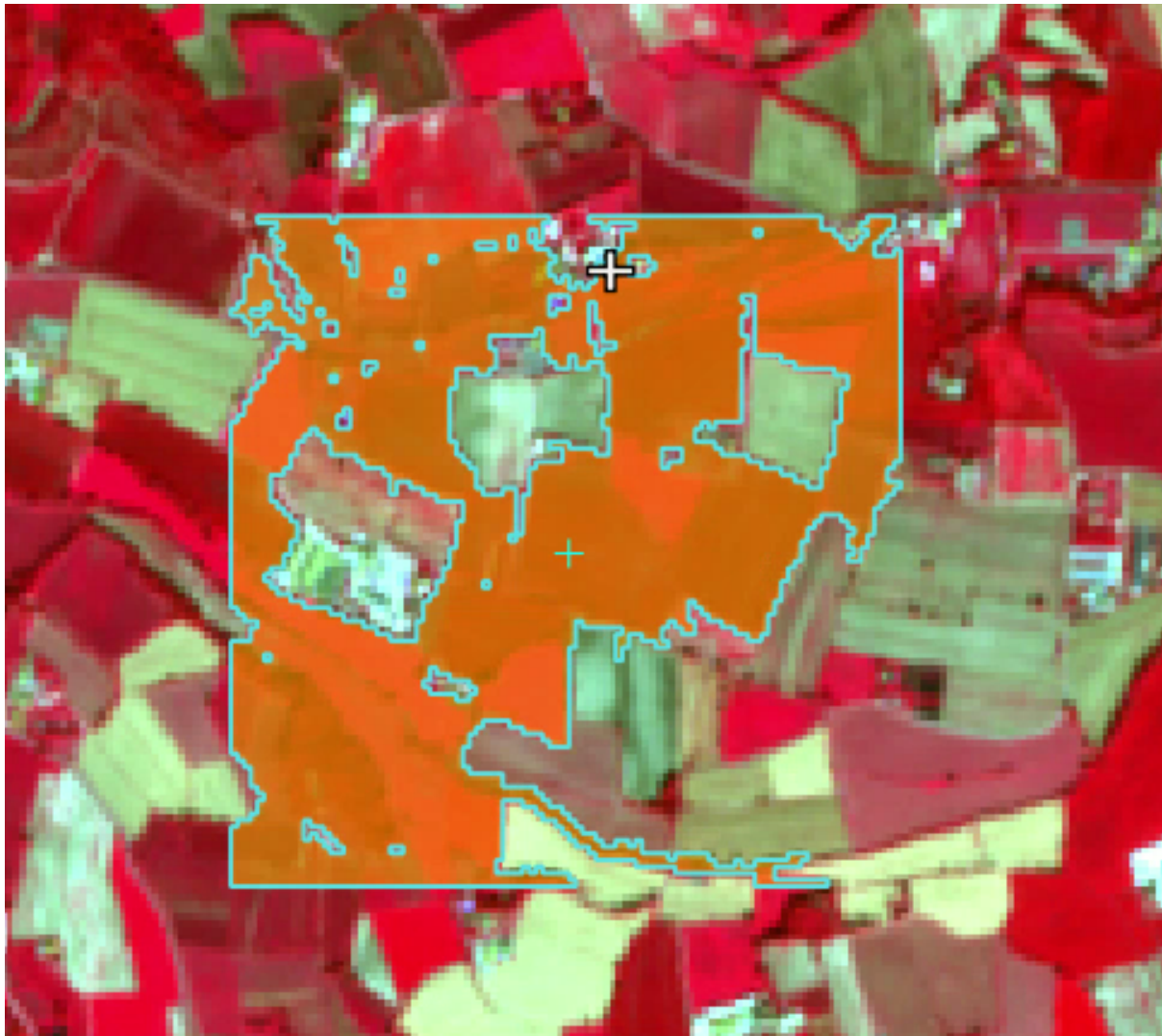


Figura 8: *Vegetation. Color composite RGB = 7-3-2*





Figura 9: Soil. Color composite RGB = 7-3-2

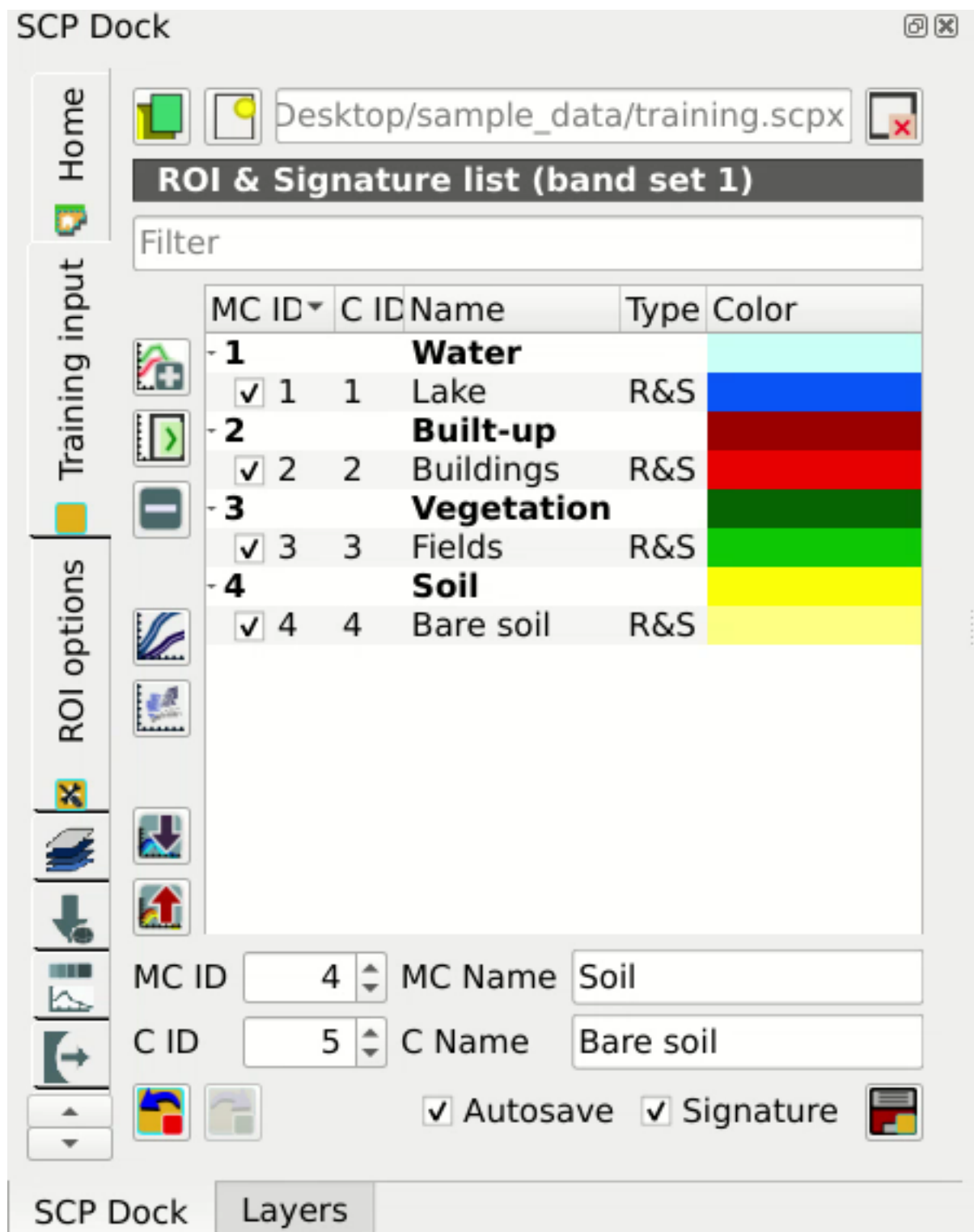


Figura 10: Definition of class colors

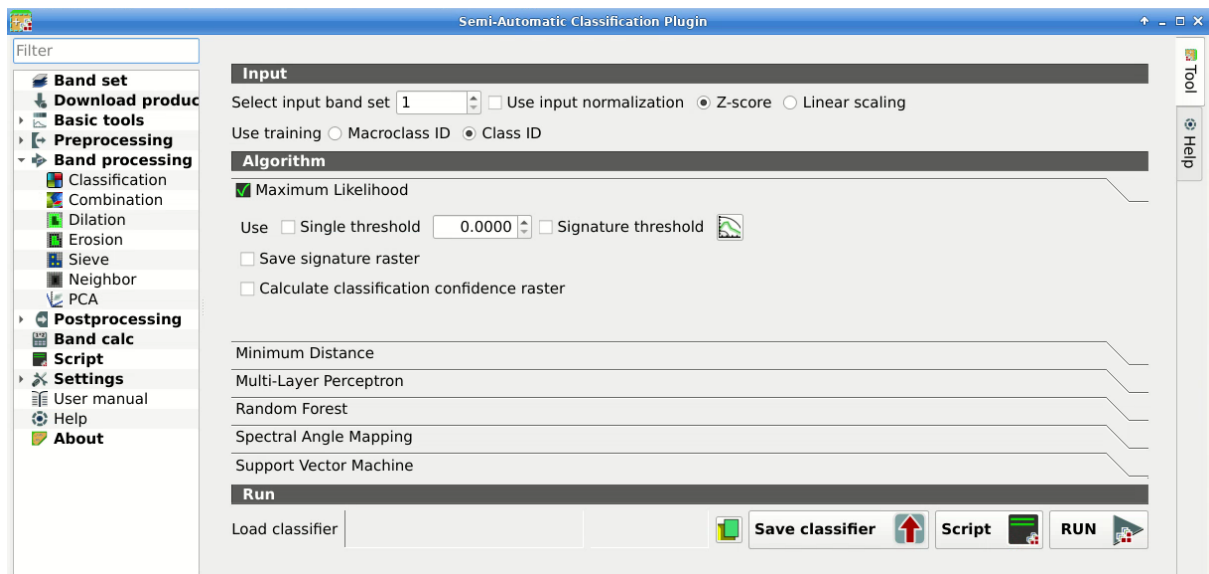


Figura 11: Setting the algorithm and using C ID



Figura 12: Classification preview displayed over the image using C ID

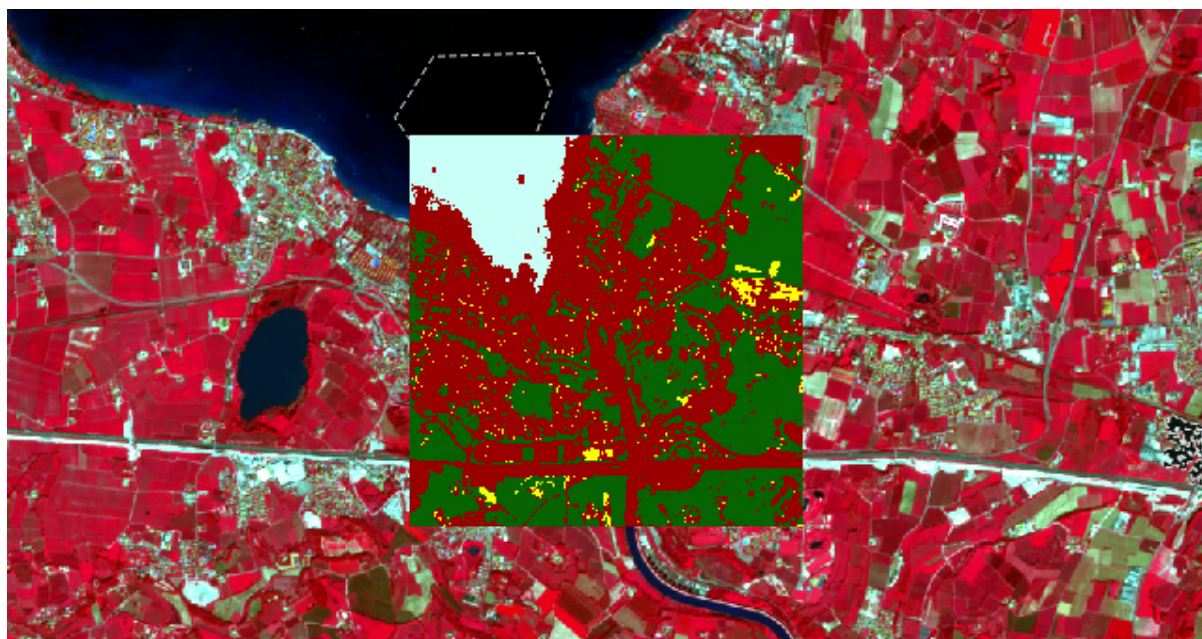




Figura 13: *Classification preview displayed over the image using MC ID*

errors, it can be removed from the *Training input* with the button .

---

### Create the Classification Output

Assuming that the results of classification previews show a good agreement with the image (i.e. pixels are assigned to the correct class defined in the *ROI & Signature list* (Página 36)), we can perform the actual land cover classification of the whole image.

In *Classificación* (Página 75) check ☒ *Use Macroclass ID*. Click the button *Ejecutar* (Página 84)  and define the path of the classification output, which is a raster file (.tif).

---

**Truco:** If ☒ *Play sound when finished* is checked in *Calculation process* (Página 113) settings, a sound is played when the process is finished.

---

**Well done!** You have just performed your first land cover classification.

However, you can see that there are several classification errors, because the number of ROIs (spectral signatures) is insufficient.

In other tutorials we are going to learn about the download and preprocessing of bands, the classification algorithms, and the postprocessing of classifications.



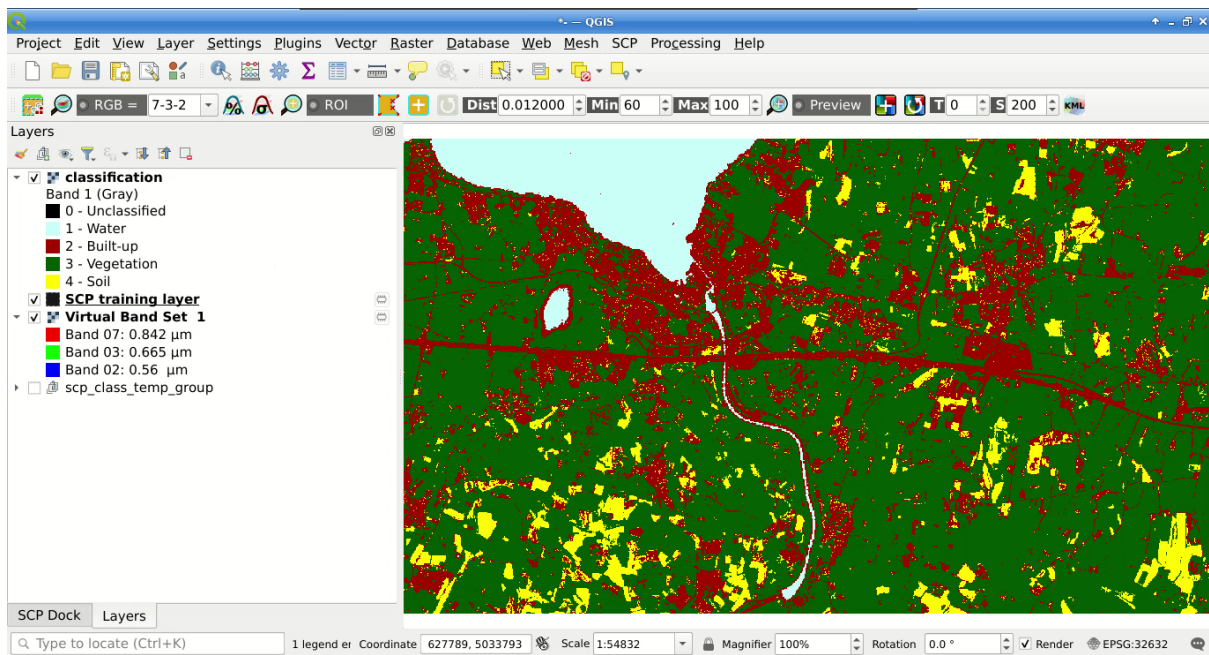


Figura 14: Result of the land cover classification

- 1 - Water
- 2 - Built-up
- 3 - Vegetation
- 4 - Soil

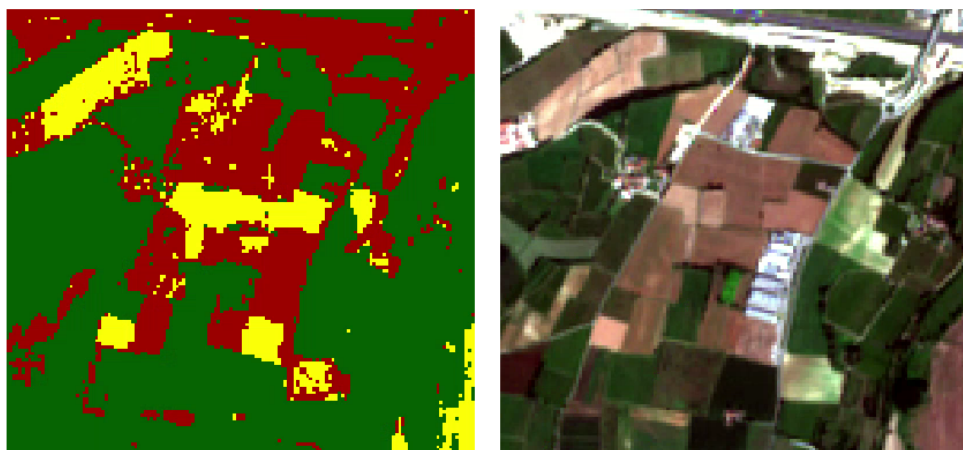


Figura 15: Example of error: Soil classified as Built-up

## 5.2 Tutorial 2: Managing input bands, the Band set tab

The following is a basic tutorial about the *Conjunto de Bandas* (Página 45) tab, which allows for managing input bands.

Following the video of the tutorial.

<https://www.youtube.com/watch?v=DQXfBPke2J4>

## 5.3 Tutorial 3: Downloading free satellite images, the Download product tab

The following is a basic tutorial about the *Descargar productos* (Página 49) tab, which allows for downloading free satellite images such as Landsat and Sentinel-2.

Following the video of the tutorial.

<https://www.youtube.com/watch?v=NwL2f5Nrn3U>

## CAPÍTULO 6

---

### Tutoriales Temáticos

---

Los siguientes son tutoriales temáticos. Antes de seguirlos, es recomendable seguir los *Basic Tutorials* (Página 157).





## 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 176)
  - *¿Cómo instalar el complemento manualmente?* (Página 176)
  - *¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?* (Página 176)
  - *¿Puedo usar la versión anterior, 7, de SCP?* (Página 178)
- *Pre procesamiento* (Página 180)
  - *¿Qué bandas de la imagen debería utilizar para la clasificación semi-automática?* (Página 180)
  - *¿Qué bandas Landsat pueden convertirse a reflectancia con el SCP?* (Página 181)
  - *¿Se puede aplicar la conversión a imágenes Sentinel-2 descargadas desde la web?* (Página 181)
  - *¿Puedo aplicar la conversión a productos Sentinel-2 L2A descargados de la web?* (Página 181)
  - *¿Se puede aplicar la conversión Landsat y la corrección DOS a bandas recortadas?* (Página 181)
  - *¿Puedo aplicar la corrección DOS a bandas con borde negro (Ej. con el valor SinDatos)?* (Página 181)
  - *¿Cómo quitar la cobertura de nubes a las imágenes?* (Página 181)
- *Procesamiento* (Página 182)
  - *Obtengo errores en la clasificación. ¿Cómo puedo mejorar la precisión?* (Página 182)
  - *¿Es posible usar los mismos datos de entrada para otras imágenes?* (Página 182)
  - *¿Cual es la diferencia entre clases y macroclases?* (Página 182)
  - *¿Puedo usar el SCP con imágenes de drones o fotografías aéreas?* (Página 182)
  - *¿Por qué solo usar la banda 10 del Landsat 8 en la estimación de la temperatura de la superficie?* (Página 182)

- *¿Cómo puedo acelerar el procesamiento?* (Página 182)
- *¿Cómo evalúo la exactitud y como diseño el número de muestras?* (Página 183)
- **Advertencias** (Página 183)
  - *Advertencia [12]: La siguiente firma será excluida si se usa Máxima Probabilidad. ¿Por qué?* (Página 183)
- **Errores** (Página 183)
  - *¿Cómo puedo reportar un error?* (Página 183)
- **Varios** (Página 185)
  - *¿Qué puedo hacer con SCP?* (Página 185)
  - *Cómo contribuir a SCP* (Página 185)
  - *¿Cómo puedo traducir este manual del usuario a otro lenguaje?* (Página 186)
  - *¿Dónde está el código fuente de SCP?* (Página 186)

## 7.1 Instalación del Complemento

### 7.1.1 ¿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:

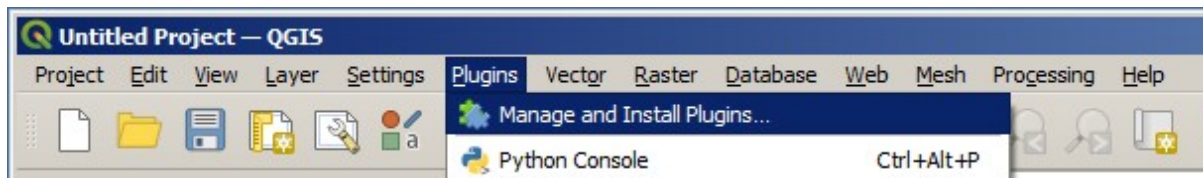
1. Descarga el archivo zip de SCP desde <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin/archive/master.zip> ;
2. extraer el contenido del archivo (varios archivos como COPYING.txt y carpetas como ui) en una nueva carpeta llamada SemiAutomaticClassificationPlugin (sin el -master);
3. abra el directorio de `` complementos `` de QGIS (en Windows generalmente `` C: Users username AppData Roaming QGIS QGIS3 profiles default python plugins ``, en Linux y Mac generalmente `` / home / username / .local / share / QGIS / QGIS3 / profiles / default / python / plugins ``) y elimine la carpeta `` SemiAutomaticClassificationPlugin `` si existe;
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.

### 7.1.2 ¿Cómo instalar el complemento desde el repositorio oficial de SCP?

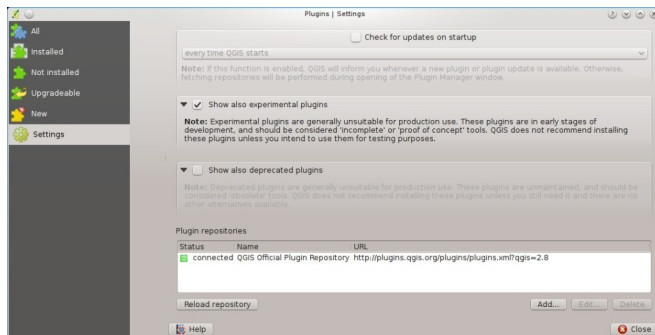
Es posible instalar el SCP usando el repositorio oficial. Este repositorio permite la instalación de la última versión del SCP (master), en algunos casos incluso antes de que esté disponible en el repositorio oficial de QGIS. Por esto, puede ser útil si necesitas una corrección o una nueva función que 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:

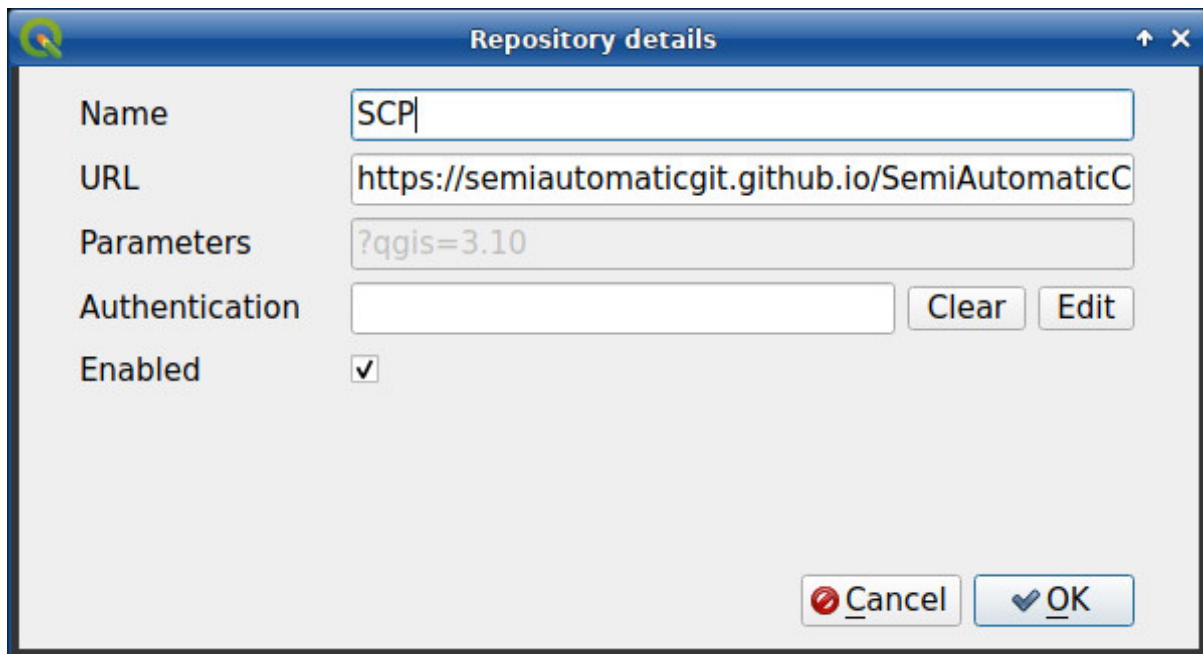
Nombre:

SCP

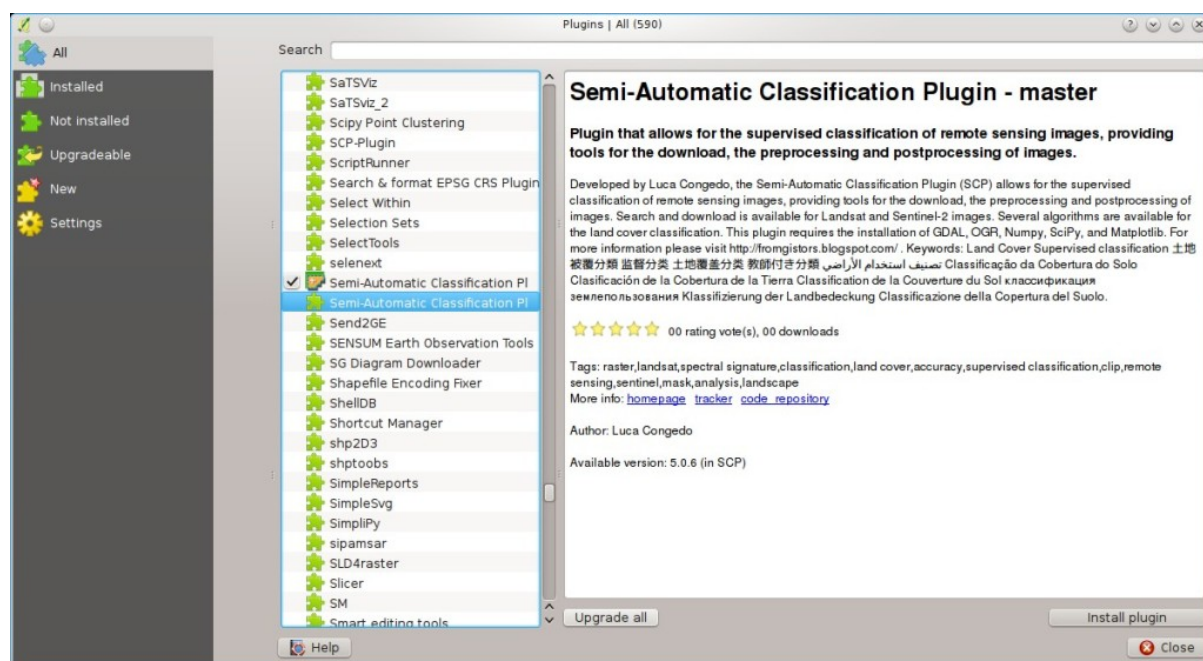
URL:

<https://semiautomaticgit.github.io/SemiAutomaticClassificationPlugin/repository.xml>

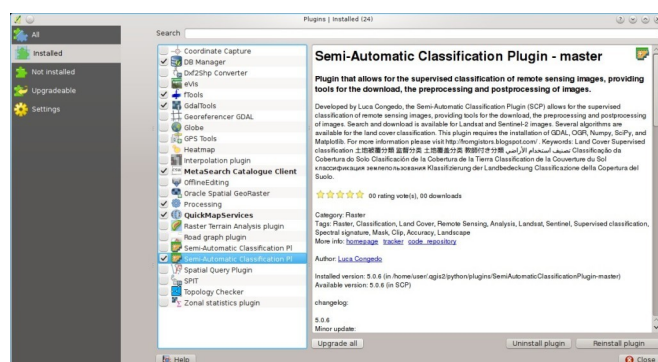
clic en Aceptar;



- 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;

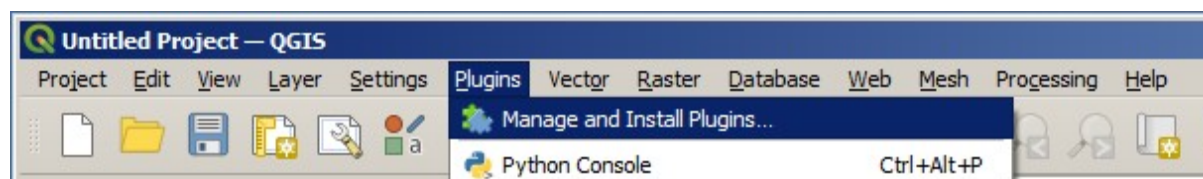


### 7.1.3 ¿Puedo usar la versión anterior, 7, de SCP?

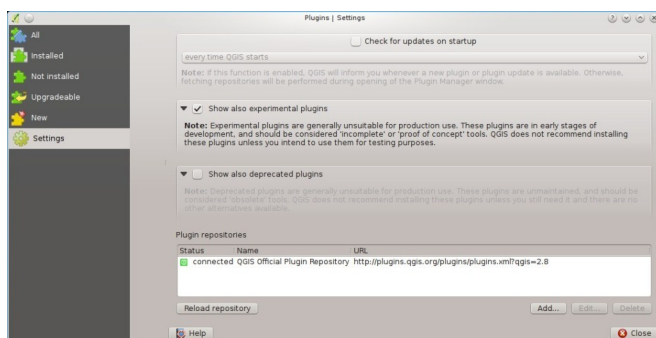
Es posible instalar la versión 7 de SCP usando el repositorio oficial. Además esta versión puede instalarse junto a la versión 8 de SCP.

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:

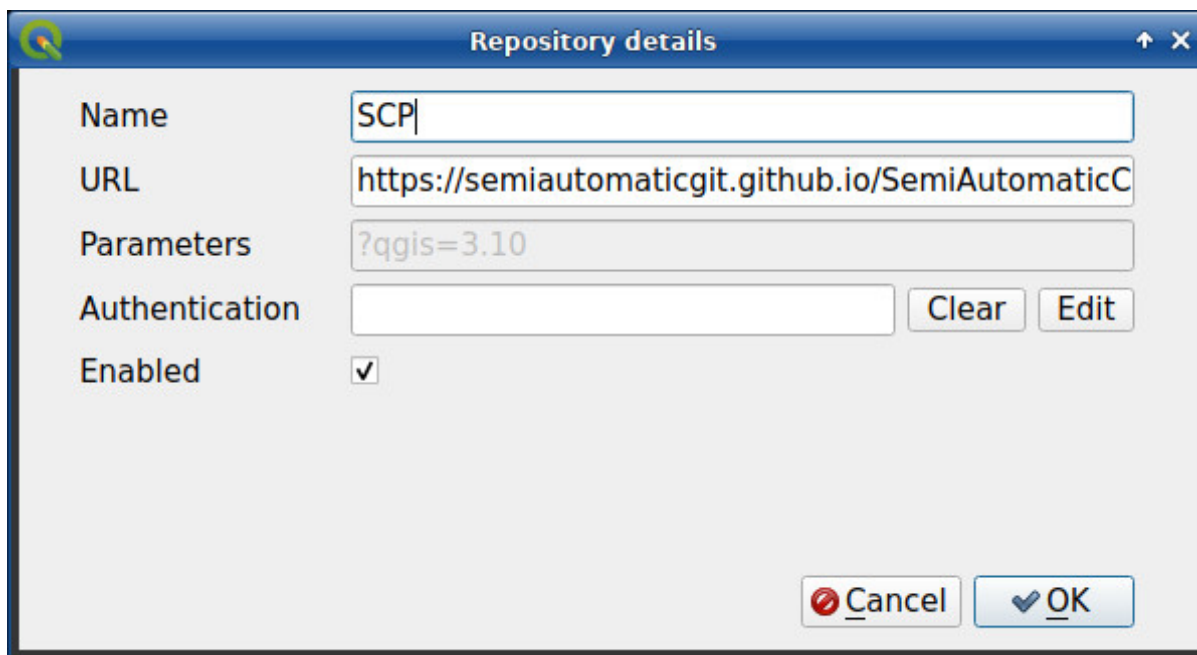
Nombre:

SCP

URL:

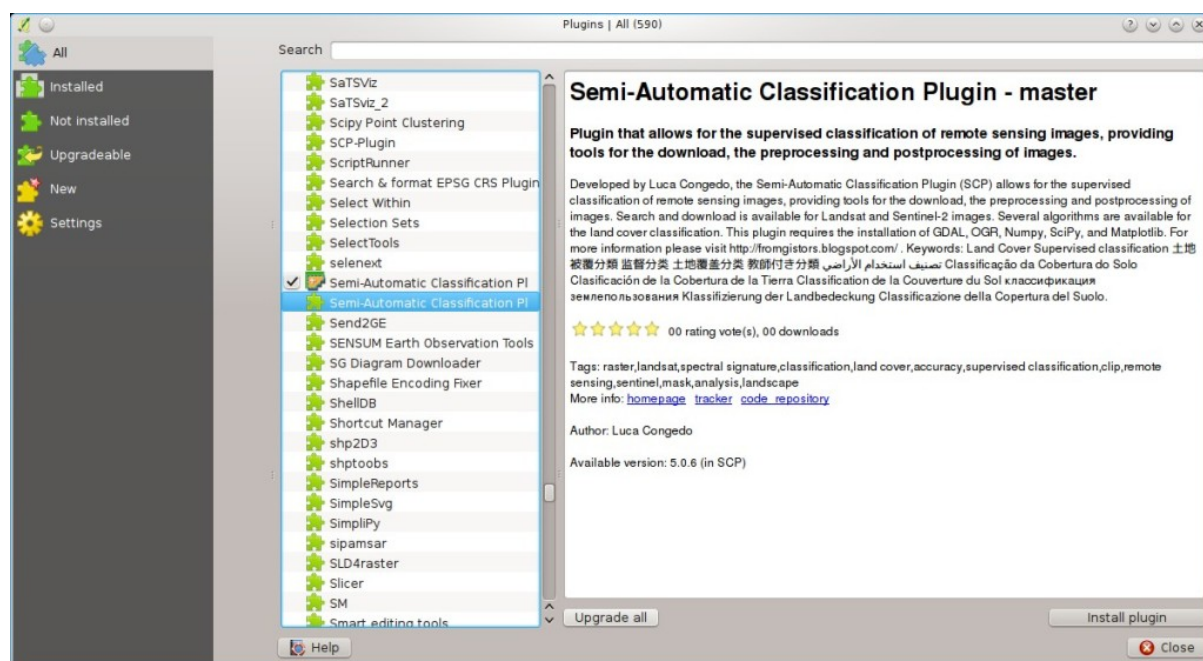
[https://semiautomaticgit.github.io/SemiAutomaticClassificationPlugin\\_v7/repository.xml](https://semiautomaticgit.github.io/SemiAutomaticClassificationPlugin_v7/repository.xml)

clíc en Aceptar;

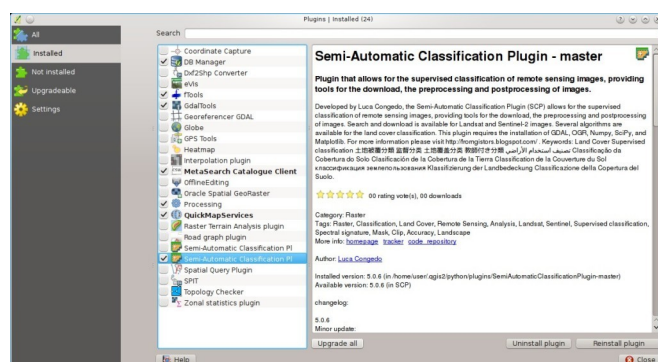


- Después que el repositorio se actualice, el elemento Semi-Automatic Classification Plugin - master estará listado junto con los otros complementos;





- 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;



## 7.2 Pre procesamiento

### 7.2.1 ¿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.

### 7.2.2 ¿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.

### 7.2.3 ¿Se puede aplicar la conversión a imágenes Sentinel-2 descargadas desde la web?

Si, también se pueden convertir las imágenes descargadas desde la web (de hecho, se recomienda la conversión). Deberás mover todas las bandas (archivos .jp2), y si está disponible el archivo .xml cuyo nombre contiene MDT\_SAFLL1C, al mismo directorio. Luego selecciona este directorio *Image conversion* (Página 65) y las imágenes serán convertidas a reflectancia.

### 7.2.4 ¿Puedo aplicar la conversión a productos Sentinel-2 L2A descargados de la web?

Si, deberás mover todo los archivos .jp2 y renombrar los archivos que tengan el número de banda al final del nombre (e.g. de nombre\_02\_10m.jp2 a nombre\_02.jp2). Luego selecciona el directorio en *Image conversion* (Página 65) y las imágenes serán convertidas a reflectancia.

### 7.2.5 ¿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).

### 7.2.6 ¿Puedo aplicar la corrección DOS a bandas con borde negro (Ej. con el valor SinDatos)?

Si desea aplicar la corrección de DOS a una banda completa que tiene valores NoData (el borde negro con valor = 0), debe marcar la casilla de verificación `` Usar valor como NoData "" y establecer el valor en 0. Esto se debe a que DOS es una técnica basada en imágenes y los valores NoData deben excluirse del cálculo.

### 7.2.7 ¿Cómo quitar la cobertura de nubes a las imágenes?

La corrección DOS1 no elimina las nubes de la imagen. Sin embargo, las imágenes de Landsat 8 incluyen la Banda 9 que identifica las nubes (consulte este *sitio de la NASA* <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/>> \_). Puede utilizar esta banda para la creación de una máscara.

## 7.3 Procesamiento

### 7.3.1 Obtengo errores en la clasificación. ¿Cómo puedo mejorar la precisión?

Varios materiales tiene firmas espectrales similares (e.g. el suelo y las construcciones, or bosques y otros tipos de matorral denso), que pueden generar errores de clasificación si las ROIs, y por tanto las firmas espectrales, no está correctamente definidas. Para mejorar los resultados, puedes intentar generando más ROIs sobre estas zonas, para mejorar el entrenamiento de los algoritmos en estas coberturas similares, también puedes visualizar las firmas espectrales de estas zonas en el *Spectral Signature Plot* (Página 114) para evaluar su similitud. También puede usar el *Umbral de firma* (Página 61) con estas firmas para reducir la variabilidad de las mismas (solo píxeles muy similares a las firmas de entrada serán clasificados).

### 7.3.2 ¿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 pixel tiene diferente firma espectral en diferentes periodos). 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.

### 7.3.3 ¿Cual es la diferencia entre clases y macroclases?

Por favor mira *Clases y Macroclases* (Página 136).

### 7.3.4 ¿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.

### 7.3.5 ¿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](#)).

### 7.3.6 ¿Cómo puedo acelerar el procesamiento?

Para mejorar la velocidad de procesamiento deberás configurar la RAM y los hilos disponibles en *System* (Página 112). *RAM Disponible (MB)*. Debería ser la mitad de la RAM total del sistema (e.g. 1024MB si el sistema tiene 2GB de RAM) o más si el sistema tiene una gran cantidad de RAM (e.g. 10240MB si el sistema tiene 16GB de RAM). *Hilos CPU* deberá ser un valor menor al valor de hilos máximo del sistema (e.g. si el sistema tiene 4 hilos utiliza el valor 3).

También, varias herramientas permiten usar como formato de salida `.vrt` lo que disminuye el tiempo necesario para crear un ráster `.tif` (después del multiproceso), lo cual es especialmente útil para rásteres grandes.



### 7.3.7 ¿Cómo evalúo la exactitud y como diseño el número de muestras?

La evaluación de la exactitud está descrita en [este tutorial](#).

El diseño de muestreo es necesario para proporcionar un número adecuado de muestras para cada clase, como se describe en «Olofsson, et al., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42 – 57».

El número de muestras ( $N$ ) deberá calcularse usando (Olofsson, et al., 2014):

$$N = \left( \sum_{i=1}^c (W_i - S_i) / S_o \right)^2$$

donde:

- $W_i$  = proporción del área clasificada como clase  $i$ ;
- $S_i$  = desviación estándar del estrato  $i$ ;
- $S_o$  = desviación estándar esperada de la exactitud general ;
- $c$  = número total de clases

Para estratificar la muestra debemos conjeturar la precisión del usuario y la desviación estándar de los estratos (Olofsson, et al., 2014).

Esto requieren realizar algunas conjeturas sobre la exactitud general y la precisión del usuario de cada una de las clases. Debemos basar estas conjeturas en estudios previos.

Como valores iniciales, podríamos asumir  $S_o = 0,01$  y realizar una evaluación de la exactitud a groso modo con muestras aleatorias, y eventualmente calcular la  $S_i$  para realizar el diseño del muestreo. Alternativamente, uno podría empezar con  $S_i = 0.5$  para todas las clases. Básicamente, cuanto más grande es  $S_i$ , mayor es el número de muestras para esa clase.

## 7.4 Advertencias


### 7.4.1 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 137) 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.

## 7.5 Errores

### 7.5.1 ¿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. Abre QGIS, abre la pestaña de Complementos *Depurar* (Página 109) y marca la casilla  *Record detailed events in a log file* ;
3. haga clic en el botón: guilabel: *Probar dependencias* | enter | en la pestaña: ref: *settings\_debug\_tab*;
4. **carga los datos en QGIS (o abre un proyecto de QGIS grabado con anterioridad) y repite los pasos que causaron el error en el Complemento;**

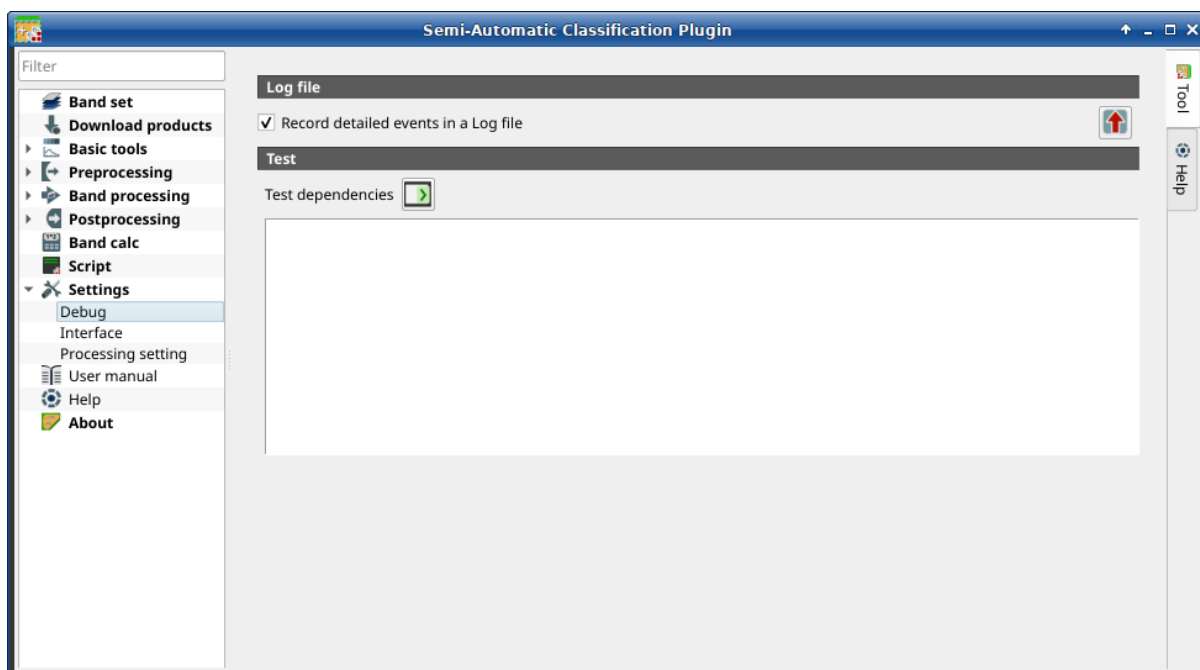


Figura 1: Depurar

- 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;

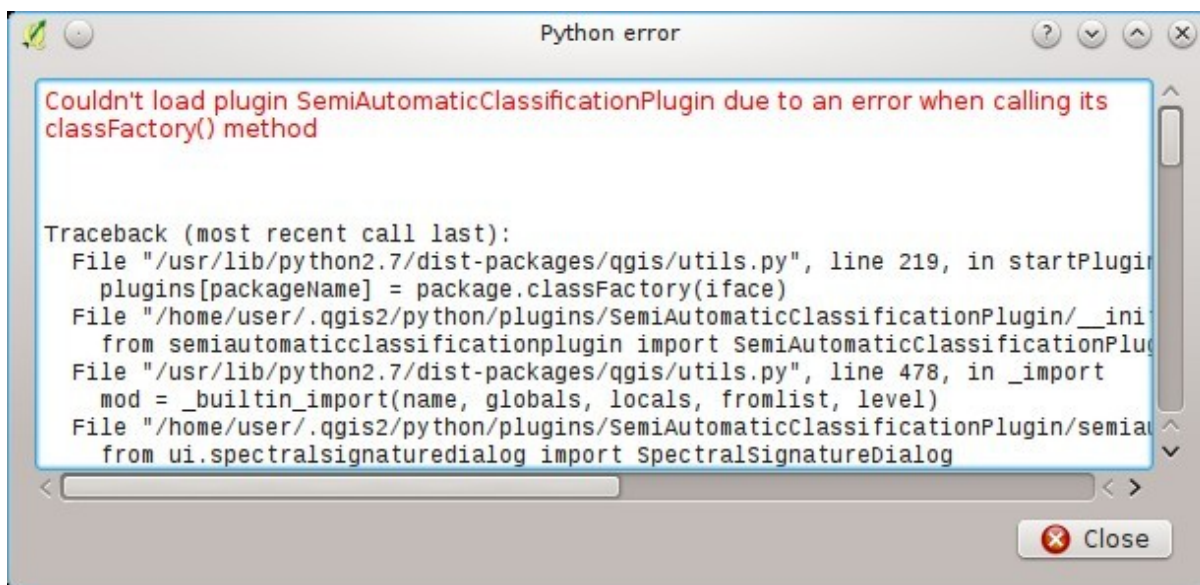


Figura 2: Error message

6. abra la pestaña: ref: *settings\_debug\_tab* y desmarca la casilla de verificación | casilla de verificación | : guilabel: *Registra eventos en un archivo de registro*, luego haga clic en el botón | exportar | y guarde el **\*\* archivo de registro \*\*** (que es un archivo de texto que contiene información sobre los procesos del complemento);
7. abra el **log file** y copie todo el contenido del archivo;
8. únase al grupo de Facebook <<https://www.facebook.com/groups/SemiAutomaticClassificationPlugin>> ^\_, cree una nueva publicación y copie el mensaje de error y el **\*\* archivo de registro \*\*** (o adjúntelos).

## 7.6 Varios

### 7.6.1 ¿Qué puedo hacer con SCP?

SCP posibilita la **clasificación de la cobertura del suelo** en imágenes de sensores remotos mediante *Clasificación supervisada* (Página 133). Puedes producir un ráster de cobertura terrestre usando uno de los *Algoritmos de clasificación* (Página 137) disponibles en SCP. Estos algoritmos requieren firmas espectrales de ROIs como entrada (para las definiciones lee *Breve Introducción a la Teledetección* (Página 123)) que definen las clases de cobertura terrestre que serán identificadas en la imagen.

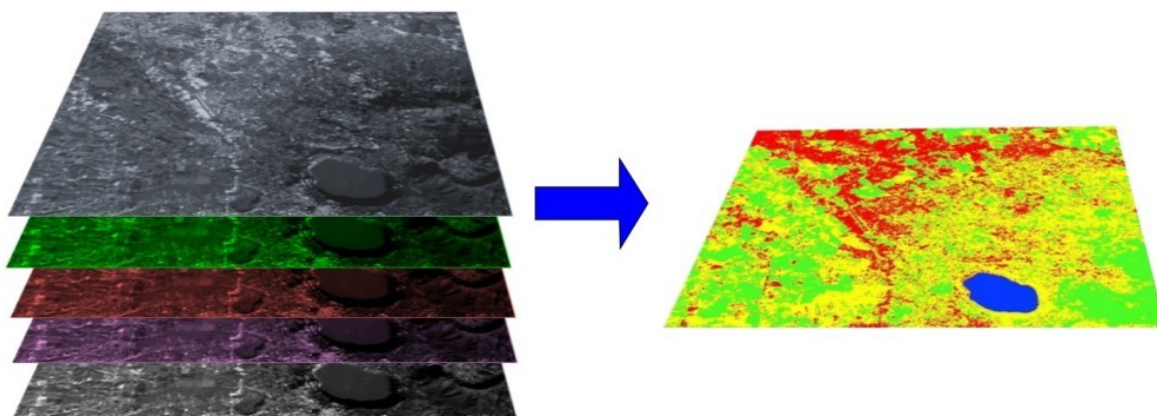


Figura 3: *Imagen multiespectral procesada para producir una clasificación de la cobertura del suelo*  
(Imagen Landsat proporcionada por USGS)

SCP puede trabajar con **\*\* imágenes multiespectrales \*\*** adquiridas por satélites, aviones o drones. SCP también permite directamente buscar y descargar imágenes gratuitas (ver *Descargar productos* (Página 49)). No se pueden usar ortofotos con menos de 4 bandas o datos LIDAR en SCP.

**Imagen de entrada** en SCP se denomina *Conjunto de Bandas* (Página 45), la cual es usada como entrada para la clasificación. SCP dispone de varias herramientas para el *Preprocesamiento* (Página 63) de imágenes descargadas, como la conversión a reflectancia y la manipulación de bandas.

El *Spectral Signature Plot* (Página 114) y el *Scatter Plot* (Página 118) permiten el **análisis de firmas espectrales y ROIs**. También varias *Herramientas Básicas* (Página 54) están disponibles para la creación fácil de un ROI y edición de firmas espectrales.

**Cálculos rástes** está disponibles a través de la integración de la herramienta *Calculadora de Bandas* (Página 99) con bandas en un *Conjunto de Bandas* (Página 45), para el cálculo de expresiones matemáticas e índices espectrales.

Ver los *Basic Tutorials* (Página 157) para más información y ejemplos.

### 7.6.2 Cómo contribuir a SCP

Puedes contribuir con SCP corrigiendo o agregando funcionalidades (mira *¿Dónde está el código fuente de SCP?* (Página 186)), o traduciendo el manual de usuario (mira *¿Cómo puedo traducir este manual del usuario a otro lenguaje?* (Página 186)).

### 7.6.3 ¿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.

### 7.6.4 ¿Dónde está el código fuente de SCP?

El código fuente de SCP está disponible en <https://github.com/semiautomaticgit/SemiAutomaticClassificationPlugin>