



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental • UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

# **Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales**



# Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

## Práctica:

**Coberturas Forestales**

## Área:

**Monitoreo de la Superficie**

**Terrestre**

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Julieta Karla Blancas Zamora</li> <li>• Michelle Fernanda López Fuentes</li> <li>• Efraín Rodríguez Ramón</li> </ul>	Dra. Griselda Berenice Hernández Cruz	Dr. José López García	27/04/2018



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

### 1. Viabilidad de la implementación metodológica

Se utilizó el software libre **QGIS** (versión 2.18.11) y también los Plug in **Semi-Automatic Classification SCP** (versión 5.3.11) en el proceso de corrección Atmosférica, y **Molusce** (versión 3.0.13) para la obtención de la Matriz de cambios los cuales se tienen que instalar en QGIS.

Para la obtención de las imágenes satelitales se descargaron de la página web **Earth Explorer** del servicio Geológico de Los Estados Unidos (USGS).

Para tener acceso a la descarga de imágenes satelitales en **Earth Explorer** es necesario registrarse y llenar un formulario con datos personales del usuario.

### 2. Objetivos de aprendizaje

#### a. Objetivo general:

Evaluar la cobertura forestal con imágenes satelitales en el Área perteneciente a la Ciudad de México.

#### b. Objetivos específicos:

Evaluar la cobertura forestal de la Ciudad de México durante el periodo comprendido de enero 2002 a enero 2018.

Realizar la clasificación y edición de polígonos como técnica/método para evaluar la cobertura forestal de la Ciudad de México durante el periodo comprendido de enero 2002 a enero 2018.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

### 3. Introducción

La cobertura forestal es una extensión de territorio ocupada por diferentes tipos de vegetación, la cual funge como indicador para el análisis y comportamiento de los bosques a lo largo del tiempo.

Además, es parte fundamental de la biodiversidad y el desarrollo de la sociedad. Es de suma importancia estudiar los diferentes fenómenos por los cuales atraviesa este ecosistema, como la densificación (aumento en la densidad del dosel), deforestación (remoción de la mayor parte del arbolado), reforestación (cambio de terreno deforestado a uno forestado), forestación (cambio de ocupación de suelo no forestal a terreno forestal), la disminución de la densidad forestal, entre otros.

Por lo anterior, la Percepción Remota a través de diferentes métodos de estudio, y la interpretación de imágenes satelitales, puede jugar un papel importante en el estudio de los cambios en los recursos naturales, ocasionados de manera natural o antrópica.

En este trabajo en particular, la detección de cambio a lo largo del tiempo en las áreas forestales es identificada a través de la comparación de datos geoespaciales, utilizando imágenes satelitales, resultando en una técnica útil para el cuidado y la gestión de los recursos naturales.

### 4. Material y Equipo

- Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto QGIS.
- Imágenes satelitales de enero 2002 y enero 2018 de los satélites Landsat 7 y Landsat 8.

### 5. Desarrollo

#### Actividad 1. Corrección atmosférica

1.1. Para abrir los archivos vectoriales y ráster en QGIS, se dirige al apartado de panel del explorador, y se busca la carpeta donde se encuentren las imágenes a utilizar (Fig. 1).



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental - UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

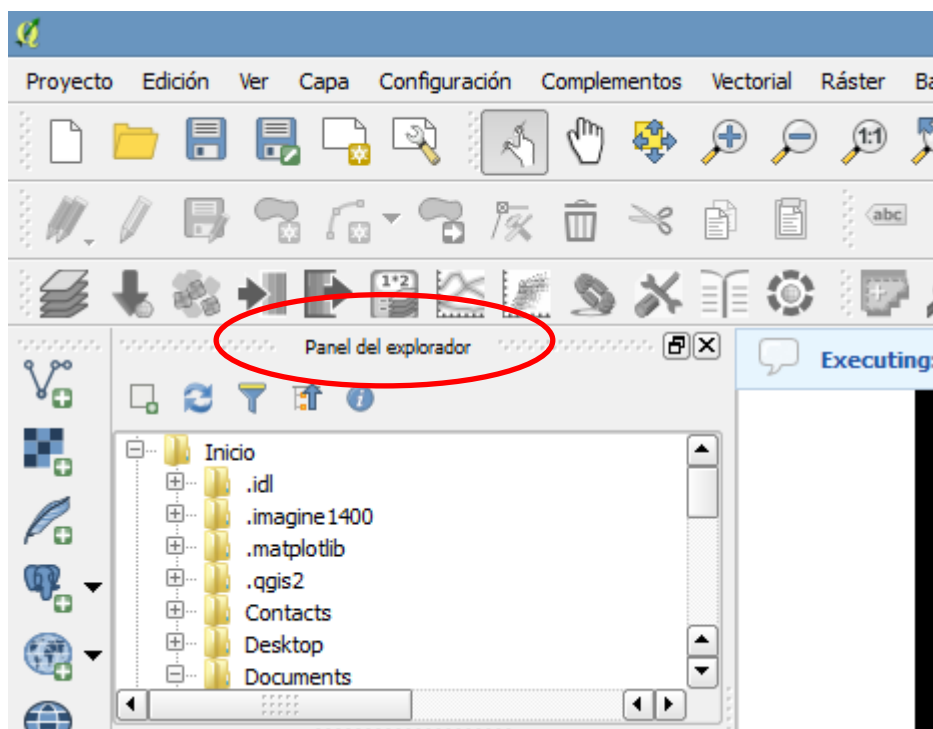


Figura 1. Panel del explorador en QGIS

1.2. Una vez ubicada la carpeta, se seleccionan las imágenes o archivos a utilizar y se mueven al panel de capas.

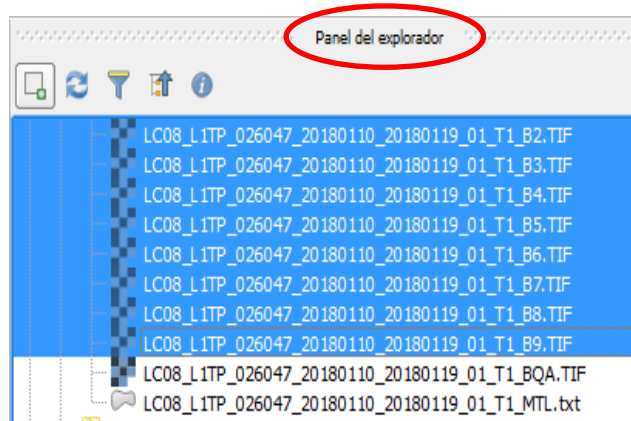


Figura 2. Panel de explorador

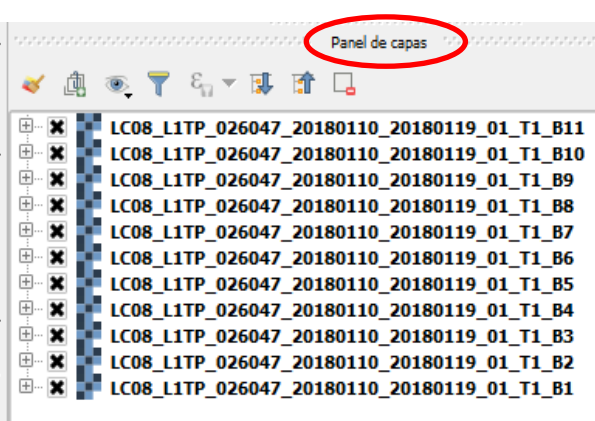


Figura 3. Panel de capas



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura

10 aniversario  
**oiga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM

**IG**  
INSTITUTO DE  
GEOGRAFIA  
UNAM

**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

1.3. Posteriormente, se realizará la corrección atmosférica a las imágenes (ver manual de Corrección Atmosférica para Landsat en Qgis), para ello se utiliza el *plug in Semi-Automatic Classification (SCP)*, debidamente instalado en QGIS (ver manual de instalación de plug in), y se selecciona el icono de dicho *plug in* desde la barra principal de QGIS (ver figura 4).

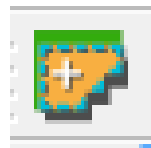


Figura 4. Icono de Semi-Automatic Classification

1.4. Al dar clic en el icono se abrirá la ventana principal del *plug in*, se seleccionarán las pestañas de preprocesamiento, y posteriormente la de Landsat. Para cargar la imagen, se da clic en el icono de carpeta de directorio y se indicará la ruta donde se ubican las bandas de la imagen. En la opción “seleccionar archivo MTL” (sino se encuentra en el directorio) se ubicará la dirección del archivo metadato con extensión .MTL. Como siguiente paso, se seleccionarán las opciones, aplicar la corrección atmosférica DOS 1, realizar *pansharpening* (Landsat 7 u 8) y usar valor “Sin Datos” (la imagen tiene borde negro), como se muestra en la figura 5 (cada opción seleccionada se explica en el manual de Corrección Atmosférica para Landsat en Qgis).

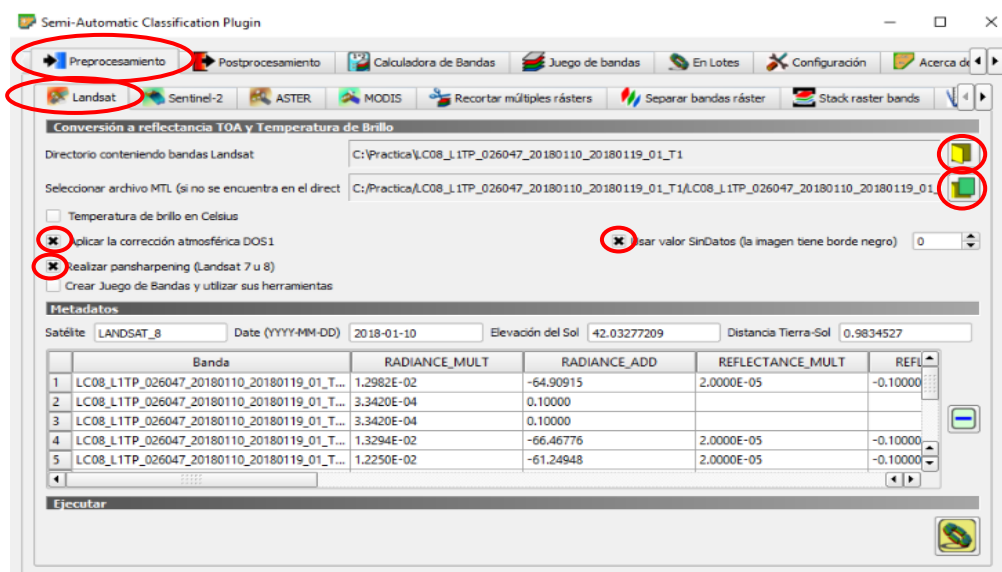


Figura 5. Ventana principal de Semi-Automatic Classification





Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

1.5. Habiendo ingresado todos los datos requeridos, se dará clic en el icono de ejecutar el cual, pedirá el destino donde se guardará el proyecto, y posteriormente comenzará a ejecutar la herramienta.



Figura 5. Ventana principal. Icono "ejecutar".

1.6. Posteriormente, se recortan las imágenes resultantes. Este paso se realiza para optimizar el tiempo de digitalización de la zona de estudio. Grandes áreas requieren de un mayor tiempo de procesamiento y no es el objetivo de la presente.

Cabe resaltar, que el usuario puede cortar las imágenes digitales resultantes al aplicar **SCP** a su zona de estudio o de interés. Para lo anterior es necesario ubicar en el panel de capas el shape de la zona de interés con el cual se cortarán las imágenes, resultado de aplicar **SCP**:

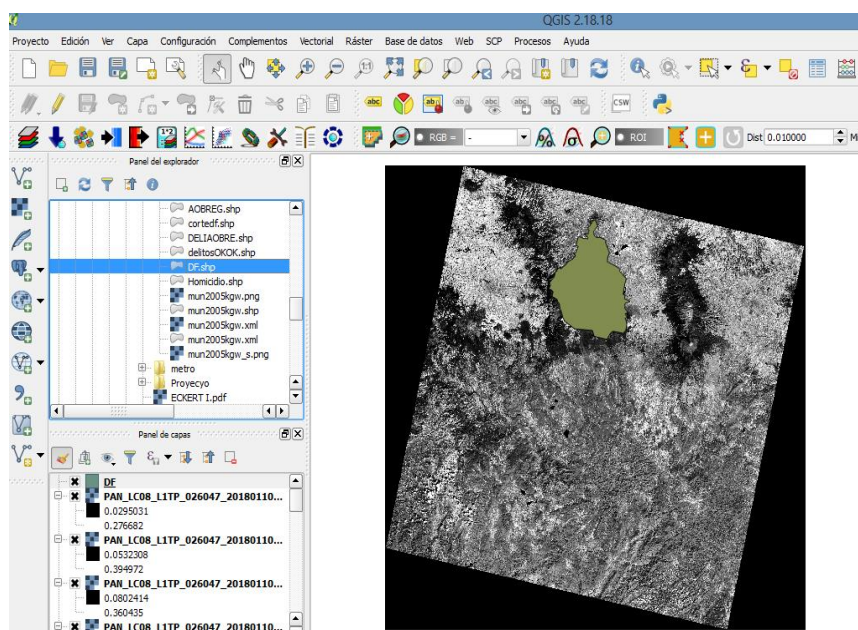


Figura 6. Imagen resultante al aplicar SCP y Shape de CDMX.

En la ventana del *plug in* **SCP** se dirigirá a la pestaña recortar múltiples *ráster*, se seleccionarán



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

las imágenes ya procesadas y también se selecciona la opción usar archivo *shape* para cortar y se elige la información de la zona de estudio (en este caso en particular, la capa cuyo nombre es, DF, ver figura 8).

Cabe mencionar que la opción Recortar múltiples *ráster* sirve para recortar varias bandas de dos maneras diferentes con coordenadas dadas o con un archivo *shape*.

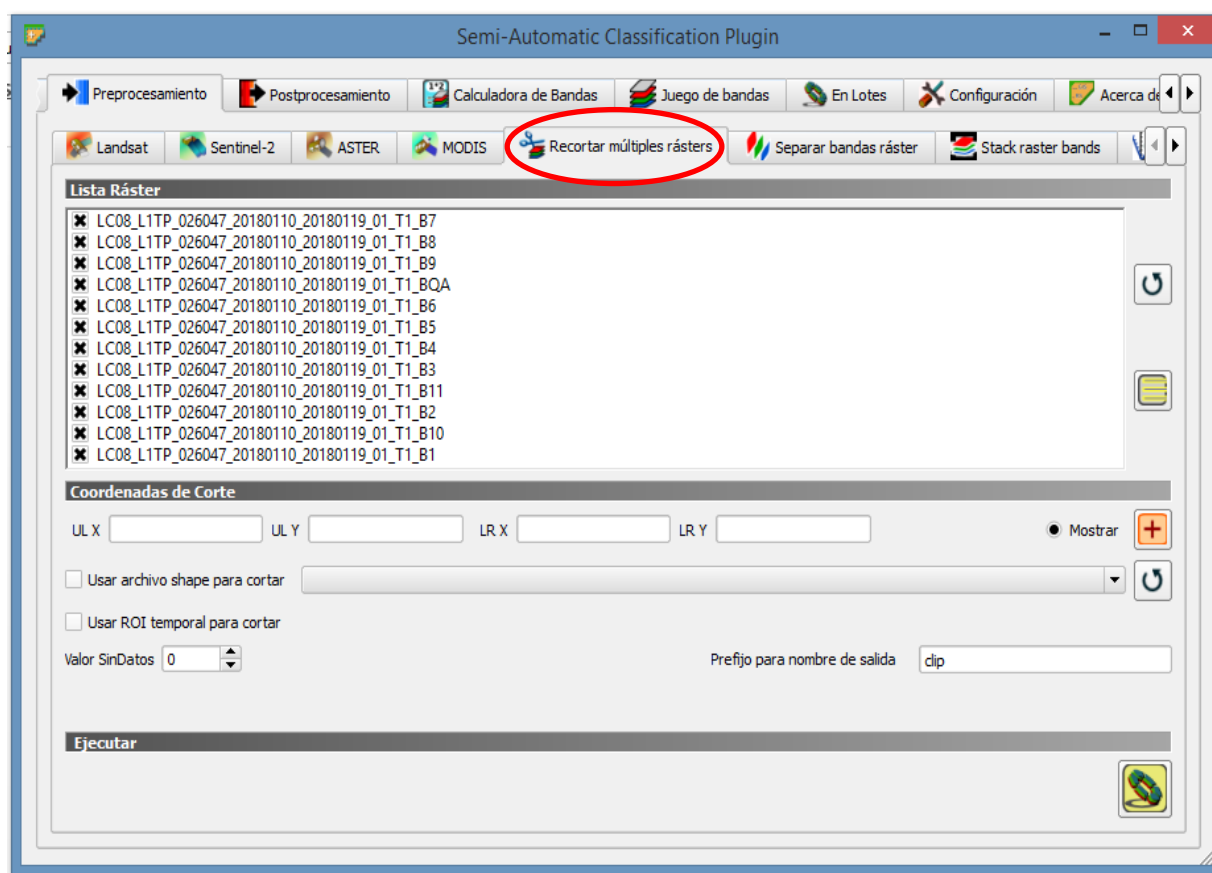


Figura 7. Ventana de pestaña recortar múltiples ráster





Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental - UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

Coordenadas de Corte

UL X  UL Y  LR X  LR Y

☒ Usar archivo shape para cortar

☐ Usar ROI temporal para cortar

Valor SinDatos

Prefijo para nombre de salida

Figura 8. Opción de usar archivo shape para cortar



Figura 9. Corte resultante de la zona de estudio, Imagen pancromática de Landsat 8.

### Actividad 2. Digitalización de Coberturas

2.1. En la digitalización de coberturas será utilizada la clasificación de Cabello, 2016.

Categoría (nombre)	Categoría (Clave)
Cerrada	1
Semi-Abierta	2



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**CIGA**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

Abierta	3
No forestal	4

Figura 10. Tabla de clasificación de coberturas forestales, Cabello, 2016.

2.1 Para la digitalización en las imágenes se crearán dos *shapes*, uno para cada año de comparación (2002 y 2018). El procedimiento de creación de cada capa es la misma en ambas imágenes. Como resultado se obtendrán dos archivos vectoriales un *shape* del año 2002 y un *shape* para el año 2018.

2.2. Para crear los archivos vectoriales (*shapes*), en el menú principal de QGIS se dirige a la opción capa, después crear capa y nueva capa de archivo *shape*.

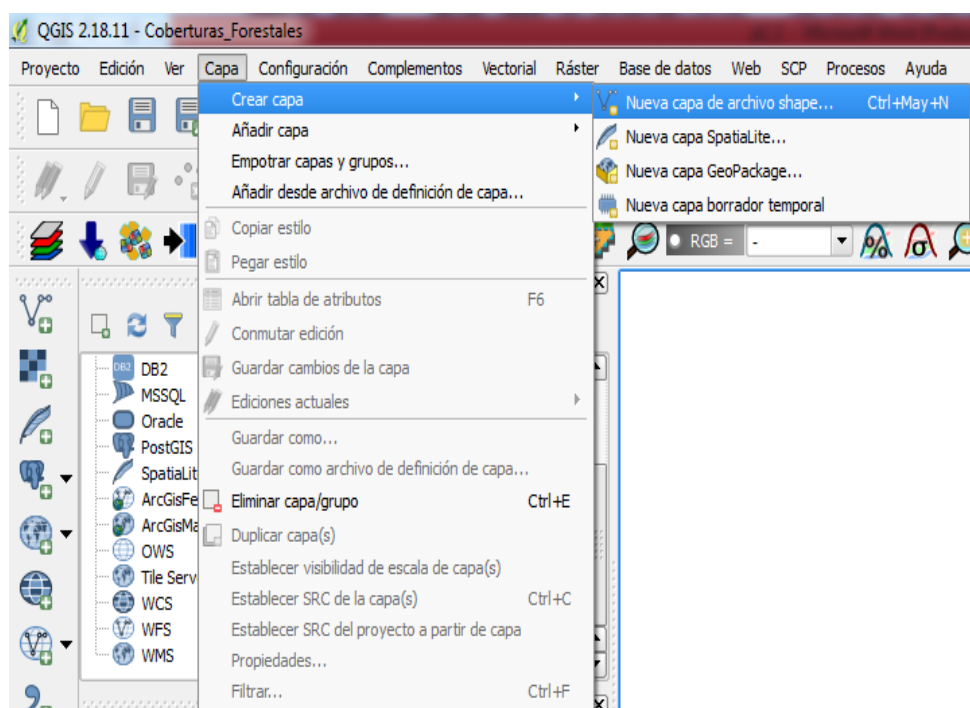


Figura 11. Pestaña Capa del Menú principal de QGIS



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

Se ingresarán los siguientes datos:

Tipo: polígono

Clasificación de archivo: UTF-8

Nombre: a criterio del usuario

Tipo: Número entero

Longitud: 5 (número de cifras)

Nombre	Tipo	Longitud	Precisión
id	Integer	10	

Figura 11. Ventana nueva capa de archivo shape

Una vez ingresados los datos se da clic al botón añadir a la lista de campos, y se da clic en aceptar.

2.3. Para llevar a cabo la digitalización se editarán los archivos vectoriales que se crearon para poder utilizar las diferentes categorías propuestas por Cabello, 2016. Al dar clic derecho en los archivos vectoriales que se crearon, y después dar clic en la opción, conmutar edición, un clic más para que se activen las opciones de edición (ver figura 13):



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental - UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

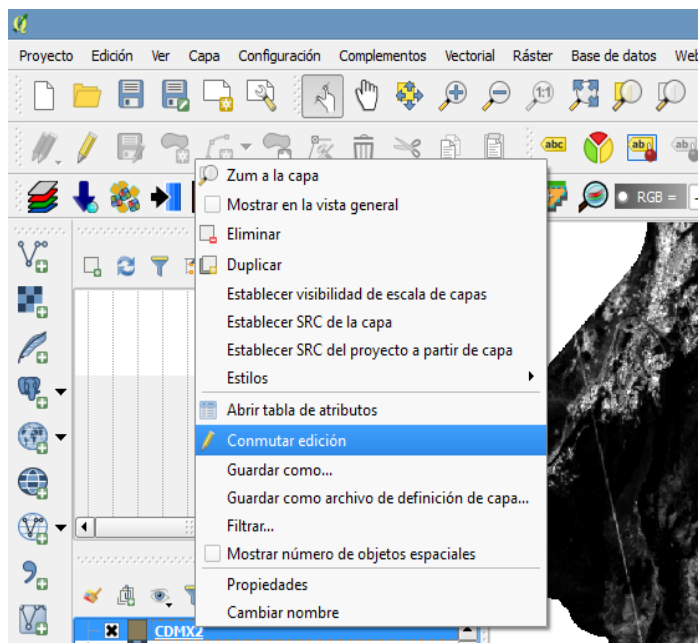


Figura 12. Edición del shape vectorial.



Figura 13. Herramientas de opciones de edición.

Para generar los polígonos de cada cobertura, se da clic en el icono de “añadir capa espacial” en la barra de herramientas, en opciones de edición (figura 13) y se comenzará la edición para cada uno de los archivos vectoriales, dando clic en cada uno de los vértices que se tengan que tomar. Al finalizar la edición de cada polígono, se dará clic derecho, y saldrá una tabla (ver figura 14), donde el *id* contabilizará cada uno de los polígonos, y en categoría, se agrega el tipo de clasificación que le será asignado al polígono que se esté editando.

2.4 Habiendo editado o creado el primer polígono en cada uno de los archivos vectoriales, es necesario ver el apartado creación de, polígonos adyacentes.

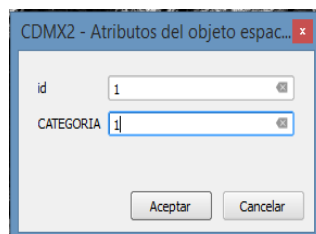


Figura 14. Atributos del polígono

Al dar clic derecho en el archivo vectorial que se está editando, y se dirige a la opción: “abrir tabla de atributos”, ésta se presentará de la siguiente manera:



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

	id	CATEGORIA
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	4	4
5	5	4
6	6	1
7	7	3
8	8	2
9	9	1
10	10	1
11	11	4

Figura 15. Tabla de atributos

Una de las ventajas de estar conmutando la edición, es que los campos *id* y categoría, se pueden corregir manualmente, desde la tabla de atributos. Una vez terminados los polígonos de clasificación, se dará clic derecho y guardar cambios de la capa (ver figura 16).

Para concluir con la edición de la capa, se dará clic derecho en el archivo vectorial que se esté editando, y se dará clic en conmutar edición (ver figura 17).



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura

10 aniversario  
**oiga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM

**IG**  
INSTITUTO DE  
GEOGRAFIA  
UNAM

**LANO**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIIME (PE 110218)

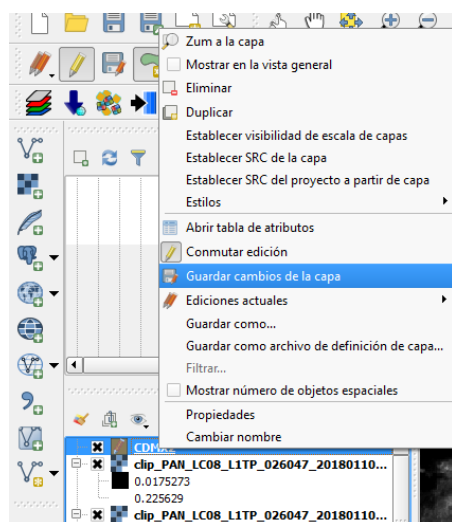


Figura 16. Guardar cambios de la capa

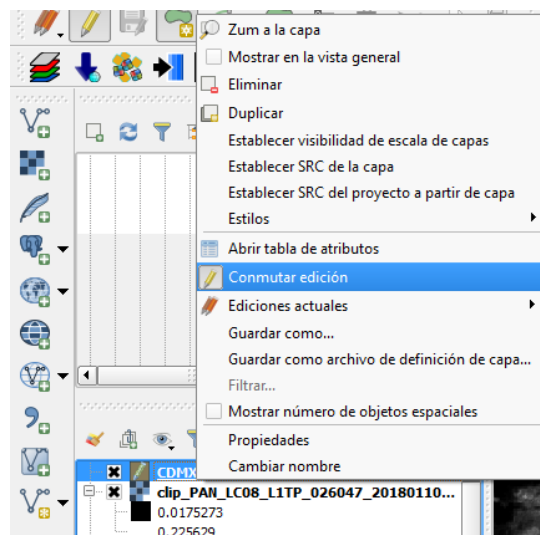


Figura 17. Conmutar edición.

### Creación de polígonos adyacentes

Inmediatamente después de crear el primer polígono en la capa que se esté editando para la digitalización de coberturas, se dirigirá al menú principal de QGIS, en la pestaña de “Configuración”. Posteriormente, en “Opciones de ensamblado” (ver figura 17), recordando que, en cada uno de los archivos vectoriales, debe estar en la opción conmutar edición.

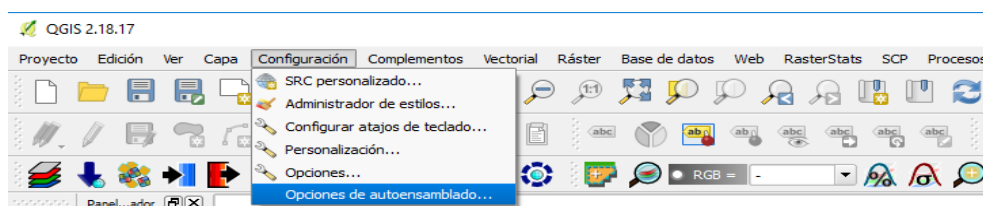


Figura 17. Pestaña Configuración.

Las opciones que deben colocarse dentro del menú emergente serán las siguientes:

Selección de capa: Avanzado

Modo: a vértice y segmento

Se deben marcar las opciones: “Evitar intersecciones”, “Activar edición topológica” y “Habilitar autoensamblado en la intersección” y posteriormente se da clic en aceptar.





Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geospaciales

PROYECTO PAPIIME (PE 110218)

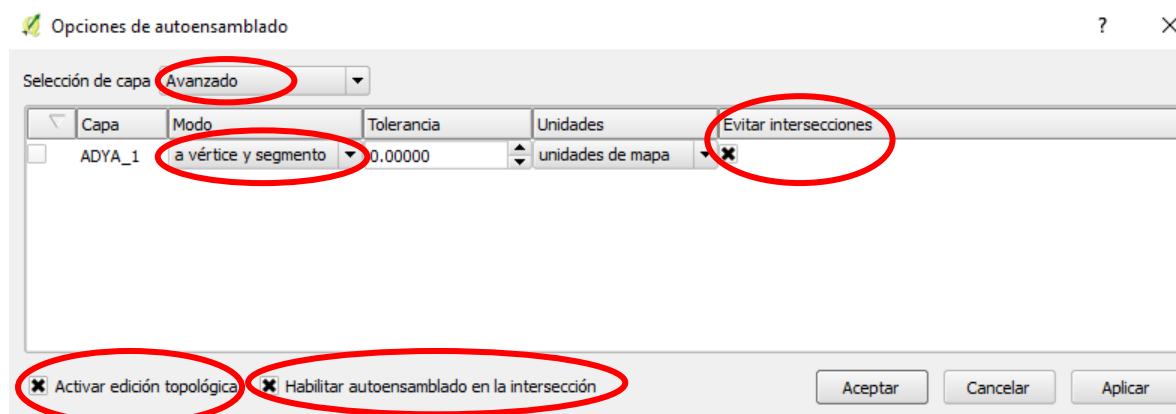


Figura 18. Opciones de autoensamblado.

Luego de aplicar las restricciones mencionadas anteriormente, y durante la creación de los polígonos restantes, se evitará cualquier intersección, y quedarán completamente adyacentes si creamos los vértices encima del primer polígono, como se muestra el ejemplo en las siguientes imágenes.

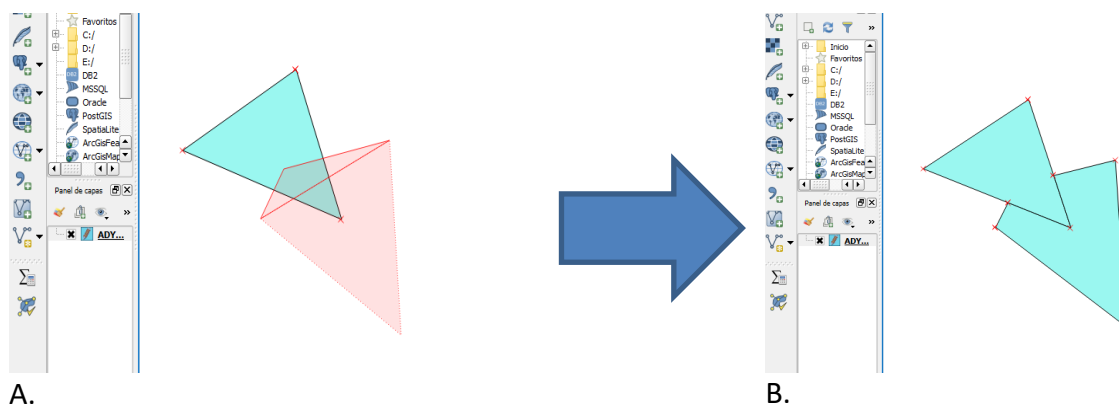


Figura 19. Polígonos adyacentes.

Se observa que, aunque se creó el segundo polígono sobrepuesto (figura 19, A.), los vértices no caen sobre el primero, aunque, de igual manera, quedan sobrepuestos (figura 19, B.). Con esta herramienta la digitalización será más rápida y sin errores de sobre posición entre polígonos de cada archivo vectorial que se esté editando.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

### Actividad 3. Geoprocesamiento de Archivos vectoriales

Es importante recalcar que, la digitalización de coberturas debe cubrir la misma área en total en ambos archivos vectoriales (para la imagen de Landsat 7 e imagen de Landsat 8), debido a lo anterior, se utilizaron algunas herramientas de geoprocesamiento, para poder cubrir dicho objetivo.

3.1 Como primer paso, se procederá a realizar una intersección con ambos archivos vectoriales, para ello se utiliza la herramienta “Intersección” ubicada en la pestaña vectorial, y posteriormente en “herramientas de geoproceso” (figura 20).

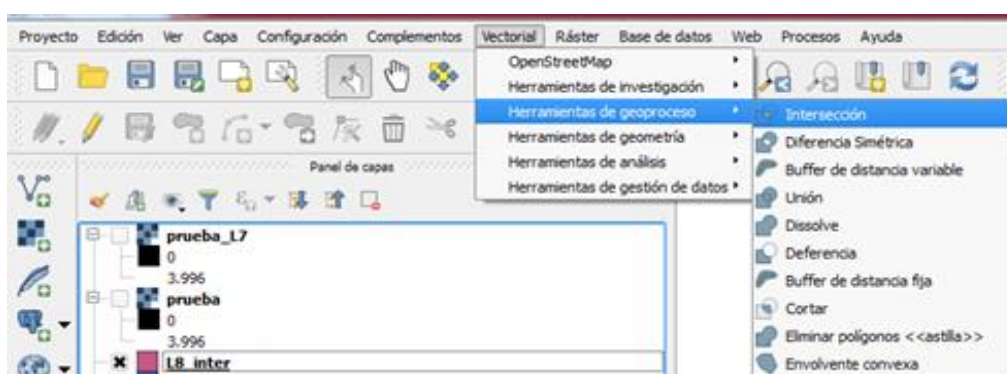


Figura 20. Herramienta intersección.

3.2 En la ventana de la herramienta intersección, en la opción “capa de entrada”, se ubicarán los 2 archivos vectoriales, sin importar el orden con el cual se ingresen en las opciones: “Capa de entrada” y “Capa de intersección”. Posteriormente, se elige la ruta donde se guardará el nuevo archivo vectorial, resultado de la intersección (figura 21).



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental - UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

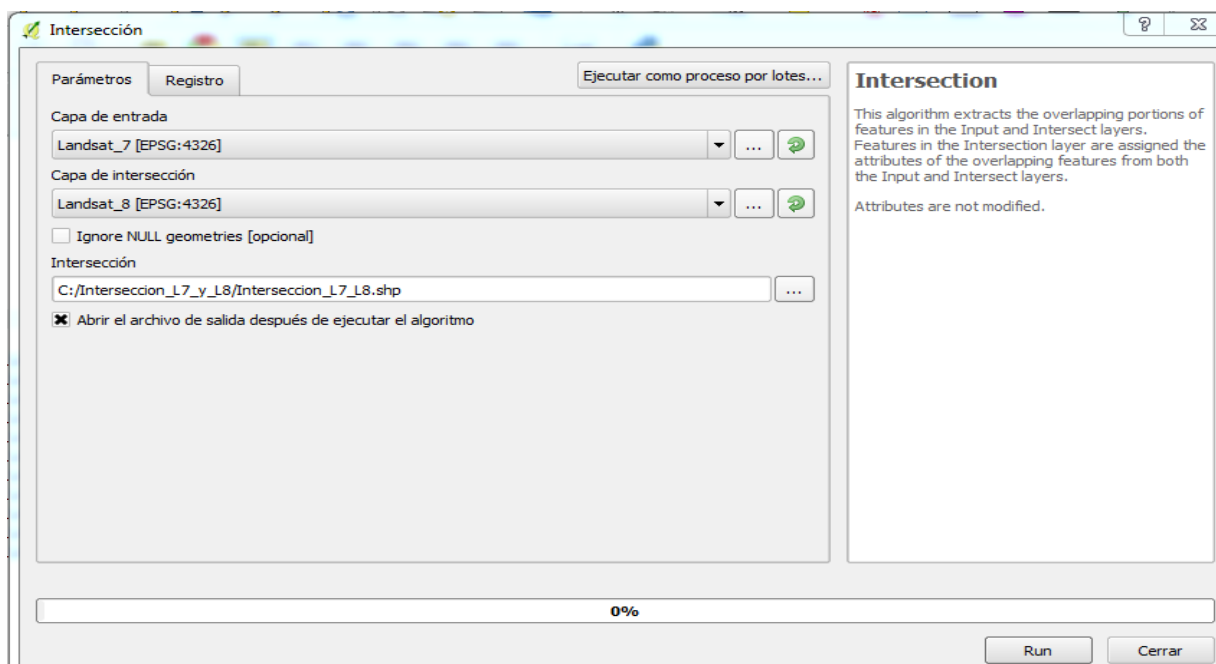


Figura 21. Herramienta intersección.

3.3 Como siguiente paso, se aplicará un *clip* al archivo vectorial resultado de la intersección con cada uno de los archivos vectoriales digitalizados. Para ello, en la misma pestaña de la opción “Vectorial” se dirige a la opción “herramientas de geoproceso” y se elige la opción “cortar”.

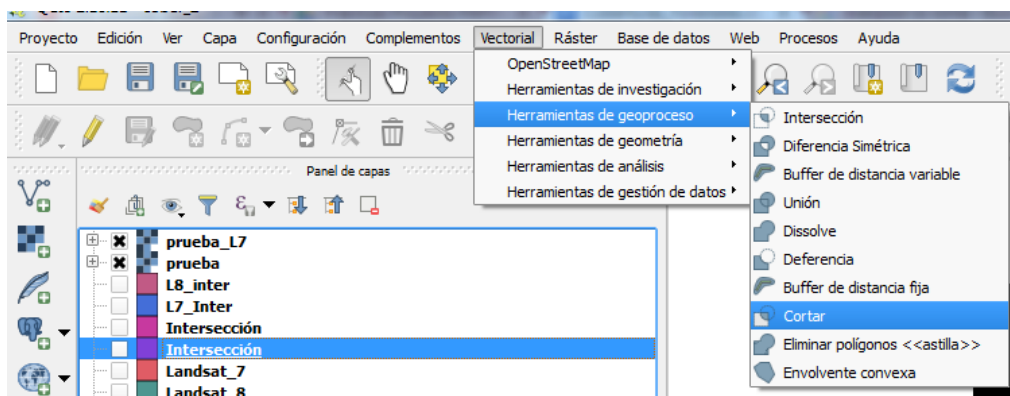


Figura 22. Herramienta Cortar (Clip).



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

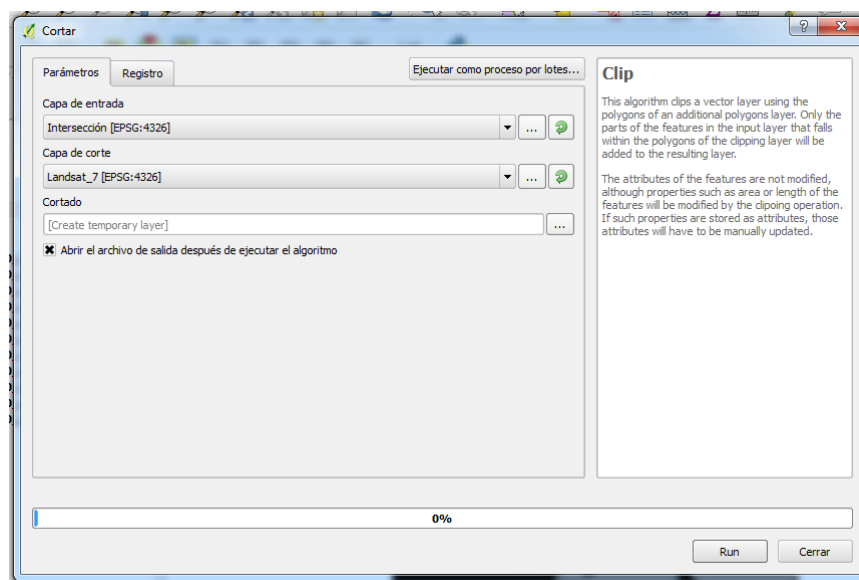


Figura 23. Herramienta Cortar (Clip) con las capas intersección y Landsat 7.

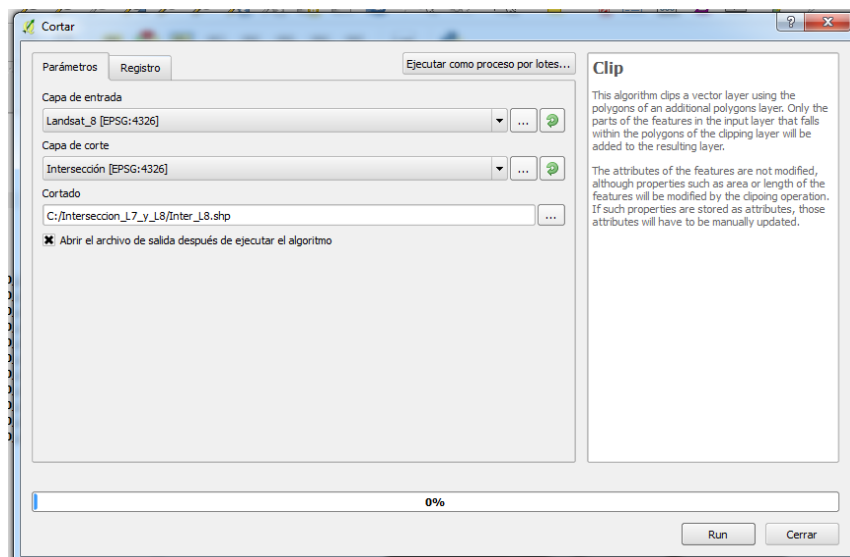


Figura 24. Herramienta Cortar (Clip) con las capas intersección y Landsat 8.

Es importante recalcar que, para el análisis de la matriz de cambios, es necesario convertir los nuevos archivos vectoriales (resultado del geoprocesamiento) en archivos ráster.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

### Actividad 4. Rasterización de los polígonos

4.1 Una vez concluida la edición de ambas capas vectoriales (clasificación de coberturas), y el geoprocusamiento, el siguiente paso es, convertir ambos archivos de formato vectorial en archivos ráster. Para ello, se dirige al menú principal de QGIS en la pestaña “Ráster”, posteriormente, se elige la opción “Conversión” y se da clic en la opción: “Rasterizar” (vectorial a ráster) ver figura 25.

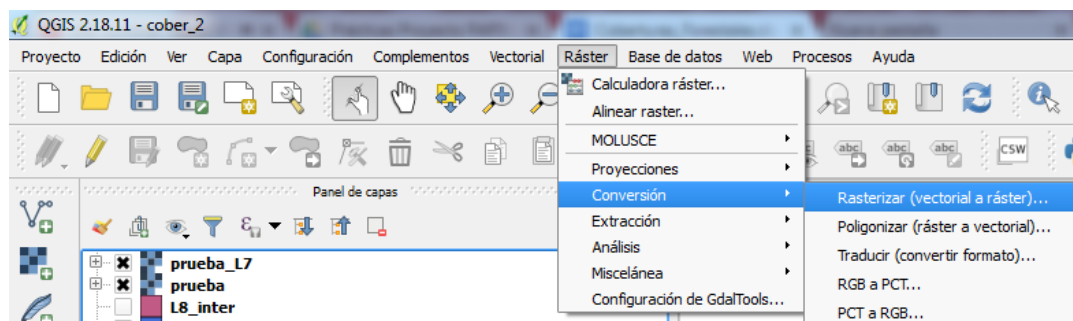


Figura 25. Herramienta Conversión a Ráster.

4.2 Se pondrá la capa que deseamos rasterizar (para este caso en particular, los archivos vectoriales resultado del geoprocusamiento de 2002 y 2018), en la opción: “campo de atributos”, se selecciona el campo creado “categoría”. En la opción, “archivo de salida”, para los vectoriales rasterizados (ráster), se elige el directorio donde se guardarán los nuevos ráster, saldrá un cuadro emergente, mencionando si se quiere crear, dar clic en “aceptar”, (figura 26).  
\*Este paso se aplica para ambas imágenes.

### Actividad 5. Matriz de Transición

5.1 Como último paso se utilizará el *plug in* “MOLUSCE”, para obtener la matriz de transición con los archivos ráster creados. Para ello, se dirige a la pestaña “Ráster”, después se selecciona la opción “MOLUSCE” (ver figura 27).

5.2 En la opción: “Inicial” se ingresa el ráster de Landsat 7 y para la opción “final” se ingresa el ráster de Landsat 8 y en la opción: “Spatial Variables” se ingresará uno de los dos archivos ráster sin importar cuál sea (ver figura 28).



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGTA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental - UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

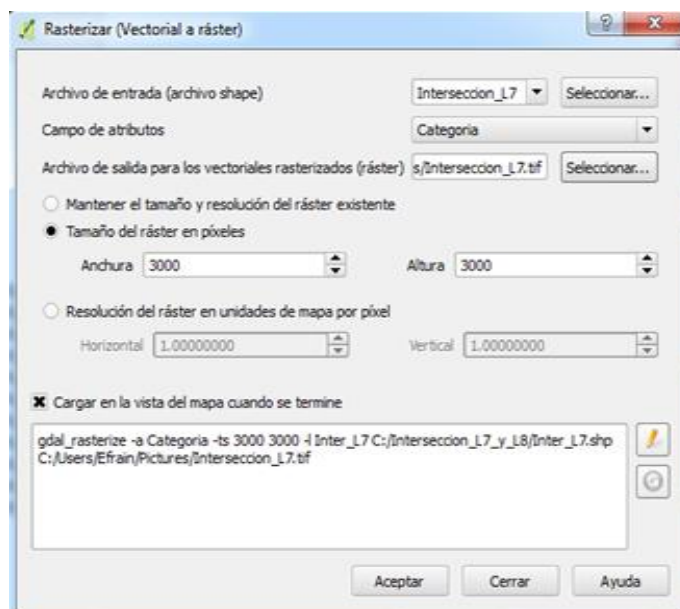


Figura 26. Ventana de herramienta rasterizar.

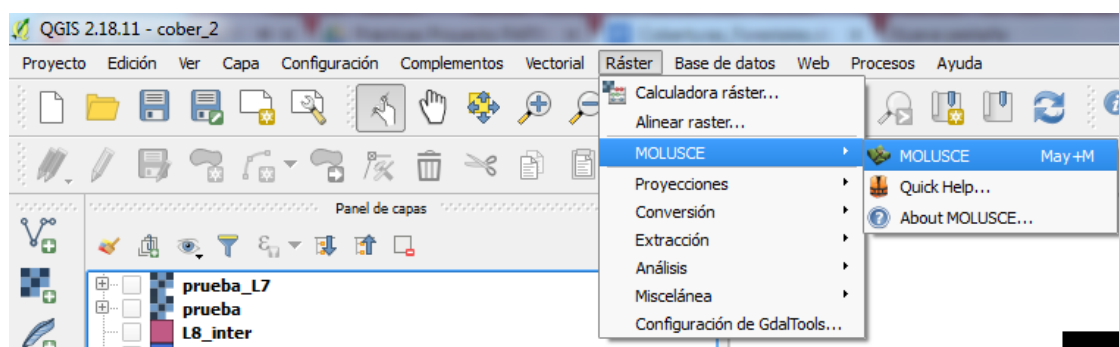


Figura 27. Plug in MOLUSCE.

5.3 Después se da clic al botón Check geometry (Checar Geometrías) y obtendremos el siguiente resultado (ver figura 29).





Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
ciga  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental • UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

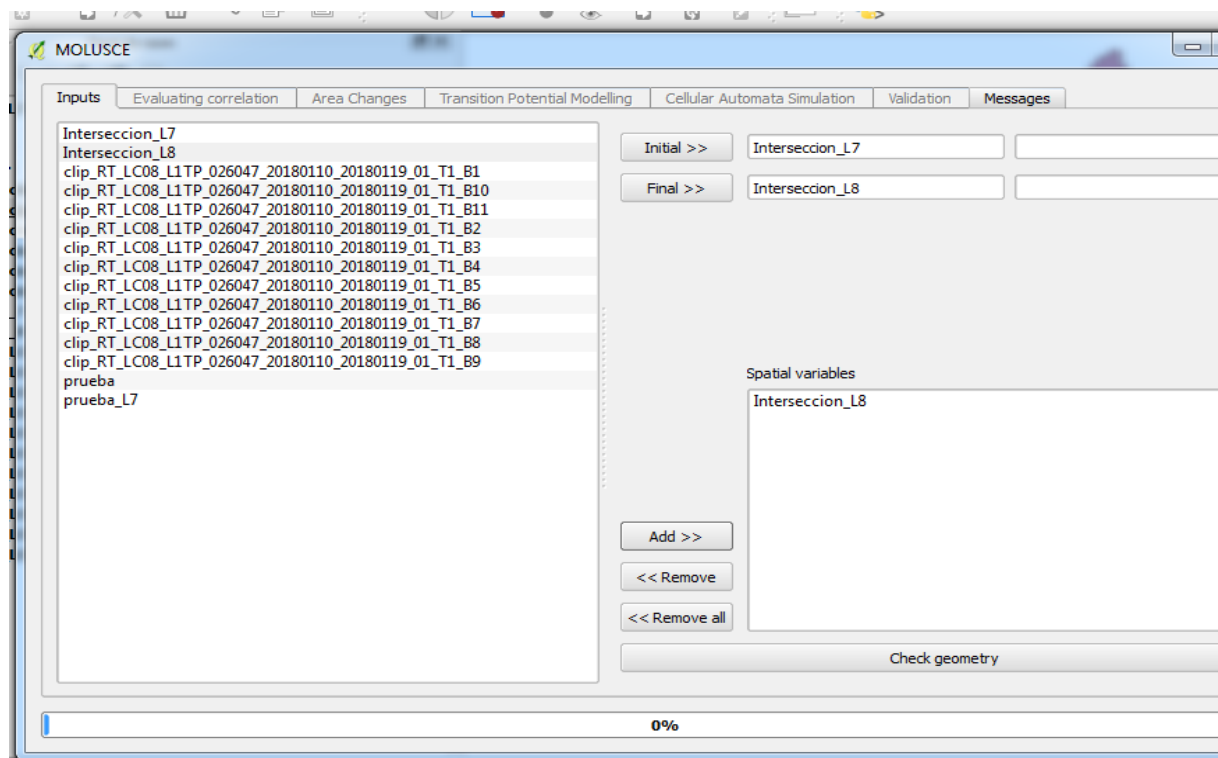


Figura 28. Ventana de Plug in Molusce.

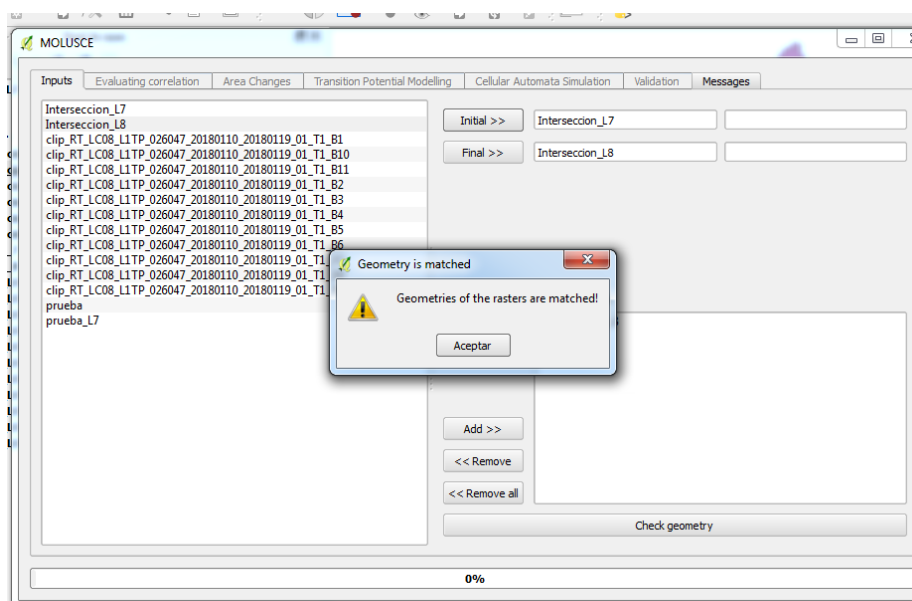


Figura 29. Ventana revisión de Geometría.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
ciga  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

5.4 Como siguiente paso, se da *clic* en “aceptar”, y se habilitarán las pestañas de la parte superior de la ventana, en las cuales, se comenzará con el proceso de la creación de la matriz de cambios. Señalando que se pueden realizar diversos procesos con los archivos ráster, pero, para fines de la presente práctica, sólo realizará la matriz de cambios.

5.5 Se selecciona la pestaña “Area Changes” (cambios de área), donde se visualizará la siguiente ventana (ver figura 30):

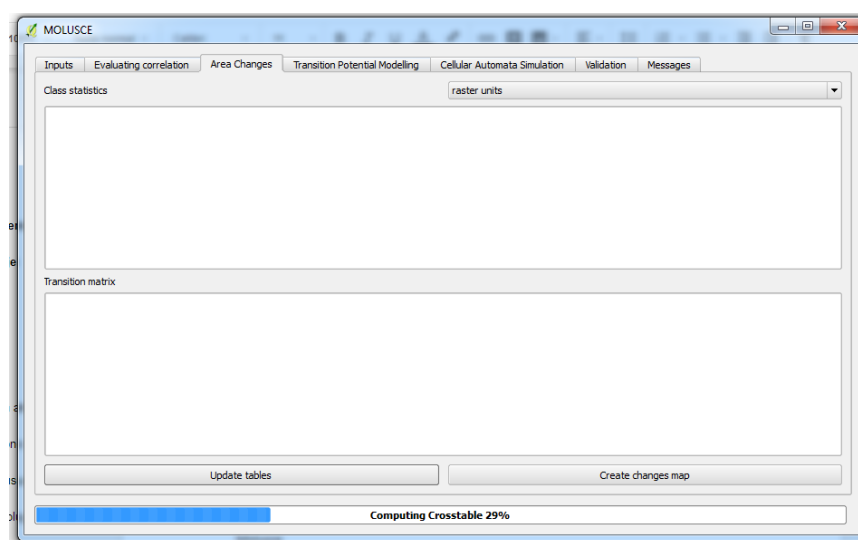


Figura 29. Pestaña cambio de áreas (Area Changes).

5.6. Se dará *clic* al botón: “Update tables” (actualizar tablas), visualizándose como resultado, 2 tablas (ver figura 31). En la primera tabla, se crearon las **Estadísticas de clase** y en la segunda tabla, se creó la **Matriz de transición**.

**Estadísticas de clase:** Es la obtención de áreas en el año 2002 y 2018 por cada una de las clases, porcentaje por clase del área total ocupada por las categorías y deltas de área y porcentaje por cambio de cobertura.

**Matriz de transición:** Se obtendrá una matriz normalizada teniendo en la diagonal principal el valor de píxeles que se mantuvo en la misma categoría. En las filas, tendremos las categorías del año 2018 y en las columnas las categorías del año 2002, para poder realizar la comparativa de cambio de coberturas.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
CIGA  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



LANO  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

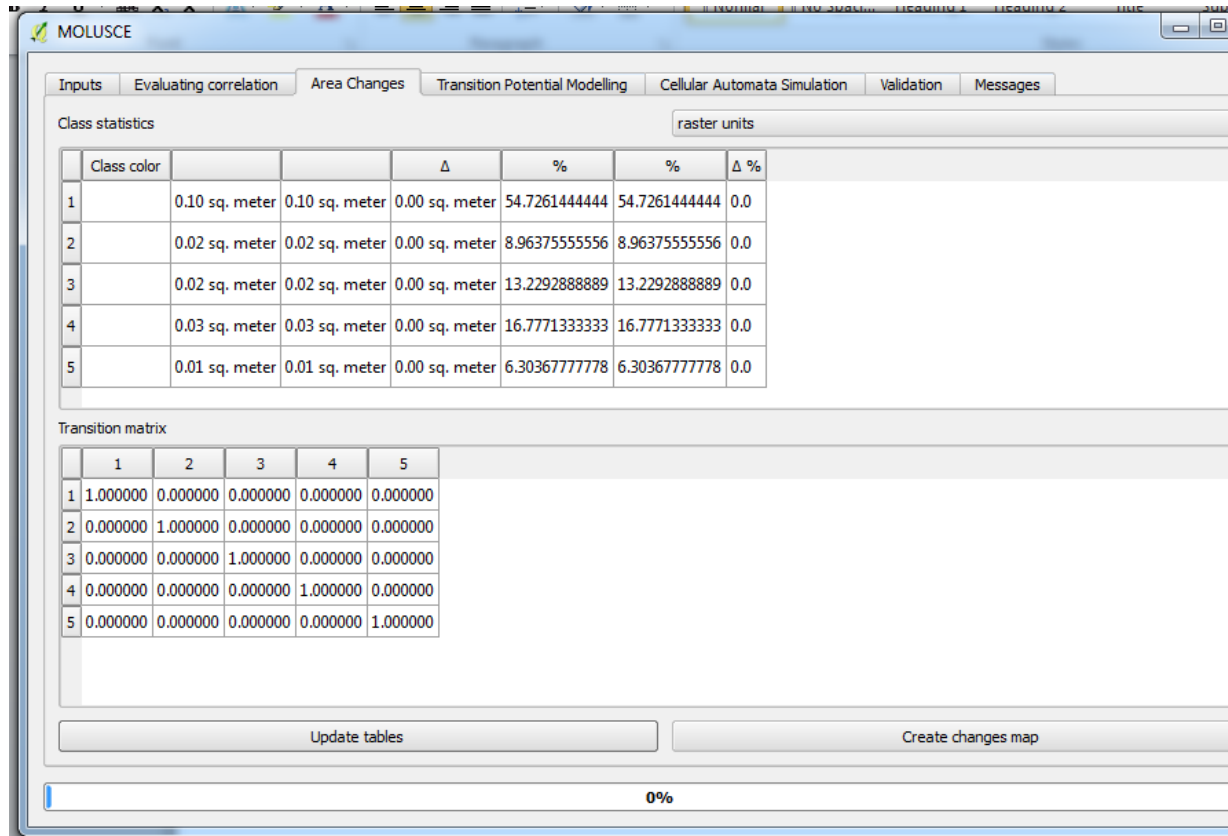


Figura 31. Resultados de aplicar Matriz de Transición.



Instituto  
Nacional  
de Pesca  
y Acuicultura



10 aniversario  
**ciga**  
centro de investigaciones en  
geografía ambiental · UNAM



**LAN**  
Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



## Manual de prácticas de laboratorio para el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de datos geoespaciales

PROYECTO PAPIIME (PE 110218)

### 6. Bibliografía

- Erik Cabello Pérez, Cambio de cobertura forestal en el Área de Protección de los Recursos Naturales, cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Facultad de Filosofía y Letras. Licenciatura en Geografía. UNAM. Fecha de examen: 1 de diciembre de 2016. Beca PAPIIT.  
<http://132.248.9.195/ptd2016/noviembre/305121781/Index.html>
- Earth Explorer del servicio Geológico de Los Estados Unidos (USGS).  
<https://earthexplorer.usgs.gov/>