



Instituto
Nacional
de Pesca
y Acuicultura



10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en
geografía ambiental · UNAM



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**



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 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">• Julieta Karla Blancas Zamora• Michelle Fernanda López Fuentes• Efraín Rodríguez Ramón	Karen Villa Rangel	<ul style="list-style-type: none">• Dr. José López García• Dra. Griselda Berenice Hernández Cruz	27/04/2018



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

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 PAPIME (PE 110218)

1. Viabilidad de la implementación metodológica

- Se utilizó el software libre **QGIS** (versión 2.18.11), así como 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.
- En la obtención y descarga de las imágenes satelitales se utilizó el sitio web **Earth Explorer** del servicio Geológico de Los Estados Unidos (USGS) en el siguiente link: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 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 de 2002 a Enero de 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 de 2002 a Enero de 2018.



Instituto
Nacional
de Pesca
y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en
geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE
GEOGRAFÍA
U N A M

LAN
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 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 través 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 tomar un papel importante en la investigación 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 geospaciales, utilizando imágenes satelitales, resultando 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.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

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 PAPIME (PE 110218)

5. Desarrollo

Actividad 1 Corrección atmosférica

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

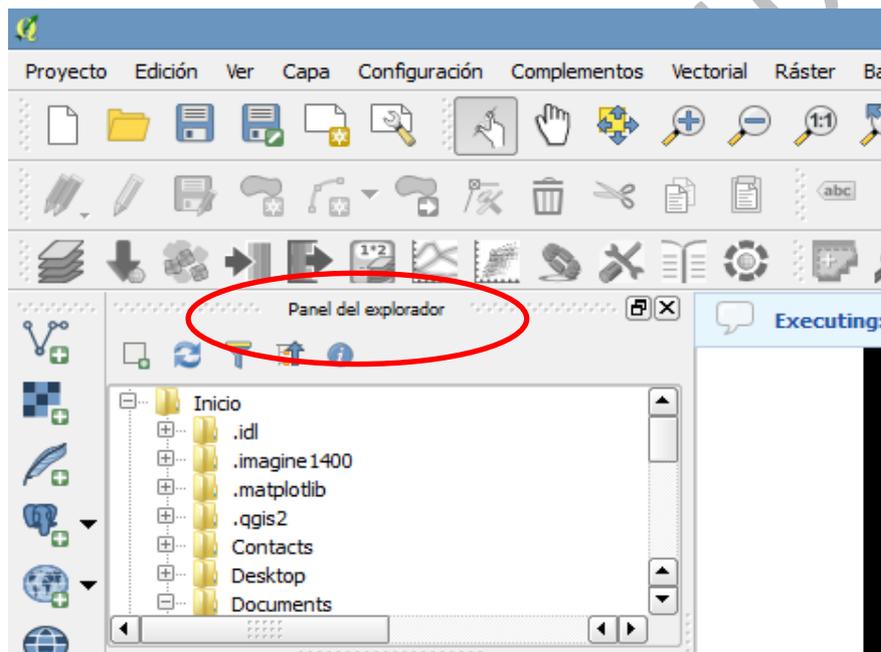


Figura 1. Panel del explorador en QGIS

Una vez ubicada la carpeta, se seleccionan las imágenes o archivos a utilizar (figura 2) y se mueven al panel de capas (figura 3).



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

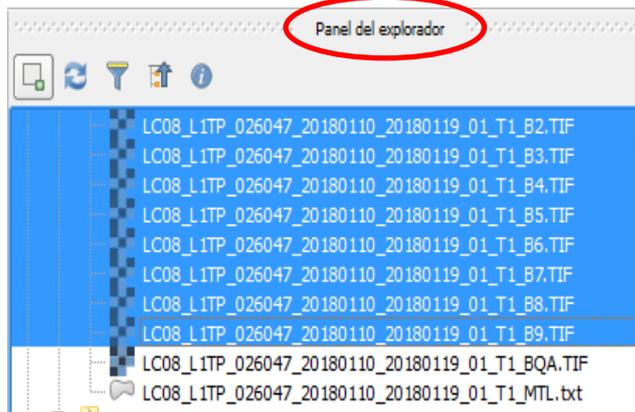


Figura 2. Panel de explorador

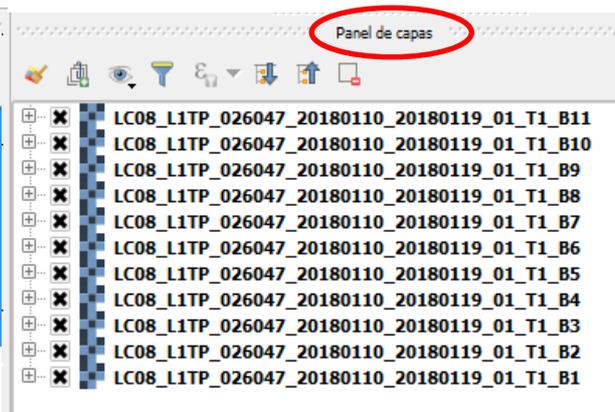


Figura 3. Panel de capas

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 (figura 4).

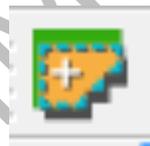


Figura 4. Icono de Semi-Automatic Classification

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* (si no 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).



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

50 aniversario
CIGA | centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA 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 geospaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

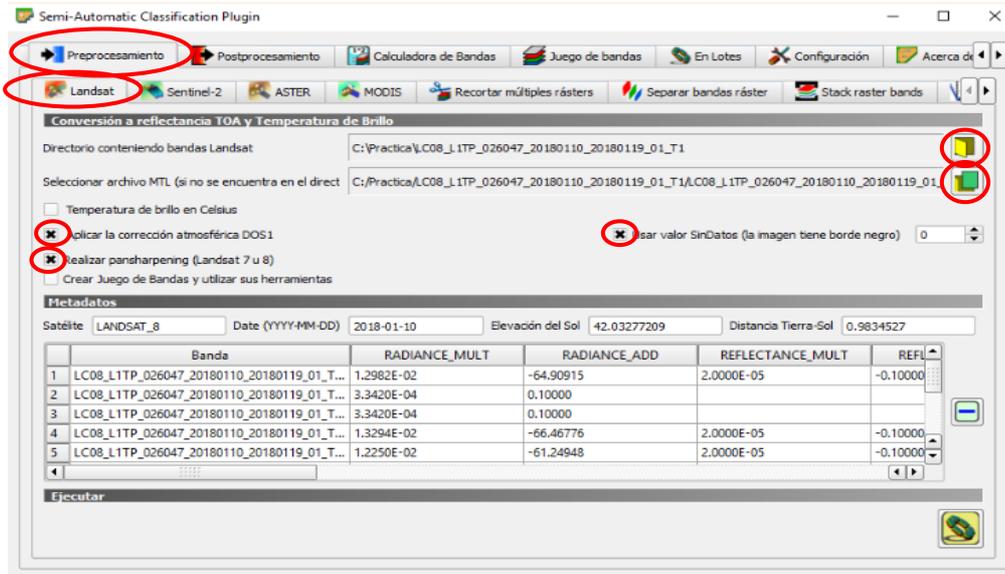


Figura 5. Ventana principal de Semi-Automatic Classification

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 6).

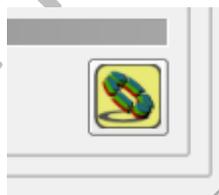


Figura 6. Ventana principal. Icono "ejecutar".

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 del manual.

Cabe resaltar, 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 7):



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

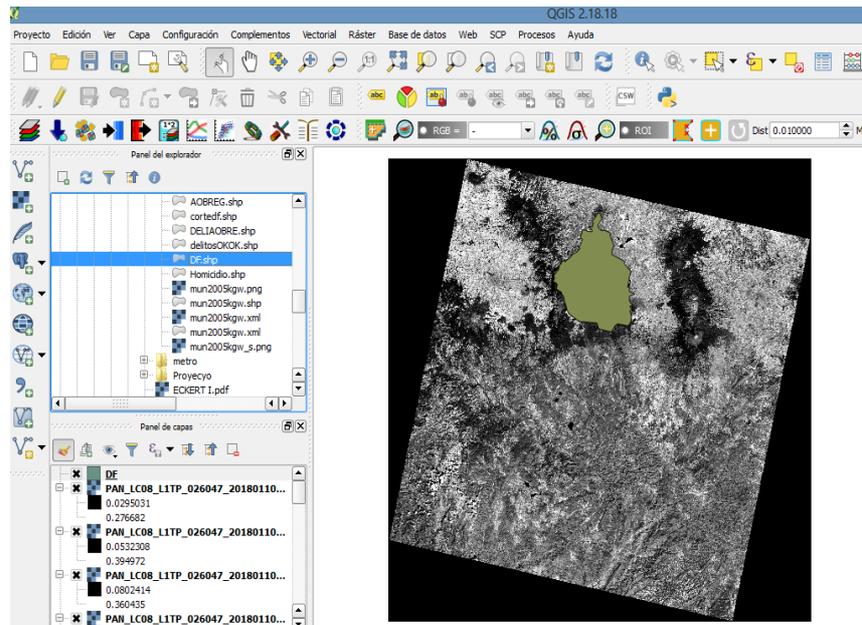


Figura 7. Imagen resultante al aplicar SCP y Shape de CDMX.

En la ventana del *plug-in* **SCP** se dirigirá a la pestaña *recortar múltiples ráster* (figura 8), se seleccionarán las imágenes ya procesadas y también se selecciona la opción *usar archivo shape* para cortar (figura 9) y se elige la información de la zona de estudio; en este caso en particular, la capa cuyo nombre es, D.F. (figura 10).

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*.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA 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 geospaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

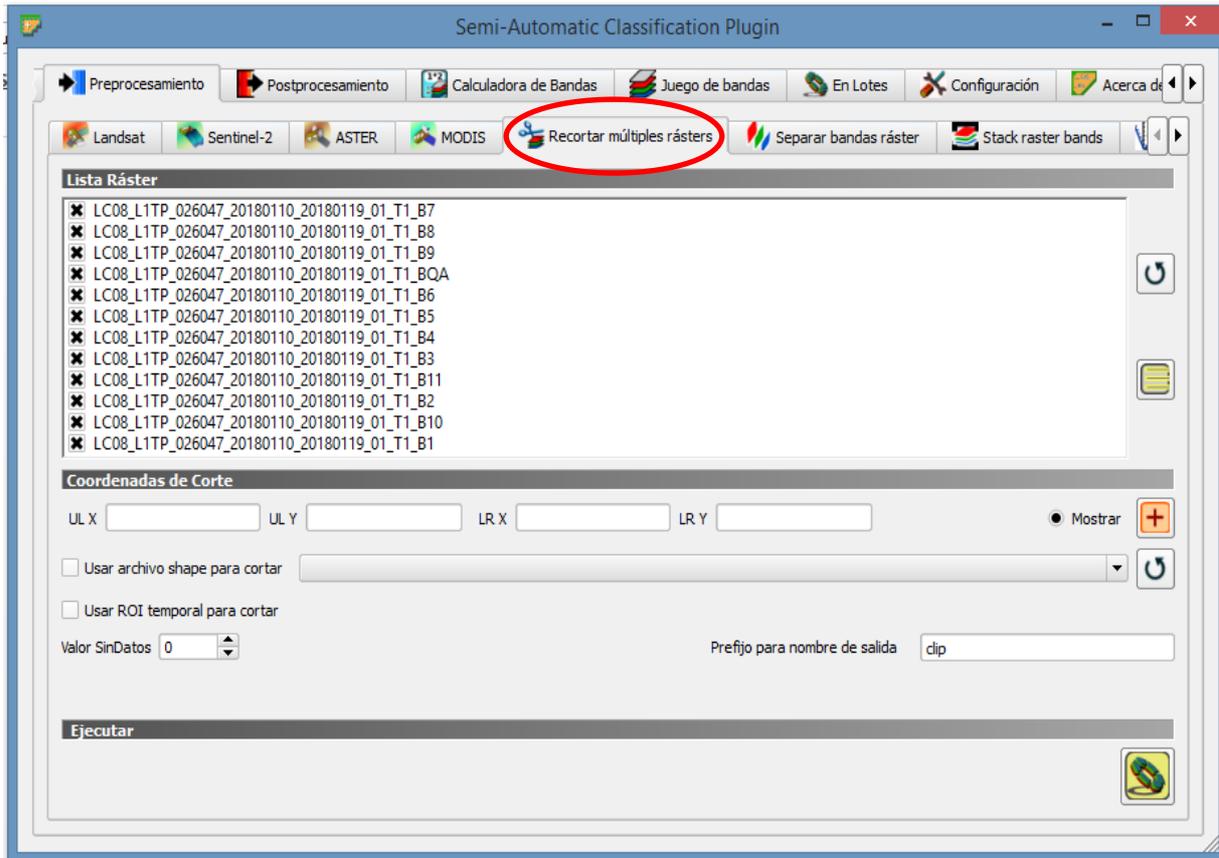


Figura 8. Ventana de pestaña recortar múltiples ráster

Proy. PAPIME



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

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 PAPIME (PE 110218)

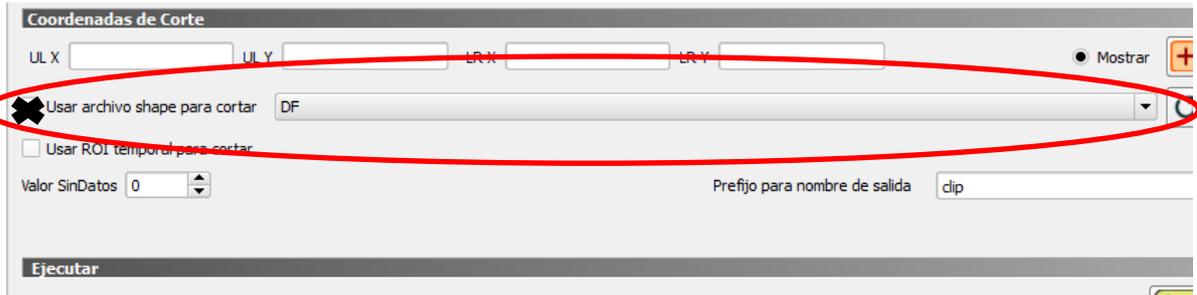


Figura 9. Opción de usar archivo shape para cortar

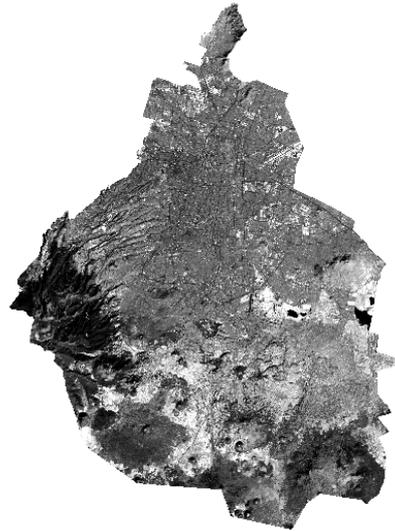


Figura 10. Corte resultante de la zona de estudio. Imagen pancromática de Landsat 8.

Actividad 2 Digitalización de Coberturas

En la digitalización de coberturas será utilizada la clasificación de Cabello E., 2016. (tabla 1)



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

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 PAPIME (PE 110218)

Tabla 1. Clasificación de coberturas forestales, Cabello, 2016.

Categoría (nombre)	Categoría (Clave)
Cerrada	1
Semi-Abierta	2
Abierta	3
No forestal	4

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.

Para crear los archivos vectoriales (*shapes*), en el menú principal de QGIS se dirige a la opción capa (figura 11), después crear capa y nueva capa de archivo *shape* (figura 12).



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

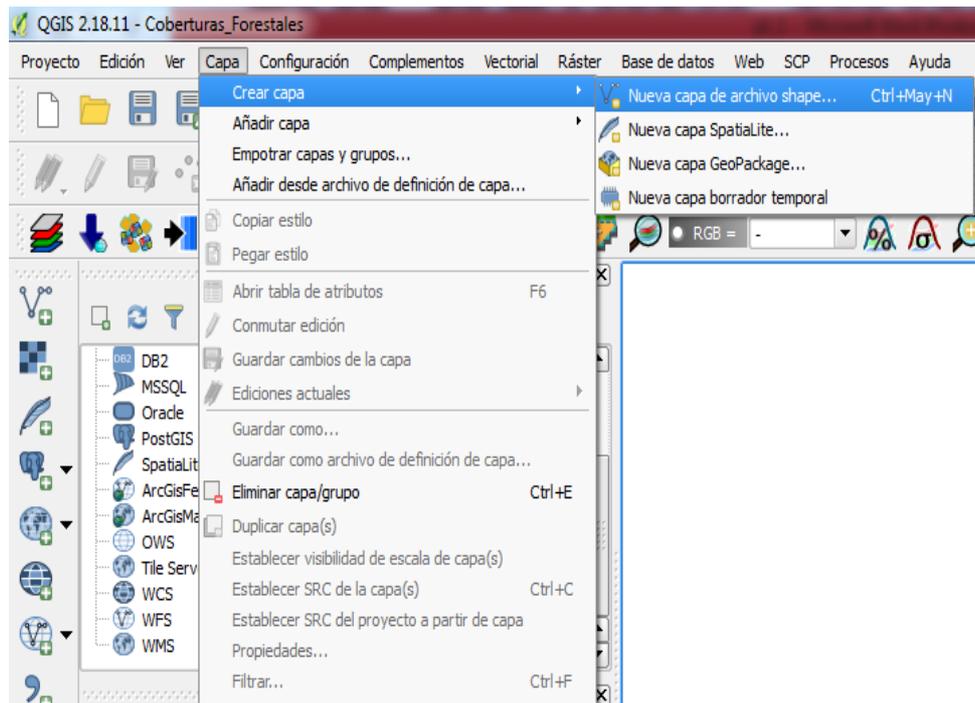


Figura 11. Pestaña Capa del Menú principal de QGIS

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)



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA 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 geospaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

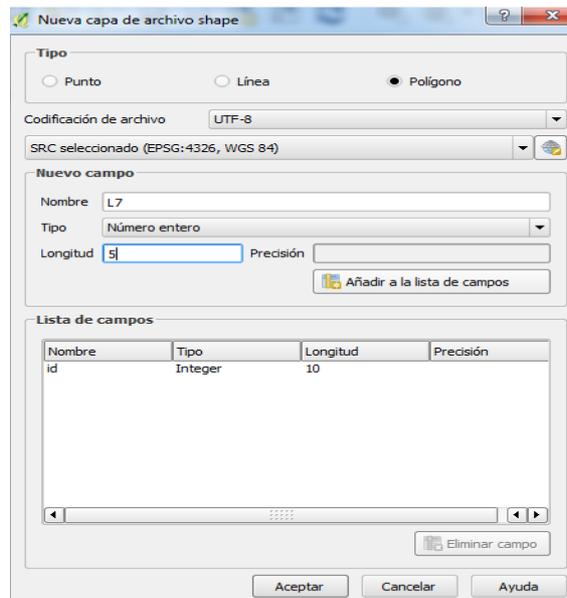


Figura 12. Ventana nueva capa de archivo shape

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

Para llevar a cabo la digitalización se editarán los archivos vectoriales que se crearon para poder utilizar las diferentes categorías propuestas por Cabello E., 2016. Al dar clic derecho en los archivos vectoriales que se crearon, después dar clic en la opción *conmutar edición* (figura 13) y un *clic* más para que se activen las opciones de edición (figura 14):



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

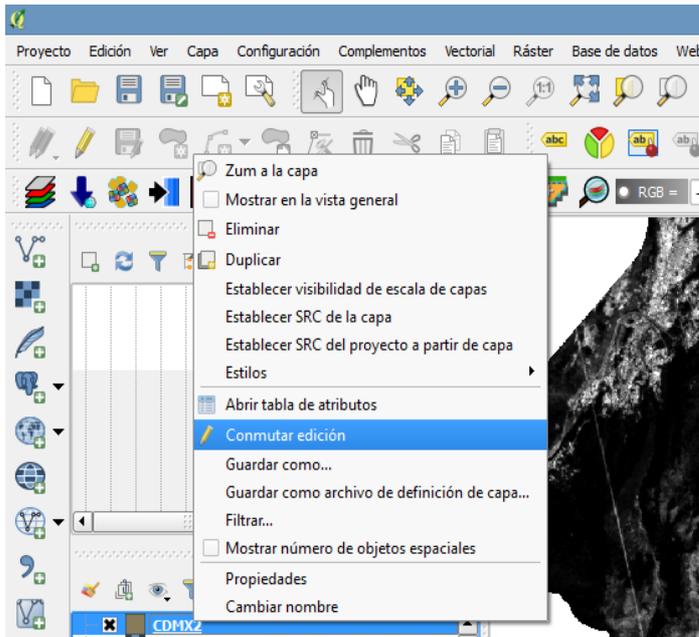


Figura 13. Edición del shape vectorial.

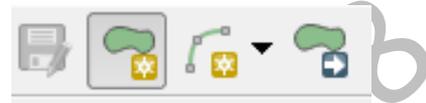


Figura 14. Herramientas de opciones de edición.

Para generar los polígonos de cada cobertura, se da clic en el icono *añadir capa espacial* en la barra de herramientas de opciones de edición 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 en el mismo, y saldrá una tabla 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 (figura 15).

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

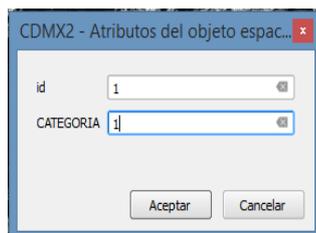


Figura 15. Atributos del polígono



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

LAN
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 PAPIME (PE 110218)

Al dar clic derecho en el archivo vectorial que se está editando se dirige a la opción: *abrir tabla de atributos*, ésta se presentará de la siguiente manera (figura 16):

	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 16. 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 se guardarán cambios de la capa (figura 17). Para concluir con la edición de la capa, se dará clic derecho en el archivo vectorial que se está editando y se dará clic en conmutar edición (figura 18).



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

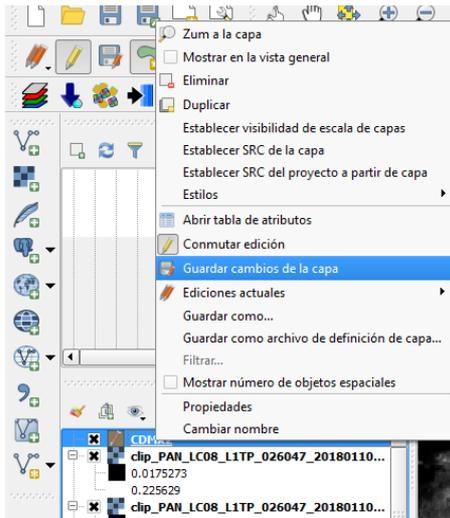


Figura 17. Guardar cambios de la capa

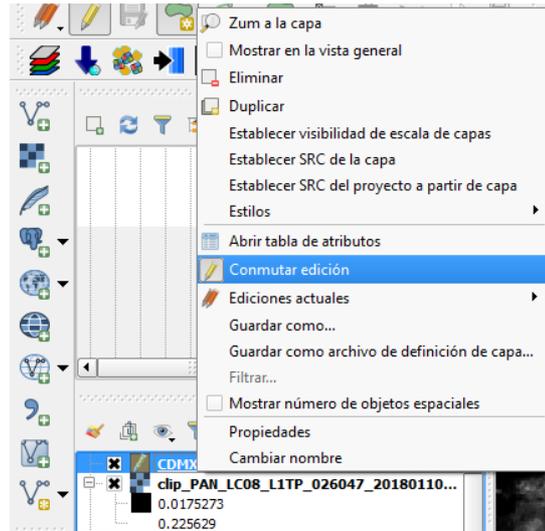


Figura 18. Conmutar edición.

Actividad 3 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” (figura 19), recordando que, en cada uno de los archivos vectoriales, debe estar en la opción conmutar edición.

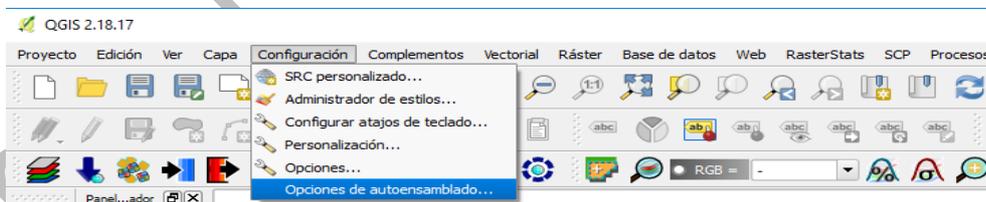


Figura 19. Pestaña Configuración.

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



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

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* (figura 20).

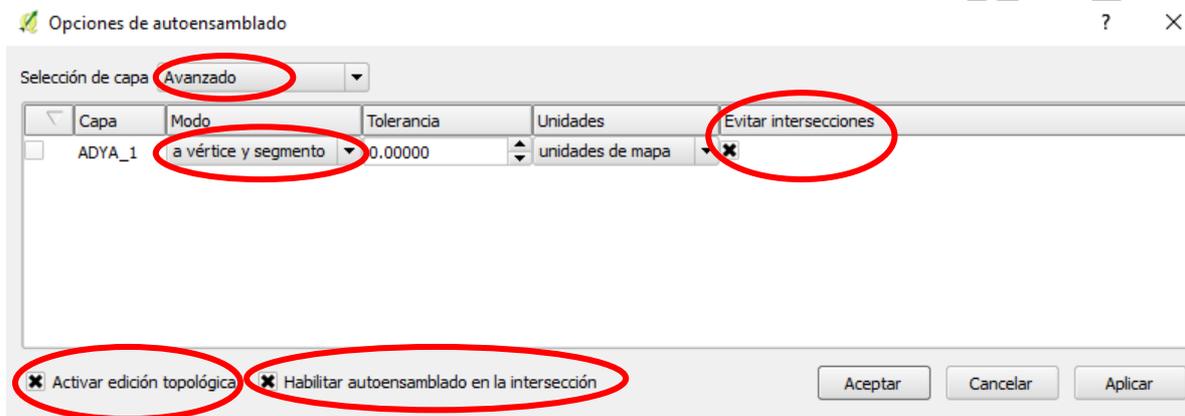


Figura 20. Opciones de autoensamblado.

Después de aplicar las restricciones mencionadas anteriormente, y durante la creación de los polígonos restantes, se evitará cualquier intersección y quedarán completamente adyacentes si se crean los vértices encima del primero polígono, como se muestra el ejemplo en las siguientes imágenes (figura 21).

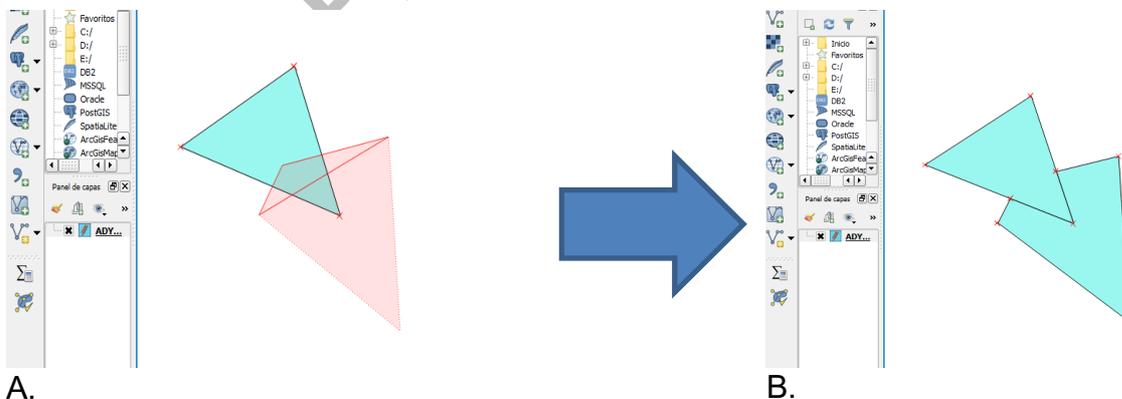


Figura 21. Polígonos adyacentes.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

LAN
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 PAPIME (PE 110218)

Se observa que, aunque se creó el segundo polígono sobrepuesto (figura 21, A.), los vértices no caen sobre el primero, pero aun así, quedan sobrepuestos (figura 21, 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.

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), es por ello que se utilizaron algunas herramientas de geoprocesamiento, para poder cubrir dicho objetivo.

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 22).

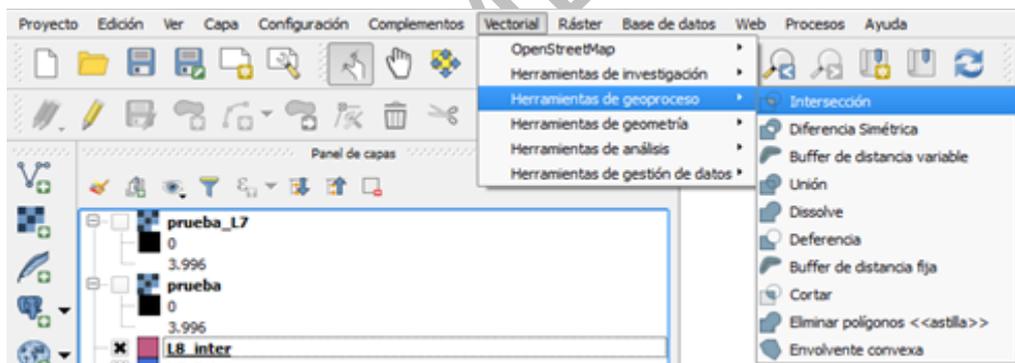


Figura 22. Herramienta intersección.

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 23).



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA 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 PAPIME (PE 110218)

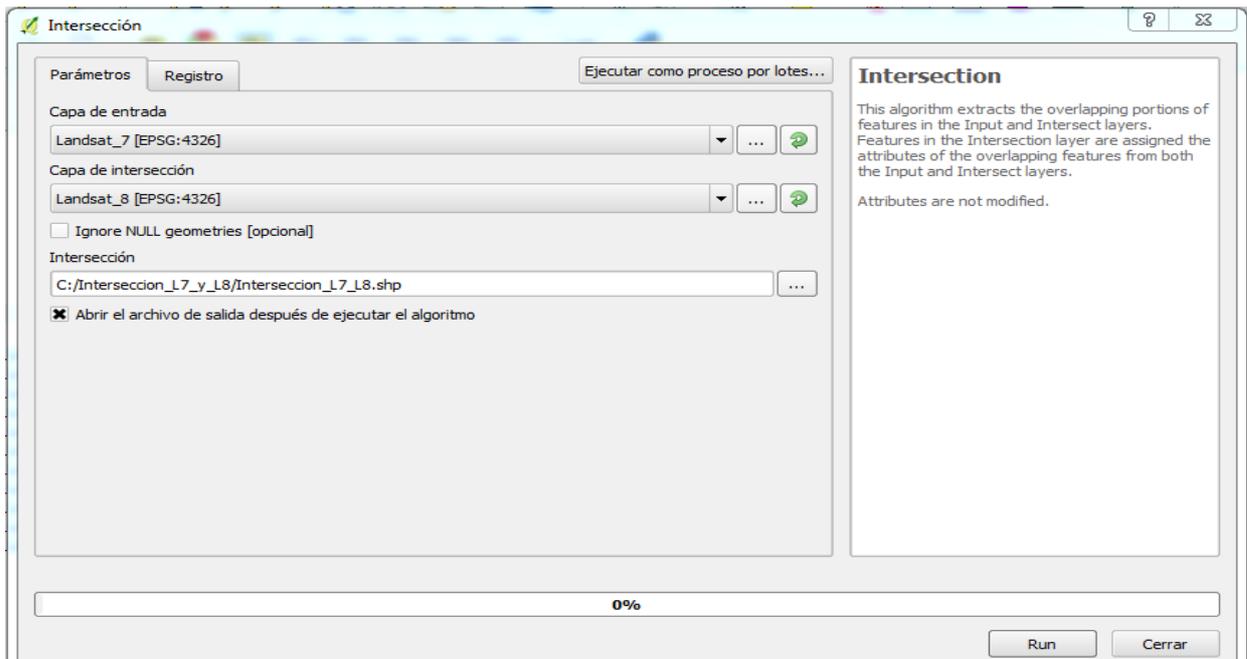


Figura 23. Herramienta intersección.

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* (figuras 24, 25 y 26).

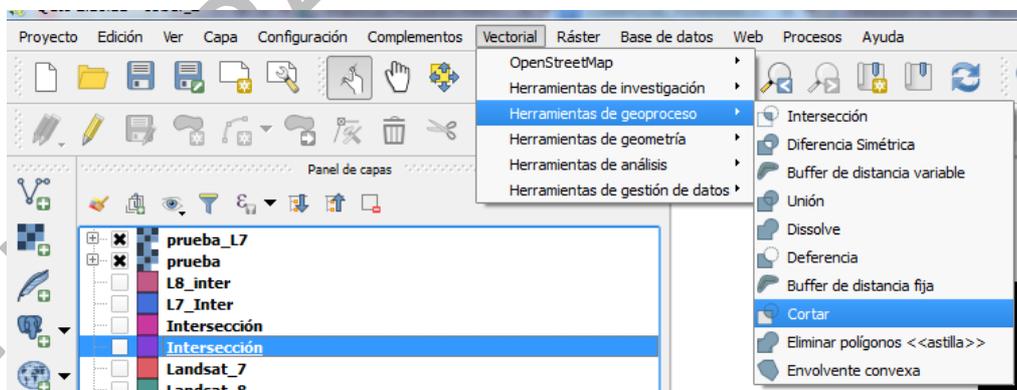


Figura 24. Herramienta Cortar (Clip).



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

LAN
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 PAPIME (PE 110218)

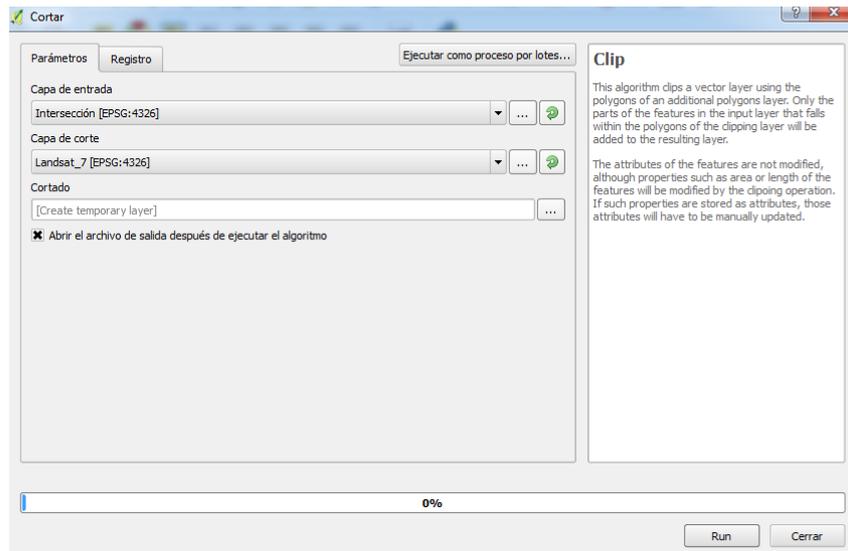


Figura 25. Herramienta Cortar (Clip) con las capas intersección y Landsat 7.

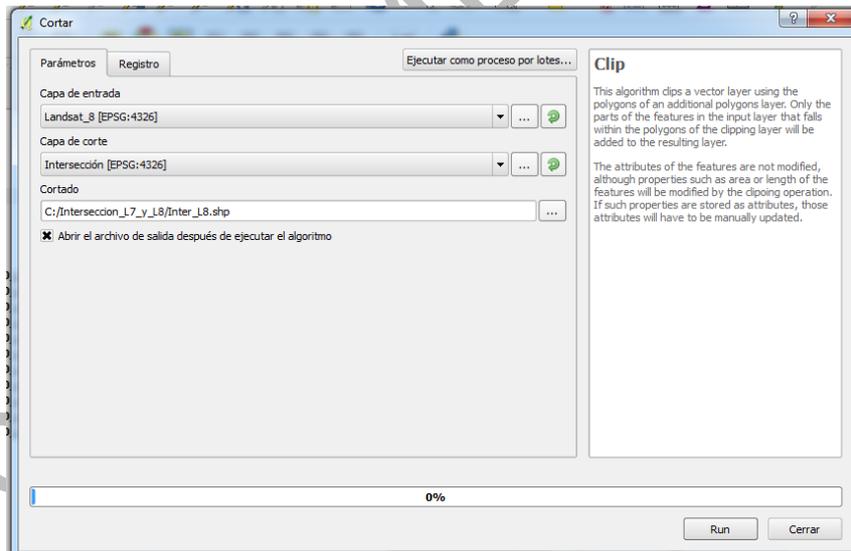


Figura 26. Herramienta Cortar (Clip) con las capas intersección y Landsat 8.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

LAN Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra



CIRA



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

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.

Actividad 4

Rasterización de los polígonos

Una vez concluida la edición de ambas capas vectoriales (clasificación de coberturas), y el geoprocesamiento, 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) (figura 27).

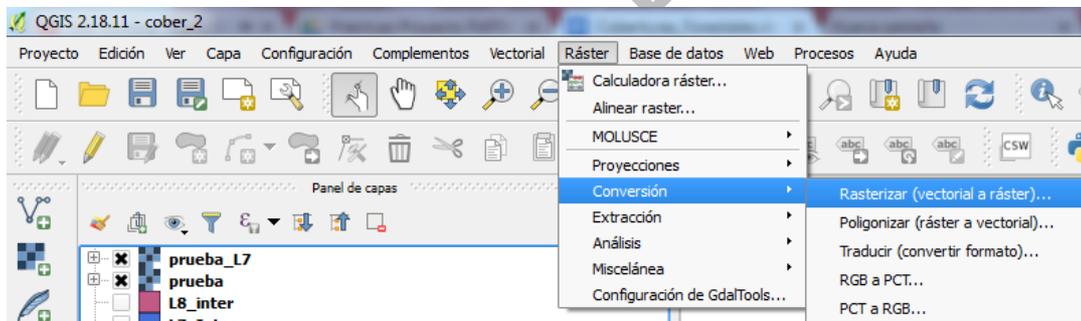


Figura 27. Herramienta Conversión a Ráster.

Se pondrá la capa que se desea rasterizar (para este caso en particular, los archivos vectoriales resultado del geoprocesamiento 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 28). *Este paso se aplica para ambas imágenes.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA 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 geospaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

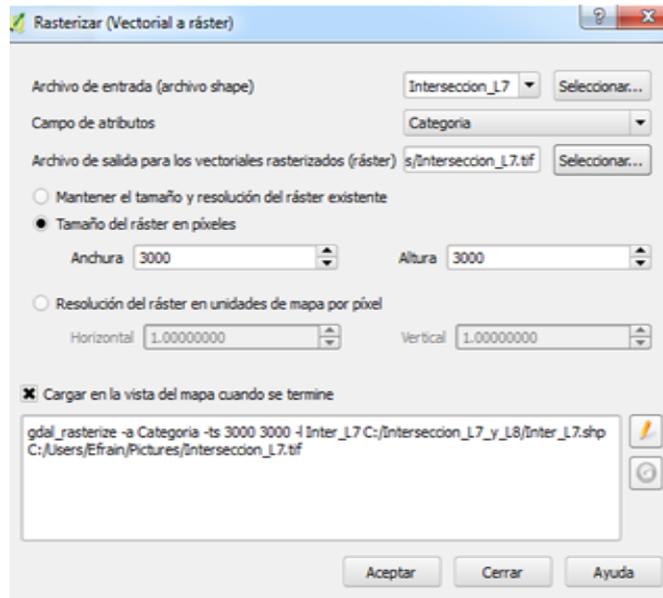


Figura 28. Ventana de herramienta rasterizar.

Actividad 5 Matriz de Transición

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” (figura 29).

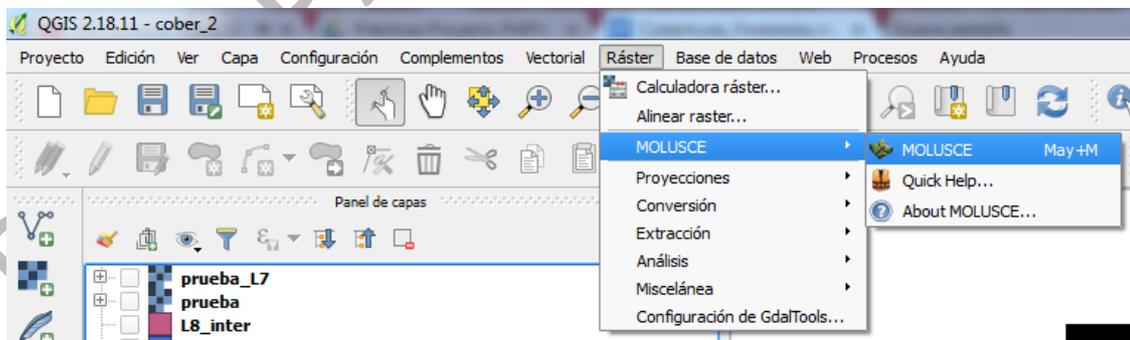


Figura 29. Plug in MOLUSCE.



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

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

IG INSTITUTO DE GEOGRAFIA 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 geospaciales

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

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 (figura 30).

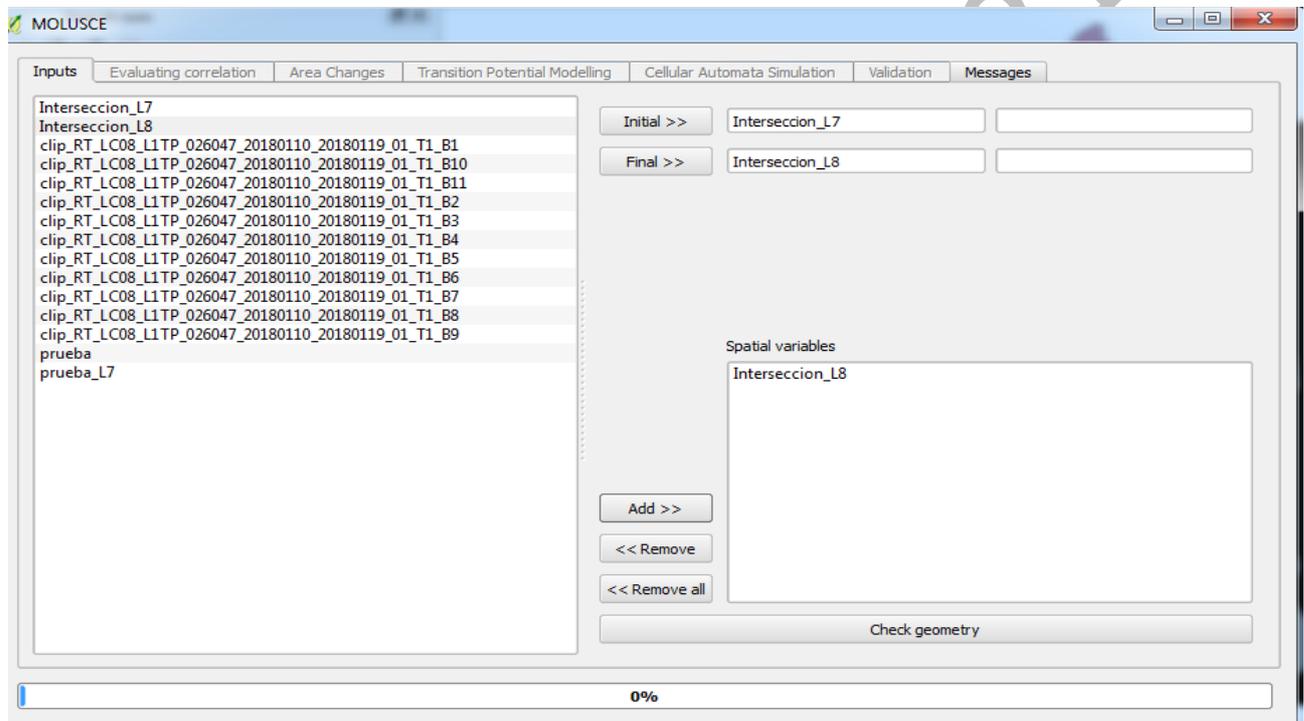


Figura 30. Ventana de Plug in Molusce.

Después se da clic al botón Check geometry (Checar Geometrías) y obtendremos el siguiente resultado (figura 31).



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

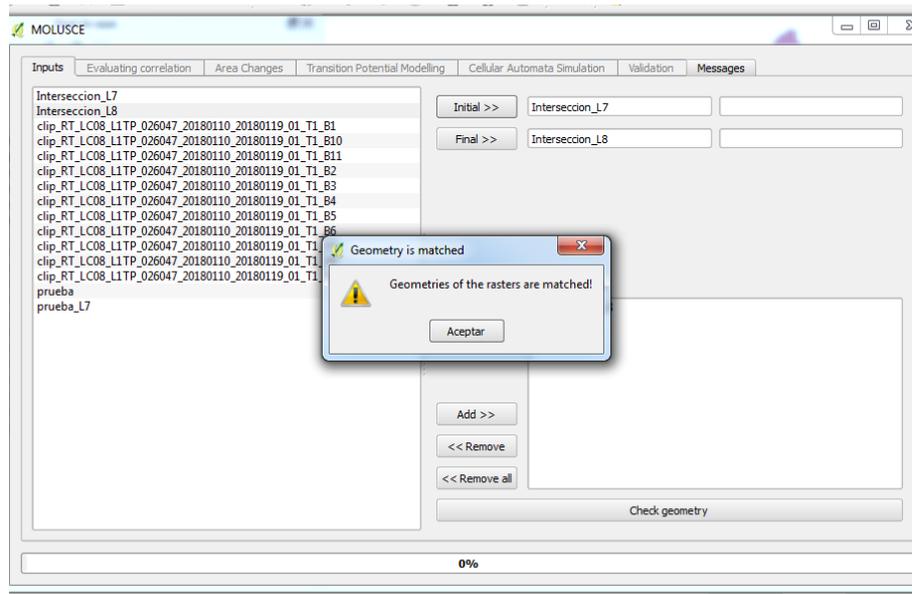


Figura 31. Ventana revisión de Geometría.

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.

Se selecciona la pestaña *Area Changes* (cambios de área), donde se visualizará la siguiente ventana (figura 32):



Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en geografía ambiental · UNAM

IG
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

LAN
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 PAPIME (PE 110218)

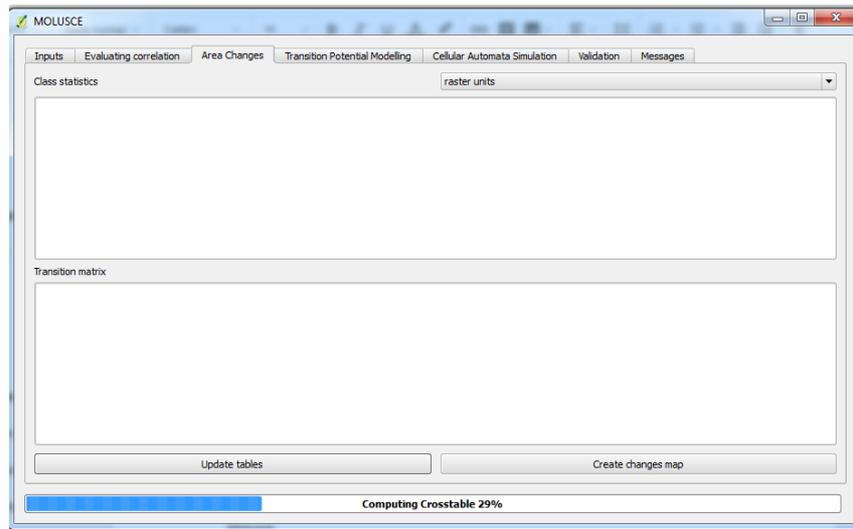


Figura 32. Pestaña cambio de áreas (Area Changes).

Se dará *clic* al botón *Update tables* (actualizar tablas), visualizándose como resultado, 2 tablas (figura 33) .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.



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

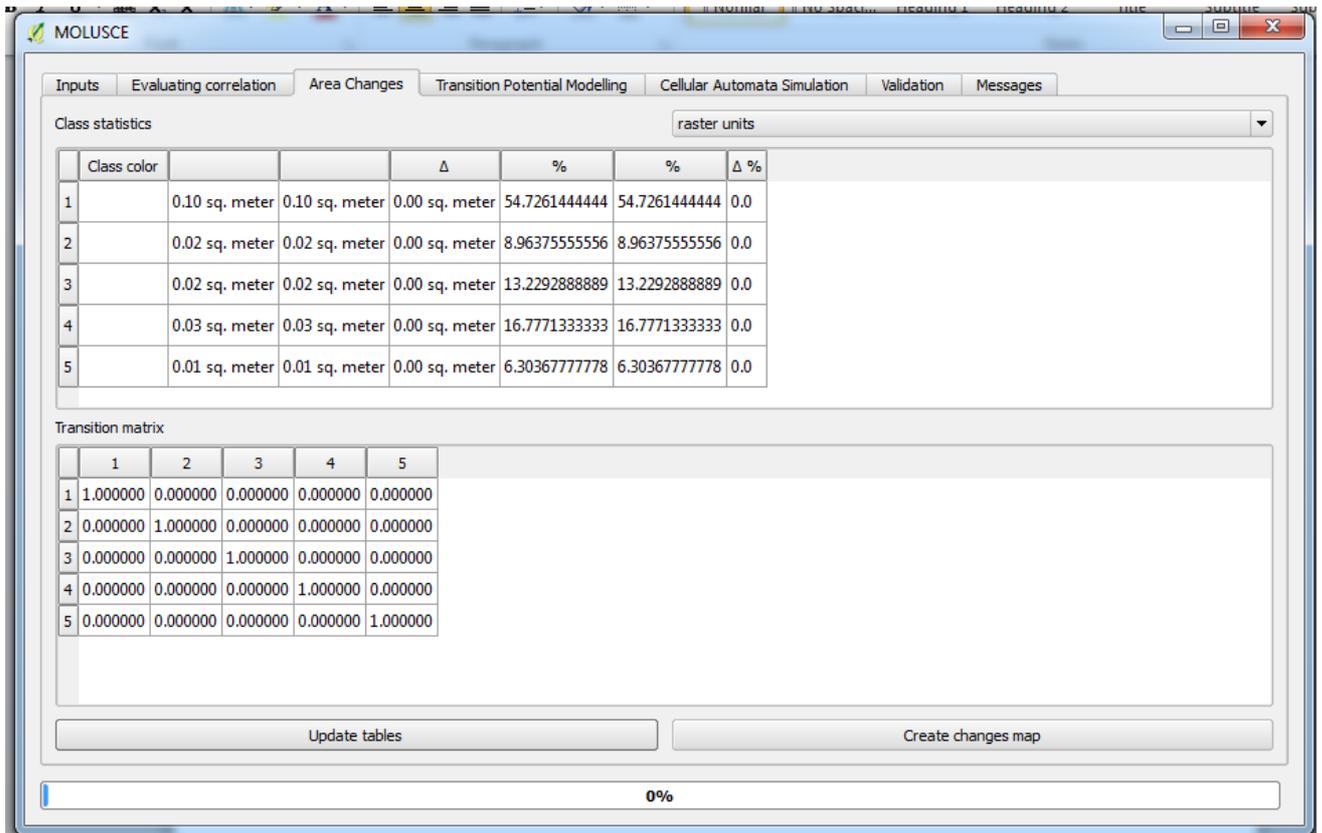


Figura 33. Resultados de aplicar Matriz de Transición.

Proy. PAPIME



Instituto
Nacional
de Pesca
y Acuicultura

10 aniversario
oiga
centro de investigaciones en
geografía ambiental · UNAM



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

PROYECTO PAPIME (PE 110218)

6. Bibliografía

- Cabello E., 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/>