

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA EL  
SONSO MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT**

Autor:

Ing. Edgar Iván Castañeda Mora  
Cód. 3101176

Tipo de Publicación:  
Artículo

Director:

Jorge Luis Corredor Rivera  
Ing. Civil, Esp., Profesor Asistente, Facultad de Ingeniería  
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA  
BOGOTÁ D. C  
2014

# **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CUERPO DE AGUA DE LA LAGUNA EL SONSO MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT**

## **MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE EL SONSO LAGOON WATER BODY USING LANDSAT SATELLITE IMAGES**

Edgar Iván Castañeda Mora

Ing. Topográfico. Analista en el Proceso de Devoluciones del Acuerdo 523 de 2013  
Subdirección Técnica de Operaciones, Instituto de Desarrollo Urbano - IDU  
[edgarivan37@hotmail.com](mailto:edgarivan37@hotmail.com)

### **RESUMEN**

Los análisis multitemporales permiten divisar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo los cambios del medio natural o las consecuencias de la acción humana sobre el medio. El propósito de este estudio es evaluar el cambio del cuerpo de agua de la Laguna El Sonso usando imágenes satelitales Landsat en un periodo de 23 años a partir del año 1991.

La intención principal es identificar las variaciones de área en hectáreas del cuerpo de agua de la laguna a través de los años empleando un conteo de píxeles y exportación de los polígonos definidos al Software ArcGIS previamente definida la zona lagunar.

Para la obtención de la distribución general de las coberturas se procede a realizar una clasificación supervisada, la cual pretende caracterizar geoméricamente el espejo de agua asociado a la laguna y obtener una primera aproximación de las coberturas de suelo existentes en el entorno de la laguna, para los periodos entre 1991 y 2014, y constituir posibles relaciones de esas coberturas con ella.

El procedimiento consiste en la construcción de firmas espectrales que identifiquen valores similares de radiancia, posteriormente mediante algoritmos, se extrapolan las diferentes clases según las firmas espectrales construidas para clasificar las categorías de uso o coberturas del suelo.

**Palabras Claves:** Imágenes Satelitales Landsat, PCI Geomatica, Clasificación de Imágenes Supervisada, Análisis Multitemporal.

## ABSTRACT

Multitemporal analyzes allow spot changes between different reference dates, minus the changes of the environment or the consequences of human action on the environment. The purpose of this study is to evaluate the change of the water body of the lagoon The Sonso using Landsat satellite images over a period of 23 years from 1991.

The main intention is to identify variations in hectares area of the water body of the lagoon through the years using a count of pixels and polygons defined export the Software ArcGIS previously defined the lagoon area.

To obtain the overall distribution of the coverages we proceed to perform an unsupervised classification, which aims to geometrically characterize the water body associated with the lake and get a first approximation of hedging existing soil in the vicinity of the lagoon, for the periods between 1989 and 2014 and constitute possible relationships of those hedges with it.

The procedure involves the construction of spectral signatures to identify similar radiance values subsequently using algorithms; the different classes are extrapolated according to the spectral signatures constructed to sort categories of use or floor coverings.

**Keywords:** Landsat Satellite Images, PCI Geomatica, Images Supervised Classification, Multitemporal Analysis.

## INTRODUCCION

El avance de particulares en el proceso de invasión de las zonas de amortiguación y del espejo lagunar de la laguna El Sonso ha generado que los sectores aledaños se miren como posibles terrenos agrícolas y de explotación que causarían una gran afectación y presión al ecosistema propio que habita en la laguna; provocando cambios al área del cuerpo de agua así como los componentes físicos, biológicos y químicos de la laguna que deben ser necesariamente conservados.

Para la laguna El Sonso la conservación de su habitat es de vital importancia ya que diversos factores antrópicos negativos generan desaparición de su ecosistema; por lo tanto el monitoreo y evaluación de los cambios que se presenten en su cuerpo de agua y su entorno a través de los años es de vital importancia ya que se pueden identificar los sectores más críticos del problema y así plantear soluciones urgentes para mitigar los cambios severos, con el fin de

garantizar que las futuras generaciones puedan gozar y tener a su disposición la laguna.

Una eficiente evaluación de los cambios a través de los años usando las herramientas adecuadas como imágenes satelitales facilita la clasificación de coberturas y datos asociados a la laguna y permite ser compatible con otros ecosistemas muy cercanos como el del Lago Calima.

El propósito fundamental de este trabajo es realizar un estudio multitemporal de la laguna en un periodo aproximado de 23 años, usando imágenes satelitales Landsat L4-5 TM de los años 1991 y 2001, además de una imagen Landsat L8-OLI/TIRS del año 2014.

El objetivo principal es la identificación de la variación de área del cuerpo de agua de la laguna usando herramientas de clasificación supervisada mediante el software PCI Geomatica.

## **1. AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

La zona considerada para este estudio es en el Departamento del Valle del Cauca, con la siguiente localización geográfica. 3°51'44.48" N, 76°20'57.44" O.

La laguna El Sonso se encuentra ubicada en el área media de la jurisdicción de la Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca, CVC, la cual corresponde a la parte alta de la Cuenca del río Cauca, considerando su nacimiento en el departamento del Cauca hasta los límites políticos en el norte del departamento del Valle. El área está localizada entre los municipios de Buga, Yotoco y Guacarí. Tiene una extensión de 2045 hectáreas de las cuales 745 corresponden a zona lagunar y 1300 a zona amortiguadora.

La Reserva laguna El Sonso forma junto con el río Cauca y las madre viejas (cauces antiguos del río en forma de media luna), ubicadas a los largo de éste, un sistema dinámico en equilibrio permanente que favorece la ocurrencia de procesos biológicos en la fauna acuática. [1]

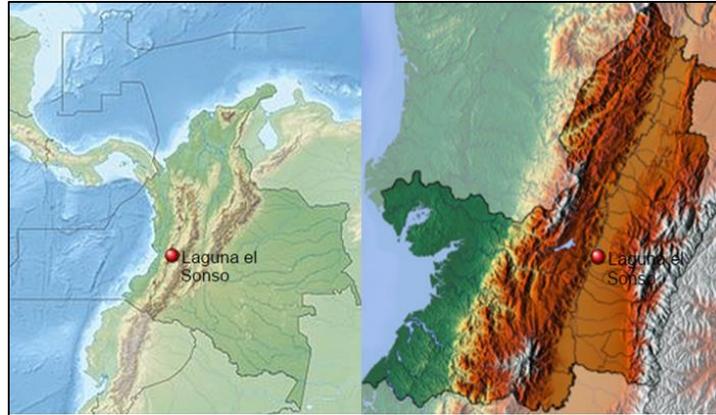


Ilustración 1. Localización general - Laguna el Sonso.

## 2. MATERIALES

Para la generación del análisis multitemporal se contó con 3 imágenes satelitales Landsat de 3 fechas diferentes con un Path/Row de (Path: 9 / Row: 57); en un rango aproximado de 10 años entre cada una de ellas, las cuales fueron obtenidas del servidor de imágenes del Servicio Geológico de Estados Unidos (U.S. Geological Survey), a partir del siguiente link:

**U.S. Geological Survey**, <http://earthexplorer.usgs.gov/>

### DATOS.

#### **Imagen 1. Landsat L4-5 TM**

30 de Marzo de 1991

#### **Imagen 2. Landsat L4-5 TM**

05 de Febrero de 2001

#### **Imagen 3. Landsat L8-OLI/TIRS**

20 de Agosto de 2014

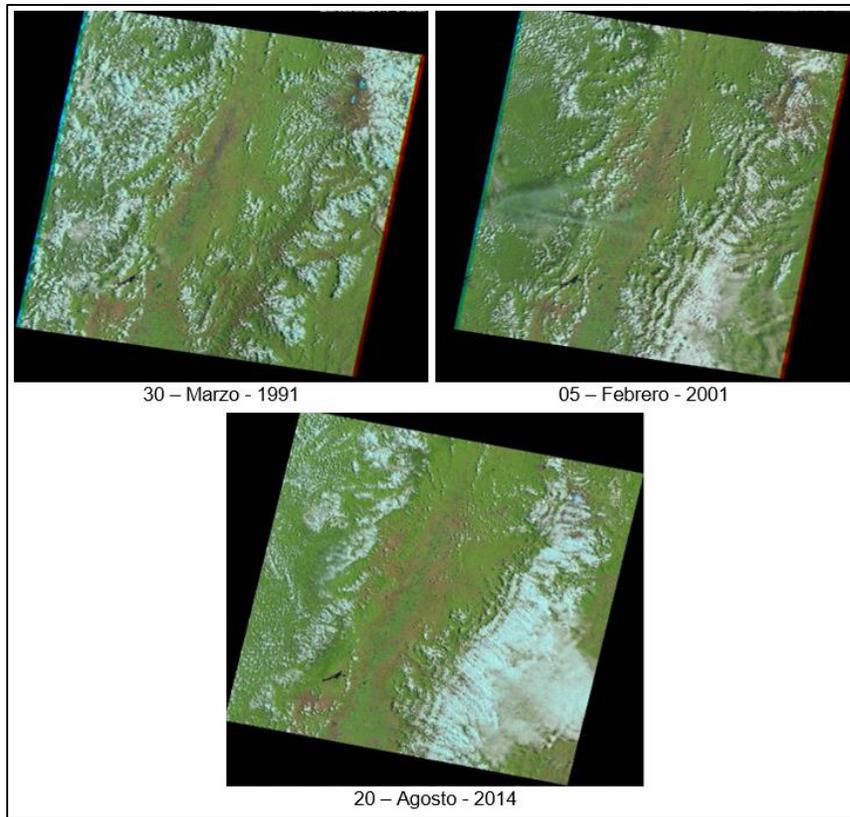


Ilustración 2. Imágenes Landsat a utilizar en el proyecto.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 ANALISIS DE LAS IMAGENES

Las imágenes se analizan con la intención de definir en cada una de ellas el área de estudio objeto del proyecto, en donde se procede a delimitar la zona del cuerpo lagunar, así como su zona de influencia.

Además se despliega la información definida en cada imagen para observar su mejor combinación entre bandas con el propósito de realizar una correcta clasificación supervisada.

Imágenes Landsat años (1991 – 2001– 2014) cortadas con la herramienta *Clippin / Subsetting* con el fin de delimitar la zona de estudio en una composición (3 2 1).

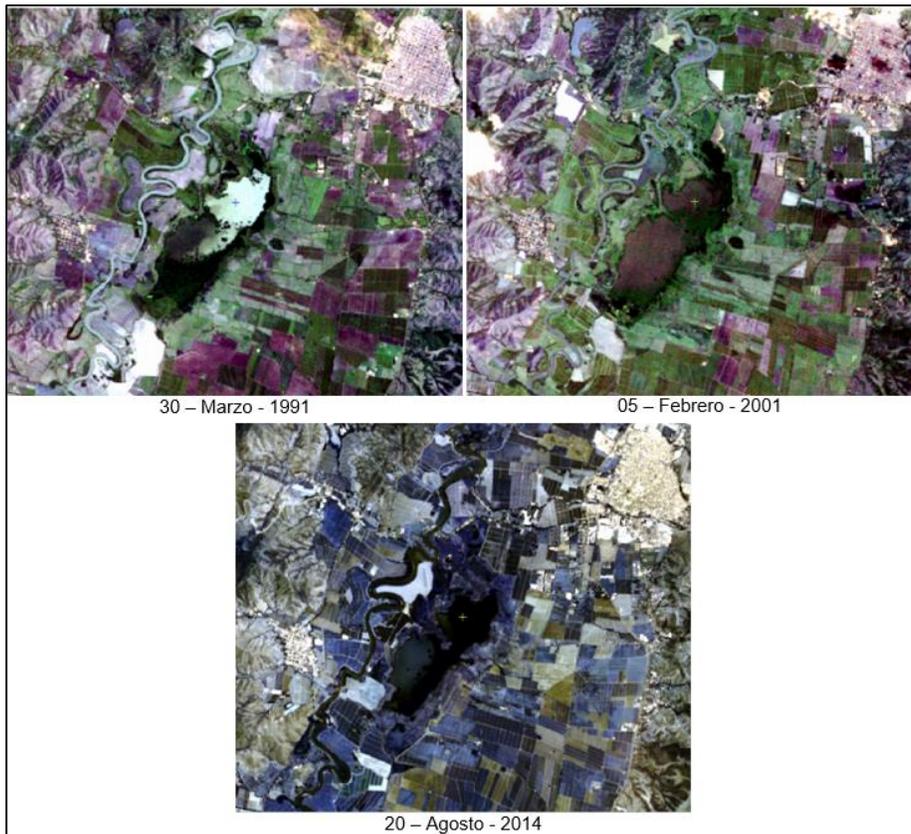


Ilustración 3. Imágenes Satelitales cortadas delimitando la zona de estudio.

## **3.2 FIRMAS ESPECTRALES**

El propósito de la generación de las firmas espectrales es el conocer los diferentes comportamientos de las coberturas definidas para el proyecto, con el fin de identificar las variables de cada una de ellas con relación a sus niveles digitales relacionados a cada banda de las imágenes.

Cada objeto refleja la luz visible según una combinación característica de radiaciones de distintas longitudes de onda. A esta combinación en el espectro visible la llamamos color, en realidad a esta combinación la deberíamos llamar su firma espectral. [2]

## **3.3 CLASIFICACION SUPERVISADA**

Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador este familiarizado con el área de interés, parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio.

Se deben seleccionar áreas representativas de cada cobertura del suelo para obtener su valor espectral, clasificando píxeles que representaron los patrones de los tipos de cobertura del suelo y que se identificaron en campo; en general resulta conveniente seleccionar varios campos de la misma cobertura a fin de reflejar adecuadamente su variabilidad en la zona de estudio. Este tipo de clasificación en donde se indica a priori cuáles serán las clases temáticas, se denomina supervisada. [2]

### **3.3.1 COBERTURAS DEFINIDAS (IMÁGENES LANDSAT 1991 - 2014)**

Con el fin de realizar la clasificación supervisada a cada una de las imágenes definidas para la elaboración del proyecto, se definieron las coberturas que serán usadas en cada imagen, previo análisis de las imágenes cortadas sobre la zona de estudio.

Las coberturas definidas para la clasificación en las Imágenes Landsat L4-5 TM del año 1991 y Landsat L8-OLI/TIRS del año 2014 son las siguientes.

1. Construcciones
2. Cultivos y Parcelas
3. Vegetación Natural Herbácea
4. Montes
5. Cuerpos de Agua

### 3.3.2 COBERTURAS DEFINIDAS (IMAGEN LANDSAT 2001)

Las coberturas definidas para la clasificación en la Imágenes Landsat L4-5 TM del año 2001 son las siguientes.

1. Construcciones
2. Cultivos y Parcelas
3. Vegetación Natural Herbácea
4. Montes
5. Cuerpos de Agua
6. Nubes
7. Sombras

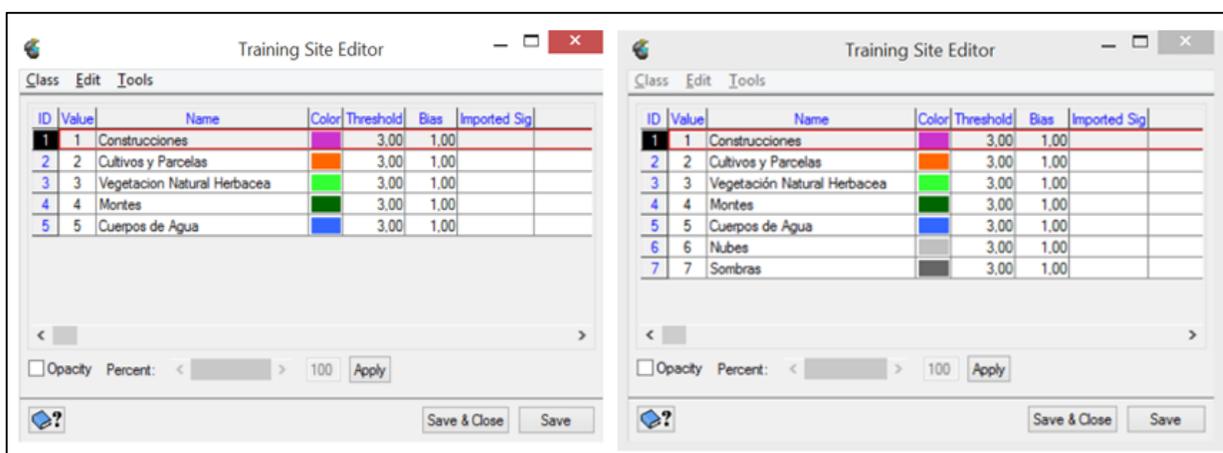


Ilustración 4. Coberturas definidas para las clasificaciones de las imágenes.

### 3.4 CLASIFICACION SUPERVISADA - IMAGENES LANDSAT 1991 – 2001 - 2014

Para la realización de la clasificación supervisada de cada una de las Imágenes Landsat definidas para el proyecto es necesario emplear el Software PCI Geomatics, el cual en su extensión *Focus* posee la herramienta *Image Classification – Supervised*; para el cual a cada imagen se le debe asignar dos nuevos canales adicionales a los 7 canales existentes asignados para las bandas encontradas en las imágenes; en un canal se encontrara la zona de entrenamiento (*Training Areas*) y en el otro canal el producto final definido por el algoritmo que se escoja para definir la clasificación.

Posterior a la creación de los nuevos canales se deben ingresar en el *Training Site Editor*, las coberturas definidas de acuerdo a la imagen que se esté trabajando (Ver Ilustración 4).

### 3.4.1 SELECCIÓN ÁREAS DE ENTRENAMIENTO

Para la clasificación supervisada se procede a la selección de las áreas de entrenamiento de cada cobertura, previo ingreso de las coberturas.

Se define una combinación de color RGB 321 para cada imagen, la cual es adecuada para percibir los cambios entre cuerpos de agua y demás coberturas.

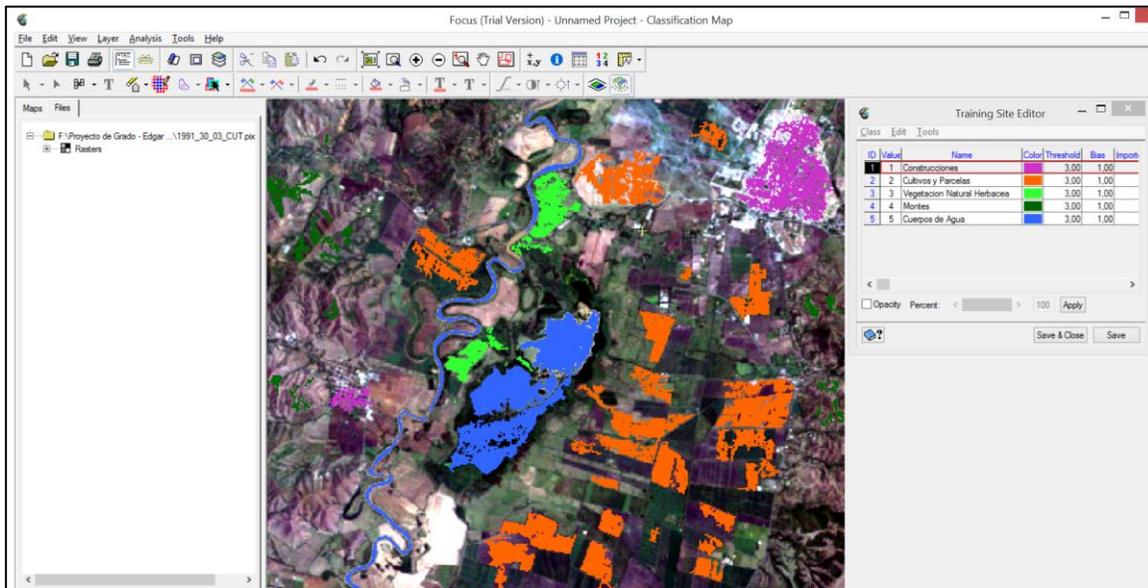


Ilustración 5. Clasificación Supervisada – Selección áreas de entrenamiento – Imagen 1991.

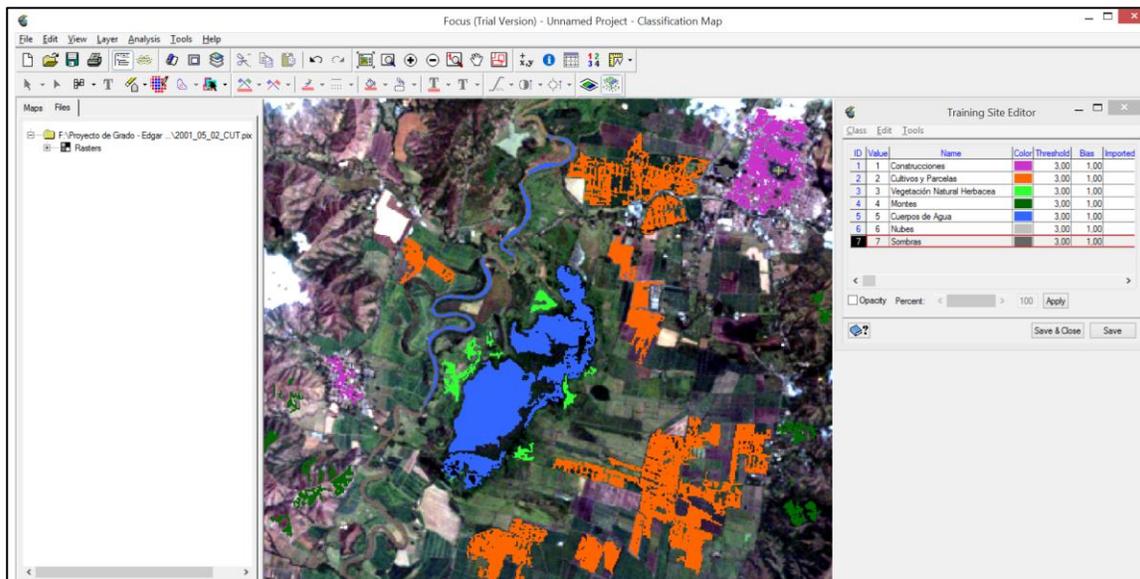


Ilustración 6. Clasificación Supervisada – Selección áreas de entrenamiento – Imagen 2001.

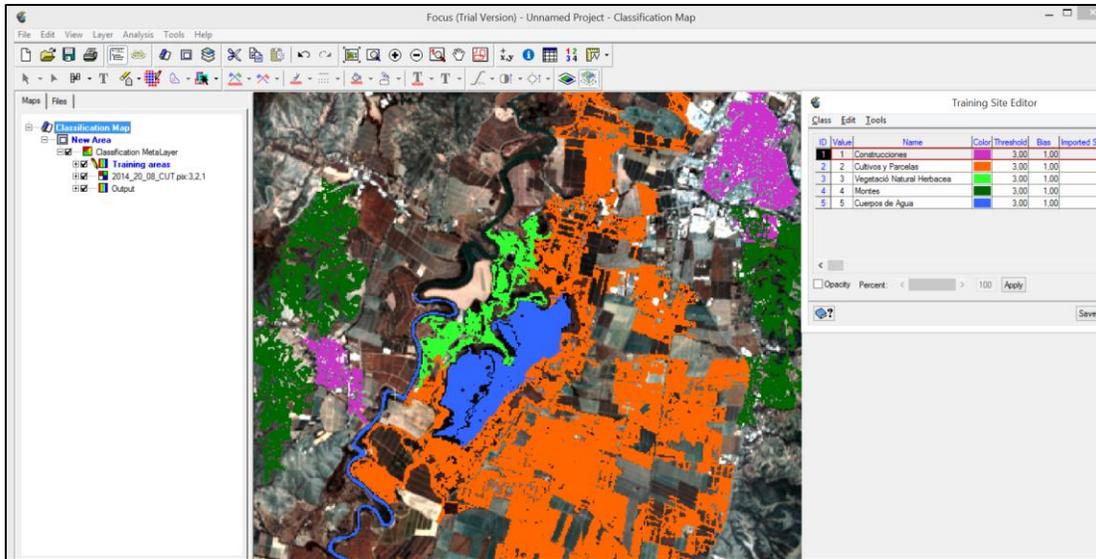


Ilustración 7. Clasificación Supervisada – Selección áreas de entrenamiento – Imagen 2014.

Definidas las Áreas de entrenamiento para cada imagen se continúa revisando estadísticamente cada una de las muestras con el fin de corroborar si cada muestra fue seleccionada correctamente.

Para la identificación estadística el software PCI Geomatics posee dos matrices, (Bhattacharyya Distance y Transformed Divergence), en donde se identifican los valores que establecen si están bien o no seleccionadas las muestras.

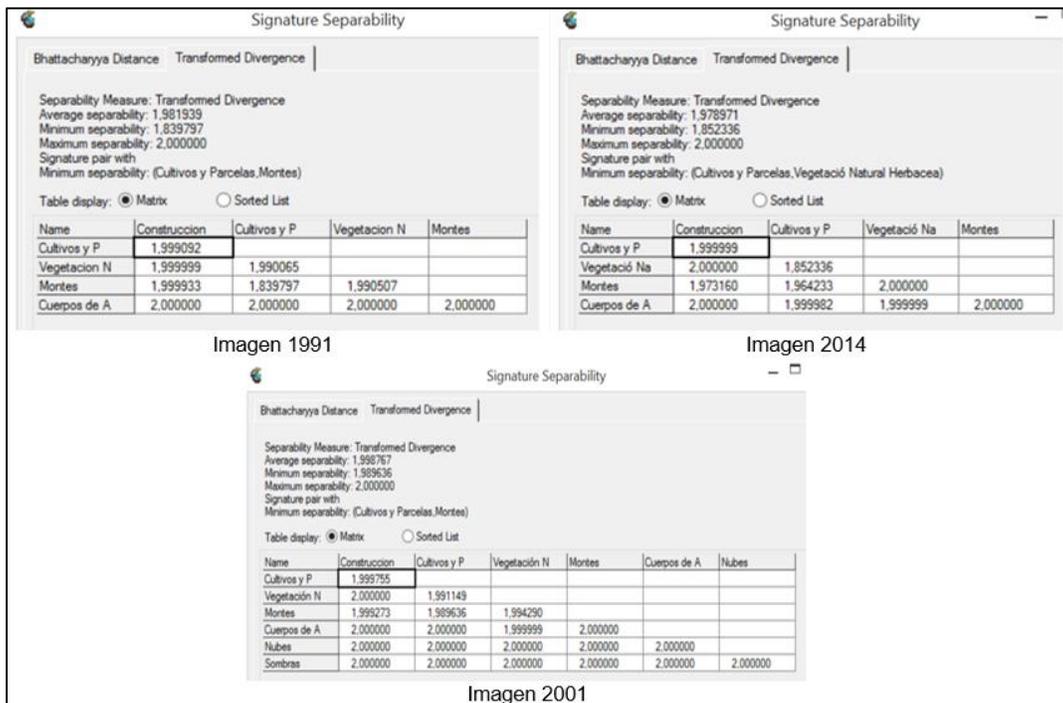


Ilustración 8. Valores definidos en las matrices de Transformed Divergence.

### 3.4.2 ESTABLECIMIENTO DEL ALGORITMO APROPIADO

Las muestras que se encuentran alrededor del valor 2.000000 indican que la selección ha sido correcta, cuando los valores son inferiores posiblemente se encuentren interferencias entre coberturas pero dependen también de la calidad de la imagen; se pueden apreciar (Ver Ilustración 8) los valores obtenidos para las 3 imágenes.

Identificando los valores obtenidos en las muestras se procede a asignar el algoritmo más apropiado a las imágenes con el fin obtener la clasificación supervisada de cada imagen; por lo consiguiente se ejecutan los algoritmos que tiene asignado el software para identificar como son los comportamientos de cada uno de ellos con relación a las coberturas.

El algoritmo que tuvo comportamientos aceptables con relación a las coberturas para cada una de las imágenes fue el algoritmo de *Maximun Likelihood* o de Máxima Verosimilitud, por lo que la clasificación supervisada de cada imagen se desarrolló con este método.

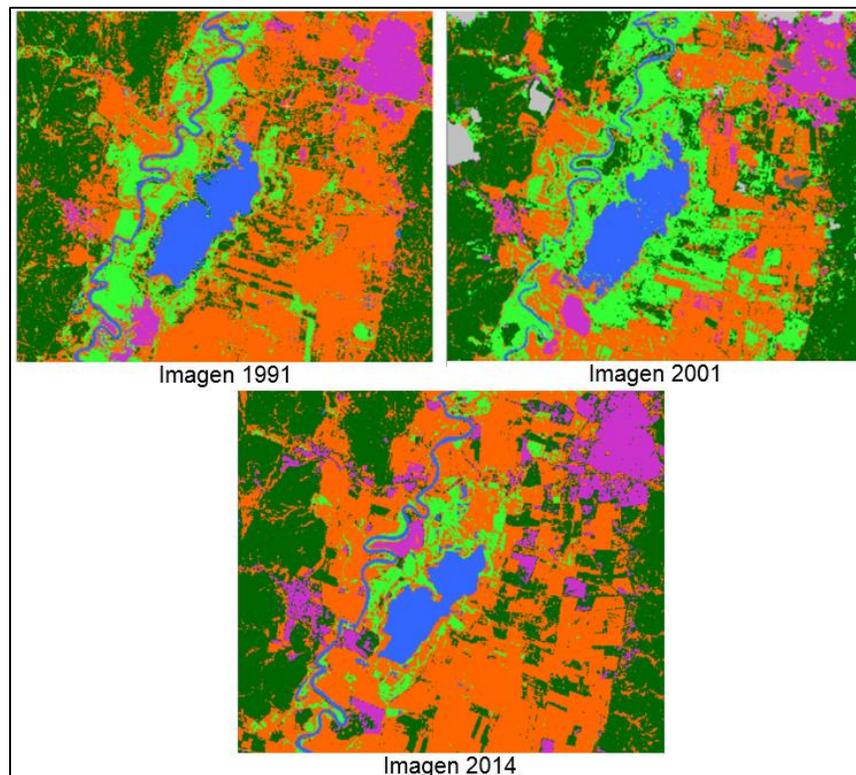


Ilustración 9. Clasificación Supervisada de las Imágenes - Algoritmo de Maximun Likelihood

Este algoritmo asemeja la distribución real de los niveles digitales (ND), por lo que sirve para calcular la probabilidad de que un pixel (Con Un determinado ND) sea miembro de cierta cobertura.

Es el clasificador más complejo y el que demanda mayor volumen de cálculo, pero es el más empleado por su robustez y por ajustarse con más rigor a la disposición original de los datos. [2]

Los reportes de clasificación relacionados a los datos de *Average Accuracy* y *Overall Accuracy*, identifican que porcentaje de pixeles se usó para cada imagen, los cuales obtuvieron los siguientes resultados.

REPORTE DE CLASIFICACION			
DATOS	IMAGEN 1991	IMAGEN 2001	IMAGEN 2014
AVERAGE ACCURACY	92,76%	95,14%	93,72%
OVERALL ACCURACY	92,76%	90,40%	92,42%

Tabla 1. Reporte de mayor porcentaje de clasificación de pixeles y mayor porcentaje promedio de aproximación para cada imagen.

### 3.4.3 FILTRADO DE LA CLASIFICACION SUPERVISADA

Con el fin de generar un suavizado se procede a reasignar los pixeles que se encuentran dispersos junto a demás coberturas mejor definidas, mediante a un filtro de moda con valor de 3 X 3.

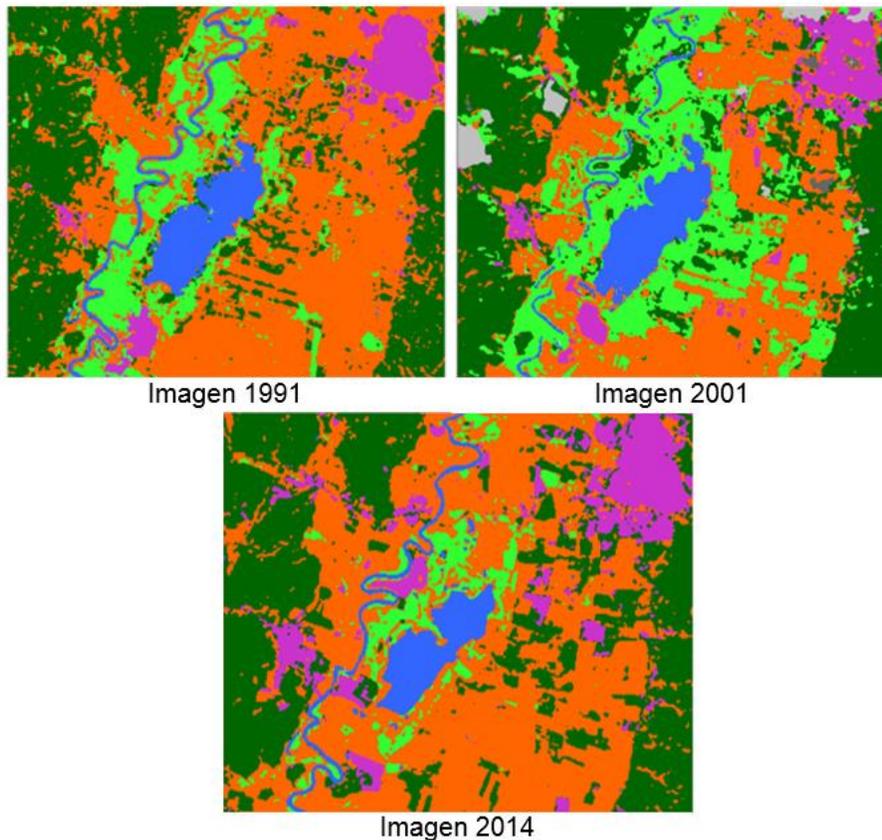


Ilustración 10. Clasificación Supervisada de las Imágenes con filtrado Moda 3 X 3

## 4. RESULTADOS Y ANALISIS

### 4.3 FIRMAS ESPECTRALES OBTENIDAS

El objetivo del resultado de las firmas espectrales es el conocer el comportamiento del nivel digital de cada elemento capturado en la zona de estudio, por consiguiente en las siguientes tablas e imágenes se aprecian los resultados de los niveles digitales y firmas espectrales para cada una de las imágenes trabajadas.

### NIVELES DIGITALES IMAGEN LANDSAT 1991

COBERTURAS	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5	BANDA 7	BANDA 6
CONSTRUCCIONES	93	42	45	57	101	144	62
CULTIVOS Y PARCELAS	80	35	32	66	84	140	36
VEGETACION NATURAL HERBACEA	81	38	34	84	83	136	32
MONTES	81	36	35	64	98	137	41
CUERPOS DE AGUA	81	39	37	46	18	131	7

Tabla 2. Niveles Digitales - Imagen Landsat 1991.

### FIRMAS ESPECTRALES IMAGEN LADSAT 1991

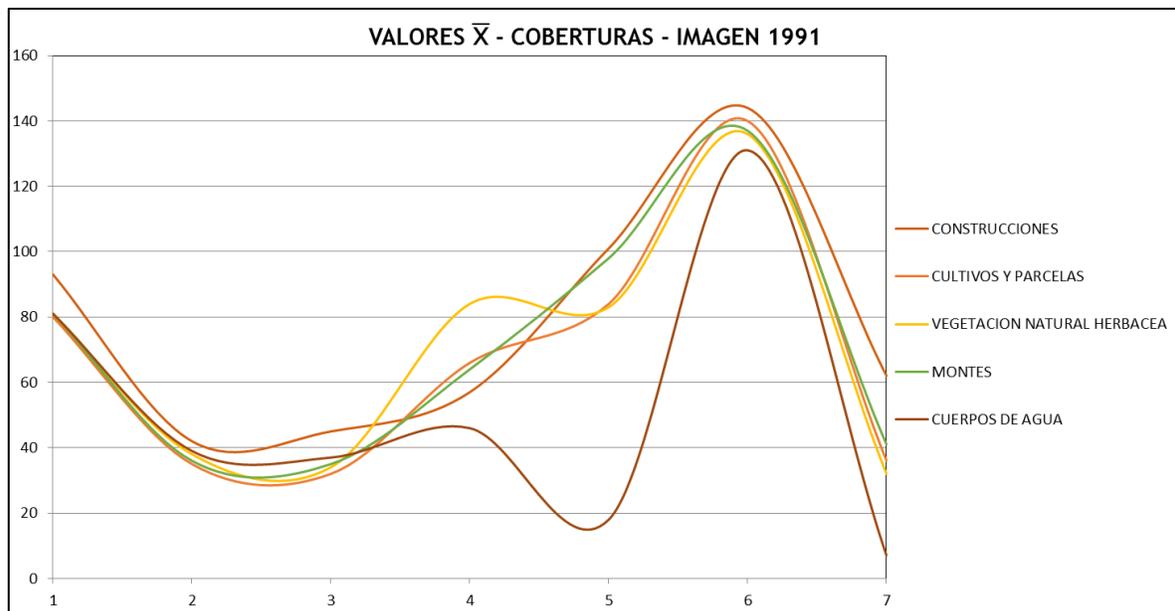


Ilustración 11. Firmas Espectrales - Imagen Landsat 1991.

## NIVELES DIGITALES IMAGEN LANDSAT 2001

COBERTURAS	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5	BANDA 7	BANDA 6
CONSTRUCCIONES	85	39	44	53	93	144	57
CULTIVOS Y PARCELAS	72	33	30	85	69	135	25
VEGETACION NATURAL HERBACEA	74	35	32	84	72	132	25
MONTES	75	33	35	69	93	138	37
CUERPOS DE AGUA	70	31	28	41	20	128	7
NUBES	243	187	219	202	238	136	111
SOMBRA	69	27	24	24	18	145	11

Tabla 3. Niveles Digitales - Imagen Landsat 2001.

## FIRMAS ESPECTRALES IMAGEN LANDSAT 2001

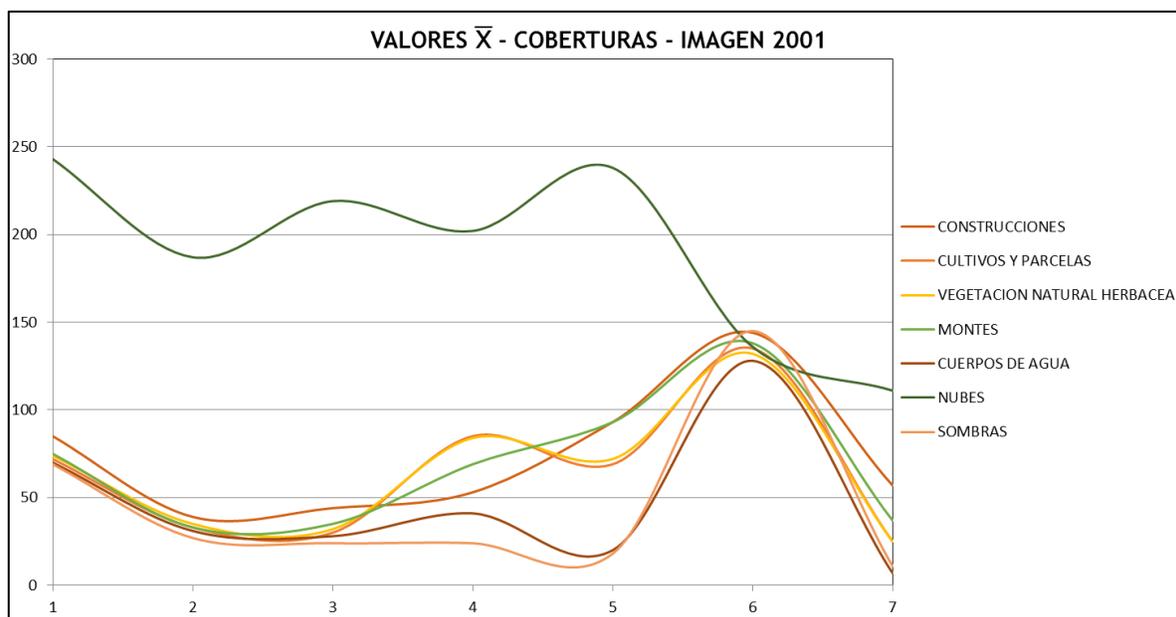


Ilustración 12. Firmas Espectrales - Imagen Landsat 2001.

## NIVELES DIGITALES IMAGEN LANDSAT 2014

COBERTURAS	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5	BANDA 7	BANDA 6
CONSTRUCCIONES	11643	11097	10673	10951	14384	16361	14674
CULTIVOS Y PARCELAS	10174	9429	9211	8364	19840	13288	9154
VEGETACION NATURAL HERBACEA	9919	9060	8796	7544	24002	13260	8551
MONTES	10586	9947	9585	9767	15677	17050	12515
CUERPOS DE AGUA	9755	8868	8274	7334	13559	7876	6223

Tabla 4. Niveles Digitales - Imagen Landsat 2014.

## FIRMAS ESPECTRALES IMAGEN LADSAT 2014

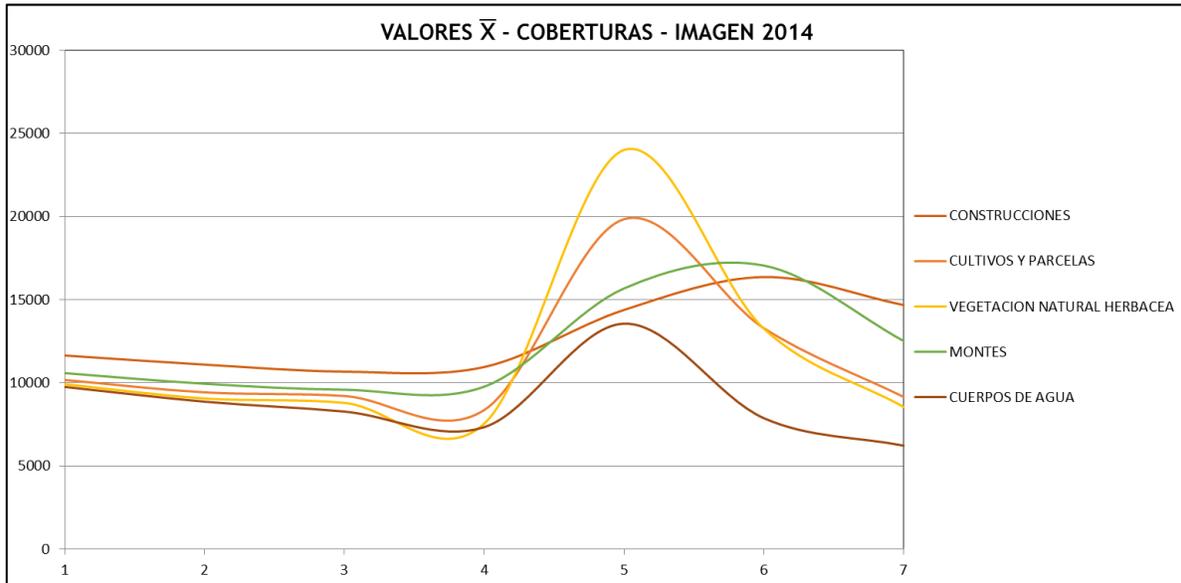


Ilustración 13. Firmas Espectrales - Imagen Landsat 2014.

### 4.2 CLASIFICACION SUPERVISADA DE LAS IMÁGENES SATELITALES

El resultado de los diferentes comportamientos relacionados a la laguna El Sonso para los periodos 1991, 2001 y 2014 se identificó mediante la vectorización de las coberturas clasificadas previamente; para esto se usa el algoritmo *RAS2POLY* (*Raster To Polygon*), el cual crea una cobertura vectorial con la cual se puede consultar el área del cuerpo de agua, además de poder exportar los polígonos creados a formato *SHP* (*ArcView Shapefile*).

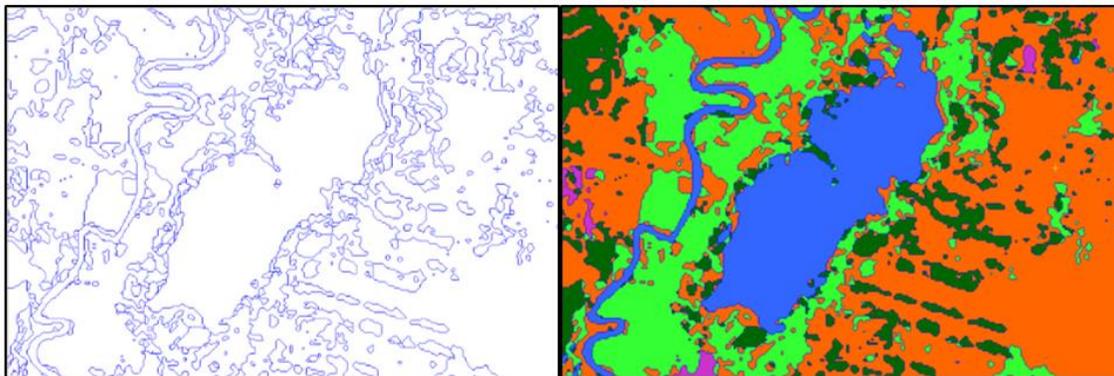


Ilustración 14. Cuerpo de Agua de la Laguna El Sonso - Año 1991 (Cobertura vectorial).

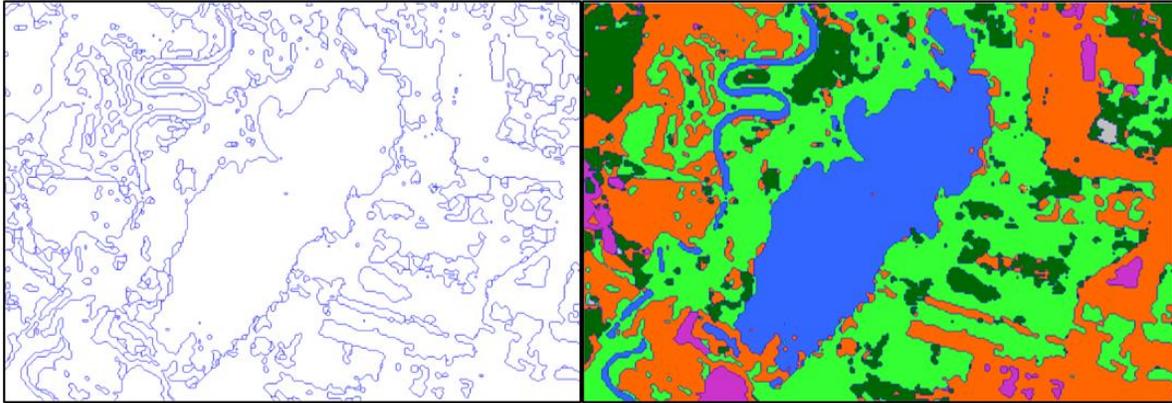


Ilustración 15. Cuerpo de Agua de la Laguna El Sonso - Año 2001 (Cobertura vectorial).

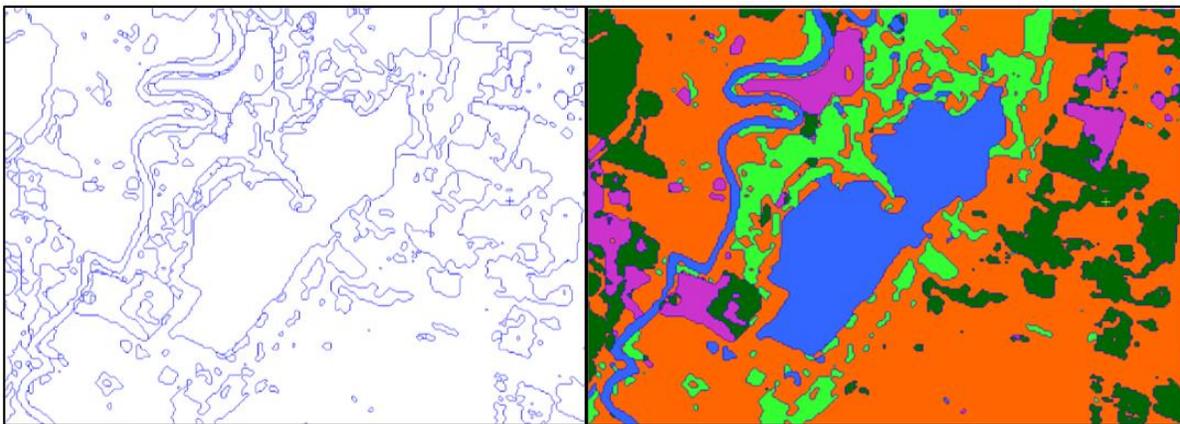


Ilustración 16. Cuerpo de Agua de la Laguna El Sonso - Año 2014 (Cobertura vectorial).

Para poder cuantificar cual ha sido a través de los años la variación en área del cuerpo de agua de la laguna el sonso se usa la información obtenida mediante el algoritmo *RAS2POLY*, el cual da los siguientes resultados.

AREAS - CUERPO DE AGUA LAGUNA EL SONSO			
IMAGEN LANDSAT	FECHA	AREA (has)	% Area
L4-5 TM	30 de Marzo de 1991	631,88	100,0%
L4-5 TM	05 de Febrero de 2001	683,46	108,1%
L8-OLI/TIRS	20 de Agosto de 2014	452,61	71,6%

El comportamiento que se percibe en el cuerpo de agua de la laguna El Sonso en un periodo de 23 años desde el año 1991, es que a pesar de tener un incremento de su cuerpo lagunar de cerca del 8% en el año 2001 sufrió una caída de más del 28% para el año 2014; esto al parecer como consecuencia del crecimiento acelerado de actividades agropecuarias en las zonas de amortiguamiento de la laguna, así como otros factores relacionados como la ganadería.; cabe anotar que no pueden ser los únicos posibles problemas que desarrollaron la pérdida en extensión del cuerpo de agua de la laguna.

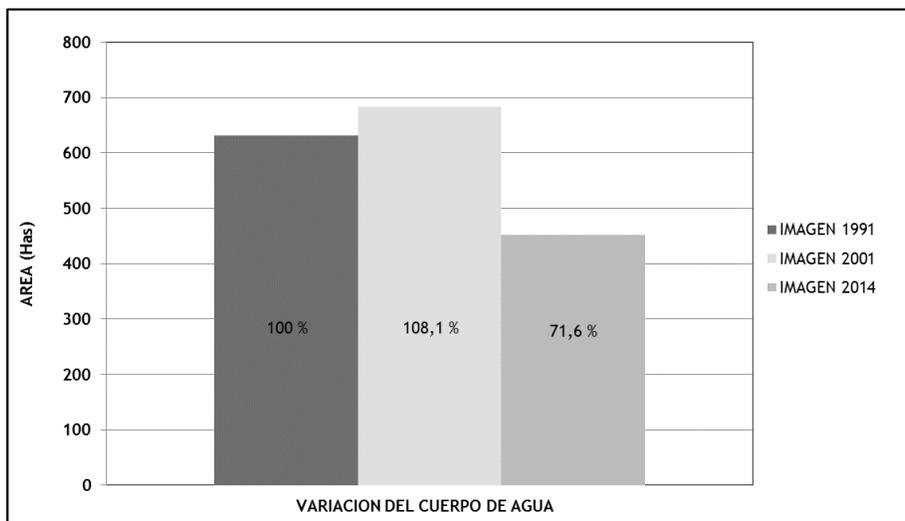


Ilustración 17. Variación de área del cuerpo de agua de la laguna El Sonso (1991 -2014).

## **5. CONCLUSIONES**

Se estudió el comportamiento del cuerpo de agua de la laguna El Sonso mediante el uso de imágenes satelitales Landsat en un periodo de 23 años, evidenciando la disminución de un 28% en el área de su cuerpo lagunar.

Es importante para la realización de nuevos estudios multitemporales realizados a cuerpos de agua el trabajar con diferentes tipos de imágenes satelitales con el fin de encontrar diferencias en los resultados y así definir con cuales imágenes los resultados pueden ser más acordes a la realidad, según el propósito que se le quiera dar al estudio.

Con el fin de una correcta clasificación supervisada a futuro se recomienda la realización de visitas de campo con los instrumentos adecuados con el fin de identificar las diferentes clases de coberturas que se encuentren en la zona de estudio, ya que en algunos casos puede resultar inconvenientes en la asignación y toma de muestras en las áreas de entrenamiento en las imágenes.

En términos generales se puede afirmar que los cambios de composición en la laguna claramente están influenciados en la intervención que hace el hombre hacia su ecosistema generando deterioro a sus zonas de amortiguación, para lo cual el determinar los cambios graduales en comportamiento del área de una laguna implica una nueva planificación y tratamiento de los diferentes ecosistemas a futuro para lograr su conservación.

Para próximos estudios que deseen una evaluación apropiada de exactitud de los datos es necesario que se trabaje con información de campo relacionada a la zona de estudio, así como fotografías aéreas u otro tipo de sensor, los cuales garanticen el propósito deseado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis Padres, Familia, Novia y amigos por su incondicional apoyo a lo largo de esta nueva formación profesional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] F. p. e. Caribe, «<http://funpacaribe.blogspot.com/2008/07/laguna-de-sonso-o-el-chircal.html> (Online),» 2009.
- [2] E. Chuvieco, Fundamentos de teledetección espacial, Barcelona: Ediciones Rialp, 1990.
- [3] E. Inc, «Clasificación Avanzada,» de *ERDAS Tour Guide*, 1997 - 2001.
- [4] C. Stella Caballo, «Evolucion de los procesos de anegamiento en el area de la laguna "La Picassa" para el periodo 1970 - 200,» Instituto de Clima y Agua, Buenos Aires, 2001.
- [5] J. Y. Julien, «Análisis Multitemporal de Imagenes PAL para el estudio de la vegetación en Suramerica,» *Revista de Teledetección*, pp. 17 - 26, 2007.
- [6] R. V. Ruiz, «Análisis Multitemporal del cambio de uso del suelo en el paisaje terrestre protegido Miraflores Moropotente Nicaragua 1993 - 2011,» *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, pp. 117 - 123, 2013.